

SEÑOR
SUSENSIONES ELÁSTICAS DEL NORTE



Catálogo subvencionado por la Consejería de Turismo, Comercio y Deporte

AÑO DE EDICIÓN
2006

ÍNDICE 9

EMPRESA 10

El fruto de nuestra experiencia	12
Tecnología desde Andalucía	14
Calidad certificada, nuestros sellos de garantía	16
El factor humano	18
Evolución permanente	20
Producción y logística: metal e inyección	22

PRODUCTOS 26

Techo	28
Pared	64
Suelo	80
Accesorios	88

PROYECTOS 100

Normativa Ayuntamiento de Madrid	102
Aspectos físicos	104
Consejos de ejecución	105
Techo flotante	106
Pared, refuerzo acústico	115
Suelo flotante	121
Atenuación de vibraciones	129

GUÍA TÉCNICA 144

Prólogo	145
Índice	147
Capítulo 1: Introducción a la acústica	148
Capítulo 2: Aislamiento acústico	158
Capítulo 3: Ruido de impacto	176
Capítulo 4: Vibraciones	180

EL FRUTO DE NUESTRA EXPERIENCIA

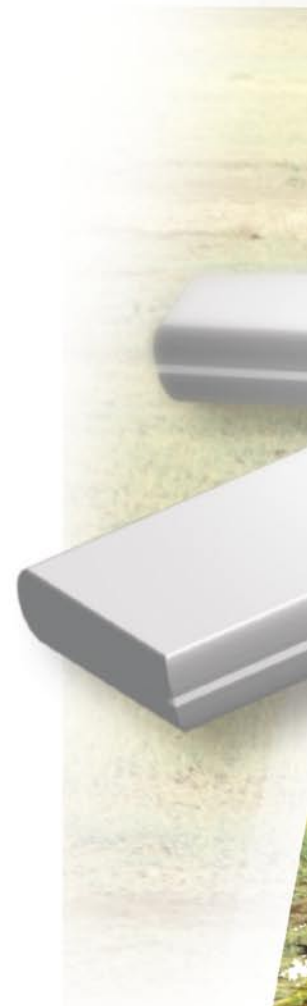
El proyecto SENOR se inicia en el año 1995, con escasos medios pero infinitas ambiciones de futuro. Ahora, al cabo de once años de duro trabajo y aprendizaje, estamos convencidos de la idoneidad de publicar la guía técnica que usted sostiene entre sus manos: *El fruto de nuestra experiencia*.

Buscar los factores del éxito del proyecto SENOR, según el criterio adoptado, llevaría mucho tiempo y mucho más espacio del que dispongo. Espero, sinceramente, que me permitan resumirlo en los siguientes puntos, me gusta pensar que son precisamente aquellos que nos han convertido en lo que somos:

- 1 El esfuerzo diario por aplicar nuestro propio talento y tecnología e integrarlos con los últimos avances.
- 2 La calidad humana y profesional de los integrantes del Equipo SENOR y su compromiso incuestionable con el proyecto.
- 3 La honradez empresarial y la búsqueda de las soluciones adecuadas para cada necesidad.
- 4 Seguridad - Rendimiento - Aplicabilidad - Innovación, son insignias para avanzar día a día en un ejercicio de disciplina, respeto, creatividad, comunicación y responsabilidad.

Para finalizar, quiero agradecer la confianza que en SENOR han depositado desde el pequeño instalador hasta los grandes distribuidores. A todos ellos les damos las gracias y esperamos contar con y para ellos muchos años más.

D. Juan Muñoz
Director General





TECNOLOGÍA DESDE ANDALUCÍA

SENOR (Suspensiones Elásticas del Norte, S.L.), desde su nacimiento, hace ahora apenas una década, tiene una clara vocación innovadora y de futuro: desarrollar los mejores sistemas de suspensión elástica diseñados para erradicar la contaminación acústica. Desde finales de 2005, SENOR ofrece sus soluciones constructivas, al mercado nacional e internacional, instalado definitivamente en sus novísimas instalaciones de Palma del Río, Córdoba. Instalaciones que próximamente se verán aumentadas con varias naves adicionales para dar cabida a nuestro propio laboratorio y planta de inyectado.

El fuerte espíritu –pies firmemente plantados en tierra y vista puesta en el futuro- y los sólidos cimientos **-SEGURIDAD, APLICACIÓN, RENDIMIENTO e INNOVACIÓN-** que sostienen la filosofía empresarial de SENOR, permitieron superar las numerosas dificultades iniciales. Esta fuerte determinación y los productos realmente únicos que ofrece, han ayudado a que SENOR, a fecha de hoy, sea un referente internacional.

Uno de los factores determinantes en la evolución meteórica de SENOR ha sido, sin duda, el firme compromiso con el I+D+i: más que un ideal, una realidad en las singladuras de SENOR. Como muestra podríamos citar las numerosas Patentes, Modelos de Uso,... registrados ante la Oficina Española de Patentes y Marcas, además de los premios recibidos.

Otro elemento que explica su éxito arrollador es el esfuerzo por garantizar el correcto funcionamiento de todos los productos; fruto de ello son los incontables ensayos realizados por laboratorios independientes y el esfuerzo diario por cumplir las obligaciones de la certificación ISO 9001:2000 (BVQI), implementada desde nuestro Dpto. de Calidad.

Senor
y des
y des
dedicamo
esfuerzo
y fabri
aisladore

Solucio

para toda

Le ofrecemos un
mundo lleno de
soluciones acústicas

SENOR

SEÑOR

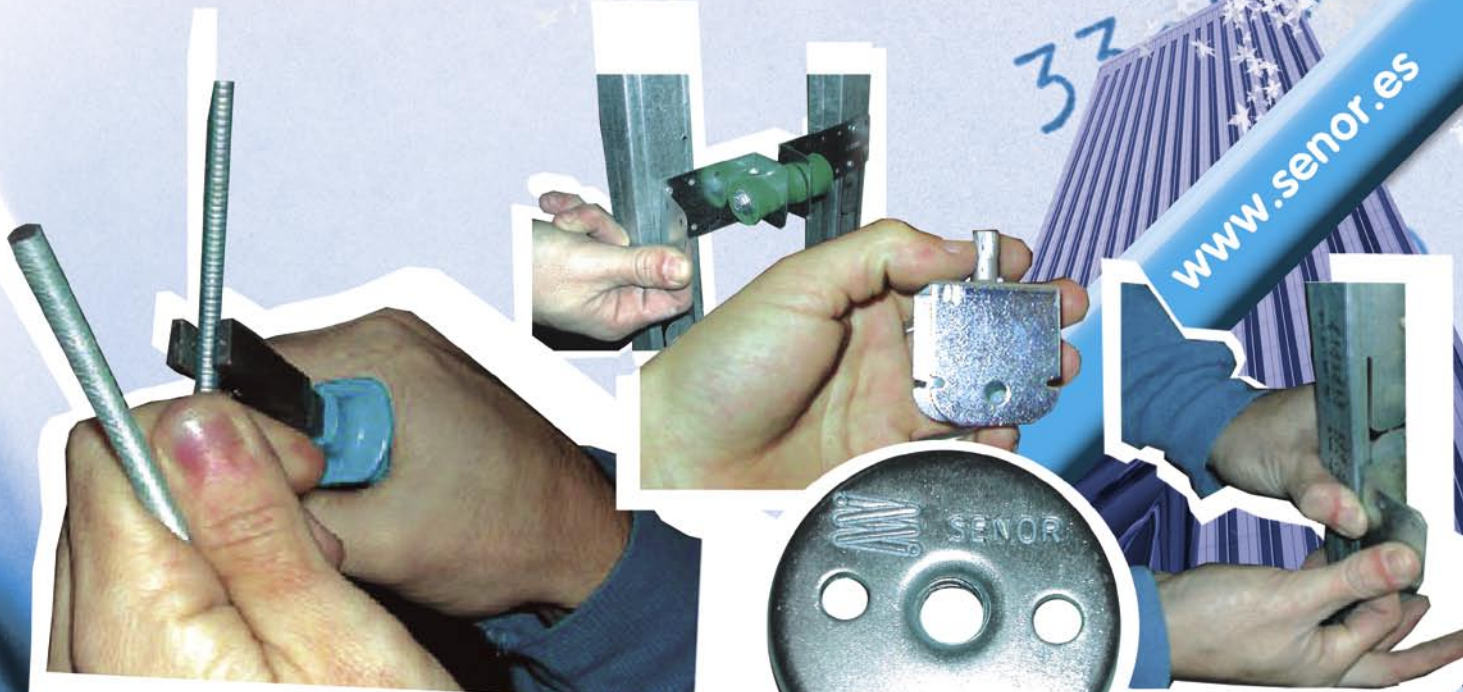
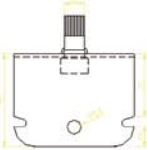
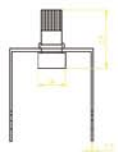
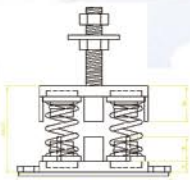
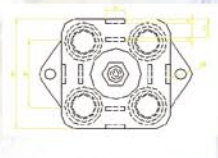
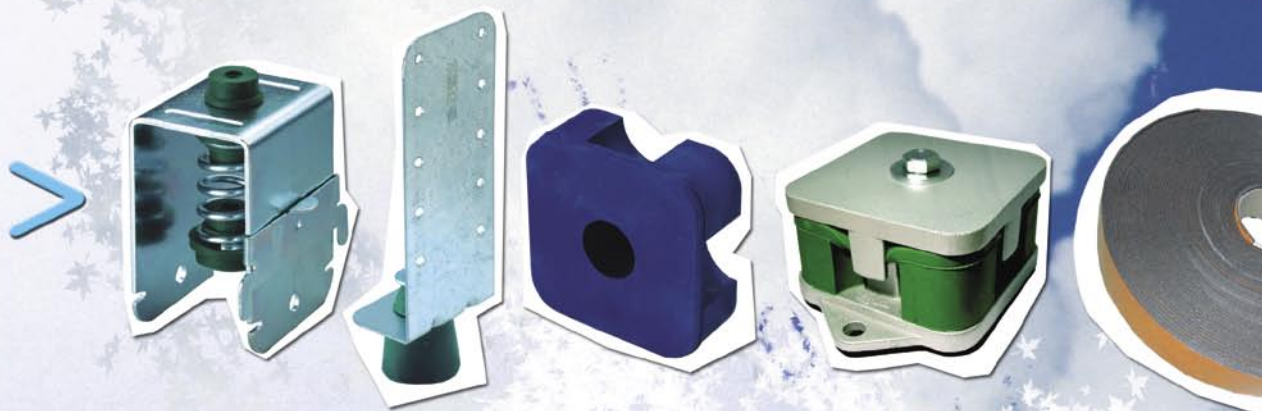
nace en 1995
de entonces
es todo nuestro
a la creación
ción de
es acústicos

pasa a la siguiente página

nes Constructivas

TECHO
PARED
SUELO
INDUSTRIA
ACCESORIOS

o tipo de instalaciones.



www.senor.es

CALIDAD CERTIFICADA, NUESTROS SELLOS DE GARANTÍA

El esfuerzo por la evolución continua se ha visto recompensado desde los inicios. Así, en la Convención de Inventores **EUREKA 96**, celebrada en Bruselas, SENOR y sus productos fueron merecedores de la **Medalla de Plata**.

En años posteriores, tras numerosas intervenciones y patrocinios de Seminarios, Jornadas Técnicas, Exposiciones, Organizaciones..., en abril de 2004 fuimos galardonados con el premio **AVANZA A LA CALIDAD 2004** por nuestro compromiso con la Calidad y la Gestión Empresarial.

Así mismo en el año 2004, durante la celebración de CONSTRUTEC (Madrid), SENOR fue honrado con la entrega del **NEW MILLENIUM AWARD 2004**, premio internacional que viene a reconocer Trayectorias Innovadoras y de Calidad.



Numerosos premios
avalan nuestra
trayectoria



or



Asociación española contra la contaminación por el ruido.

Brasilia es un proyecto de vivienda domótica impulsado desde el Área de la Innovación Tecnológica en la Edificación, de Transferencia de Tecnología La Salle. El objetivo final del Proyecto Brasilia es conseguir una marca que califique cualquier tipo de edificación según los pilares de sostenibilidad y tecnología. Una de las actividades que se han llevado a cabo es la construcción de la Sala BCNdigital, un espacio que refleja una vivienda real donde poder testear, difundir y formar sobre las últimas tecnologías y conceptos de sostenibilidad en la edificación. Este proyecto es la primera iniciativa donde ingenieros y arquitectos trabajan conjuntamente con el objetivo de crear una marca para certificar cualquier tipo de edificación basándose tanto en tecnología como en sostenibilidad.

Sistema de gestión de calidad, gracias a ella realizamos nuestros trabajos con un excelente grado de calidad que satisface a nuestros clientes y nos diferencia, con el interés permanente de evolucionar hacia la continua mejora de nuestros procesos.

Es un galardón que reconoce el esfuerzo que la empresa y todos sus integrantes realizan para mejorar la calidad de sus servicios, en todas sus facetas profesionales. Senor, con su esfuerzo diario, ha logrado mejorar su trabajo y sus servicios consiguiendo destacar por su prestigio adquirido y, especialmente, por sus logros.

Galardón creado en Europa para distinguir a las empresas de todo el mundo que han destacado en un sector de tanta trascendencia socio-económica como es el de la construcción y su industria auxiliar. Senor es merecedora de este premio-distinción, constituido ya en todo un símbolo internacional de reconocimiento de calidad.

El Instituto de la Construcción de Castilla y León, I.C.C.L., se constituye como una Fundación privada de carácter científico-cultural, sin ánimo de lucro, que quiere incidir en todos los aspectos técnicos que intervienen en el proceso de construcción de una obra, ya sea Civil, de Edificación o de Rehabilitación.



EL FACTOR HUMANO

El proyecto humano de SENOR se ha desarrollado de forma exponencial y, actualmente, cuenta con una plantilla altamente cualificada y motivada, preparada para hacer frente a un mercado mundial en continua evolución. Nuestra fuerza de producción cuenta con operarios especialistas, que tienen a su disposición las últimas innovaciones en tecnología productiva y seguridad laboral.

Coordinan los esfuerzos de SENOR:

Juan Muñoz
Director General
Director Dpto. I+D+i
i+d+i@senor.es

M^o Carmen López
Gerente
gerencia@senor.es

David Muñoz
Director Comercial
Director Dpto. Ingeniería
ingenieria@senor.es

Jordi García
Director Zona Nordeste
Director Dpto. Exportación
exportacion@senor.es

Elena Torres
Directora Dpto. Calidad
calidad@senor.es





dad



EVOLUCIÓN PERMANENTE

SEÑOR es muy consciente de la relevancia que tienen factores como son la promoción y, sobre todo, la atención al cliente. A tal fin, recientemente se han creado o ampliado varios departamentos para hacer frente a las nuevas necesidades planteadas:

El Dpto. de Ingeniería ha creado un área de consulta en el que nuestros especialistas ofrecen soluciones hechas a medida, auténticos proyectos de acústica, de forma gratuita. Se trata, sin duda, de uno de los proyectos más ambiciosos que ha emprendido SEÑOR en cuestiones de calidad, servicio y garantía.

Antonio Jesús Torres
Master en Acústica Arquitectónica y Medioambiental
Responsable Dpto. Ingeniería
ingenieria@senor.es

Desde el Dpto. de Marketing se planifican todos los aspectos de promoción como pueden ser:

- Asistencia a ferias de carácter internacional: BATIMAT, CONSTRUTEC, COMFORT, CLIMATIZACIÓN...
- Visitas de prospección a otras ferias de carácter internacional: IKK, SAIE, EXPOCOMFORT, etc.
- Asistencia y participación en numerosas Jornadas Técnicas, asociaciones sectoriales: CIATEA, AINAIR, Instituto Castellano de Acústica, etc.
- Publicación de artículos o anuarios especializados

Belén Romero
Responsable Dpto. Marketing
marketing@senor.es

El Dpto. de Exportación nace para atender las demandas existentes desde países tan dispares como, entre otros, Francia y Chile. Se ha fijado como meta convertir a SEÑOR en líder indiscutible en el mercado mundial como lo es ya en el nacional.

Rafael Ruiz
Director Adjunto
Dpto. Exportación
exportacion@senor.es



ng,
sfuerzos
den ser:

r internacional
NSTRUMAT,

s preeminentes del
CONCRETA, BAU...
rosos Seminarios,
ctoriales AECOR,
e la Construcción...
cios en revistas

eting

SEÑOR
SUSPENSIONES ELÁSTICAS DE

avanzando

PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA: METAL E INYECCIÓN

Los procesos que siguen las materias primas hasta convertirse en productos SENOR se llevan a cabo, de manera casi íntegra, en nuestras instalaciones. Próximamente se espera poder realizar el proceso completo desde una misma ubicación.

La producción, recogida en imágenes, se complementa con un servicio integral de logística: SENOR se enorgullece de poder ofrecer plazos de entrega de 24 a 48 horas -en territorio nacional- con la posibilidad, siempre que el caso lo requiera, de poner los productos a pie de obra.

Para implementar esta logística y dar plena satisfacción a las demandas de nuestros distribuidores oficiales, SENOR ha cerrado acuerdos preferenciales con empresas courier y de transporte de primera fila a nivel nacional e internacional.

cómo dar forma a la materia

1. recepción de bobinas 2. devanadora de bobina para alimentar la prensa 3



PRODU

UJCTOS





TECHO

MODELO 4360

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO

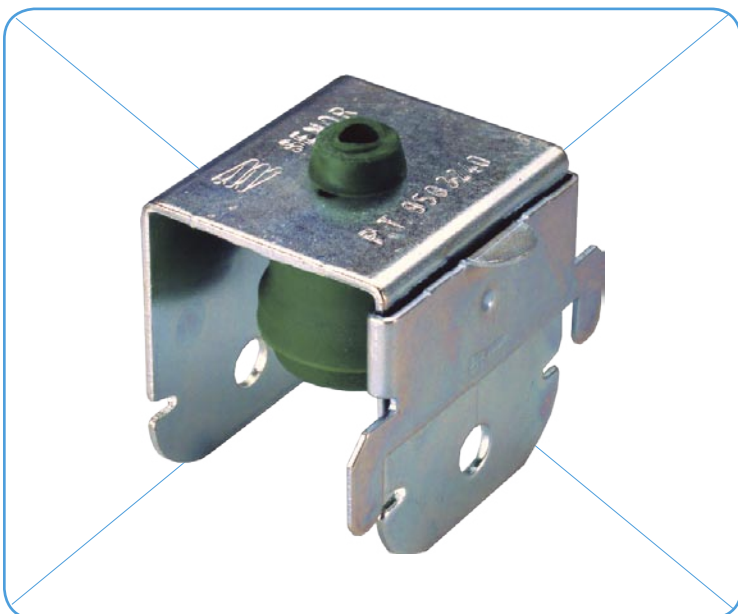
Adaptado a todas las perfilierías de 47 mm existentes en el mercado. Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

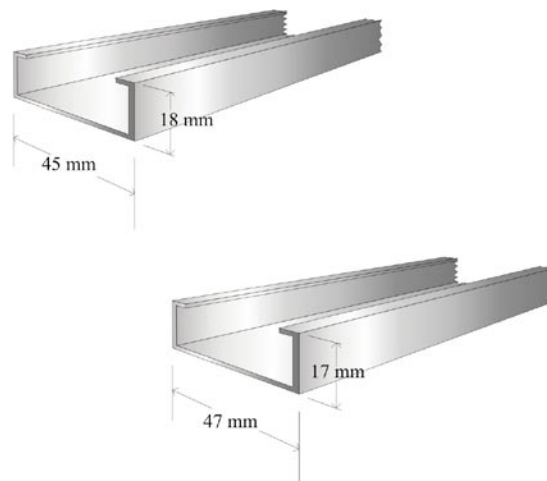
- Horquilla metálica incorporada al elemento elástico para fijar directamente el aislador a la perfiliería sin necesidad de utilizar elementos auxiliares. Esto supone un ahorro económico importante así como en tiempo de ejecución.

- Provisto de DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO, el cual evita mediante una ligera presión manual, que la perfiliería sufra cualquier alteración o deformación producida por un exceso de carga.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

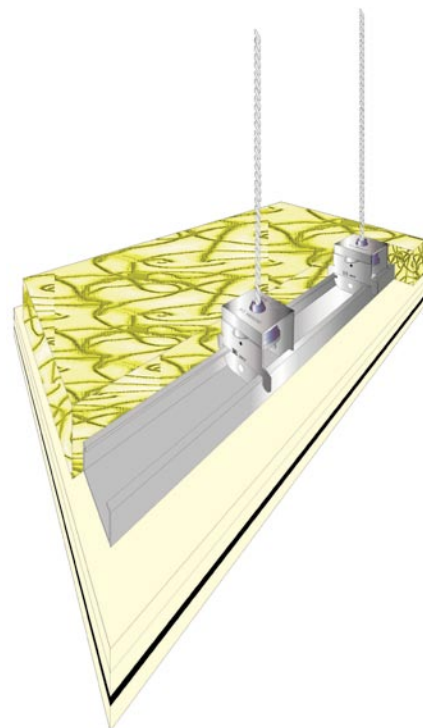


PERFILIERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos

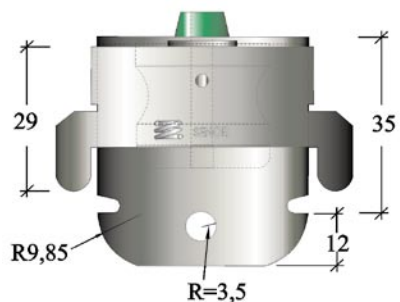


REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	DISP. SEG.	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-4360/47 V DS	4360	TC 47	100 U/C	■	M-6	1 DS	12-30
SE-4360/47 A DS	4360	TC 47	100 U/C	■	M-6	1 DS	30-50
SE-4360/47 V DS (2)	4360	TC 47	100 U/C	■	M-6	2 DS	12-30
SE-4360/47 A DS (2)	4360	TC 47	100 U/C	■	M-6	2 DS	30-50

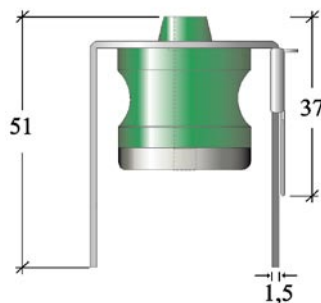
COTAS

Mod. 4360 (TC 47)

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

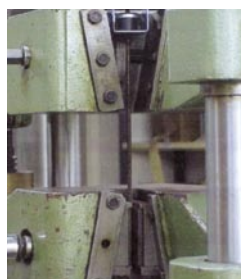
Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. 4360 (TC 47).

Carga de rotura 296 Kg. Modo de fallo: rotura de las guías del perfil.



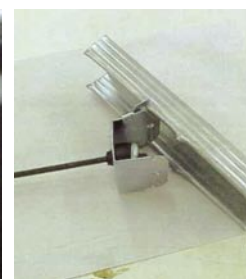
Muestra objeto de ensayo.



Disposición de ensayo.



Muestra bajo carga de 300 kg.



Modo de fallo. Rotura de las guías del perfil.



MODELO H

HORQUILLA NIVELADORA CON ROTURA DE PUENTE TÉRMICO

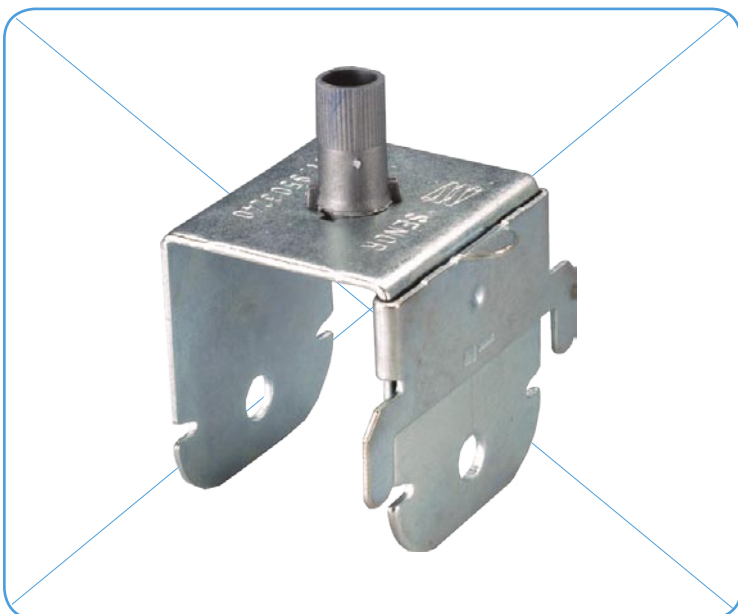
Adaptada a todas las perfilierías de 47 mm existentes en el mercado. Compuesta por los siguientes elementos:

- Horquilla metálica que se ancla directamente a la perfiliería, provista de un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1).

- El casquillo giratorio permite nivelar fácilmente la estructura sin necesidad de soltar el perfil.

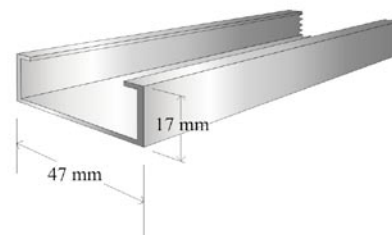
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO que, mediante una ligera presión manual, abraza el perfil aportándole una resistencia mecánica extra en caso de exceso de carga o accidente.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



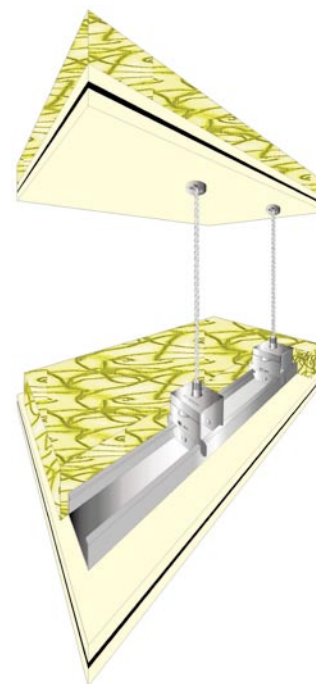
REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	MÉTRICA	DISP. SEG.
HORQUILLA 47	H	TC 47	100 U/C	M-6	-
HORQUILLA 47 DS	H	TC 47	100 U/C	M-6	1DS

PERFILERÍA

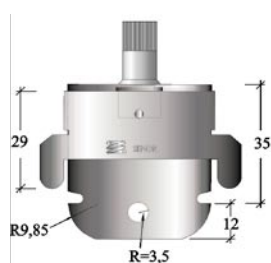


CAMPO DE APLICACIÓN

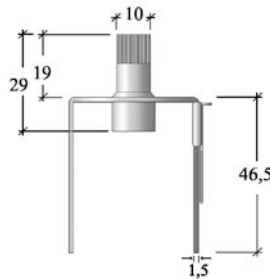
Techos decorativos



COTAS
Mod. HORQUILLA (47/DS)
 (Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

PASO A PASO



1. Una vez suspendidas las varillas del forjado, procederemos a insertar las horquillas en la misma, a través del casquillo giratorio con rotura de puente térmico.



2. Seguidamente se procederá a su nivelación a través del casquillo citado.



3. Se insertan las horquillas en el perfil mediante una ligera presión.



4. Si hay algún defecto en sus nivelación, nos permitirá modificar ésta, a través del propio casquillo sin tener que soltarlo del perfil.

ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:
 Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
 ME 035009

Trazabilidad/Fecha de calibración:
 LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
 Muestra de horquilla MOD. H (47/DS).
Carga de rotura 210 Kg. Modo de fallo: se desprende el casquillo de la carcasa metálica.



Disposición de ensayo.



Muestra bajo carga de 50 kg.



Muestra bajo carga de 150 kg.



Modo de fallo 210 Kg.

MODELO A4 TI

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO PARA TECHOS INCLINADOS

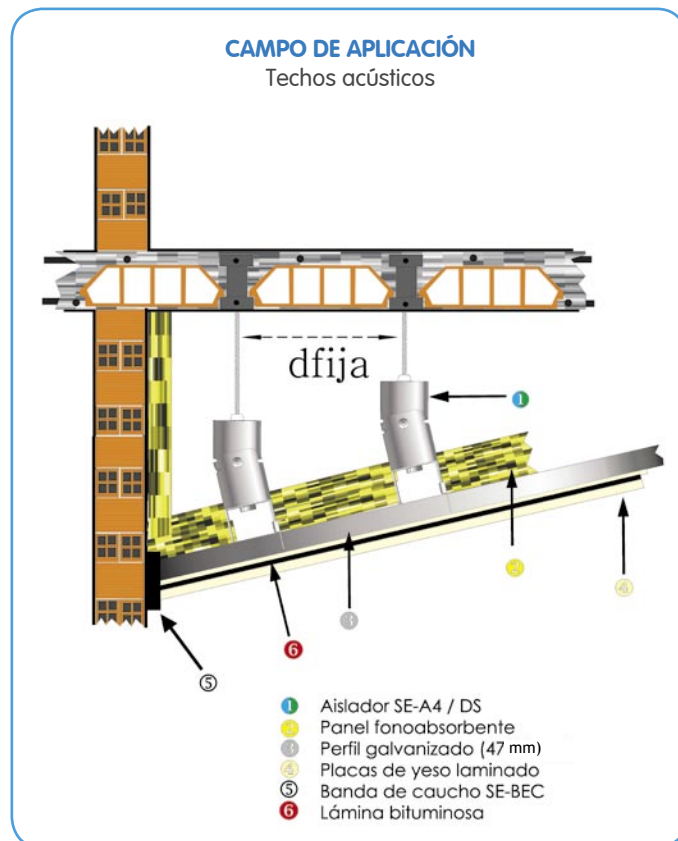
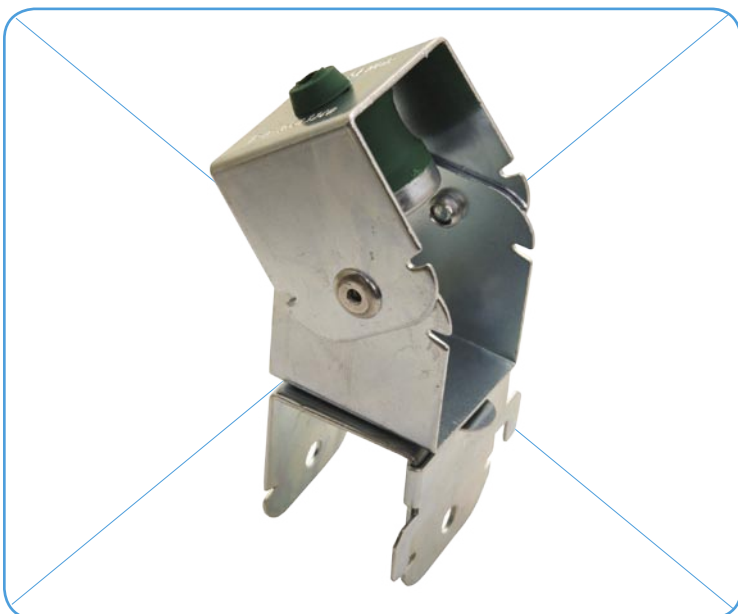
Adaptado a todas las perfilierías de 47 mm existentes en el mercado.

ÚNICO EN EL MUNDO PARA CUBIERTAS INCLINADAS. Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo de inclinación, sin la necesidad de utilizar ninguna perfiliería auxiliar.

El elemento elástico de caucho posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

Provisto de un DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO que, mediante una ligera presión manual, abraza el perfil aportándole una resistencia mecánica extra en caso de exceso de carga o accidente.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	DISP. SEG.	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4/47 V DS	A-4	TC 47	50 U/C	■	M-6/M-8	1 DS	12-30
SE-A4/47 A DS	A-4	TC 47	50 U/C	■	M-6/M-8	1 DS	30-50

COTAS

Mod. A4 TI (TC 47)

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4 TI (TC 47).

Carga de rotura 390 Kg. Modo de fallo: rotura por la zona roscada de la cazoleta.



Disposición del ensayo.



Detalle de la muestra bajo carga de 150 Kg.



Detalle de la muestra bajo carga de 350 Kg.



Detalle de la muestra bajo carga de rotura.



MODELO 4360

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO

Adaptado a todas las perfilierías de 60 mm existentes en el mercado.

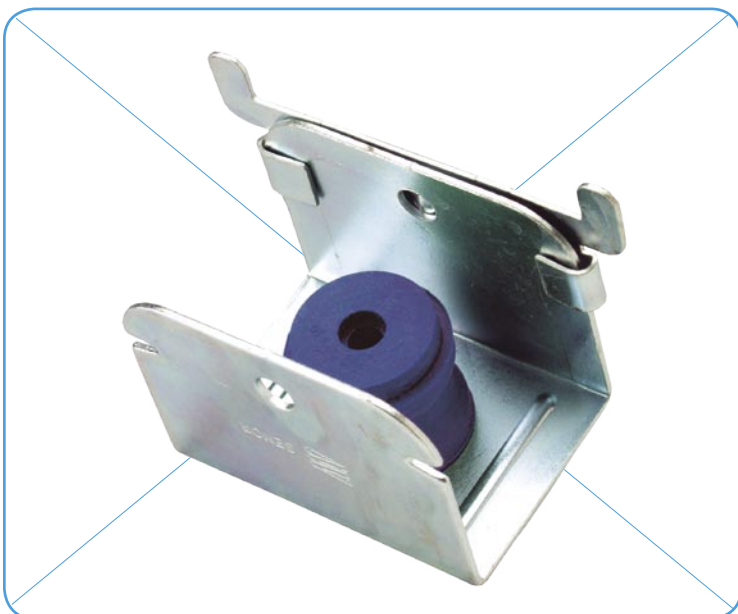
Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

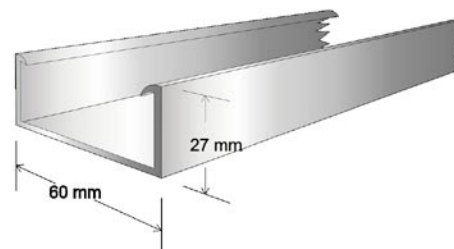
- Horquilla metálica incorporada al elemento elástico para fijar directamente el aislador a la perfiliería sin necesidad de utilizar más elementos auxiliares. Esto supone un ahorro económico importante así como en tiempo de ejecución.

- Provisto de DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO, el cual evita, mediante una ligera presión manual, que la perfiliería sufra cualquier alteración o deformación producida por un exceso de carga.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

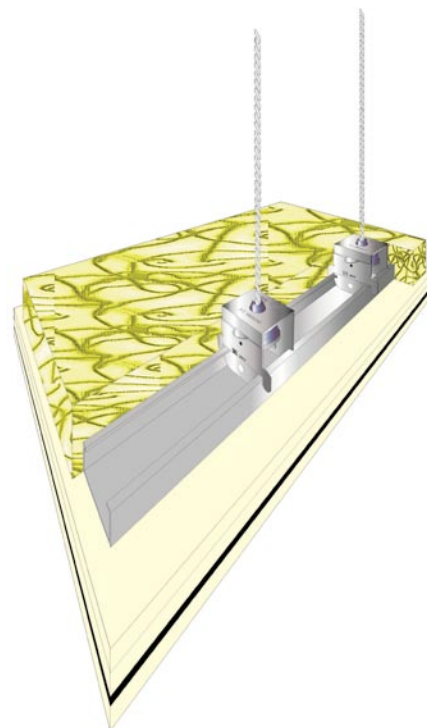


PERFILIERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	DISP. SEG.	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-4360/60 V DS	4360	TC 60	100 U/C	■	M-6	1 DS	12-30
SE-4360/60 A DS	4360	TC 60	100 U/C	■	M-6	1 DS	30-50
SE-4360/60 V DS (2)	4360	TC 60	100 U/C	■	M-6	2 DS	12-30
SE-4360/60 A DS (2)	4360	TC 60	100 U/C	■	M-6	2 DS	30-50

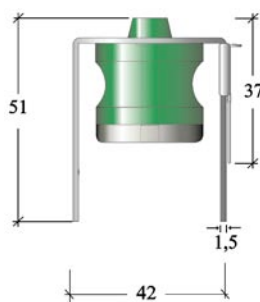
COTAS

Mod. 4360 (TC 60)

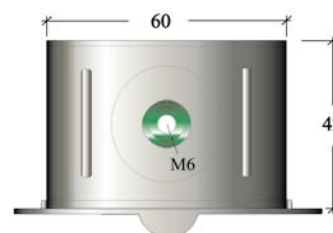
(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

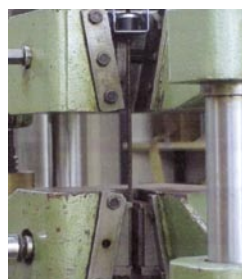
Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. 4360 (TC 60).

Carga de rotura 296 Kg. Modo de fallo: rotura de las guías del perfil.



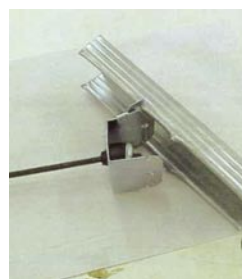
Muestra objeto de ensayo.



Disposición de ensayo.



Muestra bajo carga de 300 kg.



Modo de fallo. Rotura de las guías del perfil.



MODELO H

HORQUILLA NIVELADORA CON ROTURA DE PUENTE TÉRMICO

Adaptada a todas las perfiles de 60 mm existentes en el mercado.

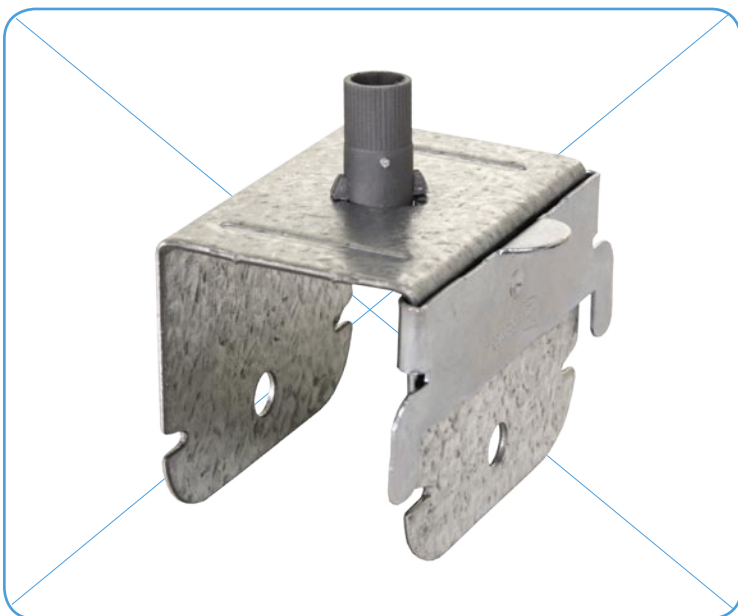
Compuesta por los siguientes elementos:

- Horquilla metálica que se ancla directamente a la perfilería, provista de un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1).

- El casquillo giratorio permite nivelar fácilmente la estructura sin necesidad de soltar el perfil.

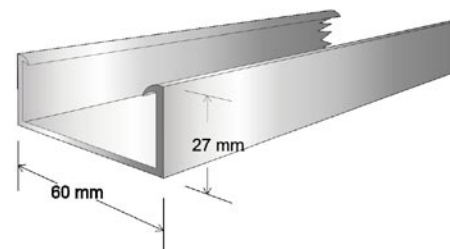
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO que, mediante una ligera presión manual, abraza el perfil aportándole una resistencia mecánica extra en caso de existir un exceso de carga o accidente.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



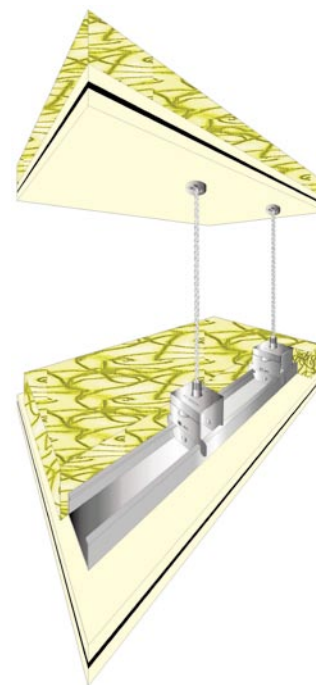
REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	MÉTRICA	DISP. SEG.
HORQUILLA 60	H	TC 60	100 U/C	M-6	-
HORQUILLA 60 DS	H	TC 60	100 U/C	M-6	1DS

PERFILERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos decorativos

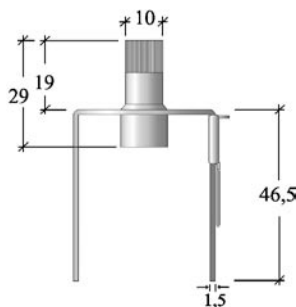


COTAS
Mod. HORQUILLA 60/DS

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

PASO A PASO



1. Una vez suspendidas las varillas del forjado, procederemos a insertar las horquillas en la misma, a través del casquillo giratorio con rotura de puente térmico.



2. Seguidamente se procederá a su nivelación a través del casquillo citado.



3. Se insertan las horquillas en el perfil mediante una ligera presión.



4. Si hay algún defecto en sus nivelación, nos permitirá modificar ésta, a través del propio casquillo sin tener que soltarlo del perfil.

ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035009

Trazabilidad/Fecha de calibración:
LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra de horquilla MOD. H 60/DS.
Carga de rotura 210 Kg. Modo de fallo: se desprende el casquillo de la carcasa metálica.



Disposición de ensayo.



Muestra bajo carga de 50 kg.



Muestra bajo carga de 150 kg.



Modo de fallo 210 Kg.

MODELO A4 TI

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO PARA TECHOS INCLINADOS

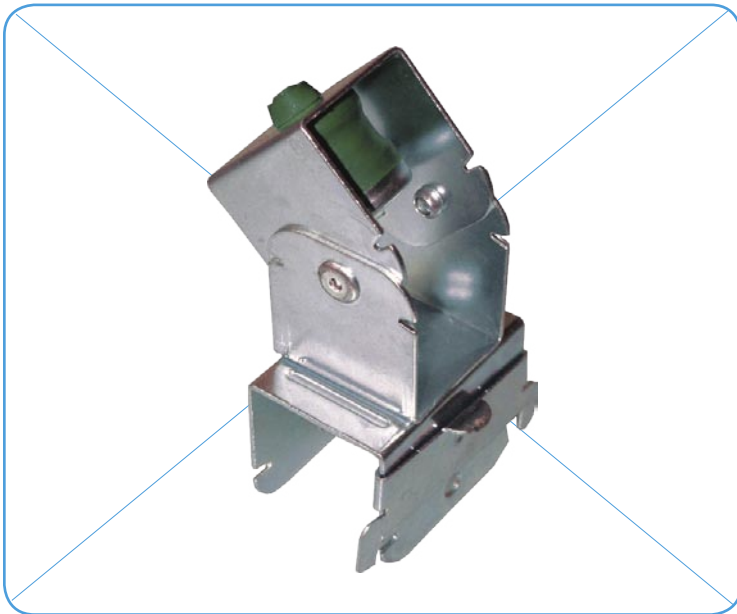
Adaptado a todas las perfilierías de 60 mm existentes en el mercado.

ÚNICO EN EL MUNDO PARA CUBIERTAS INCLINADAS. Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo de inclinación, sin la necesidad de utilizar ninguna perfiliería auxiliar.

El elemento elástico de caucho posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

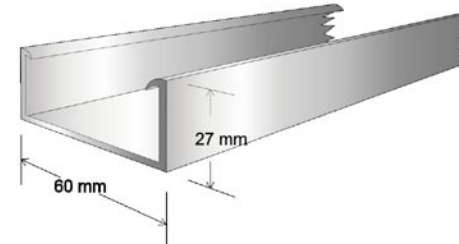
DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO que, mediante una ligera presión manual, abraza el perfil aportándole una resistencia mecánica extra en caso de existir un exceso de carga o accidente.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



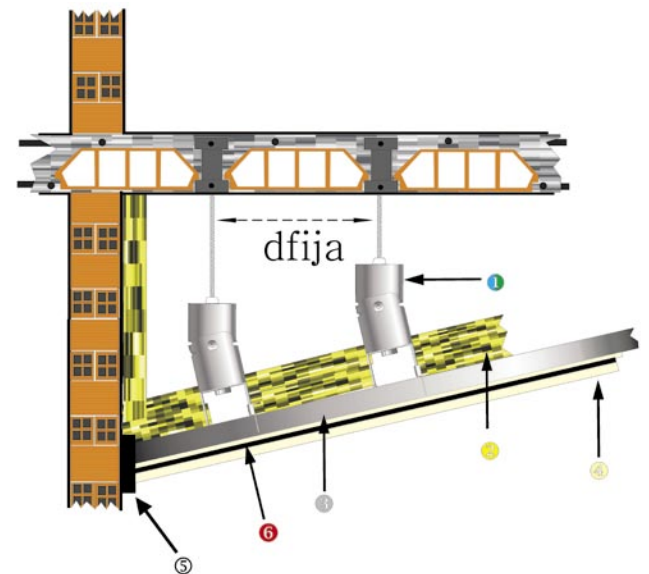
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	DISP. SEG.	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4/60 V DS	A-4	TC 60	50 U/C	■	M-6	1 DS	12-30
SE-A4/60 A DS	A-4	TC 60	50 U/C	■	M-6	1 DS	30-50

PERFILIERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos



- 1 Aislador SE-A4 / DS
- 2 Panel fonoabsorbente
- 3 Perfil galvanizado (60 mm)
- 4 Placas de yeso laminado
- 5 Banda de caucho SE-BEC
- 6 Lámina bituminosa

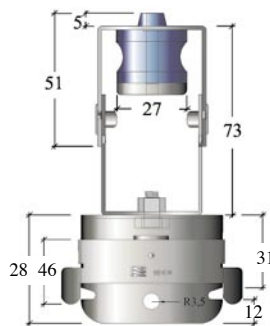
COTAS

Mod. A4 TI (TC 60)

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4 TI (TC 60).

Carga de rotura 390 Kg. Modo de fallo: rompe por el perfil, lo cizalla totalmente.



Disposición del ensayo.



Detalle de la muestra bajo carga de 150 Kg.



Detalle de la muestra bajo carga de 350 Kg.



Detalle de la muestra bajo carga de rotura a 390 Kg.



MODELO 60M

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO Y MUELLE

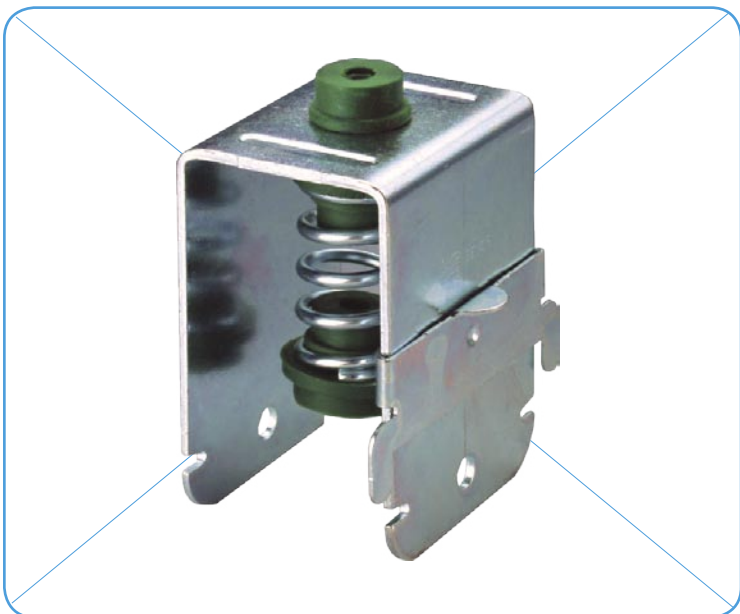
Adaptado a todas las perfilierías de 60 mm existentes en el mercado. El modelo 60M está especialmente recomendado para la instalación de techos acústicos en locales donde el espectro sonoro es rico en bajas frecuencias (discoteca, pub, actividad industrial, etc.). Se caracteriza principalmente por:

- El elemento antivibratorio constituido por muelle fabricado en acero, que permite conseguir aislamientos importantes a bajas frecuencias, y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

- Horquilla metálica incorporada al elemento elástico para fijar directamente el aislador a la perfiliería sin necesidad de utilizar más elementos auxiliares. Esto supone un ahorro económico importante así como en tiempo de ejecución.

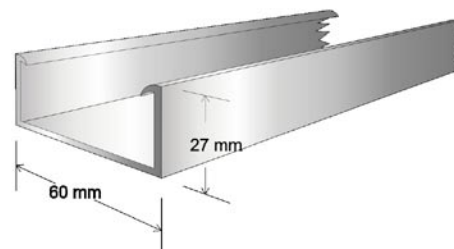
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO que, mediante una ligera presión manual, abraza el perfil aportándole una resistencia mecánica extra en caso de existir un exceso de carga o accidente.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



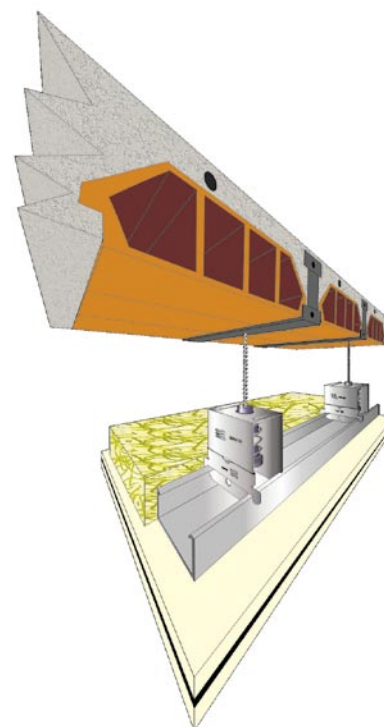
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	DISP.	SEG.	CARGA (Kg)	MIN-MAX
SE-6025 V MDS	60M	TC 60	50 U/C	■	M-6	1 DS		12-30	
SE-6025 V MDS	60M	TC 60	50 U/C	■	M-8	1 DS		12-30	
SE-6050 A MDS	60M	TC 60	50 U/C	■	M-6	1 DS		30-50	
SE-6050 A MDS	60M	TC 60	50 U/C	■	M-8	1 DS		30-50	

PERFILIERÍA



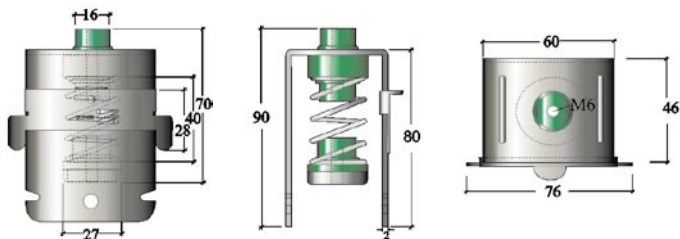
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos



COTAS Mod. 60M

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

PLANTA

EJEMPLO PRÁCTICO



Producto aplicado en las instalaciones del Hotel Meliá Hard Rock Madrid (Plaza de Santa Ana, 14).

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
11,32	8,86	2,60	14,37
16,32	6,73	2,50	11,74
21,32	5,22	3,31	10,97
26,32	4,65	4,31	9,98
31,32	< 4,50	-	9,38

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,32	4,86	4,93	9,78
41,32	4,87	4,73	9,03
51,32	4,95	3,89	8,00
56,32	5,51	3,65	7,44
61,32	5,87	3,50	7,40



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. 60M. **Carga de rotura 450 Kg.** Modo de fallo: rotura de las guías del perfil.



Disposición de ensayo.



Muestra bajo carga de



Muestra bajo carga de 250 kg.



Muestra bajo carga de 450 kg
Rotura por el perfil.



MODELO PL 75

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO

Adaptado al perfil dentado (perfil sierra).

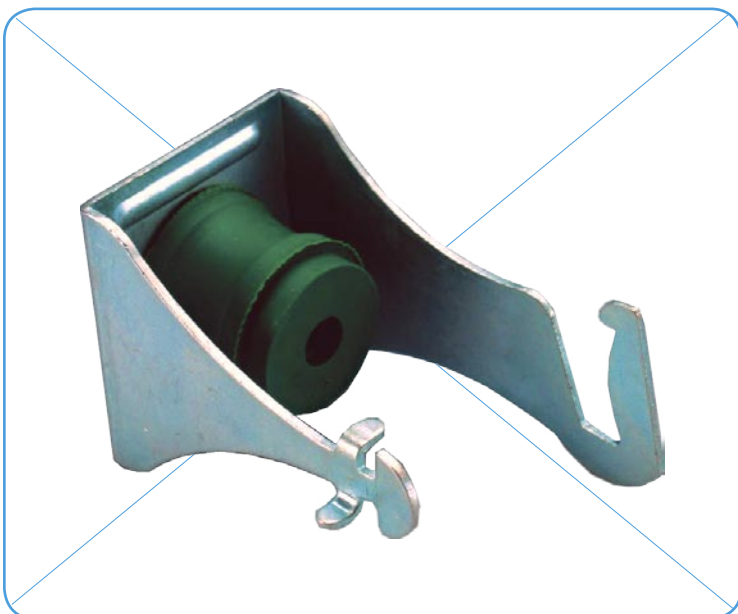
Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

- Horquilla metálica incorporada al elemento elástico para fijar directamente el aislador al perfil sin necesidad de utilizar tuercas. Esto supone un ahorro económico importante así como en tiempo de ejecución.

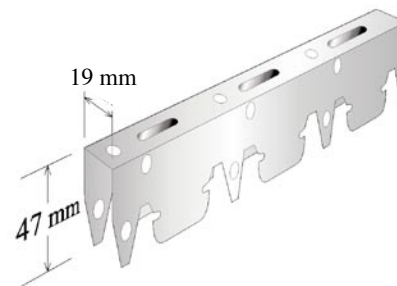
- Provisto de DISPOSITIVO DE SEGURIDAD ÚNICO EN EL MUNDO, el cual, mediante un simple giro se ancla lateralmente al perfil evitando que se pueda soltar.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



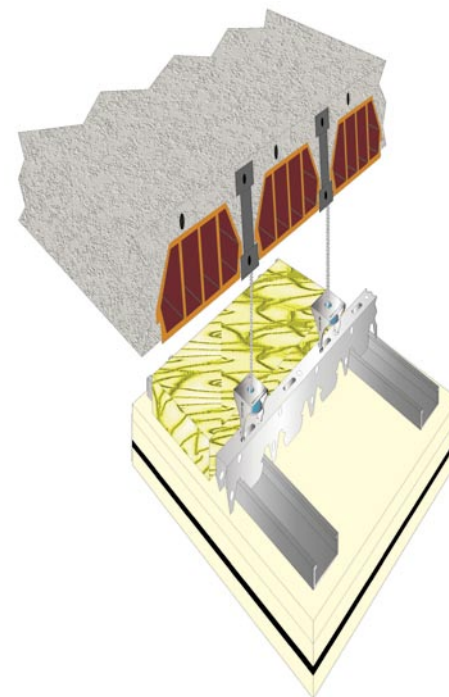
PERFILERÍA

Sierra Blanco y Falper



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos



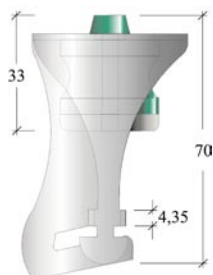
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-PL-75 V	PL	SIERRA	100 U/C	■	M-6	12-30
SE-PL-75 A	PL	SIERRA	100 U/C	■	M-6	30-50

COTAS Mod. PL 75

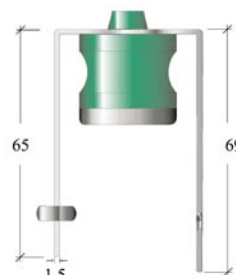
(Medidas expresadas en milímetros)



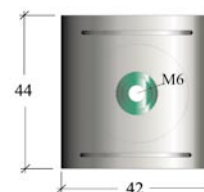
VISTA FRONTAL 1



VISTA FRONTAL 2



VISTA LATERAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 24 Junio 2004

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. PL 75. **Carga de rotura 210 Kg.** Modo de fallo: se doblan dos patillas de amarre al carril. Deformación permanente del soporte del aislador.



Muestra de ensayo.



Disposición del ensayo.



Modo de fallo del aislador. Se dobla una de las patillas de amarre al carril.



Deformación permanente.



MODELO PL 50

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO

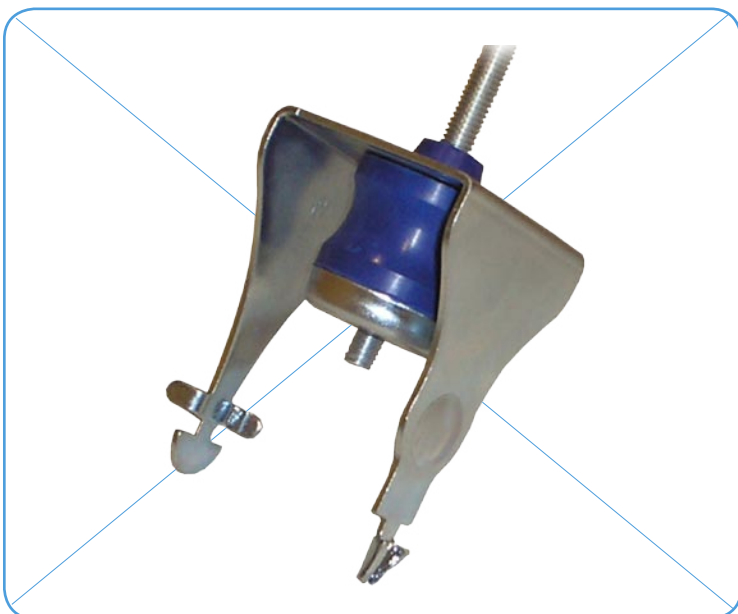
Adaptado al perfil dentado (perfil sierra).

Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

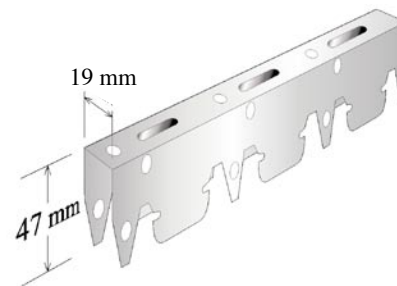
- Horquilla metálica incorporada al elemento elástico para fijar directamente el aislador al perfil sin necesidad de utilizar tuercas. Esto supone un ahorro económico importante así como en tiempo de ejecución.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



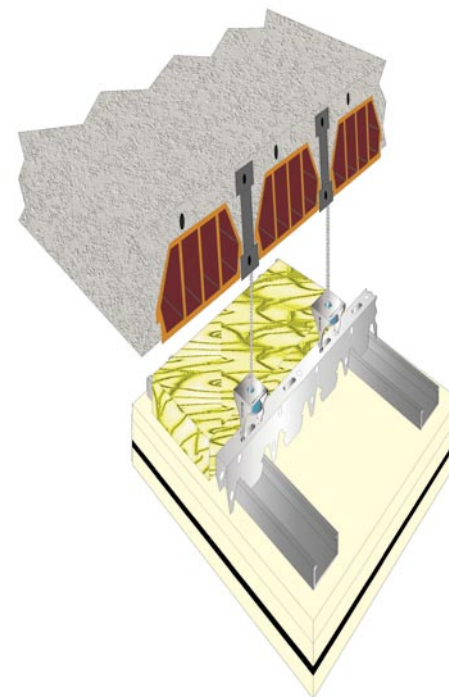
PERFILERÍA

Sierra Blanco y Falper



CAMPO DE APLICACIÓN

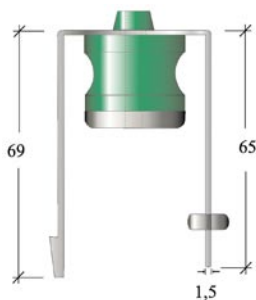
Techos acústicos



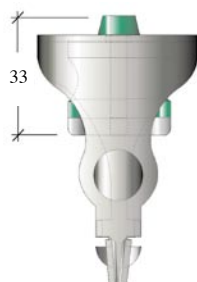
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-PL-50 V	PL	SIERRA	100 U/C	■	M-6	12-30
SE-PL-50 A	PL	SIERRA	100 U/C	■	M-6	30-50

COTAS Mod. PL 50

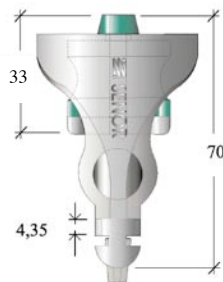
(Medidas expresadas en milímetros)



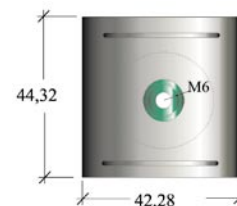
ALZADO



VISTA FRONTAL 1



VISTA FRONTAL 2



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,50
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 24 Junio 2004

Resultados obtenidos:

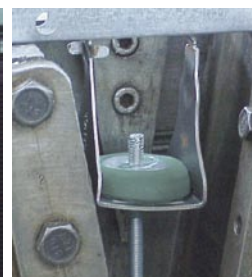
Muestra aislador MOD. PL 50. **Carga de rotura 160 Kg.** Modo de fallo: la patilla se sitúa totalmente fuera de sus agujeros.



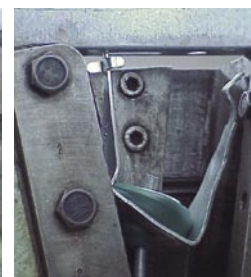
SE-PL 50 (doblada).



Disposición de ensayo.



Deformación de cazoleta y patilla.



Detalle tras rotura de patilla.

MODELO A4 GTB

AISLADOR PROVISTO DE CAUCHO CON SISTEMA DE GIRO

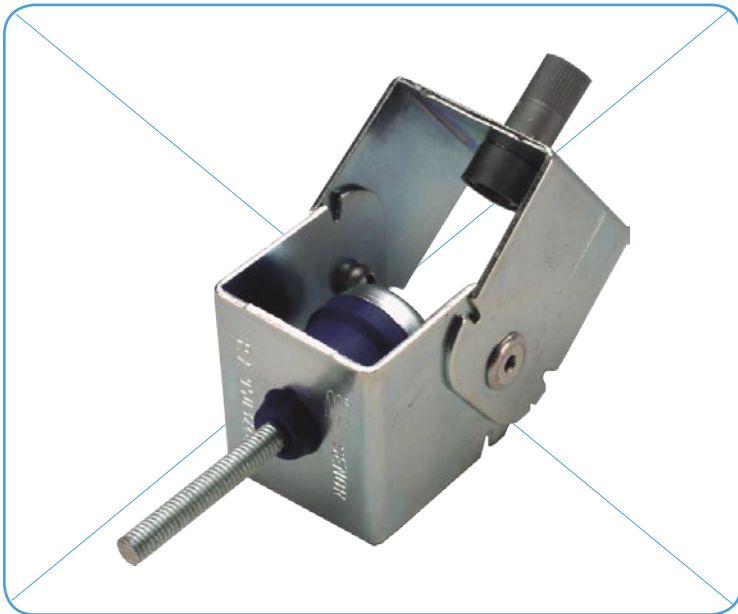
Adaptado al perfil dentado (perfil sierra PH-45 Pladur). Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta.

- SISTEMA DE NIVELACIÓN compuesto por un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1). El casquillo giratorio canaliza la varilla y con un simple giro permite nivelar fácilmente el techo acústico.

- Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo o corregir las diferentes inclinaciones que puedan surgir en la colocación de la varilla al forjado. De esta forma, el elemento elástico siempre trabaja en condiciones óptimas.

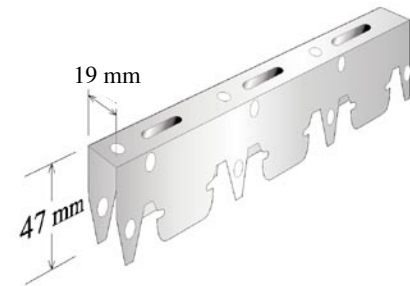
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4 30 V G	A-4	PH 45	100 U/C	■	M-6	12-30
SE-A4 50 A G	A-4	PH 45	100 U/C	■	M-6	30-50

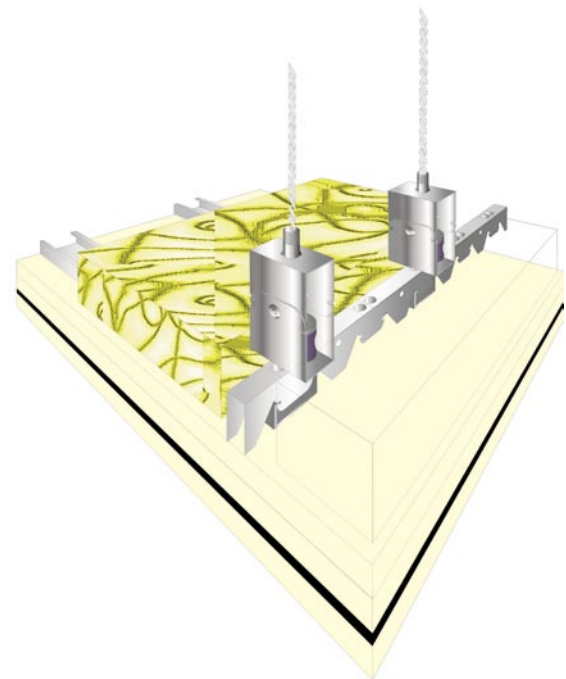
PERFILERÍA

Sierra Blanco y Falper



CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos, conductos de aire, bancadas aéreas, etc.

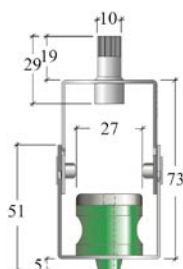


COTAS Mod. A4 GTB

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA 1 Y 2

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,50
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4 GTB.

Carga de rotura 280 Kg. Modo de fallo: rotura del casquillo.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga 160 Kg.



Muestra bajo carga 200 Kg.



Detalle de la muestra bajo carga de rotura.



MODELO STRIB CAB

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO Y MUELLE

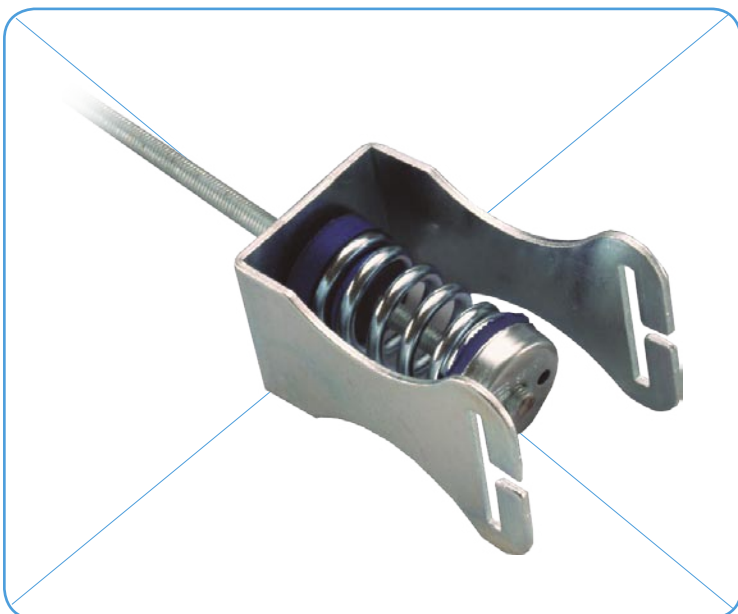
ÚNICO EN EL MUNDO PARA PERFILES DE GRANDES LUCES. Se caracteriza principalmente por:

- El elemento antivibratorio constituido por muelle fabricado en acero, que proporciona aislamientos importantes a bajas frecuencias, y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.

- Carcasa metálica con un diseño exclusivo que permite una adaptación rápida y sencilla al perfil sin necesidad de tornillos ni tuercas.

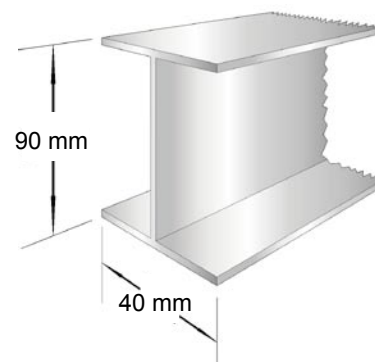
- Forma de cuello de garganta del elemento elástico que permite, una vez introducidos los elementos antivibratorios a través de la varilla roscada y nivelados mediante las cazoletas, anclar las carcassas metálicas que previamente se insertan en el perfil.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



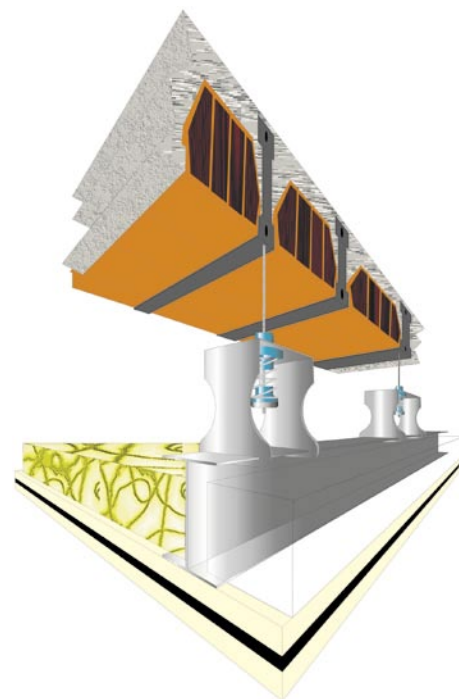
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
STRIB CAB SE-25 G	SC	GRANDES LUCES	50 U/C	■	M-6	12-30
STRIB CAB SE-50 V	SC		50 U/C	■	M-6	30-50
STRIB CAB SE-60 A	SC		50 U/C	■	M-8	50-80
STRIB CAB SE-100 R	SC		50 U/C	■	M-8	80-120

PERFILERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

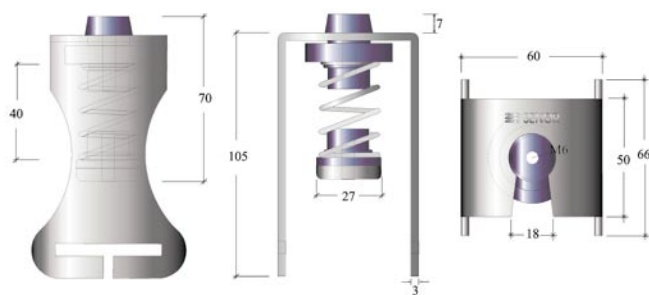
Techos acústicos



COTAS

Mod. STRIB CAB

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

GRIS



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
16,32	6,72	3,58	11,44
21,32	6,01	3,95	11,21
26,32	6,31	3,98	11,56
31,32	4,50	2,45	9,38

VERDE



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
31,32	6,31	3,98	11,56
36,32	4,86	4,93	9,78
41,32	4,87	4,73	9,03
51,32	4,95	3,89	8,00

ROJO



(80-120) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
70	5,25	6,86	8,30
90	5,00	5,03	8,00
100	4,75	5,47	7,20
110	4,60	9,18	6,60

AZUL



(50-80) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
51,32	4,65	3,89	9,79
60,32	4,87	3,69	9,01
70,32	4,95	3,50	8,00
80,32	5,51	3,67	7,44



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 28 Abril 2003

Resultados obtenidos:

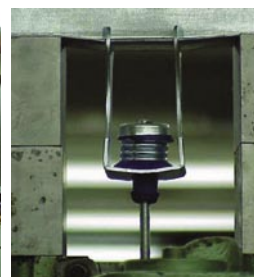
Muestra aislador MOD. SC. **Carga de rotura 580 Kg.** Modo de fallo: se rompe la rosca de arandela superior del muelle y este sale proyectado.



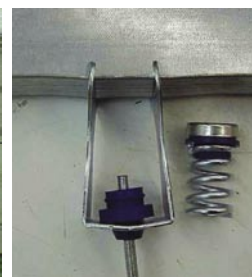
Muestra de ensayo.



Disposición de ensayo.



Deformación de la cazoleta y



Detalle tras rotura, carril.



MODELO A4 GTB 1

AISLADOR PROVISTO DE CAUCHO CON SISTEMA DE GIRO

Para suspender falsos techos acústicos con varilla roscada o cualquier otro sistema sin necesidad de rosca. Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta.

- SISTEMA DE NIVELACIÓN compuesto por un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1). El casquillo giratorio canaliza la varilla y, con un simple giro, permite nivelar fácilmente el techo acústico.

- Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo o corregir las diferentes inclinaciones que puedan surgir en la colocación de la varilla al forjado. De esta forma el elemento elástico siempre trabaja en condiciones óptimas.

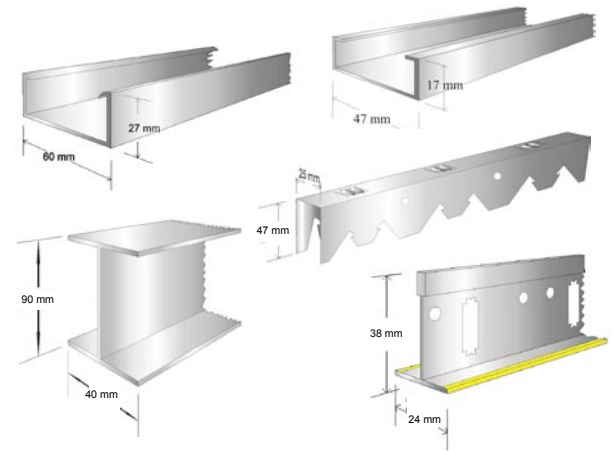
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4 30 V G1	A-4	TODOS	50 U/C	■	M-6	12-30
SE-A4 50 A G1	A-4	TODOS	50 U/C	■	M-6	30-50

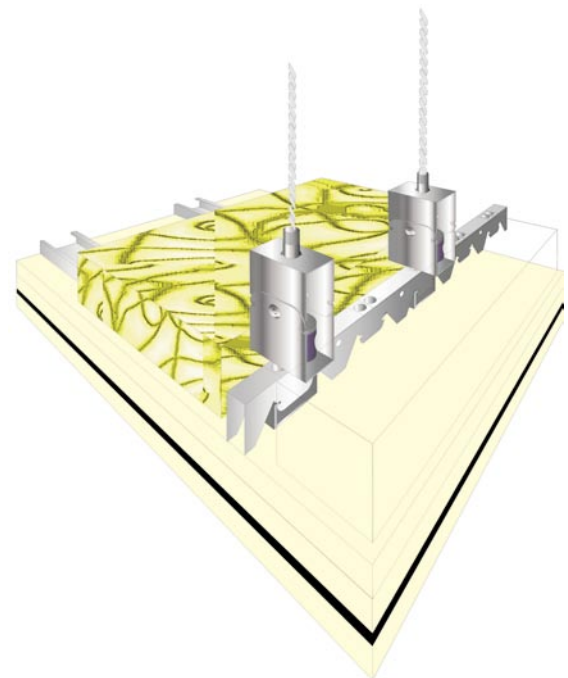
PERFILERÍA

Válido para todo tipo de perfilerías existentes en el mercado así como sustentación de maquinaria y bancadas aéreas



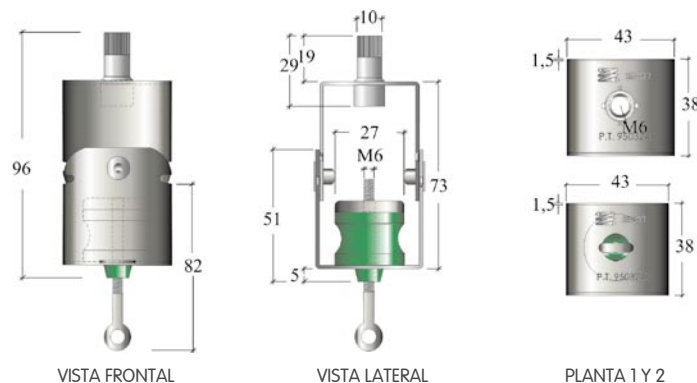
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos, conductos de aire, bancadas aéreas, etc.



COTAS Mod. A4 GTB 1

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,16	9,83	3,82	16,40
41,16	9,65	3,63	15,90
46,16	10,59	2,83	16,03
51,16	10,90	2,91	16,83
56,16	11,96	2,26	15,42



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

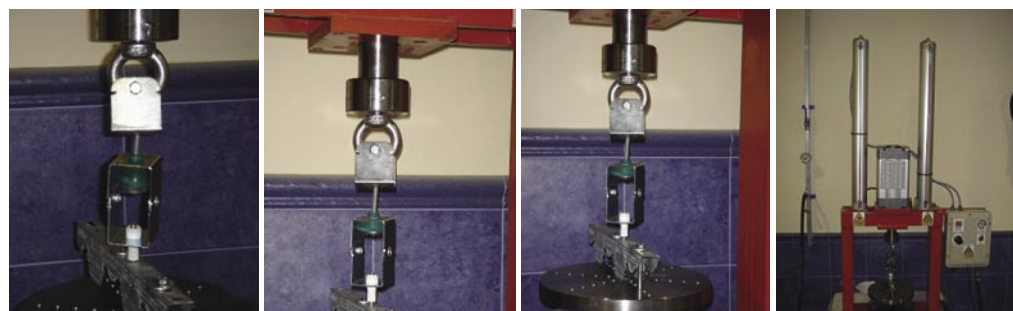
Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4 GTB 1.

Carga de rotura 280 Kg. Modo de fallo: rotura del casquillo.



Disposición del ensayo.

Muestra bajo carga 160 Kg.

Muestra bajo carga 200 Kg.

Detalle de la muestra bajo carga de rotura.



MODELO A4

AISLADOR PROVISTO DE CAUCHO

Para suspender techos acústicos con varilla roscada o cualquier maquinaria trabajando a partir de 1.500 r.p.m.

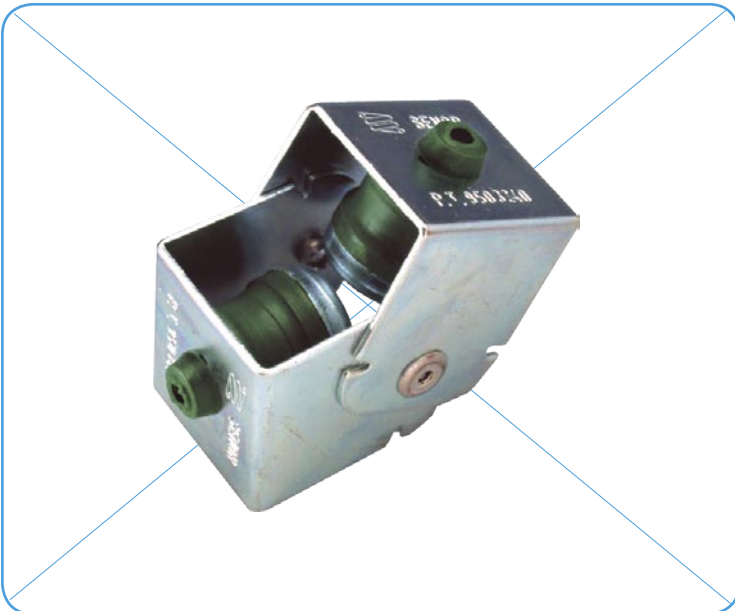
Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Dos cuerpos elásticos de caucho enfrentados entre sí, con doble salida de varilla, una hacia el forjado y otra hacia el elemento sustentado. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta.

- Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo o corregir las diferentes inclinaciones que puedan surgir en la colocación de la varilla en el forjado. De esta forma el elemento elástico siempre trabaja en condiciones óptimas.

Recomendado para uso de varilla roscada M-6 + varilla lisa o calibrada.

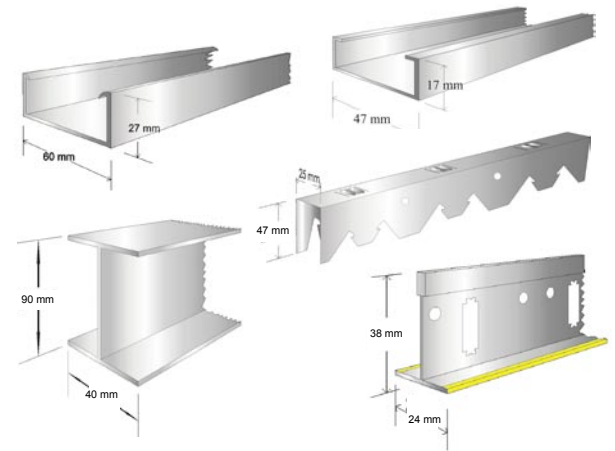
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4 60 V	A-4	MULTI.	100 U/C	■	M-6	12-30
SE-A4 70 A	A-4	MULTI.	100 U/C	■	M-6	30-50

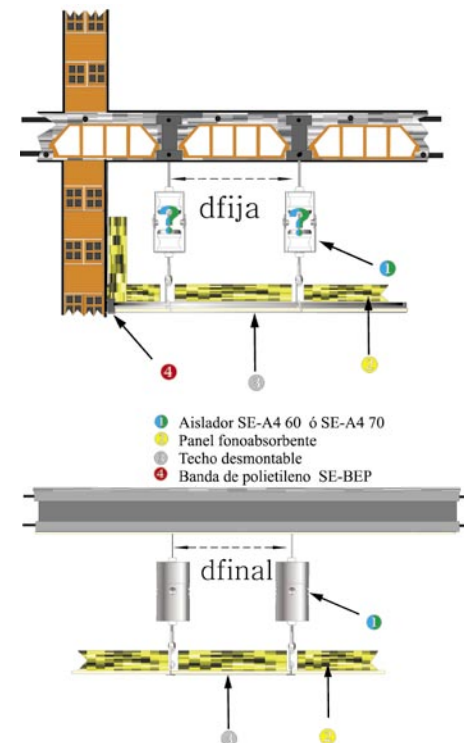
PERFILERÍA

Válido para todo tipo de perfilerías existentes en el mercado así como sustentación de maquinaria y bancadas aéreas



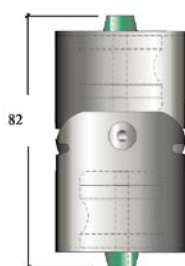
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos, conductos de aire, bancadas aéreas, etc.

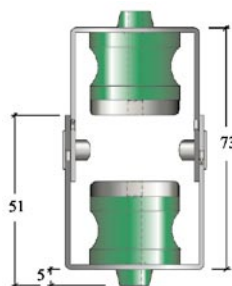


COTAS Mod. A4

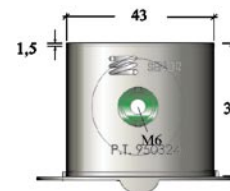
(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
16,16	13,80	3,27	19,75
21,16	11,70	3,86	18,67
26,16	10,73	3,92	16,70
31,16	9,83	3,81	16,66

AZUL



(30-70) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
31,16	16,30	4,81	18,66
36,16	15,83	3,82	17,40
61,16	12,76	2,97	16,42
71,16	13,25	2,98	15,75



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

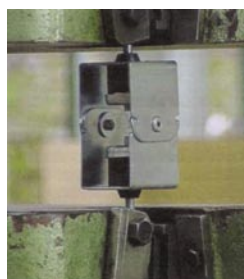
ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4. **Carga de rotura 368 Kg.** Modo de fallo: rotura de una de las cazoletas.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga de 300 kg.



Detalle de la muestra bajo carga.



MODELO A4 C2

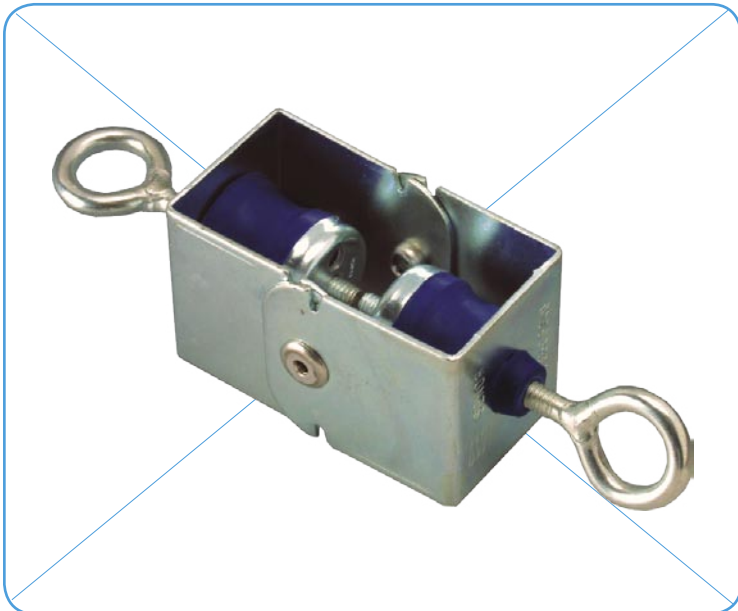
AISLADOR PROVISTO DE CAUCHO

Para suspender techos acústicos con alambre o cualquier otro sistema sin necesidad de rosca.

Se caracteriza por los siguientes elementos:

- Dos cuerpos elásticos de caucho enfrentados entre sí, con doble salida, una hacia el forjado y otra hacia el elemento sustentado. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta.
- Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo o corregir las diferentes inclinaciones que puedan surgir en la colocación de la varilla en el forjado. De esta forma el elemento elástico siempre trabaja en condiciones óptimas.

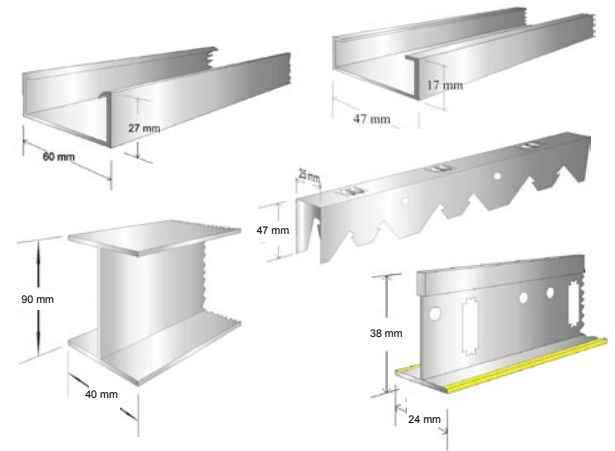
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4 60 V C2	A-4	MULTI.	50 U/C	■	M-6	12-30
SE-A4 70 A C2	A-4	MULTI.	50 U/C	■	M-6	30-50

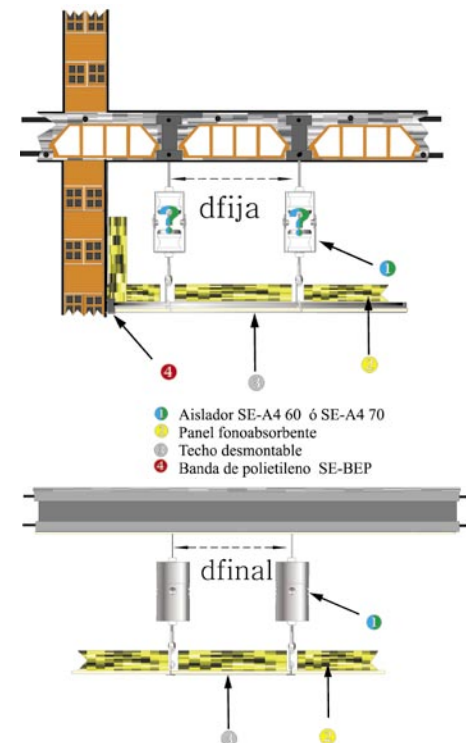
PERFILERÍA

Válido para todo tipo de perfilerías existentes en el mercado así como sustentación de maquinaria y bancadas aéreas



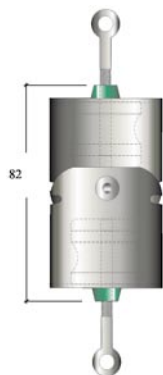
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos, conductos de aire, bancadas aéreas, etc.

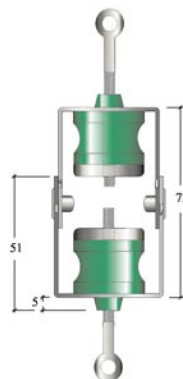


COTAS Mod. A4 C2

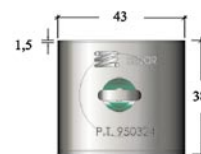
(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PLANTA

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
16,16	13,80	3,27	19,75
21,16	11,70	3,86	18,67
26,16	10,73	3,92	16,70
31,16	9,83	3,81	16,66

AZUL



(30-70) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
31,16	16,30	4,81	18,66
36,16	15,83	3,82	17,40
61,16	12,76	2,97	16,42
71,16	13,25	2,98	15,75



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

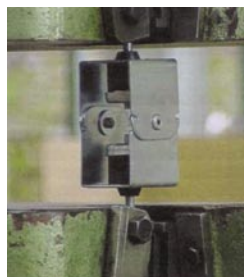
Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4 C2.

Carga de rotura 368 Kg. Modo de fallo: rotura de una de las cazoletas.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga de 300 kg.



Detalle de la muestra bajo carga.



MODELO A4M

AISLADOR ACÚSTICO NIVELADOR DE CAUCHO Y MUELLE

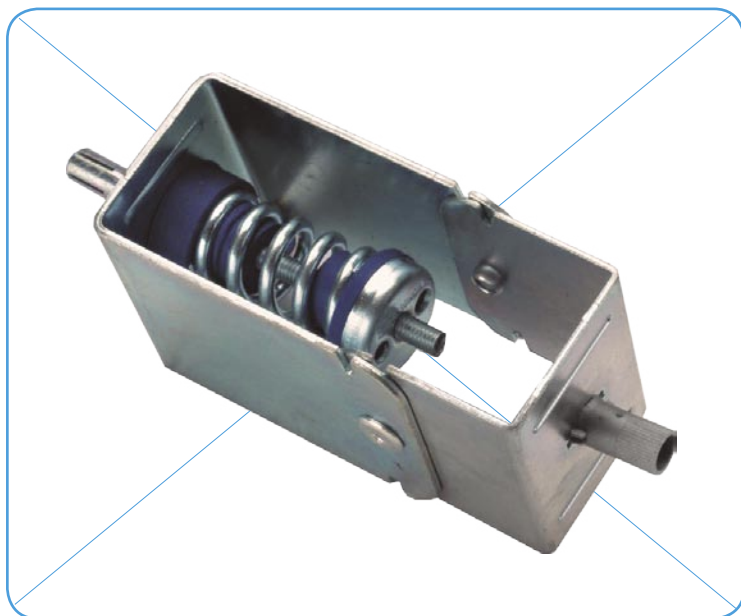
Para suspender techos acústicos con varilla roscada o cualquier maquinaria con régimen de trabajo a partir de 400 r.p.m. Se caracteriza por los siguientes elementos:

- El elemento antivibratorio constituido por muelle fabricado en acero, que proporciona aislamientos importantes a bajas frecuencias, y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta.

- SISTEMA DE NIVELACIÓN compuesto por un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1). El casquillo giratorio canaliza la varilla y con un simple giro permite nivelar fácilmente el techo acústico.

- Dispone de un sistema articulado que permite dar al perfil del techo cualquier ángulo o corregir las diferentes inclinaciones que puedan surgir en la colocación de la varilla al forjado. De esta forma, el elemento elástico trabaja en condiciones óptimas.

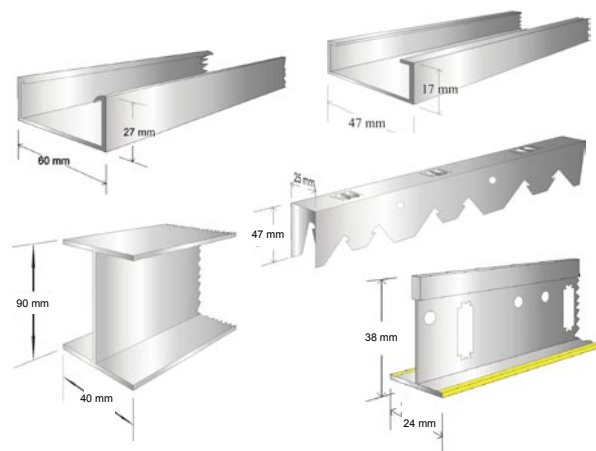
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-A4 30 MG V	A4M	TODOS	50 U/C	■	M-6	12-30
SE-A4 50 MG A	A4M	TODOS	50 U/C	■	M-6	30-50

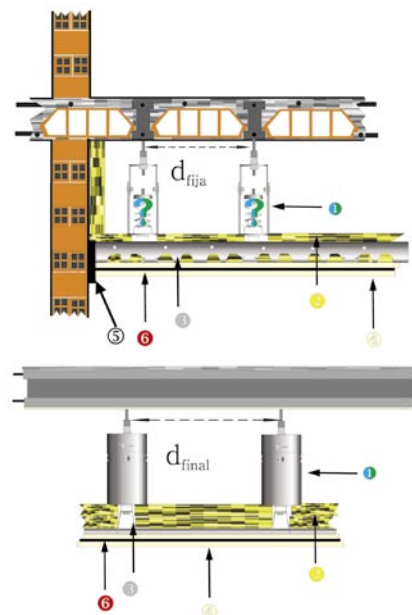
PERFLERÍA

Válido para todo tipo de perflerías existentes en el mercado así como sustentación de maquinaria y bancadas aéreas



CAMPO DE APLICACIÓN

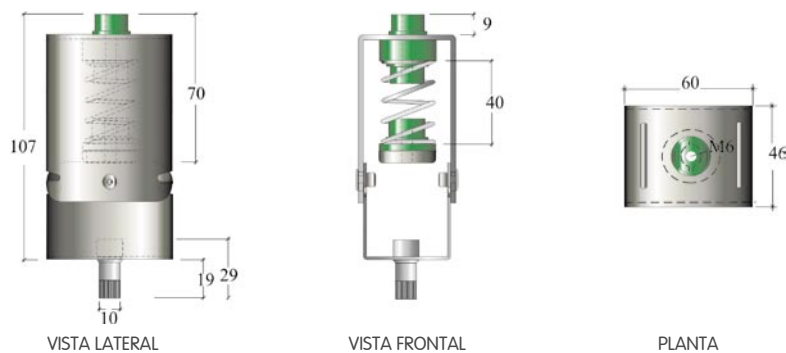
Techos acústicos, bancadas aéreas, conductos de aire, etc



- 1 Aislador SE-A4 30 MG o SE-A4 50 MG
- 2 Panel fonoabsorbente
- 3 Perfil dentado
- 4 Placas de yeso laminado
- 5 Banda de caucho SE-BEC
- 6 Lámina bituminosa

COTAS Mod. A4M

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
11,32	8,86	2,60	14,37
16,32	6,73	2,50	11,74
21,32	5,22	3,31	10,97
26,32	4,65	4,31	9,98
31,32	< 4,50	-	9,38

AZUL



(30-50) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
36,32	4,86	4,93	9,78
41,32	4,87	4,73	9,03
51,32	4,95	3,89	8,00
56,32	5,51	3,65	7,44
61,32	5,87	3,50	7,40



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. A4M.

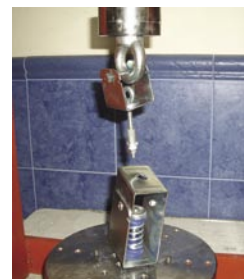
Carga de rotura 200 Kg. Modo de fallo: rotura de casquillo giratorio.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga de 50 kg.



Detalle de la muestra bajo carga 200 Kg. Rompe por la zona superior.



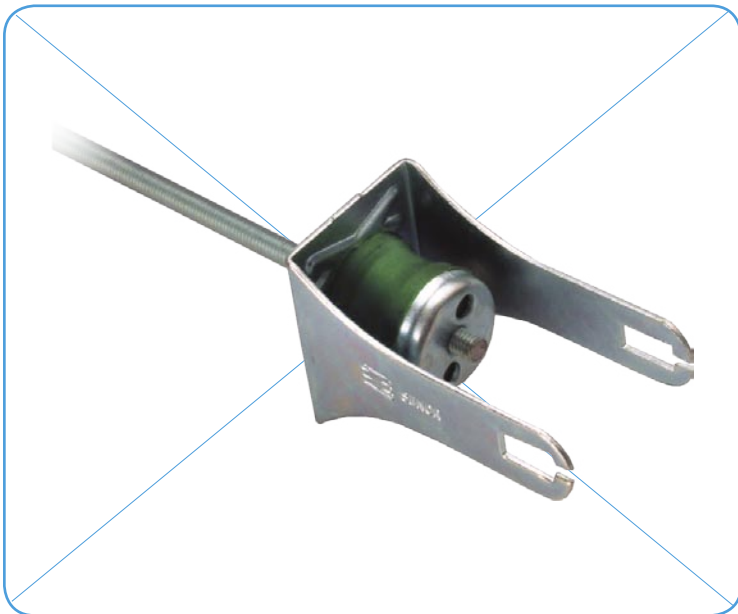
MODELO 105

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO (TECHO DESMONTABLE)

Se caracteriza principalmente por:

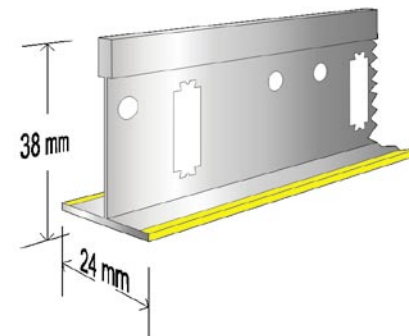
- Elemento elástico de caucho cuya función es atenuar las vibraciones producidas sobre la estructura y mejorar el aislamiento del techo acústico. Posee un diseño exclusivo que asegura un asentamiento total sobre la cazoleta. Gracias a su apertura central, permite deslizarlo por la varilla hacia el forjado liberando la cazoleta y facilitando su nivelación.
- Carcasa metálica con un diseño exclusivo que permite una adaptación rápida y sencilla al perfil sin necesidad de tornillos ni tuercas.
- Forma de cuello de garganta del elemento elástico que permite, una vez introducidos los elementos elásticos a través de la varilla roscada y nivelados mediante las cazoletas, anclar las carcassas metálicas que previamente se insertan en el perfil. Esto supone un ahorro importante en tiempo de ejecución.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



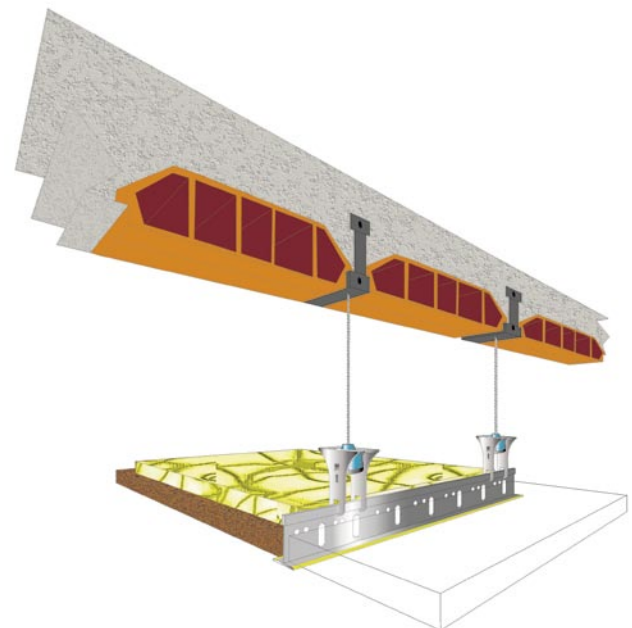
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	MÉTRICA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-105/PC V	105	PRIMARIO	100 U/C	■	M-6/M-4	10-20
REF.	MODELO	PERFIL	EMB.	COLOR	VARILLA	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-105/PCC V	105	PRIMARIO	100 U/C	■	LISA	10-20

PERFILERÍA



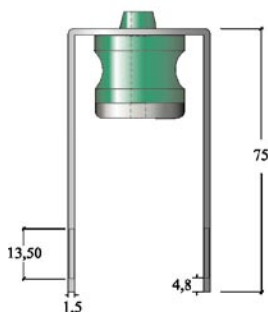
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos decorativos

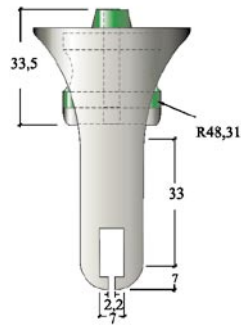


COTAS
SE-105/PC V

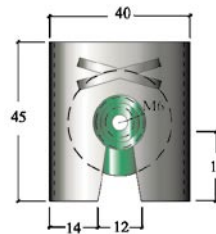
(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



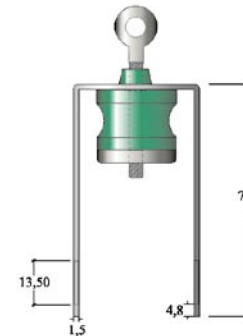
VISTA LATERAL



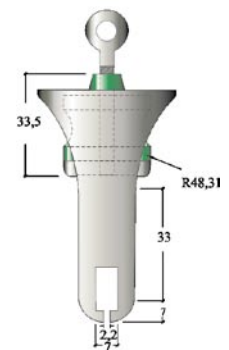
PLANTA

COTAS
SE-105/PCC V

(Medidas expresadas en milímetros)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

COMPORTAMIENTO DINÁMICO

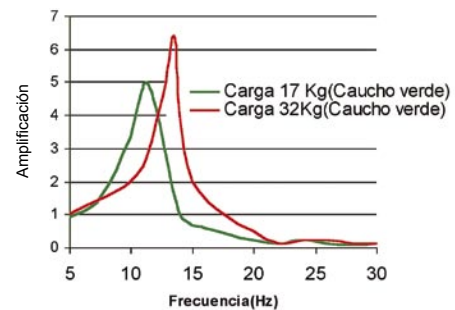
VERDE



(12-30) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
12,70	12,50	4,22	14,5
17,70	11,50	4,95	14,00
22,70	10,75	5,85	14,50
27,70	10,50	6,09	15,75
32,70	12,75	6,38	17,25

FUNCIONES DE TRANSMISIBILIDAD



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:
LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. 105.
Carga de rotura 100 Kg. Modo de fallo:
se desprende de la carcasa metálica
el cuerpo elástico de caucho.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga de 50 Kg.



Muestra bajo carga de 75 Kg.



Muestra de fallo 100 Kg.

MODELO TRN

HORQUILLA NIVELADORA CON ROTURA DE PUENTE TÉRMICO

Especialmente diseñada para techos desmontables.

Compuesta por los siguientes elementos:

- Horquilla metálica que se introduce directamente en el perfil, provista de un casquillo giratorio fabricado en polipropileno al que se le ha embutido una tuerca de acero (clasificación al fuego A-1).

- El casquillo giratorio permite nivelar fácilmente la estructura sin necesidad de soltar el perfil ni emplear tuercas. Esto supone un ahorro importante en tiempo de ejecución.

Disponibles en métrica 4 y 6.

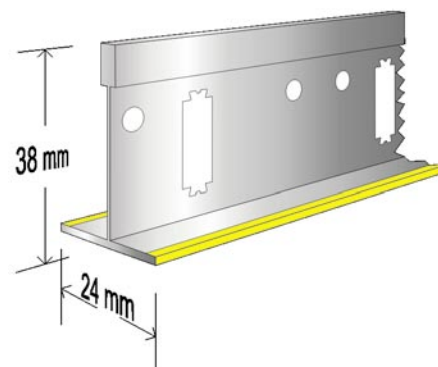
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	MÉTRICA
SE-TRN/70	TRN	PRIMARIO	200 U/C	M-6/M-4 W.5,32

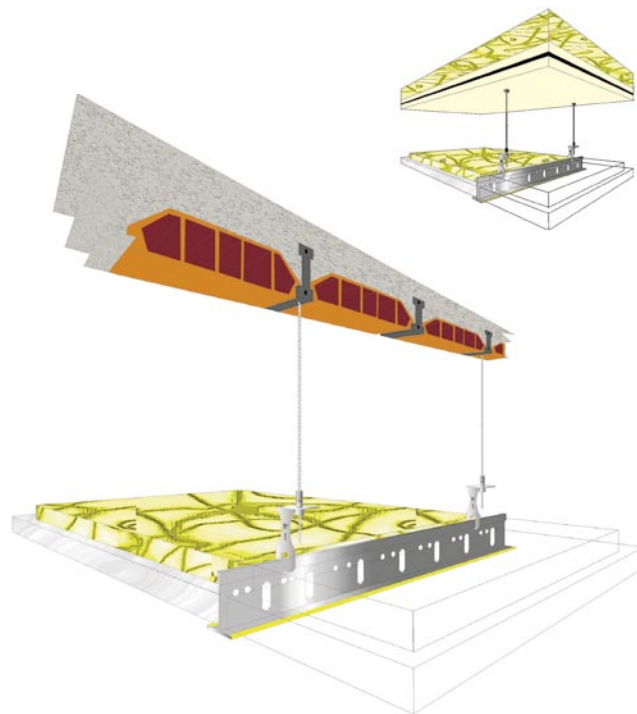
REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	VARILLA
SE-TRN/70 C	TRN	PRIMARIO	100 U/C	LISA

PERFILERÍA



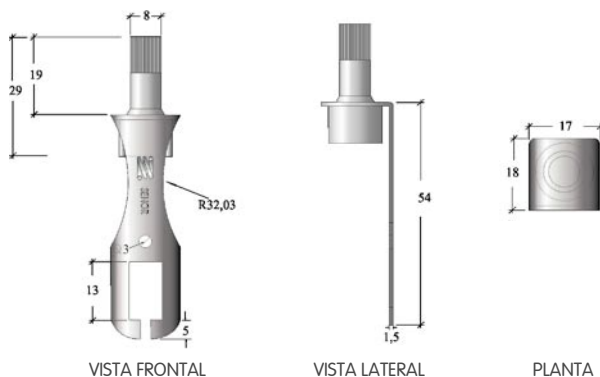
CAMPO DE APLICACIÓN

Techos acústicos decorativos



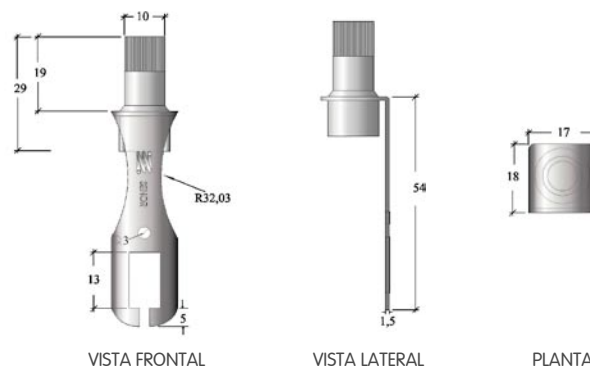
COTAS SE-TRN M4

(Medidas expresadas en milímetros)

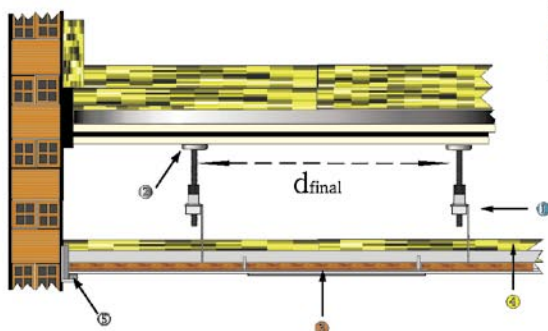


COTAS SE-TRN M6

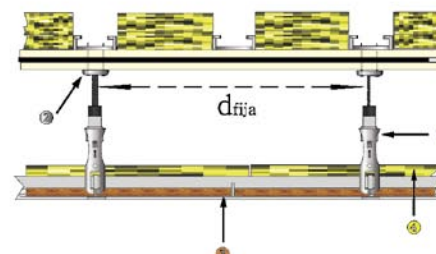
(Medidas expresadas en milímetros)



MODO DE APLICACIÓN



- ① Escudra de cuelgue SE-TRN/70
- ② Cazoleta N (M-6)
- ③ Techo desmontable
- ④ Panel fonoabsorbente
- ⑤ Banda de polietileno SE-BEP



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035009

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra aislador MOD. TRN.

Carga de rotura 85 Kg. Modo de fallo: se abre la escudra metálica y se suelta el perfil.



Disposición del ensayo.



Muestra bajo carga de 25 Kg.



Muestra bajo carga de 75 Kg.



Muestra bajo carga de 85 Kg
Se desprende la escudra.





PARED

MODELO 3800/01

AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO PARA TRASDOSADOS

Compuesto por dos elementos, el cuerpo elástico de caucho y la escuadra de metal.

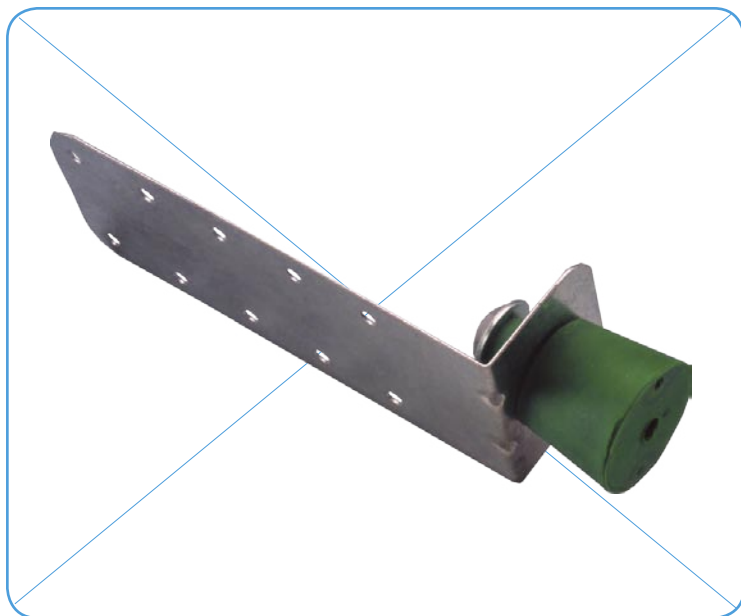
Su fijación es directa mediante una arandela y un tornillo central que atraviesa el elemento elástico para facilitar el funcionamiento cuando el aplastamiento sea, tanto hacia el interior como exterior de la cámara, mejorando así su comportamiento dinámico al evitar un posible estiramiento del caucho.

Escuadra de prolongación metálica que dispone de 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilería a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.

En caso de fuego, el caucho desaparece pero la arandela y el tornillo central mantienen la fijación mecánica del trasdosado a la pared (DISPOSITIVO DE SEGURIDAD).

Amortiguador recomendado para hormigón o paramentos macizos.

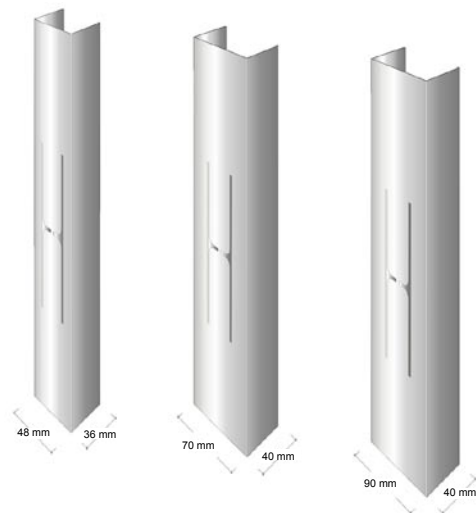
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	ESPELOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-3800/TD1	3800	1,5	MONTANTE	100 U/C
SE-3801/TD1	3801	0,8	MONTANTE	100 U/C

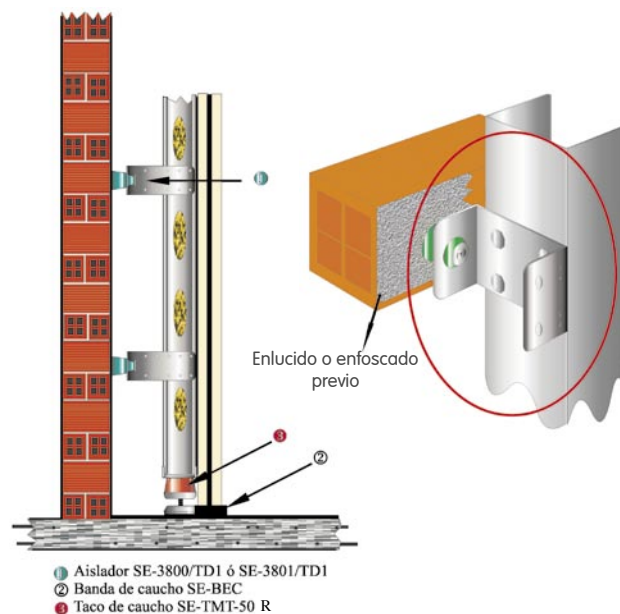
Estos modelos podrán ir provistos de tornillo y arandelas incrementándose el precio por unidad.

PERFILERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

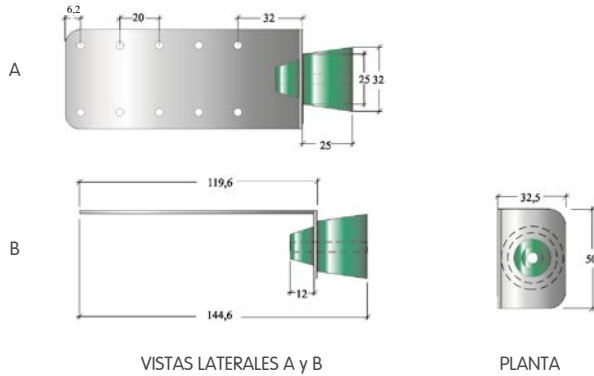
Trasdosado de paredes: local comercial, hotel, vivienda, bar, pub, discoteca, teatro, etc.



COTAS

Mod. 3800/01

(Medidas expresadas en milímetros)

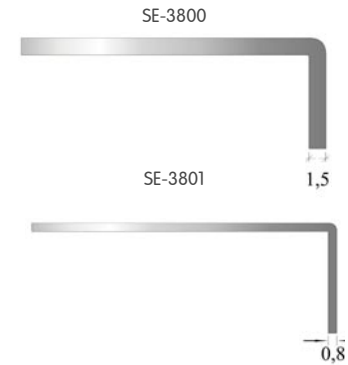


VISTAS LATERALES A y B

PLANTA

ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

EQUIPOS Y RESULTADOS

Denominación/Marcas:

Reloj comparador Tokio Sokki,
Atornillador dinamoétrico Ton

Código:

ME 012020 / OE034TH5

Rango:

50 mm / 3,92 Nm

Resultados obtenidos:

Par (Nm)	Desplazamiento (mm)
0,09	3,00
0,18	5,75
0,27	7,70
0,36	9,45
0,45	10,10

TABLA

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
10 + utillaje	8,76	3,56	11,65
22 + utillaje	9,50	3,98	11,98
44 + utillaje	9,98	6,56	12,65
45 + utillaje	11,34	5,67	13,12



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



1



2



3

MODELO 3802/03

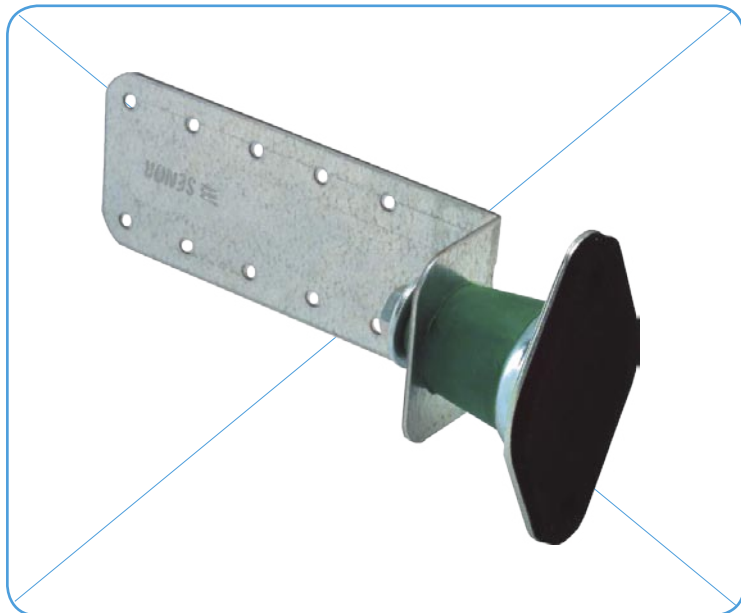
AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO PARA MUROS Y TRASDOSADOS DE PAREDES

Compuesto por:

- Cuerpo elástico de caucho. Es el elemento que amortigua la vibración.
- Escuadra de prolongación metálica que dispone de 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilería a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.
- Suela metálica con doble fijación a la pared, con apoyo en caucho celular que mejora el asentamiento del aislador.
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD formado por un eje central metálico y un soporte circular o arandela. En caso de fuego el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica.

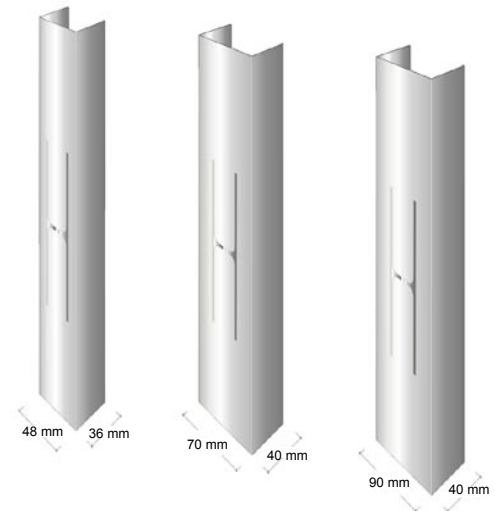
Su diseño especial presenta doble función de aislamiento en el pandeo del trasdosado. El novedoso sistema permite que la escuadra de prolongación trabaje libre en el aplastamiento de los cauchos tanto en un sentido como en otro. Esto permite que el caucho trabaje siempre a compresión. Recomendado para paramentos cerámicos o huecos.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



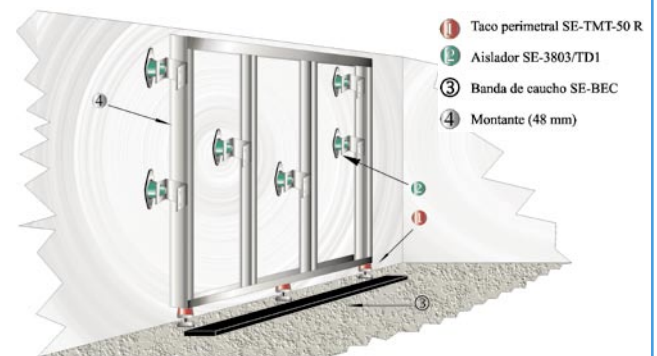
REF.	MODELO	ESPESOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-3802/TD1	3802	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-3803/TD1	3803	0,8	MONTANTE	50 U/C

PERFILERÍA

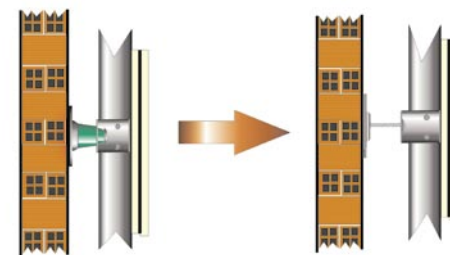


CAMPO DE APLICACIÓN

Muros y trasdosados de paredes



Comportamiento ante el fuego

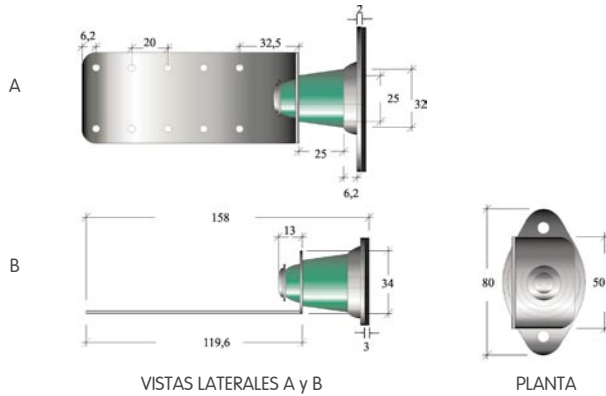


Ante un fuego, el caucho desaparece, pero la fijación no

COTAS

Mod. 3802/03

(Medidas expresadas en milímetros)

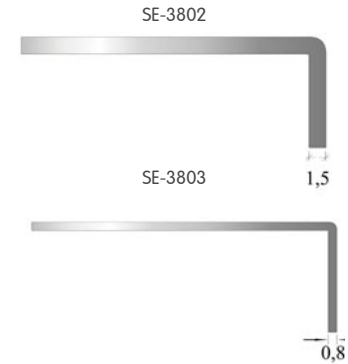


VISTAS LATERALES A y B

PLANTA

ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

EQUIPOS Y RESULTADOS

Denominación/Marca:

Amplificador señal acelerómetros. PCB
 Acelerómetro. PCB
 Acelerómetro. PCB
 Masas calibradas
 Masas calibradas
 Reloj comparador
 Mesa vibradora. LDS

Código:

ME 084030
 ME 072021
 ME 072022
 ME 031002
 ME 031009
 ME 012005
 ME 075001

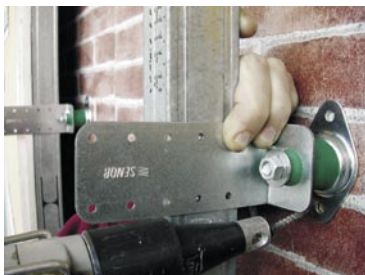
TABLA

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
10 + utillaje	8,76	3,56	11,65
22 + utillaje	9,50	3,98	11,98
44 + utillaje	9,98	6,56	12,65
45 + utillaje	11,34	5,67	13,12



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



1



2



3

MODELO 3900/01

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO PARA MUROS Y TRASDOSADOS DE ALTURAS ELEVADAS

El modelo 3900 es ideal para la instalación de trasdosados acústicos de alturas elevadas. Está constituido por:

- Dos elementos simétricos de caucho enfrentados entre sí. Incorpora un novedoso sistema que permite que la escuadra de prolongación trabaje libre en el aplastamiento de los cauchos en ambos sentidos. Esto optimiza su función mejorando el aislamiento ya que, ambos cauchos trabajan a compresión.

- Escuadra de prolongación metálica que dispone de 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilería a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.

- Suela metálica con doble fijación a la pared, con apoyo en caucho celular que mejora el asentamiento del aislador.

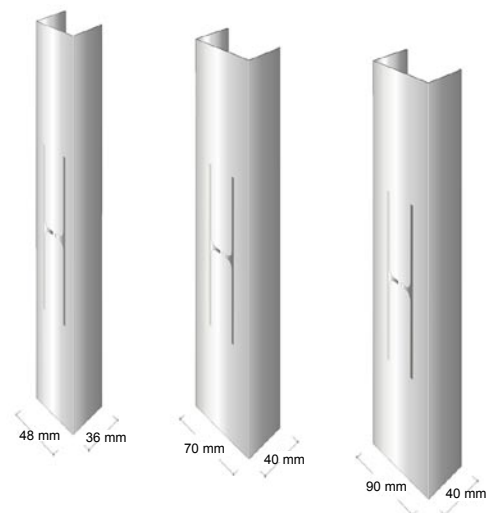
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD formado por un eje central metálico y un soporte circular o arandela. En caso de fuego el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



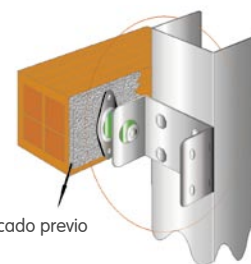
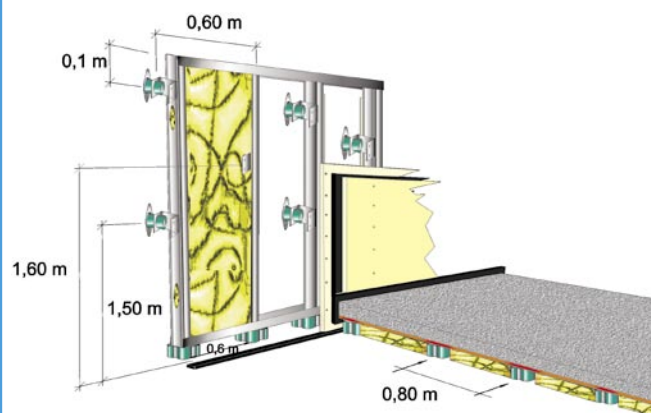
REF.	MODELO	ESPESOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-3900/TD2	3900	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-3901/TD2	3901	0,8	MONTANTE	50 U/C

PERFILERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Paramentos de alturas elevadas

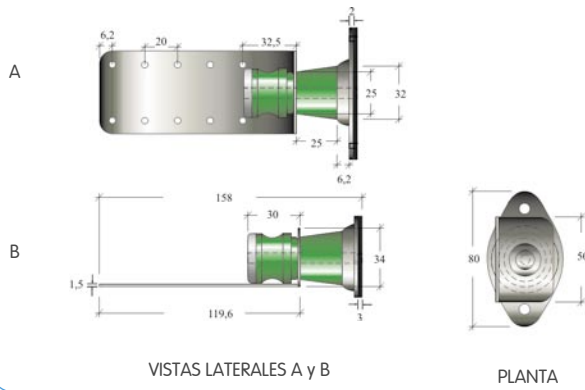


Enlucido o enfoscado previo

COTAS

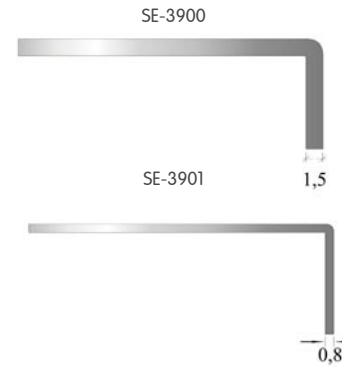
Mod. 3900/01

(Medidas expresadas en milímetros)

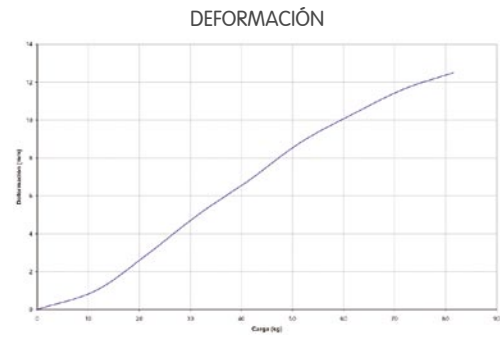
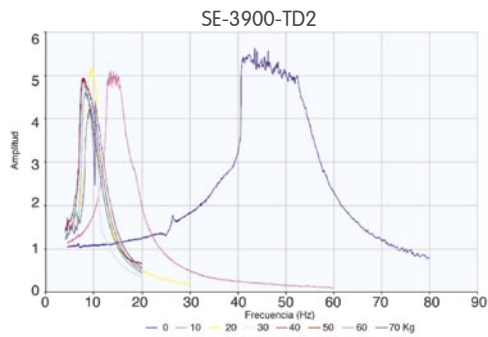


ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO



TABLA

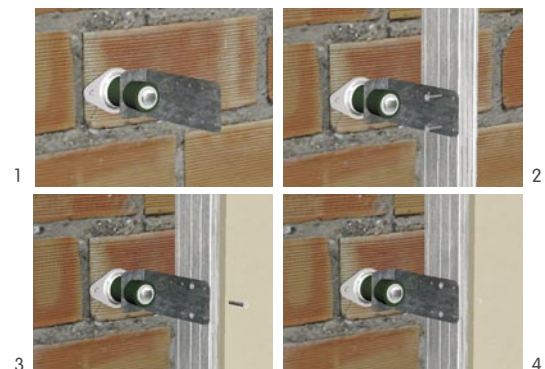
CARGA (Kg)	BARRIDO (Hz)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
0	4,5-80	43,53	5,63	73,46
10	4,5-60	13,47	5,11	23,92
20	4,5-30	9,53	5,19	16,00
30	4,5-20	7,96	4,82	13,47
40	4-20	7,94	4,94	15,83
50	4-20	7,62	4,93	15,33
60	4-20	8,15	4,63	15,16
70	4-20	10,31	4,39	16,44

No está incluido el peso del utilaje (~ 1,5 Kg)



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



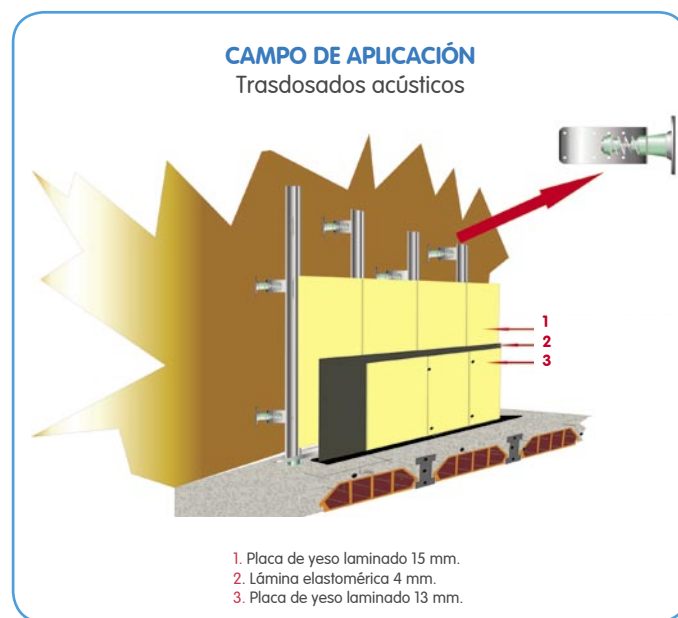
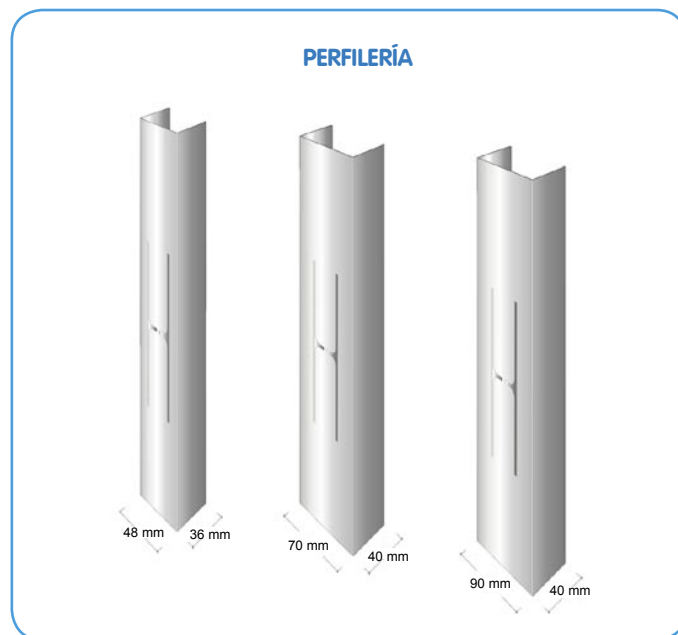
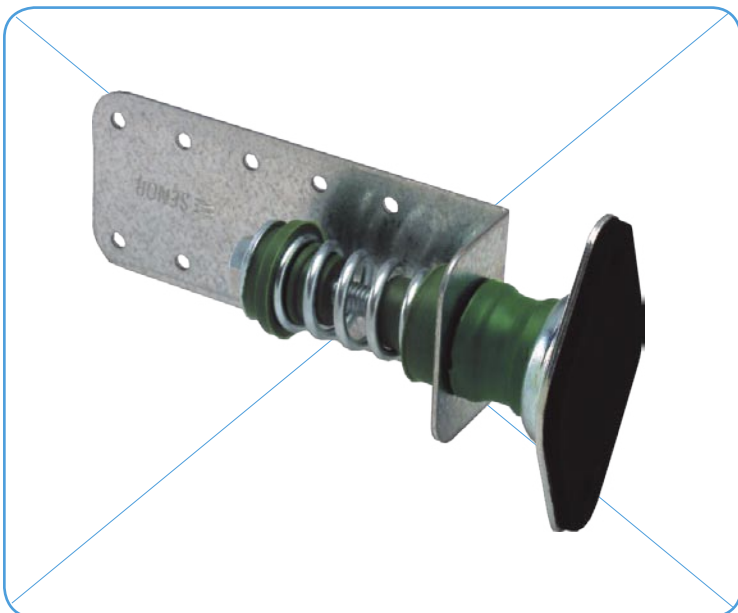
MODELO 4800/01

AISLADOR ACÚSTICO DE MUELLE-CAUCHO PARA TRASDOSADOS

El modelo 4800 está especialmente indicado en la instalación de trasdosados en locales donde el espectro sonoro sea rico en bajas frecuencias (discoteca, pub, actividad industrial, etc.). Su diseño especial presenta doble función de aislamiento en el pandeo del trasdosado. El novedoso sistema permite que la escuadra de prolongación trabaje libre durante la deformación del muelle y el caucho, tanto en un sentido como en otro. Esto permite que el elemento elástico en cuestión trabaje siempre a compresión. Se caracteriza principalmente por:

- Elemento antivibratorio constituido por muelle fabricado en acero que permite conseguir aislamientos importantes a bajas frecuencias, y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario.
- Escuadra de prolongación metálica que dispone de 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilera a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.
- Suela metálica con doble fijación a la pared, con apoyo en caucho celular que mejora el asentamiento del aislador.
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD formado por un eje central metálico y un soporte circular o arandela. En caso de fuego el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

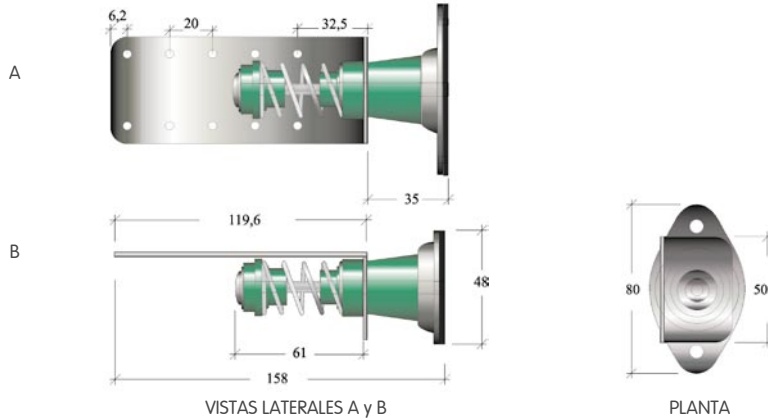


REF.	MODELO	ESPESOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-4800/TDM	4800	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-4801/TDM	4801	0,8	MONTANTE	50 U/C

COTAS

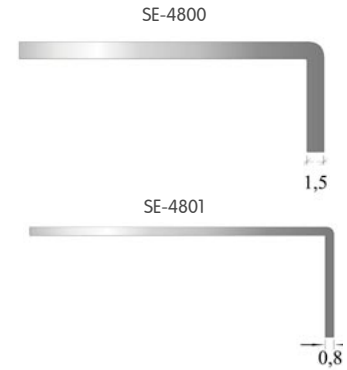
Mod. 4800/01

(Medidas expresadas en milímetros)

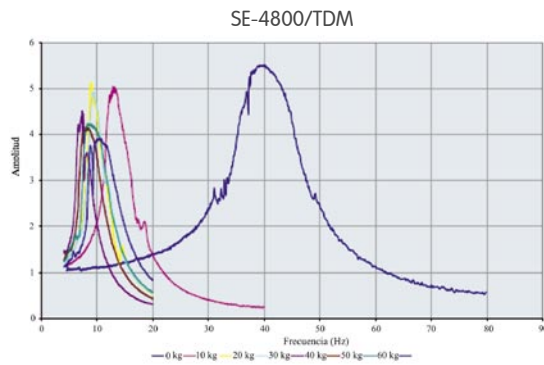


ESPESOR DE CHAPA

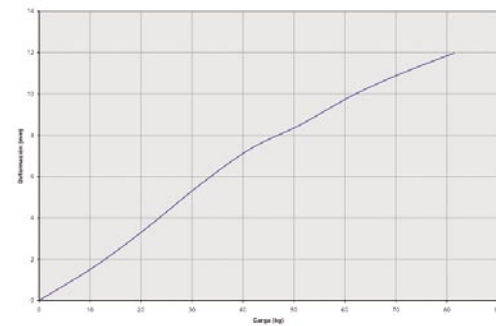
(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO



DEFORMACIÓN



TABLA

CARGA (Kg)	BARRIDO (Hz)	FREC. RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
0	4-80	40,15	5,52	61,82
10	4-40	12,83	5,05	21,94
20	4-20	8,96	5,14	16,09
30	4-20	9,31	4,94	16,09
40	4-20	7,28	4,53	12,55
50	4-20	7,94	4,17	14,84
60	4-20	8,35	4,25	16,26
70	4-20	10,42	3,93	18,66

No está incluido el peso del utillaje (≈ 1,5 Kg)



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



1

2

3

MODELO 7600/02

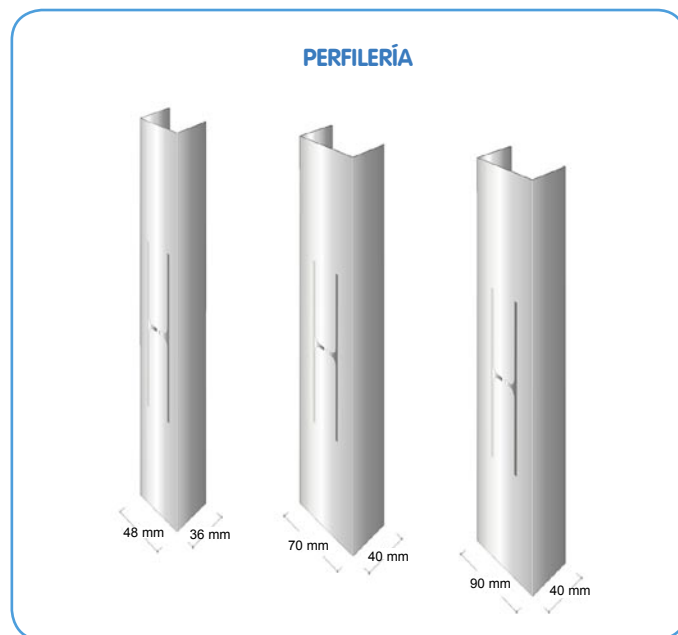
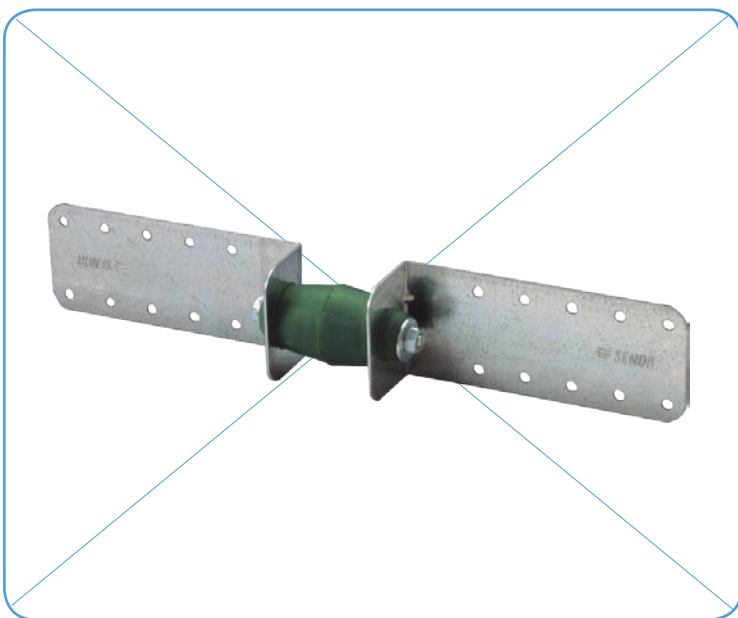
AISLADOR ACÚSTICO DE CAUCHO PARA SEPARACIÓN DE TABIQUES CON DOBLE ESTRUCTURA

Su diseño especial presenta doble función de aislamiento en el pandeo de las estructuras. Su forma de trabajo es excelente gracias a un eje central que va roscado en sus extremos. Dicho eje ensambla de manera elástica las dos escuadras de prolongación que están enfrentadas entre sí y separadas por un elemento elástico de caucho. El novedoso sistema permite que las escuadras de prolongación trabajen libres en el aplastamiento de los cauchos tanto en un sentido como en otro. Esto permite que el caucho trabaje siempre a compresión.

Compuesto por:

- Elemento elástico de caucho tanto en sus extremos como en su parte central.
- Dos escuadras de prolongación metálicas cada una con 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilería a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.
- Eje central metálico y dos soportes circulares o arandelas que constituyen el DISPOSITIVO DE SEGURIDAD. En caso de fuego, el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica.

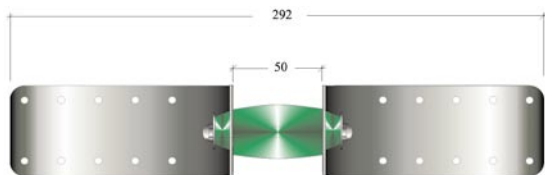
*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



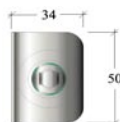
REF.	MODELO	ESPESOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-7600/TB2	7600	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-7602/TB2	7602	0,8	MONTANTE	50 U/C

COTAS Mod. 7600/02

(Medidas expresadas en milímetros)



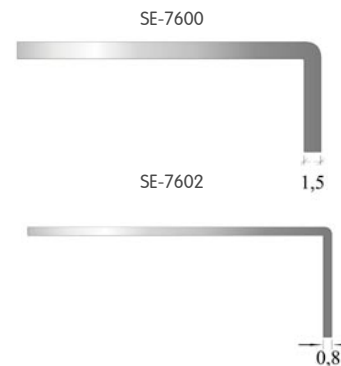
VISTA LATERAL



PLANTA

ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

EQUIPOS Y RESULTADOS

Denominación/Marcas:

Reloj comparador Tokio Sokki,
Atornillador dinamométrico Ton

Código:

ME 012020 / OE034TH5

Rango:

50 mm / 3,92 Nm

Resultados obtenidos:

Par (Nm)	Desplazamiento (mm)
0,09	3,00
0,18	5,75
0,27	7,70
0,36	9,45
0,45	10,10

TABLA

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
10 + utillaje	8,00	3,48	11,41
22 + utillaje	9,30	3,95	11,85
44 + utillaje	9,50	6,30	12,10
43 + utillaje	11,21	5,751	11,00



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



1



2



3

MODELO 8600/02

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO PARA TABIQUES CON DOBLE ESTRUCTURA

El modelo 8600 es un modelo especialmente diseñado para la instalación de tabiques de alturas elevadas formados por doble estructura de perfiles de chapa galvanizada (montantes y canales) en cuya cara exterior de cada una de ellas se atornillan placas de yeso laminado de diferente tipo y espesor.

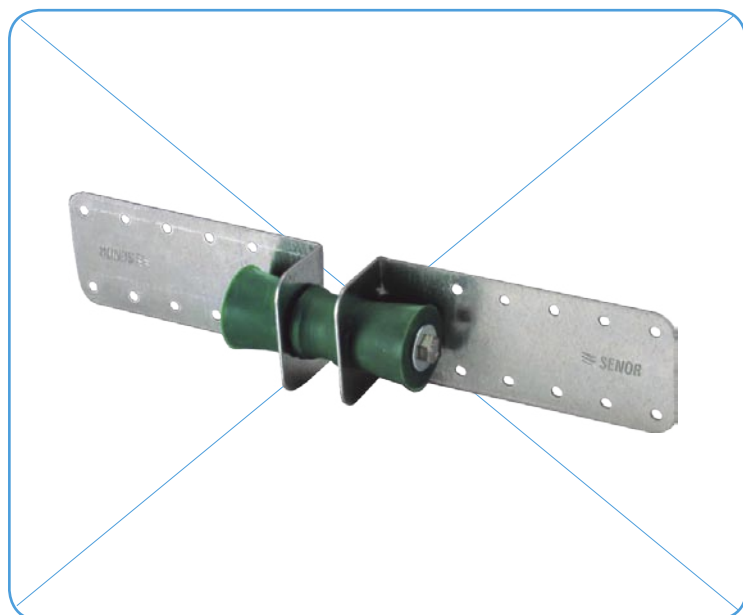
Compuesto por:

- Triple elemento amortiguador de caucho. Incorpora un novedoso sistema que permite que las escuadras de prolongación trabajen libres durante la deformación de los cauchos en ambos sentidos. Esto mejora el comportamiento dinámico, puesto que los elementos elásticos trabajan siempre a compresión.

- Dos escuadras de prolongación metálicas cada una con 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilera a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.

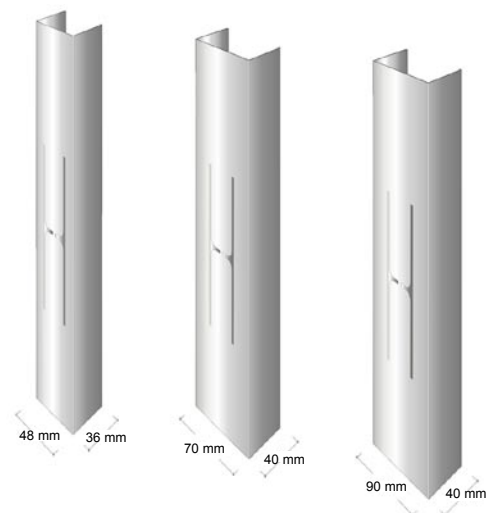
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD formado por un eje central metálico y dos soportes circulares o arandelas. En caso de fuego el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica, evitando el desplome del tabique.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



REF.	MODELO	ESPESOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-8600/TB3	8600	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-8602/TB3	8602	0,8	MONTANTE	50 U/C

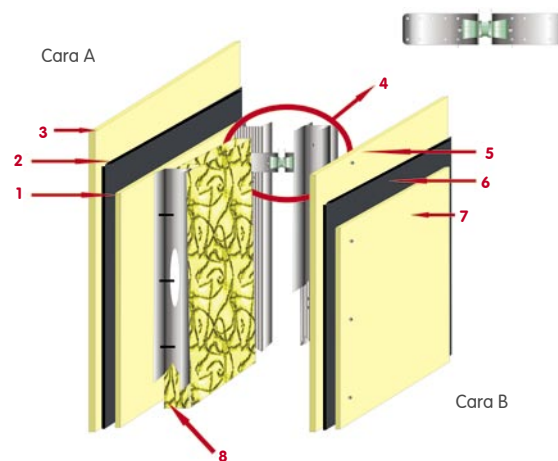
PERFILERÍA



CAMPO DE APLICACIÓN

Paredes acústicas

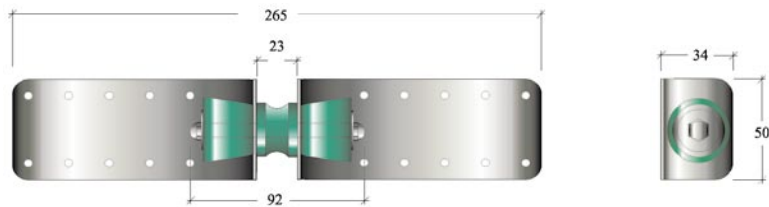
AUTOPORTANTE



1. Placa de yeso laminado 15 mm.
2. Lámina elastomérica 4 mm.
3. Placa de yeso laminado 13 mm.
4. Doble montante colocado en forma de H + aislador.
5. Placa de yeso laminado 15 mm.
6. Projectado sobre cartón yeso.
7. Placa de yeso laminado 13 mm.
8. Panel fonoabsorbente de 70 Kg/m³ + espesor de 40 mm.

COTAS Mod. 8600/02

(Medidas expresadas en milímetros)

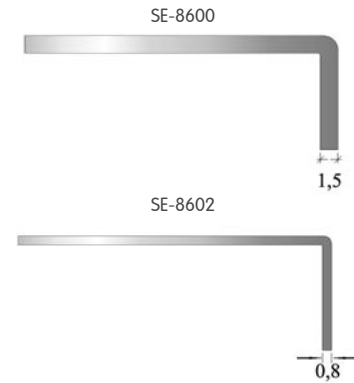


VISTA LATERAL

PLANTA

ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)



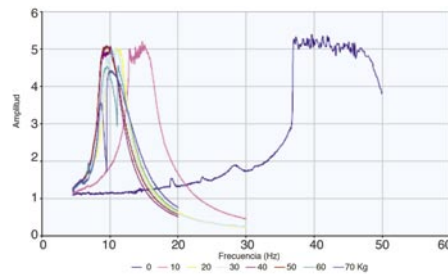
COMPORTAMIENTO DINÁMICO

TABLA

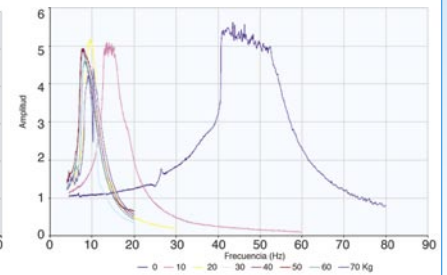
CARGA (Kg)	BARRIDO (Hz)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
0	4,5-80	43,53	5,63	73,46
10	4,5-60	13,47	5,11	23,92
20	4,5-30	9,53	5,19	16,00
30	4,5-20	7,96	4,82	13,47
40	4-20	7,94	4,94	15,83
50	4-20	7,62	4,93	15,33
60	4-20	8,15	4,63	15,16
70	4-20	10,31	4,39	16,44

No está incluido el peso del utilaje, aproximadamente igual a 1,5 Kg.

SE-8600-TB3 (COMPRESIÓN)



SE-8600-TB3 (TRACCIÓN)



MODO DE APLICACIÓN Paso a paso



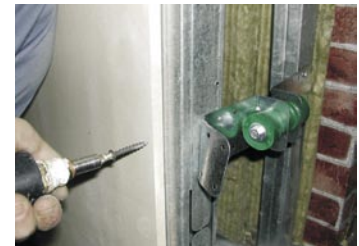
1



2



3



4

MODELO 9600/02

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO-MUELLE PARA TABIQUES CON DOBLE ESTRUCTURA

El modelo 9600 está especialmente indicado en la instalación de tabiques con doble estructura en locales donde el espectro sonoro sea rico en frecuencias bajas (cine, discoteca, pub, actividad industrial, etc.).

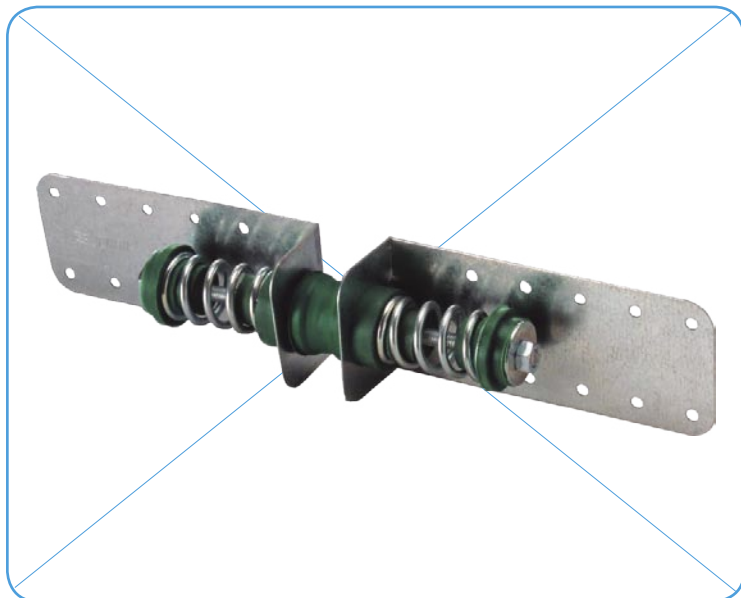
Su diseño presenta doble función de aislamiento en la vibración del tabique. El novedoso sistema permite que las escuadras de prolongación trabajen libres durante la deformación de los muelles y el caucho, tanto en un sentido como en otro. Esto permite que el elemento elástico en cuestión trabaje siempre a compresión. Se destacan las siguientes características técnicas:

- Elemento antivibratorio constituido por muelle fabricado en acero que permite conseguir aislamientos importantes a bajas frecuencias y caucho, que aporta al sistema el amortiguamiento necesario.

- Escuadras de prolongación metálicas que disponen de 10 orificios que permiten fijar el amortiguador a la perfilería a diferentes distancias, según sea el espesor de la cámara.

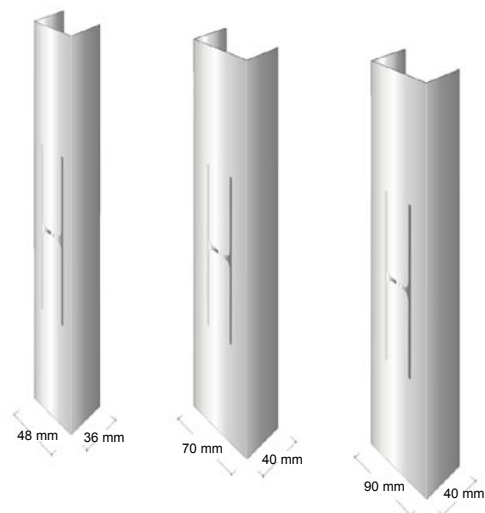
- DISPOSITIVO DE SEGURIDAD formado por un eje central metálico y dos soportes circulares o arandelas. En caso de fuego el caucho desaparece pero el dispositivo de seguridad permite mantener la fijación mecánica, evitando el desplome del tabique.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.



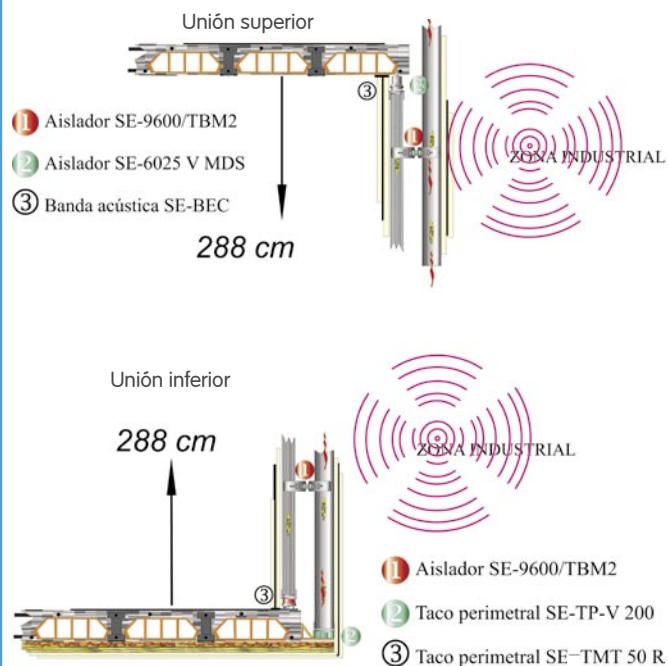
REF.	MODELO	ESPELOR (mm)	PERFIL	EMBALAJE
SE-9600/TBM2	9600	1,5	MONTANTE	50 U/C
SE-9602/TBM2	9602	0,8	MONTANTE	50 U/C

PERFILERÍA

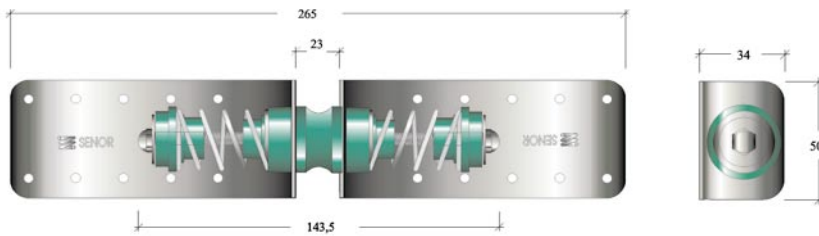


CAMPO DE APLICACIÓN

Paredes acústicas



COTAS Mod. 9600/02

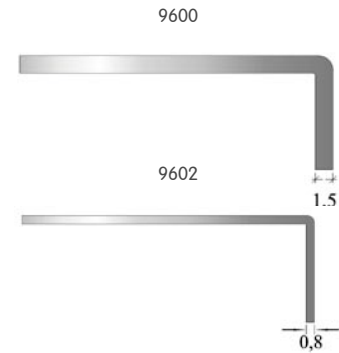


VISTA LATERAL

PLANTA

ESPESOR DE CHAPA

(Medidas expresadas en milímetros)

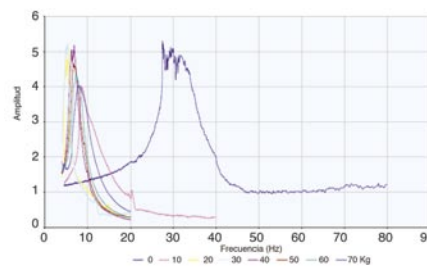


COMPORTAMIENTO DINÁMICO

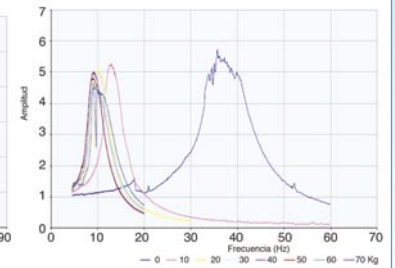
TABLA

CARGA (Kg)	BARRIDO (Hz)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
0	4,5-80	27,52	5,31	47,07
10	4,5-40	8,54	4,02	18,56
20	4-20	5,53	5,13	10,28
30	4-20	5,28	5,22	9,33
40	4-20	6,82	5,19	10,97
50	4-20	6,69	4,68	11,45
60	4-20	7,22	4,33	12,19
70	4-20	7,79	4,03	14,68

SE-9600/TBM2 (TRACCIÓN)



SE-9600/TBM2 (COMPRESIÓN)



MODO DE APLICACIÓN

Paso a paso



1



2



3



4



SUELO

MODELO TS

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO (TACO ELÁSTICO)

Un antivibrador de caucho o termo-caucho transforma la energía vibratoria en energía calorífica debido a su amortiguamiento interno. Tiene un comportamiento óptimo en el régimen de funcionamiento transitorio y, a partir de 1500 rpm, en el régimen estacionario.

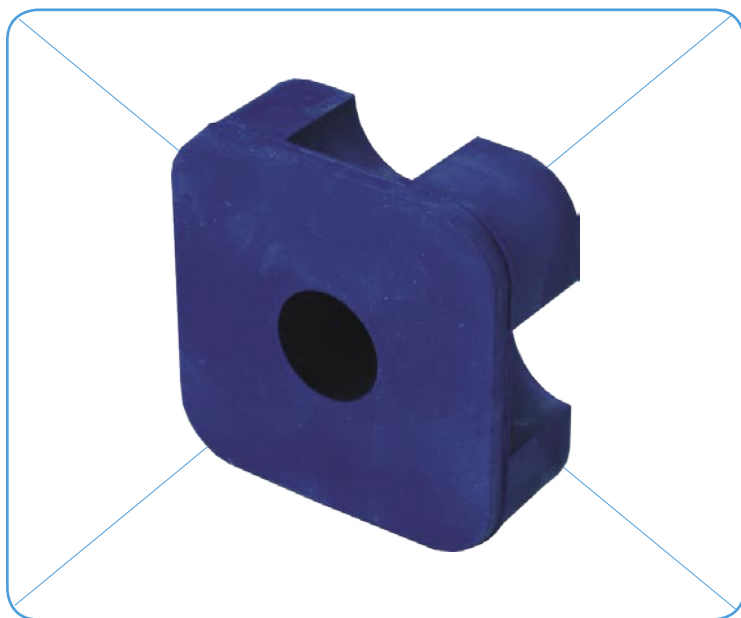
El modelo TS está diseñado para su instalación en suelos flotantes destinados a atenuar la transmisión de las vibraciones provocadas por golpes o impactos. Mediante su instalación se evita el contacto directo entre el suelo primitivo y el suelo flotante.

Su forma de trabajo es excelente gracias a sus cuatro apoyos que facilitan su asentamiento al terreno.

Provisto de una canalización central para poder fijarlo, si se desea, mediante arandela y tornillo.

Disponibles para diferentes cargas según el peso por metro cuadrado del suelo flotante, que distinguiremos por colores (verde y azul), según la dureza del elemento elástico. Esto facilita el seguimiento del producto puesto en obra por parte del técnico.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

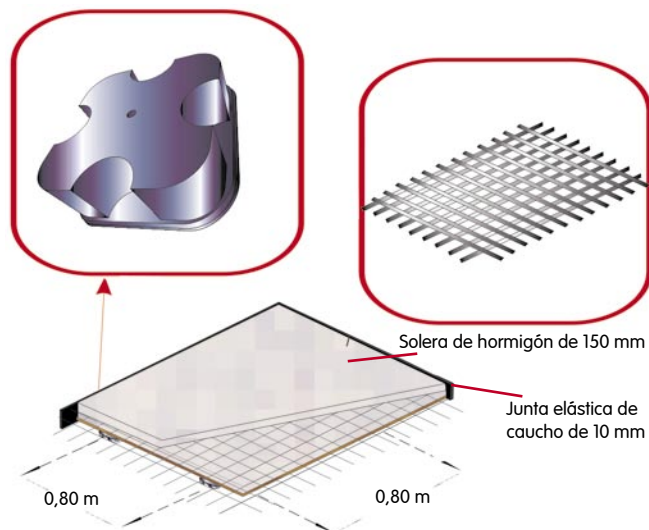


REF.	MODELO	EMBALAJE	COLOR	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-TS-40 V 200	TS	50 U/C	■	80-200
SE-TS-80 A 400	TS	50 U/C	■	200-400

EJEMPLO PRÁCTICO

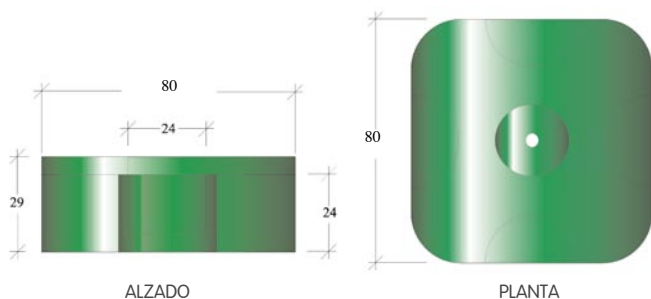


DETALLE CONSTRUCTIVO



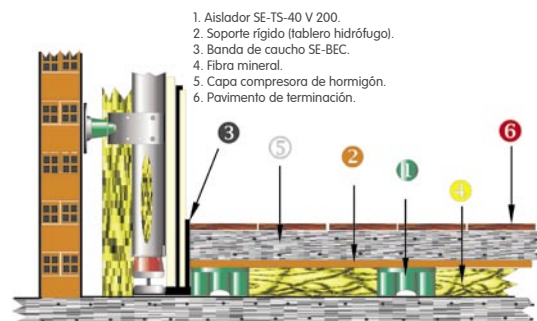
COTAS Mod. TS

(Medidas expresadas en milímetros)



CAMPO DE APLICACIÓN

Local comercial, hotel, vivienda, bar, pub, discoteca, teatro, etc.



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

SE-TS-40 V 200



(80-200) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
100	10,30	6,80	16,90
200	12,00	8,25	18,50
250	11,50	7,10	17,50
300	12,30	7,60	18,30

SE-TS-80 A 400



(200-400) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
300	11,50	7,10	17,50
400	9,33	5,89	16,20
450	10,25	6,33	16,90
500	13,89	7,34	17,90



ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035006

Trazabilidad/Fecha de calibración:
13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. TS-40 V 200. Diseñado para soportar cargas comprendidas entre 80 y 200 Kg. **Supera el ensayo notablemente.**



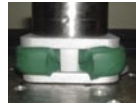
Cuerpo elástico: 30 mm.
A 0 Kg, pérdida en deformación 0 mm.



Cuerpo elástico: 26,5 mm.
A 100 Kg, pérdida en deformación 3,5 mm.



Cuerpo elástico: 22,8 mm.
A 200 Kg, pérdida en deformación 7,2 mm.



Cuerpo elástico: 20 mm.
A 400 Kg, pérdida en deformación 10 mm.



ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035005

Trazabilidad/Fecha de calibración:
13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. TS-80-A 400. Diseñado para soportar cargas comprendidas entre 200 y 400 Kg. **Supera el ensayo notablemente.**



Cuerpo elástico: 30 mm.
A 0 Kg, pérdida en deformación 0 mm.



Cuerpo elástico: 26 mm.
A 200 Kg, pérdida en deformación 4 mm.



Cuerpo elástico: 22 mm.
A 300 Kg, pérdida en deformación 8 mm.



Cuerpo elástico: 20 mm.
A 400 Kg, pérdida en deformación 10 mm.



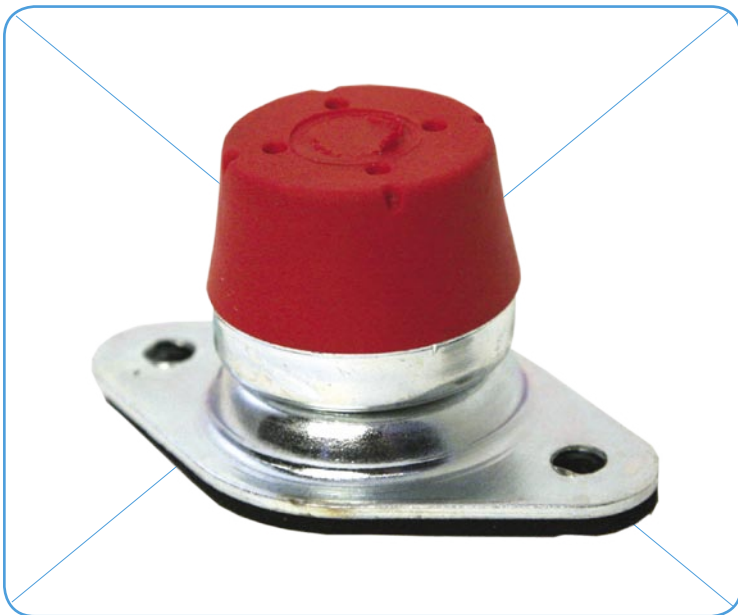
MODELO TMT

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO (TACO PERIMETRAL)

Al colocar la tabiquería sobre una banda de polietileno y fijar el canal mediante tornillos al suelo, se producen fijaciones rígidas a lo largo de toda la tabiquería en su unión con el suelo. Se produce, pues, transmisión por vía estructural, perjudicando el aislamiento acústico y permitiendo la propagación al resto de recintos que se pretenden aislar. El uso de bases elásticas atenúa la transmisión por el suelo. El modelo TMT es una base elástica para el apoyo de trasdosados y tabiques de yeso laminado atornillados a una estructura de perfiles de chapa galvanizada, compuesta de elementos verticales (montantes) y horizontales (canales) de 48 mm de espesor. Está compuesto por los siguientes elementos:

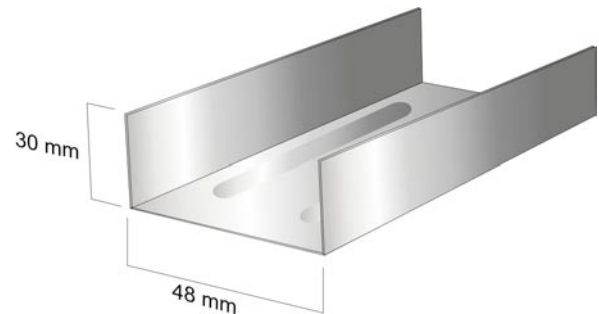
- Base elástica de caucho que representa el elemento amortiguador. En su parte superior lleva embutida una suela circular metálica para la fijación de la canal mediante tornillos metal-metal (MM).
- Suela metálica con doble fijación al suelo, con apoyo en caucho celular que mejora el asentamiento del aislador.
- SISTEMA DE NIVELACIÓN EN ALTURA para conseguir un reparto equitativo del peso sobre la base elástica, evitando la carga desigual por imperfecciones del terreno.

*Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.

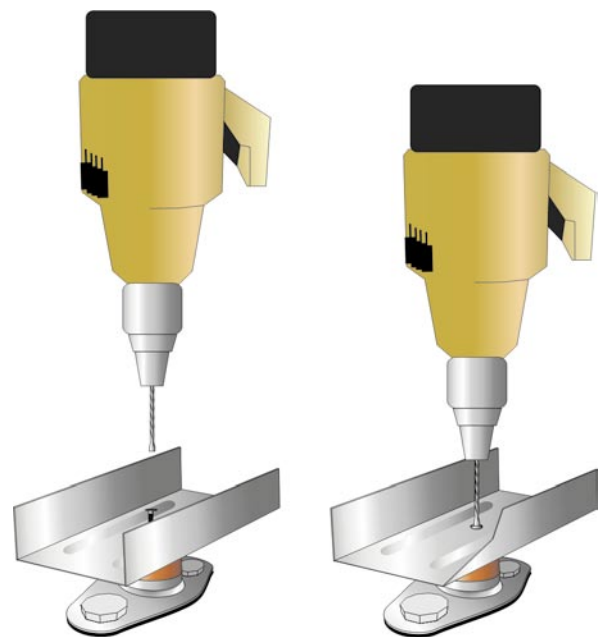


REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	COLOR	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-TMT-50 R	TMT	48	25 U/C	■	20-60

PERFILERÍA

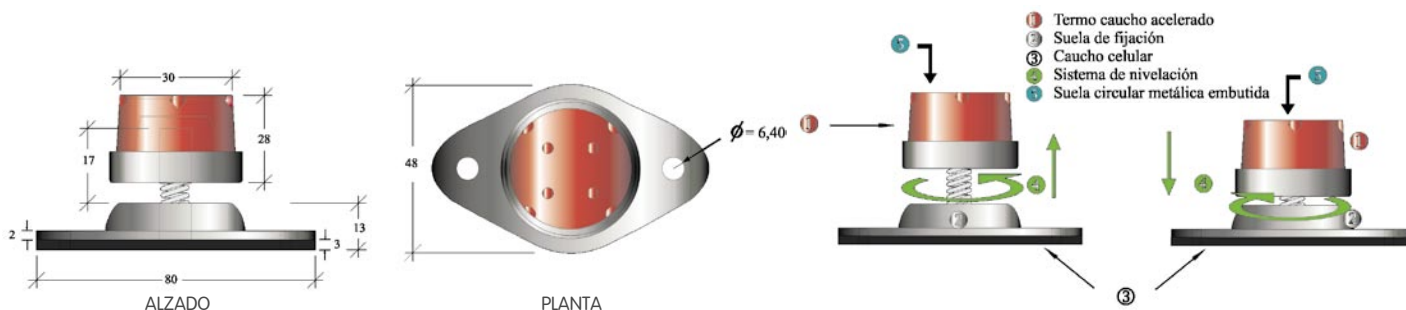


DETALLE DE INSTALACIÓN



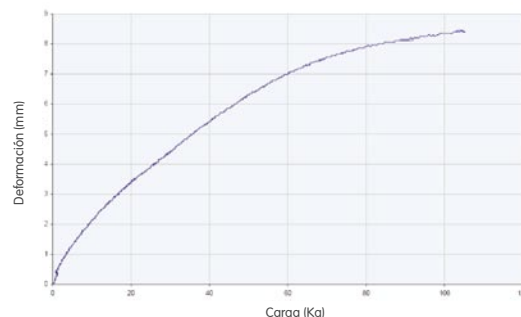
COTAS Mod. TMT

(Medidas expresadas en milímetros)



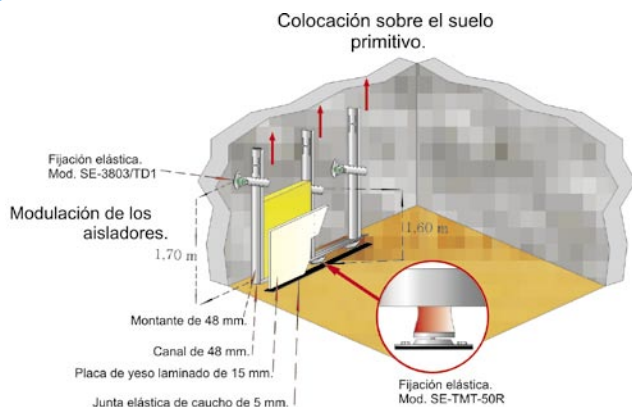
COMPORTAMIENTO DINÁMICO

CARGA (Kg)	BARRIDO (Hz)	FRECUENCIA EN RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
30	8,50-20	11,96	3,79	19,80
40	8,50-20	11,58	3,52	19,32
50	8,50-30	11,99	3,05	19,38



CAMPO DE APLICACIÓN

Local comercial, hotel, vivienda, bar, pub, discoteca, teatro, etc.



ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035006

Trazabilidad/Fecha de calibración:
22 Junio 2001

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. TMT-50 R. Diseñado para soportar cargas comprendidas entre 20 y 70 Kg. **Supera el ensayo notablemente aguantando cargas de 300 Kg.**



Medida del cuerpo elástico: sin carga 20 mm. A 20 Kg pérdida en deformación 3 mm.



A 70 Kg pérdida en deformación 6 mm.



A 90 Kg pérdida en deformación 8 mm.

MODELO TP

AISLADOR ACÚSTICO ESPECIAL DE CAUCHO (TACO PERIMETRAL)

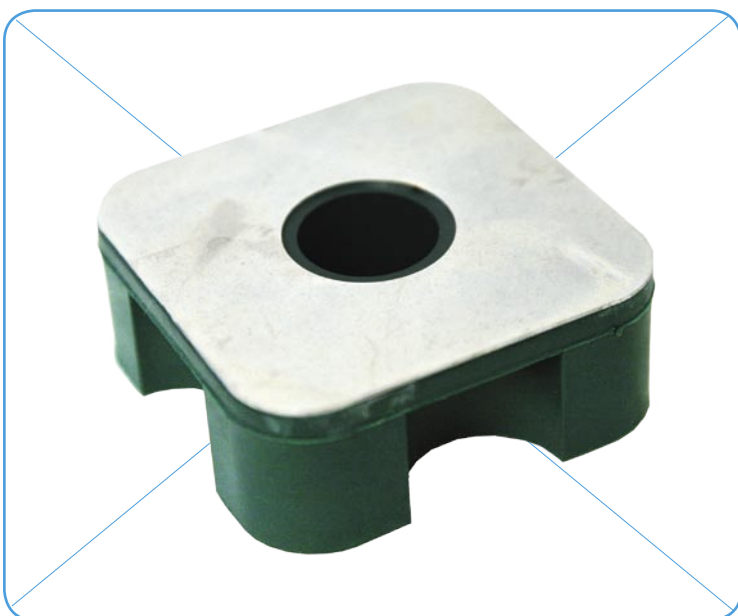
Para atenuar la transmisión de la perturbación sonora a través de la unión de trasdosados y tabiques con el suelo en el que se instalan, se emplean tacos perimetrales.

El modelo TP es un taco perimetral para la fijación y apoyo de los tabiques y trasdosados de yeso laminado de canal 70 mm y 90 mm. Está compuesto por:

- Elemento elástico de termo-caucho provisto de una canalización central que permite fijarlo al suelo mediante tornillo y arandela.
- Pieza metálica rectangular en la parte superior de 0,8 mm para fijar la canal mediante tornillo rosca-chapa (MM).

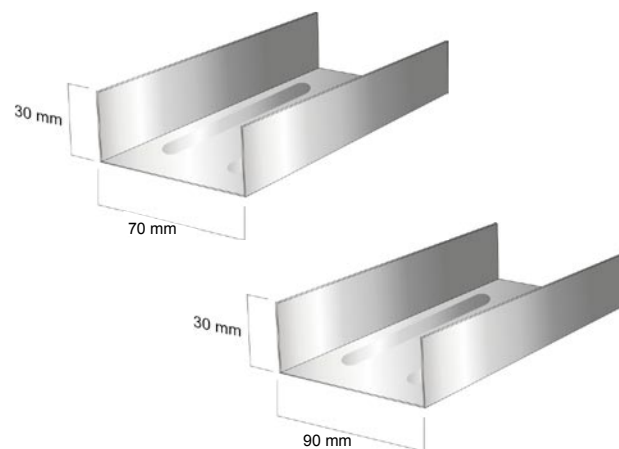
Disponible para diferentes cargas según el peso de la tabiquería, que se puede distinguir por colores (verde y azul). Esto facilita el seguimiento del producto puesto en obra por parte del técnico.

**Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas.*

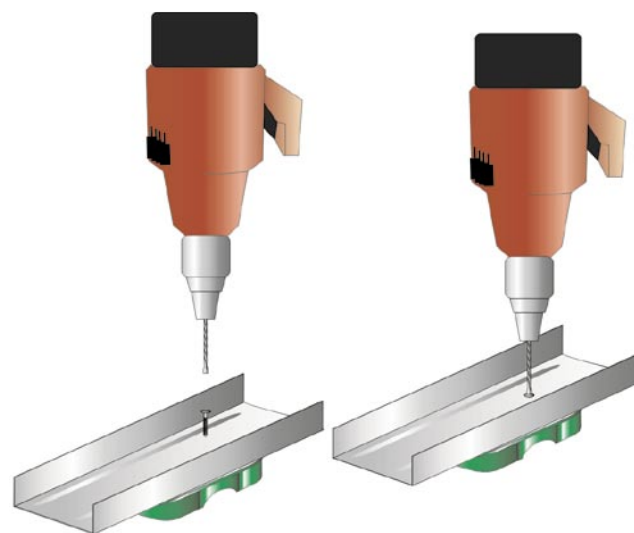


REF.	MODELO	PERFIL	EMBALAJE	COLOR	CARGA (Kg) MIN-MAX
SE-TP-V 200	TP	70, 90	50 U/C	■	80-200
SE-TP-A 400	TP	70, 90	50 U/C	■	200-400

PERFILERÍA

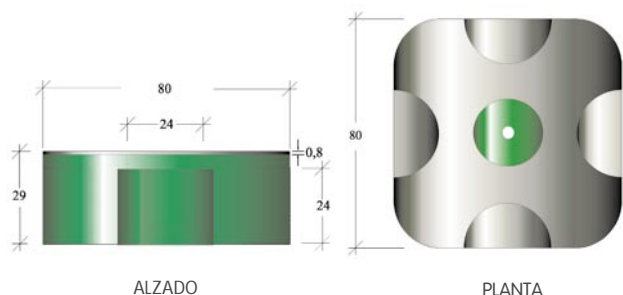


DETALLE DE INSTALACIÓN



COTAS Mod. TP

(Medidas expresadas en milímetros)



CAMPO DE APLICACIÓN

Local comercial, hotel, vivienda, bar, pub, discoteca, teatro, etc.



COMPORTAMIENTO DINÁMICO

SE-TP- V 200



(80-200) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
100	10,30	6,80	16,90
200	12,00	8,25	18,50
250	11,50	7,10	17,50
300	12,30	7,60	18,30

SE-TP-A 400



(200-400) Kg

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
300	11,50	7,10	17,50
400	9,33	5,89	16,20
450	10,25	6,33	16,90
500	13,89	7,34	17,90



ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035006

Trazabilidad/Fecha de calibración:
13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. TP-V-200. Diseñado para soportar cargas comprendidas entre 80 y 200 Kg. **Supera el ensayo notablemente.**



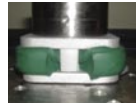
Cuerpo elástico: 30 mm.
A 0 Kg, pérdida en deformación 0 mm.



Cuerpo elástico: 26,5 mm.
A 100 Kg, pérdida en deformación 3,5 mm.



Cuerpo elástico: 22,8 mm.
A 200 Kg, pérdida en deformación 7,2 mm.



Cuerpo elástico: 20 mm.
A 400 Kg, pérdida en deformación 10 mm.



ENSAYO DE DEFORMACIÓN

Denominación/Marcas:
Máquina de ensayos RIEHLE

Código:
ME 035005

Trazabilidad/Fecha de calibración:
13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:
Muestra aislador MOD. TP-A-400. Diseñado para soportar cargas comprendidas entre 200 y 400 Kg. **Supera el ensayo notablemente aguantando cargas de 1.000 Kg.**



Cuerpo elástico: 30 mm.
A 0 Kg, pérdida en deformación 0 mm.



Cuerpo elástico: 26 mm.
A 200 Kg, pérdida en deformación 4 mm.



Cuerpo elástico: 22 mm.
A 300 Kg, pérdida en deformación 8 mm.



Cuerpo elástico: 20 mm.
A 400 Kg, pérdida en deformación 10 mm.







ACCESORIOS

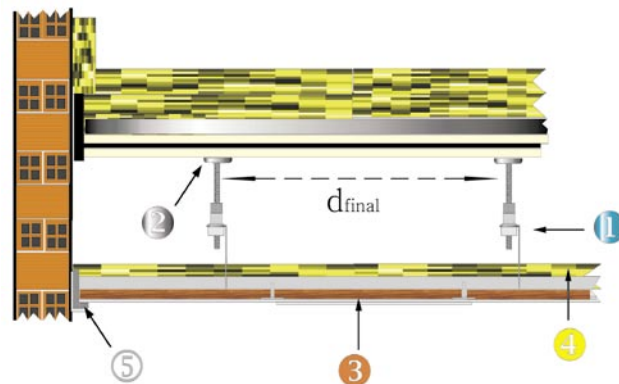
MODELO BEP

BANDA ESTANCA DE POLIETILENO RETICULADO

Autoadhesivo a una cara y a dos caras. Se utiliza para el apoyo de tabiques y trasdosados.



CAMPO DE APLICACIÓN



- ① Escuadra de cuelgue SE-TRN/70
- ② Cazoleta N (M-6)
- ③ Techo desmontable
- ④ Panel fonoabsorbente
- ⑤ Banda de polietileno SE-BEP

REF.	MODELO	EMBALAJE ROLLOS	ESPEJOR mm.	ANCHO mm.
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	2	20
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	2	45
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	2	48
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	2	70
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	2	90
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	3	20
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	3	48
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	3	70
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	5	20
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	5	48
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	5	70
SE-BEP	BEP	20, 25 50 MT.	5	90
SE-BEPA	BEPA	25 MT.	3	48
SE-BEPA	BEPA	25MT.	3	70

CARACTERÍSTICAS

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
DENSIDAD	ISO 845	Kg/m ³	33,0±3,5
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN			
Longitudinal	ISO 1926	KPa	400
Transversal			265
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Al 10 %	ISO 844	KPa	19
Al 25 %			40
Al 50 %			105
DEFORMACIÓN REMANENTE A COMPRESIÓN CONSTANTE			
(22 h, 50%, 20 °C)	ISO 1856-C	%	
A los 30 min.			20
A las 24 h.			10
DUREZA		Shore "0" / "00"	17 / 50
ABSORCIÓN DE AGUA TRAS SIETE DÍAS		% Vol.	< 1
RANGO DE TEMPERATURA		°C	(-80, 100)
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA			
A 10 °C	ISO 2581	W/mK	0,034
A 40 °C			0,039

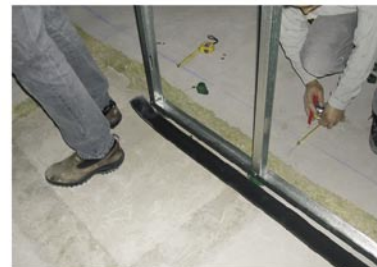
MODELO BEC

BANDA ACÚSTICA DE CAUCHO

Se utiliza para la unión entre el falso techo o el suelo flotante con el paramento vertical.



CAMPO DE APLICACIÓN



REF.	MODELO	EMBALAJE ROLLOS	ESPEJOR mm.	ANCHO mm.
			3	48
			3	70
			3	1000
			4	70
			5	13
			5	15
SE-BEC	BEC	20, 25 50 MT.	5	17
			5	35
			5	45
			5	48
			5	70
			5	90
			10	20

CARACTERÍSTICAS

PROPIEDAD	NORMA	UNIDAD	VALOR
NATURALEZA	Cucho Celular EPDM + CR		
DENSIDAD	ISO 845	Kg/m ³	90±15
TRACCIÓN A LA ROTURA		KPa	
ELONGACIÓN A LA ROTURA		%	250
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
AI 25 %		KPa	14-35
AI 50 %			40-160
DEFORMACIÓN REMANENTE A COMPRESIÓN CONSTANTE			
(22 h, 50%, 20 °C)		%	15-25
ABSORCIÓN DE AGUA		%	< 10
RANGO DE TEMPERATURA			
Tº límite de no fragilidad		°C	[-40, 70]
Estabilidad dimensional			
VELOCIDAD DE COMBUSTIÓN			
< 100 mm/min.	FMVSS 302		CUMPLE
ENVEJECIMIENTO			
7 días a 70 °C			
CAMBIO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		%	± 30
RESISTENCIA			
A1 AIRE + UV			EXCELENTE
ACEITE			REGULAR
ÁCIDOS			BUENA
PROTECCIÓN MEDIOAMBIENTAL			Libre de CFC & HCFC
RECICLADO			Puede ser reciclado
ESPECIFICACIONES			
ASTM D 1056 (84)			RE41, C
ASTM D 1056 (91)			2A1, C
NFR 99-211			2C04/08, C2

CAZOLETA N

CAZOLETA NIVELADORA

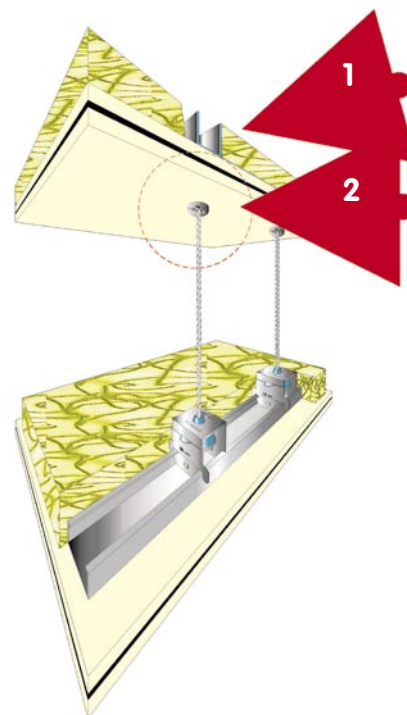
Sistema de fijación para un segundo falso techo, provista de 2 agujeros, uno a cada lado del central (donde rosca la varilla, tanto en métrica 4, como en 6 y 8) lo que nos permite, mediante tornillos autorroscantes, atravesar la placas de yeso laminado y fijarlas al perfil de este falso techo, dejándolo listo para poder volver a suspender un segundo falso techo, sin necesidad de taladrar las placas del primero, así como cualquier otro tipo de fijación que sea necesario utilizar varilla roscada.

Disponibles para métrica 4, 6 y 8.



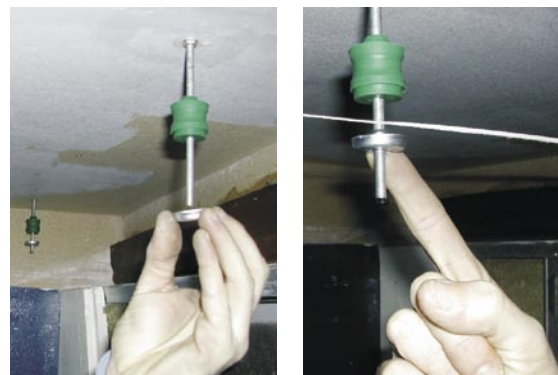
REF.	MODELO	EMBALAJE	MÉTRICA
CAZOLETA NIVELADORA	CN	100 U/C	4-6
		25 U/C	8

CAMPO DE APLICACIÓN

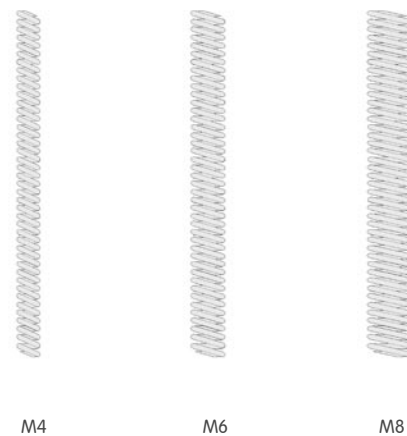
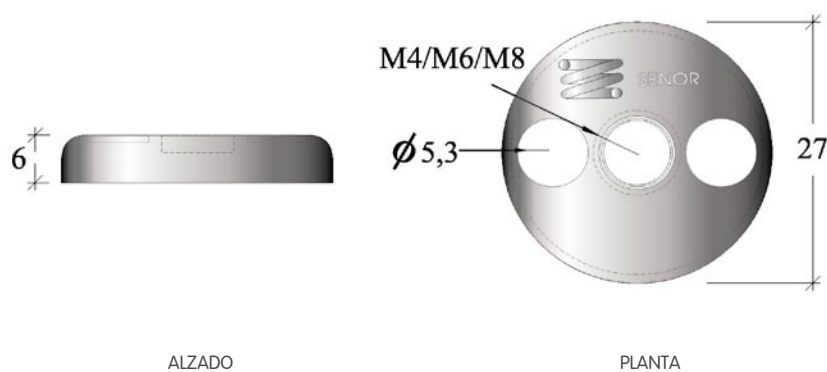


1 Perfil estructural donde se fija de forma mecánica la cazoleta niveladora, mediante tornillos autoenroscantes.

2 Sistema de fijación para un segundo techo sin debilitar en tratamiento.



COTAS
CAZOLETA NIVELADORA
(Medidas expresadas en milímetros)



ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 13 Mayo 1999

Resultados obtenidos:

Muestra CAZOLETA. Carga de rotura 310 Kg. Modo de fallo: **la cazoleta rompe por su zona roscada.**



Muestra objeto de ensayo



Disposición del ensayo



La cazoleta se introduce en el útil que la mantiene fija



Modo de fallo. Se rasgan los hilos de la rosca

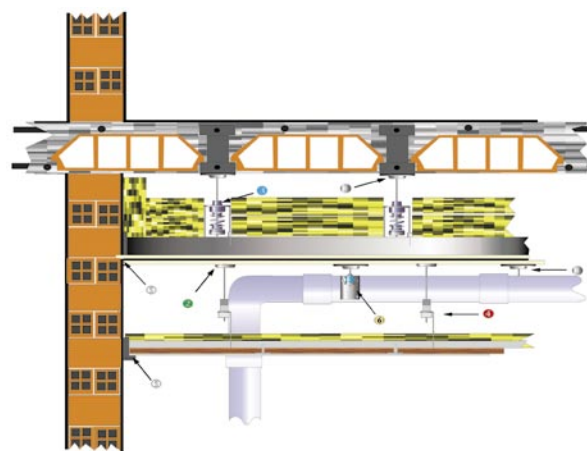
SUELA R

SUELA R-6 Y R-8

Sistema de fijación, provisto de dos agujeros, uno a cada lado del central (donde rosca la varilla, tanto en métrica 6, como en 8) lo que nos permite, mediante tornillos autorroscantes, o tiro de pistola con clavos fijarla a cualquier superficie y poder suspender a través de ella cualquier elemento.



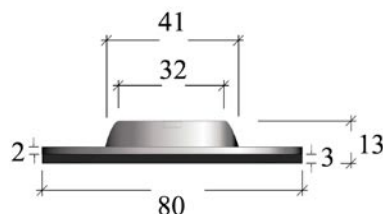
CAMPO DE APLICACIÓN



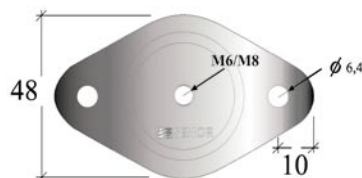
- ① SUELA R-6 (M-6/M-8)
- ② CAZOLETA N (M-4/M-6/M-8)
- ③ Aislador SE-6050 A MDS
- ④ Escuadra de cuelgue SE-TRN/70
- ⑤ Banda de caucho SE-BEC
- ⑥ Aislador para conductos SE-AS-30-CC (A)

REF.	MODELO	EMBALAJE	MÉTRICA
SUELA R	SR	100 U/C	6-8
SUELA R + CAUCHO	SRC	100 U/C	6-8

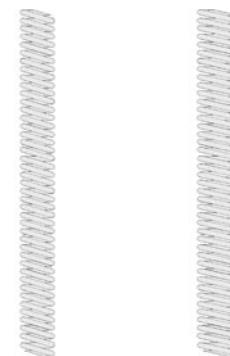
COTAS
MOD. SR/SRC
 (Medidas expresadas en milímetros)



ALZADO



PLANTA



M6

M8

ENSAYOS: CARGA MECÁNICA

Denominación/Marcas:

Máquina de ensayos RIEHLE

Código:

ME 035003

Trazabilidad/Fecha de calibración:

LABEIN / 28 Junio 2004

Resultados obtenidos:

Muestra SUELA M6. Carga de rotura 515 Kg. Modo de fallo: los hilos de la varilla se rompen y la rosca de la suela se deteriora. La suela queda ligeramente deformada. Muestra SUELA M8. **Carga de rotura 730 Kg.** **Modo de fallo: tanto varilla como suela se rompen.**



Geometría suela



Utillaje de ensayo



Disposición de ensayo



Abombamiento Suela M6



Rotura varilla M6



Detalle varilla M6



Suela M6 tras rotura



Abombamiento Suela M8



Rotura varilla M8



Detalle Suela M8 tras ensayo

En aras de la máxima satisfacción de los usuarios de productos SENOR y la excelencia en la atención al cliente, se ha creado un área específica desde donde dar respuestas concretas a problemas concretos, pues SENOR no cree conveniente dar respuestas o soluciones genéricas. Así, desde principios de febrero de 2006, el Dpto. de Ingeniería viene ofreciendo, gratuitamente, un servicio revolucionario: SOLUCIONES A MEDIDA, es decir, proyectos de aislamiento acústico detallados y ajustados a cada consulta.

No creemos en las guías constructivas, pues entendemos que cada proyecto debe recoger las características propias de cada ubicación que, de ninguna manera, pueden ser generalizadas. La perfección del aislamiento requerido depende de matices que sólo se pueden hallar a pie de obra y, consecuentemente, las guías generalistas (con ubicaciones y soluciones universales e idílicas), adolecen de errores que inciden en un aislamiento acústico deficiente que, a la larga, redundan en costes adicionales para el usuario final.

SEÑOR se ha propuesto desterrar tales "guías" ofreciendo a sus usuarios la posibilidad de contar con un Dpto. de Ingeniería dotado con personal especializado y plazos de respuesta envidiables.

A continuación les ofrecemos un proyecto completo (techo, pared y suelo) en el que se proponen las actuaciones a realizar para llegar al umbral de aislamiento requerido. Como podrán observar, SENOR no se limita a enumerar una serie de piezas o elementos, sino que se instruye al instalador en el número de elementos y su disposición, apoyándose en ilustraciones cuando se cree oportuno. Observarán, así mismo, que no usamos marcas comerciales, sino que preferimos detallar las características físicas de los materiales a emplear, pues creemos que no es nuestra labor interferir en la elección de materiales que hace el facultativo.

Para finalizar, reseñar que SENOR también ofrece sus soluciones a medida para los usuarios de la gama climatización y darles las gracias por confiar en nosotros.

NORMATIVA

AYUNTAMIENTO DE MADRID



SECCIÓN 2ª: ESTABLECIMIENTOS DE PÚBLICA CONCURRENCIA

Art. 21

A efectos de aislamientos mínimos exigibles a los cerramientos que delimitan las actividades de pública concurrencia respecto a viviendas colindantes, y en función de los niveles sonoros existentes en su interior, se establecen los siguientes tipos:

TIPO 1.- Actividad de pública concurrencia, sin equipos de reproducción/ amplificación sonora o audiovisuales y funcionamiento diurno o parcialmente nocturno (de 23 a 02 horas), con niveles sonoros de hasta 80 dBA y aforos inferiores a 100 personas.

TIPO 2.- Actividad de pública concurrencia, sin equipos de reproducción/ amplificación audiovisual y funcionamiento parcial o totalmente nocturno y niveles sonoros de hasta 85 dBA.

TIPO 3.- Actividades de pública concurrencia, con equipos de reproducción/ amplificación audiovisual y niveles sonoros entre 85 y 90 dBA, cualquiera que sea su horario de funcionamiento.

TIPO 4.- Actividades de pública concurrencia, con equipos de reproducción audiovisual con niveles sonoros superiores a 90 dBA o actuaciones en directo, cualquiera que sea su horario de funcionamiento.

Art. 22

22.1.- Los aislamientos a efectos de esta Ordenanza, se medirán en bandas de octava, conforme a la Norma UNE-EN-ISO- 140-4 (1999) o cualquier otra que la sustituya.

El aislamiento acústico global, DnTw, se obtiene conforme a la Norma UNE-EN-ISO-717-1 o cualquier otra que la sustituya.

El procedimiento resumido se describe en el apartado 4 del Anexo 1 de esta Ordenanza.

Para cada tipo de actividad definidos en el punto anterior, se exigirá los valores mínimos del aislamiento global DnTw y del aislamiento en la banda de octava de frecuencia central de 125 Hz, D125, que se indican a continuación, para las actividades instaladas en edificios, en los que coexistan con usos residencial, educativo, cultural o religioso:

TIPO 1 DnTw = 55 D125 = 40 dB

TIPO 2 DnTw = 60 D125 = 45 dB

TIPO 3 DnTw = 70 D125 = 55 dB

TIPO 4 DnTw = 75 D125 = 58 dB

22.2.- Las actividades del tipo 2, 3 y 4 de nueva implantación o cuya licencia se encuentre en trámite de resolución, deberán poseer vestíbulo acústico eficaz, con una distancia mínima entre los arcos de la zona de barrido por las hojas de las puertas de 1 metro, si las hojas cerradas son paralelas, y de 0,5 metros si son perpendiculares. Asimismo, las actividades del tipo 2 deberán mantener cerrados los huecos y ventanas durante su funcionamiento.

Las actividades del tipo 3 y 4 no tendrán ventanas ni huecos practicables, exceptuando los dispositivos de evacuación y ventilación de emergencia cuya utilización quedará limitada a estos supuestos.

El titular de aquellas actividades que a la entrada en vigor de la presente ordenanza se encuentren en funcionamiento deberá adaptar su vestíbulo a lo establecido en el párrafo anterior cuando se produzca una modificación sustancial de la actividad o se produzca un cambio en su titularidad o haya recaído infracción por resolución firme por incumplimientos de la presente Ordenanza.

22.3.- Todas las actividades que dispongan de equipos de reproducción/ amplificación sonora o audiovisuales en general, deberán disponer de sistemas de autocontrol.

Estos sistemas podrán ser topes fijos, sistemas limitadores de emisión sonora, limitadores sonoros horarios o una combinación de los mismos.

Para considerarse como sistemas limitadores, los dispositivos deberán reunir al menos las siguientes condiciones:

- Sistema de verificación de funcionamiento.
- Almacenaje de niveles de emisión sonora existentes en el local, durante su funcionamiento mediante transductor apropiado.
- Capacidad de almacenaje de datos durante al menos 15 días.
- Registro de incidencias en el funcionamiento.
- Sistema de precintado que impida manipulación que, en caso de producirse, deberá quedar igualmente registrado.
- Sistema que permita la obtención de la información almacenada a petición del Ayuntamiento.

La utilización de topes fijos, en lugar de sistemas limitadores, deberá ser autorizada por los técnicos municipales, en función de las características de la actividad.

22.4.- El Ayuntamiento podrá exigir la instalación de un sistema de transmisión remota de los datos almacenados en el sistema limitador regulado en el párrafo anterior, según las especificaciones y procedimientos que en cada caso se determinen en aplicación de las mejores técnicas disponibles.

22.5.- En locales ubicados en edificios de viviendas o que colinden con ellas, no se permitirán actuaciones de grupos musicales o vocalistas sin la autorización de la Junta Municipal, la cual, previamente, establecerá los niveles sonoros máximos de emisión para garantizar el cumplimiento del articulado de esta Ordenanza. Se exceptuarán los locales con licencia para ejercer la citada actividad y aquellos que la estén tramitando.

22.6.- En los locales en los que se originan ruidos de impactos, se deberá garantizar un aislamiento que permitan establecer que en los recintos receptores, no se superara el límite de 40 dB en horario diurno y 35 dB en horario nocturno, de L Aeq 10s corregido por el nivel de fondo y medido conforme a lo descrito en el Anexo 1.5 de esta Ordenanza.

Art. 15

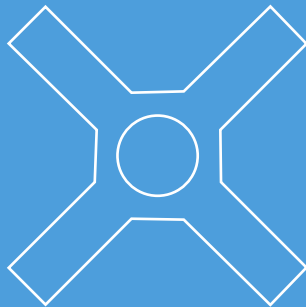
15.1.- Ninguna instalación, establecimiento, actividad o comportamiento, podrá transmitir a locales colindantes niveles sonoros superiores a los que se indican, en función del uso del local receptor, medidos conforme al Anexo 1.1:

USO DEL LOCAL RECEPTOR	DÍA	NOCHE
	LAeq 5s	
SANITARIO Y BIENESTAR SOCIAL		
Habitaciones destinadas a enfermos o dormitorios	30	25
RESIDENCIAL		
Piezas habitables en vivienda excepto cocinas	35	30
EDUCATIVO		
Aulas docentes	40	30
Despachos profesionales	40	30
CULTURA		
Cines, teatros y salas de conciertos	30	30
RELIGIOSO		
	30	30
HOSPEDAJE EN GENERAL		
	40	30
OFICINAS		
	45	45
RESTAURANTES Y CAFETERÍAS		
	45	45
COMERCIO		
	55	55
INDUSTRIA		
	60	55

* 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.

ASPECTOS FÍSICOS



Para el caso que presentamos a continuación, la normativa establece lo siguiente:

"[...] los establecimientos de espectáculos públicos [...] deberán tener un aislamiento acústico normalizado en caso de ser recintos adyacentes a ruido aéreo mínimo de 65 dBA [...]"

PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

Ruido de impacto y vibraciones generado dentro del local debido al arrastre de sillas, mesas, pisadas o golpes directos, etc.

Ruido aéreo originado por un alto nivel de presión sonora en el ambiente debido al sonido de los altavoces, como la suma de las ondas reflejadas en los paramentos que rodean a la sala que hace que exista una reverberación característica de amplificación, va a depender de muchos factores; la geometría de la sala, los materiales usados para decorarla (si se usan materiales muy reflectantes como objetos de metal y madera, aumentará el número de reflexiones de las ondas producidas en la misma) y las características del sonido, harán aumentar el nivel de presión sonora en el ambiente. Mientras que si se colocan materiales absorbentes, aumentará el coeficiente de absorción medio de la sala, y así se evitarán segundas y terceras reflexiones en dichos materiales, con lo que disminuirá notablemente la presión sonora en su interior.

Al realizar un aislamiento acústico, se debe tener en cuenta los materiales que forman la sala y los que se van aplicar para ejecutar el tratamiento, ya que, en función a la naturaleza de los materiales y de su espesor, determinarán la frecuencia a la que de forma "natural" un elemento constructivo tiende a vibrar y no aislar (frecuencia crítica).

$$f_c = \frac{c_0^2}{1,8 t} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (\text{Hz})$$

En los materiales sólidos la velocidad de propagación del sonido es relativamente grande, por ejemplo: la velocidad de propagación de una perturbación en un medio rígido como puede ser el hormigón puede alcanzar 3.000 m/s mientras que la propagación directa del sonido a través del aire resulta ser de 340 m/s (vía de transmisión aérea).

ESPESOR Y FRECUENCIA (Hz) DE LOS MATERIALES

100 mm de fábrica de ladrillo 321 (Hz)	300 mm de fábrica de ladrillo 170 (Hz)
150 mm de hormigón 122 (Hz)	200 mm de hormigón 92 (Hz)
4 mm de vidrio 3.211 (Hz)	8 mm de vidrio 1.605 (Hz)
13 mm PVL 2.470 (Hz)	19 mm PVL 1.690 (Hz)

NOTA: Aumentar el espesor implica disminuir la posición de la frecuencia crítica.

La transmisión vía estructural resulta la más compleja de atenuar. Para ello, necesitamos aportar a nuestro tratamiento la elasticidad adecuada para evitar uniones rígidas y reducir así la transmisión por flancos y por puentes acústicos.

CONSEJOS DE EJECUCIÓN



A Para realizar unos cálculos correctos, previamente se deben realizar ensayos y observaciones in situ, para determinar qué paramento ofrece menos resistencia y en qué orden colocar los distintos materiales, en función a la actividad de éste.

B Una vez que tengamos señalada la parte más problemática de la superficie, actuaremos sobre ella de manera más exhaustiva, ya que nos determinará el aislamiento global.

C Antes de tratar ningún paramento es necesario realizar un sellado de reparación con el fin de tapar fisuras del forjado que delimita o divide el local con la vivienda.

D Colocar materiales elásticos, tales como coquillas, abrazaderas elásticas, láminas de caucho, etc. entre los conductos y los distintos paramentos, evitando así, uniones rígidas.

E Para evitar uniones rígidas y fisuras entre el tratamiento y las particiones verticales es recomendable utilizar una banda de caucho celular, para que el sistema no pierda su estanqueidad, y quede totalmente flotante e independiente.

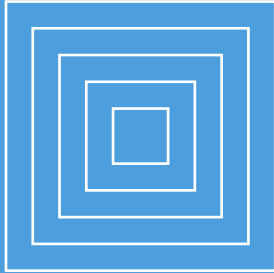
F El orden de ejecución debe ser el siguiente:

TECHO

PARED

SUELO

TECHO FLOTANTE



DISEÑO Y GEOMETRÍA

La altura del tratamiento estará definida por partes al tener diferentes variantes. Nos encontramos con dos niveles:

- El primero estará definido entre el forjado 1 (Techo) y forjado 2 (Suelo).
- El segundo entre el forjado 2 (suelo) y tratamiento acústico de techo.

ALTURA (forjado 1+2)

4,10 m



sin tratamiento

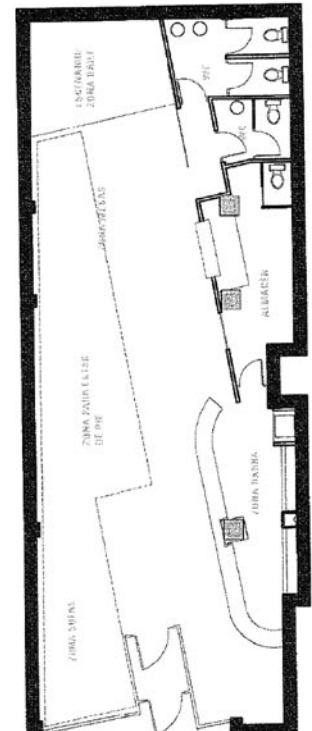
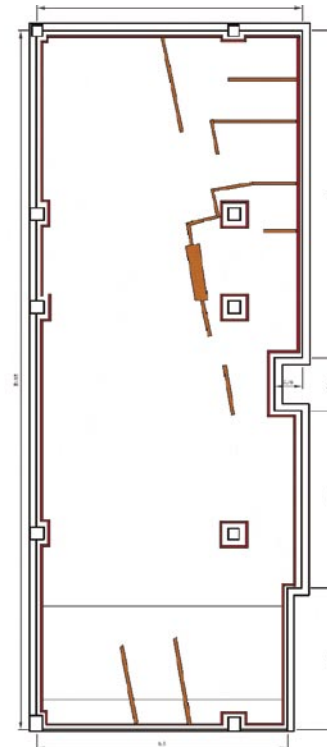
ALTURA DEL TRASDOSADO

3,61 m

con tratamiento

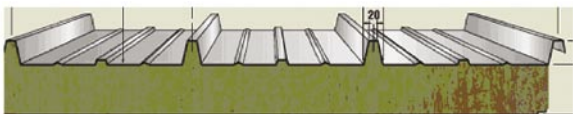
Planos planta de distribución A y B

-  Tratamiento acústico perimetral
-  Paramentos divisores



CARACTERÍSTICAS DEL LOCAL

Tipo de cubierta estructural formada por IP-160 y panel sándwich, la separación entre ejes es de 2,00 m.



Aislamiento a ruido aéreo 22 dBA aproximado.

Masa que nos está aportando estos materiales en torno a 120 Kg/m².

Distancia entre ejes de vigas 2,00 m.

Tipo de forjado inferior prefabricado.



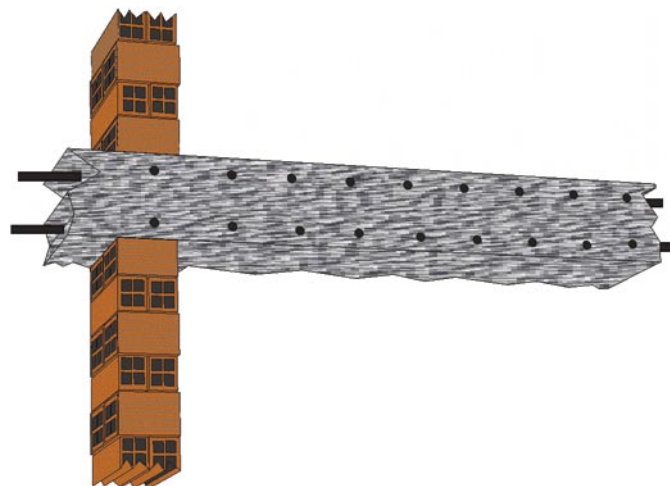
Viga castilla + bovedilla cerámica + capa compresora de hormigón armado

Aislamiento a ruido aéreo 48 dBA aproximado.

Aislamiento a ruido de impacto 75 dBA aproximado.

Masa que nos está aportando estos materiales en torno a 330 Kg/m².

Cerramientos perimetrales formados por



Elementos cerámicos (ladrillo tosco de medio pie, enfoscado a dos caras)

Aislamiento a ruido aéreo 32 dBA aproximado.

Masa que nos está aportando estos materiales en torno a 150 Kg/m².

PUNTOS CRÍTICOS

Este local tiene varios puntos críticos importantes que hay que tener en cuenta:

- Zonas de descanso en la parte superior (viviendas).
- Zona elevada que subdivide las cocheras del edificio contiguo.
- Fachada exterior acristalada.
- Zonas del local a tratar que subdividen las partes comunes del edificio contiguo (portal y escaleras), etc.

Estas zonas al tratarlas tendrán mayor importancia en nuestro tratamiento, ya que tendremos un foco de transmisión.

TRATAMIENTO DEL TECHO

a. Los factores que se deben contemplar a la hora de realizar un tratamiento son: **masa**, resonancia y efectos de coincidencia, **rigidez**, estanqueidad y elasticidad. Sin olvidarnos de la **seguridad**.

b. Se deben utilizar distintos materiales, cada uno de los cuales aportará al sistema las propiedades anteriormente mencionadas.

Características: altura total 4,10 m.

Este conjunto estructural estará formado por dos secciones:

Sección A

Mediante un panel sándwich formado por:

- Placa de yeso laminado de 19 mm.
- Lámina elastomérica de 4 mm.
- Placa de yeso laminado de 15 mm.

En el interior del tratamiento colocaremos material fonoabsorbente con las siguientes características:

Densidad 70 Kg/m³ y 30 Kg/m³

Espesor E: 50 mm y E: 40 mm

(Figura 1)

Sección B

Mediante un panel sándwich formado por:

- Placa de yeso laminado de 15 mm.
- Lámina elastomérica de 4 mm.
- Placa de yeso laminado de 13 mm.

En el interior del tratamiento colocaremos material fonoabsorbente con las siguientes características:

Densidad 70 Kg/m³ y 30 Kg/m³

Espesor E: 40 mm y E: 40 mm

(Figura 3)

Sección A

Figura 1: Detalle de colocación (lado 1 cubierta metálica)

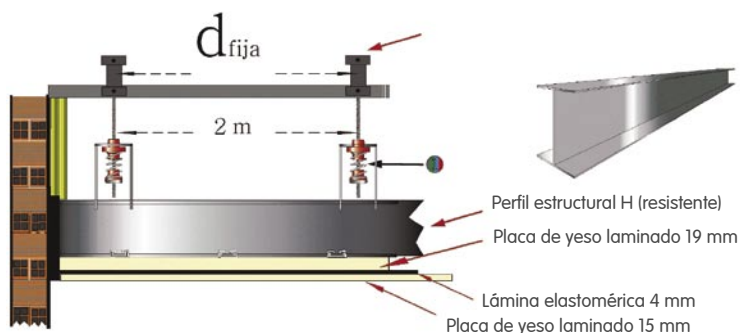
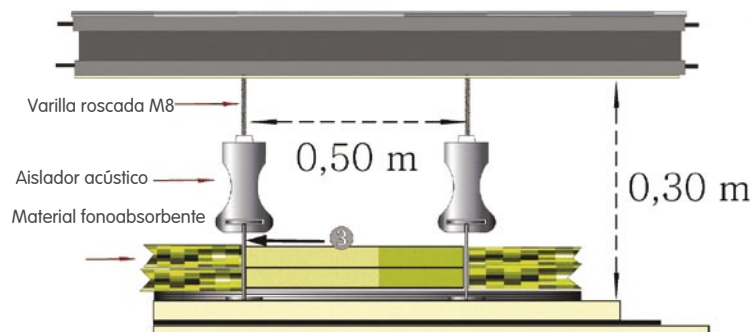
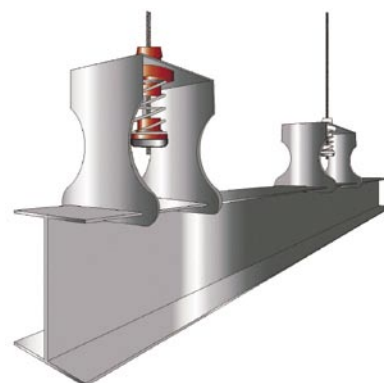


Figura 2 (vista lateral)



Detalle: fijación y estructura



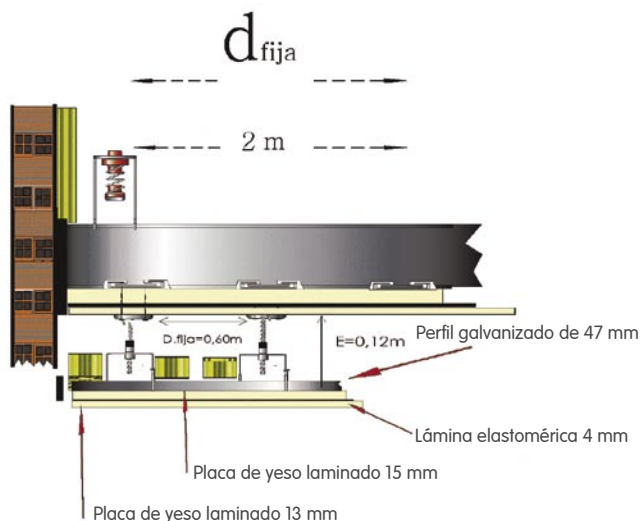
Descripción

El primer techo está separado del forjado primitivo mediante aisladores (metal-caucho) que irán fijados al forjado primitivo mediante suela roscada R-8. La perfilera estructural que se va a colocar es de 90 ó 100 mm, en forma de H, para garantizar una mayor seguridad mecánica del sistema. La cámara de aire tendrá unos 0,30 m, asegurando una atenuación máxima del sonido al evitar la amplificación por interferencia constructiva de la onda sonora, que ocurre en cavidades inferiores a 0,10 m. En dicha cámara se debe colocar material fonoabsorbente de densidades medias/bajas para atenuar la amplitud de la onda. En nuestro caso necesitamos colocar dos densidades diferentes (con esta solución proporcionamos cambios de densidad durante el trayecto de la onda, con lo que conseguimos atenuar, aun más, el nivel de presión del sonido incidente) transformando dicha energía en energía calorífica. A continuación se colocan dos placas de yeso laminado, una de 19 mm y otra de 15 mm, separadas por una membrana elastomérica de 4 mm de espesor (PYL-membrana-PYL) para producir el mismo efecto anteriormente mencionado en la cámara existente entre el forjado primitivo y el material fonoabsorbente. Esta solución aportará masa a nuestro techo y al combinarlo con otros materiales (lamina elastomérica) con espesor y densidad distinta, evitará efectos de coincidencia y resonancia que aparecen en los materiales contiguos de las mismas características.

Ver en Pág. 104 (ESPESOR Y FRECUENCIA (Hz) DE LOS MATERIALES)

Sección B

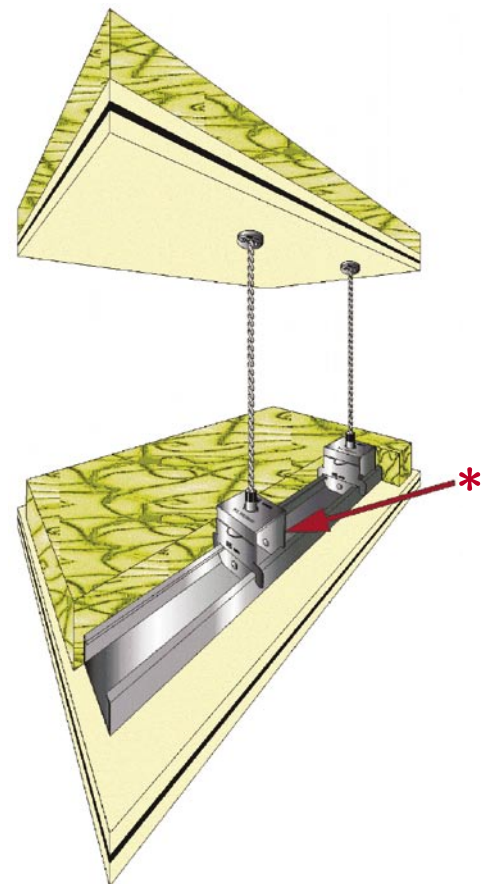
Detalle de colocación (Figura 3)



Seguidamente atornillamos, al conjunto del primer techo, una pieza de fijación metálica (Cazoleta Niveladora M-6) que nos facilita el cuelgue de la segunda estructura sin perjudicar el tratamiento acústico. Para colocar esta segunda sección, se utiliza una horquilla con rotura de puente térmico provista de un dispositivo de seguridad para evitar posibles alteraciones de la perfilera por exceso de carga.

La perfilera estructural colocada es de 47 mm., en forma de U, para garantizar una mayor seguridad mecánica del sistema. La cámara de aire existente tendrá unos 0,12 m. para garantizar lo antes mencionado.

*Horquilla niveladora con rotura de puente térmico y sistema de seguridad (Figura 4)



MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS

Masa: El aporte de masa se consigue, principalmente, mediante las capas de cartón yeso laminado y la combinación de láminas elastoméricas.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Placa de yeso laminado	19 y 15	850
Lámina elastomérica	4	1.500

Resonancia y efectos de coincidencia: Al interponer un elemento elástico unido a una estructura, creamos una cámara o cavidad donde se produce el fenómeno de resonancia a ciertas frecuencias. También se forman ondas estacionarias en la cámara de aire. Esto da lugar a una disminución importante del aislamiento, por lo que colocamos materiales fonoabsorbentes muy porosos, debido a su gran coeficiente de absorción para dejar la cavidad lo más sorda posible.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Panel fonoabsorbente	40 y 50	70
Panel fonoabsorbente	40	30
Lámina elastomérica	4	1.500

Rigidez: Resistencia mecánica de la propia estructura.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Estructura metálica	1	-

Estanqueidad: Para evitar fisuras entre el falso techo y el tratamiento vertical, es decir, para evitar pérdidas del aislamiento, es fundamental un sellado perimetral de forma elástica entre el tratamiento del techo y el paramento.

MATERIAL	NOMBRE	DENSIDAD (Kg/m ³)
Banda acústica	SE-BEC	90±15

Elasticidad: La colocación de amortiguadores metal-caucho con sistema de seguridad (**Mod. SC**) evitan la propagación de las ondas longitudinales a través de la estructura, reduciendo las vibraciones de la fuente, así como el ruido de impacto.

Seguridad: Un dato a tener en cuenta en las soluciones constructivas es la seguridad. Los elementos de fijación que proponemos tienen incorporado un sistema de seguridad que abraza el perfil de manera permanente para evitar deformaciones debido a sobrecargas.

SISTEMAS DE FIJACIÓN RECOMENDADOS WWW.SENOR.ES

MOD. SC

Sistema registrado ante la Oficina Española de Patentes y Marcas

ÚNICO EN EL MUNDO PARA PERFILES DE GRANDES LUCES que incorpora sistema de nivelación. Posee un diseño exclusivo y un sistema de seguridad inmejorable permitiendo una adaptación rápida y sencilla a la perfilera sin necesidad de tornillos. Su cuello de garganta permite una vez introducida a través de la varilla roscada la pieza de caucho y acero correspondiente, insertar la carcasa metálica que previamente se ha colocado en el perfil.

Su elemento elástico posee un diseño único, mejorando los rendimientos a bajas frecuencias (Hz), al combinar e interponer diferentes materiales blandos (termo-caucho) entre el muelle de acero, la carcasa metálica y la cazoleta niveladora, mejorando el asentamiento de éste y favoreciendo así su funcionamiento en la atenuación de las vibraciones.

Aplicado a falsos techos acústicos.



Datos importantes a tener en cuenta

Cálculo de pesos

Peso del tratamiento acústico (Techo 1 + Techo 2 + sistema de ventilación, eléctrico, contra incendios o elementos decorativos).

Para la solución planteada, la modulación es la siguiente:

TECHO 1

MATERIALES	UNIDADES	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Placa de yeso laminado	4	1 UND. 2 UNDS 1 UND. 19 15 13	850	52,7
Lámina elastomérica	2	4	1.500	12
Material fonoabsorbente	4	1	E=40	70
		1	E=50	70
		1	E=40	30
		1	E=40	30
Perfil metálico	2	0,6 1	-	4
Techo desmontable de fibra de mineral	1	35	100	3,5
Sistema eléctrico, ventilación, contra incendios...	-	-	-	10 aproximado

RESULTADO TOTAL DEL TECHO (Kg/m²) 90,9

Nota: No se contempla el peso de ningún elemento decorativo (botellero, lámparas, etc.).

A partir del peso total de los dos techos + el sistema eléctrico, sistema de climatización, techo decorativo o cualquier otro elemento que queramos sustentar bajo el tratamiento acústico, podemos saber cuánta carga van a soportar los aisladores que van fijados al forjado primitivo.

Nota: En estos ejemplos, podemos observar el cálculo de modulación de los aisladores que nos determinará el número por m² a utilizar.

¿Cómo calcular un aislador por m²?

$$\frac{P_{techo} (Kg / m^2)}{Kg / aislador} = n^{\circ} \text{ aisladores} / m^2$$

¿Cómo calcular la distancia de modulación?

$$d_{final} (m) = \frac{M_{\text{óptima}} (Kg)}{P_{techo} (Kg / m^2) \cdot d_{fija} (m)}$$

A pie de obra

Una de las distancias nos la determina las vigas estructurales que forman el forjado, separadas entre sí 2,00 m (distancia fija), la otra depende de la colocación de la perifería sobre la viga longitudinalmente (distancia final) y resulta ser de 0,50 m.

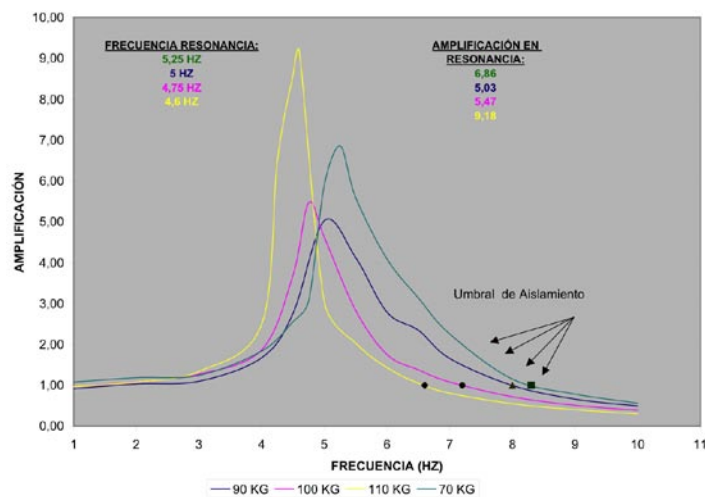
SUPERFICIE (m ²)	PESO POR (m ²)	DISTANCIA DE TRABAJO	Nº AISLADORES	REFERENCIA
180	90,9	2,00 m 0,50 m Carga por aislador 90,9 Kg	1 und/m ²	STRIB CAB SE-100 R

Rango óptimo de carga



CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL AISLAMIENTO (Hz)
70	5,25	6,86	8,30
90	5,00	5,03	8,00
100	4,75	5,47	7,20
110	4,60	9,18	6,60

Nota: Peso del utilaje (varilla + plato masas) = 1,7 Kg. Umbral aislamiento -> Valor aproximado.



Ensayos de carga mecánica

Máquina de ensayos RIEHLE.
Código ME035006.
13 Mayo 1999.

A partir de una carga aproximada de 250 Kg comienza a deformarse de manera visible la parte del carril donde apoya la cazoleta.

Sobre 400 Kg observamos que la cazoleta empieza a doblarse en sus patillas, y que las paredes laterales tienden a inclinarse hacia su eje de simetría.

A 580 Kg rompe el aislador. Se rompe la rosca de la arandela superior del muelle y éste sale proyectado.



Muestra de ensayo



Disposición de ensayo



Deformación de la cazoleta y carril



Detalle tras rotura

Sección B

Mediante un panel sándwich formado por:

- Placa de yeso laminado de 15 mm.
- Lámina elastomérica de 4 mm.
- Placa de yeso laminado de 13 mm.

En el interior del tratamiento colocaremos material fonoabsorbente con las siguientes características:

Densidad 70 Kg/m³ y 30 Kg/m³
Espesor E: 40 mm y E: 40 mm

(Figura 4)

TECHO 2

MATERIALES	UNIDADES	ESPESOR (mm)		DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Placa de yeso laminado	2	15	13	850	23,8
Lámina elastomérica	1	4		1500	6
Material fonoabsorbente	2	1	E=40	70	4
		1	E=40	30	
Perfil metálico	1	0,6		-	1,5
Techo desmontable de fibra de mineral	1	35		100	3,5
Sistema eléctrico, ventilación, contraincendios...	-	-		-	10 aproximado
PESO TOTAL DEL TECHO (Kg/m²)					48,8

Nota: No se contempla el peso de ningún elemento decorativo (botellero, lámparas, etc.).

A pie de obra

Una de las distancias nos la determina las vigas estructurales que forman el tratamiento, que van separadas entre sí 0,60 m (distancia fija), la otra distancia depende de la colocación longitudinal de la perfilería sobre la viga (distancia final) que resulta ser de 0,60 m.

HORQUILLA NIVELADORA

SUPERFICIE (m ²)	PESO (Kg/m ²)	DISTANCIA DE TRABAJO		Nº AISLADORES	REFERENCIA
180	48,8	0,60 m	0,60 m	2,77 und/m ²	HORQUILLA H-47 DS
		Carga por horquilla 17,57 Kg			

Ensayos de carga mecánica

Máquina de ensayos RIEHLE.
Código ME035006.
13 Mayo 1999.

A partir de una carga aproximada de 150 Kg comienza a deformarse de manera visible la zona del casquillo de ajuste y el perfil U.

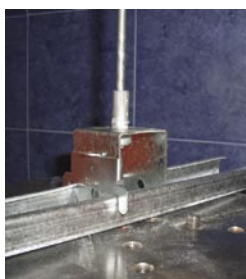
A 210 Kg rompe la horquilla niveladora. Se desprende el casquillo de ajuste de la carcasa metálica, finalizando el ensayo.



Disposición de ensayo



Muestra bajo carga de 50 kg



Muestra bajo carga de 150 kg

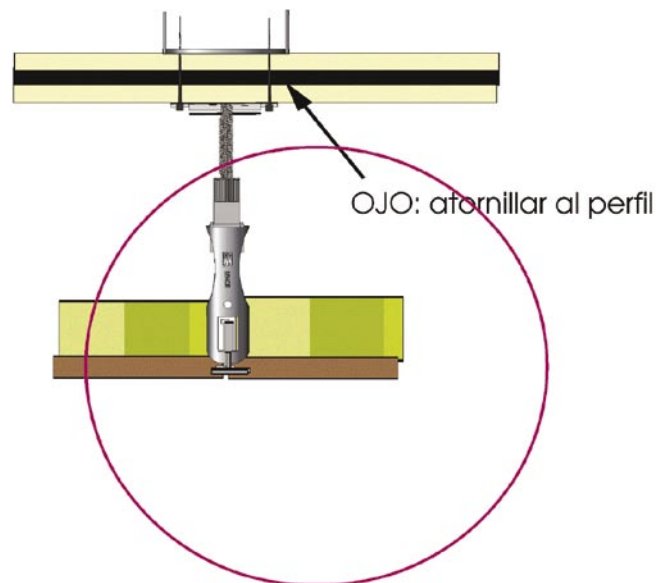


Modo de fallo 210 Kg

TECHO DECORATIVO: RECOMENDACIONES

Este techo posee mayor coeficiente de absorción que una placa de yeso laminado. Además, resulta muy decorativo y vistoso (en comparación con una PYL). Sin necesidad de perforar el tratamiento acústico (evitando así que el aislamiento global medio entre en detrimento) este techo va separado del segundo dando lugar a una cámara que permite colocar y cablear los sistemas eléctricos, ventilación, extracción de humos, sistema contra incendios, etc. (distancia mayor de 10 cm).

DATOS ADJUNTOS: DETALLES CONSTRUCTIVOS



Distancias con tratamiento

La distancia final entre el tratamiento acústico y el pavimento primitivo (suelo), sin tratamiento.

ALTURA TOTAL 4,10 m sin tratamiento	ESPESOR DEL TRATAMIENTO 0,49 m	ALTURA RESTANTE 3,61 m
---	-----------------------------------	---------------------------

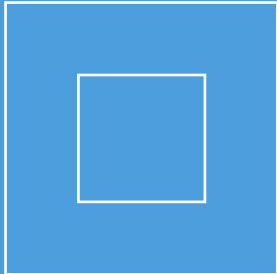
Para alcanzar el nivel recomendado de 65 dBA no sólo hay que tratar el paramento que consideramos más importante (techo), sino que también hay que hacer hincapié en los paramentos divisorios que separan o dividen en sección este local de las viviendas adyacentes, como por ejemplo las tabiquerías medianeras (perimetrales) y la estructura que une ambas estancias (pilares). **Ver Pared: refuerzo acústico.**

En nuestro caso, sin que nos perjudique el aislamiento global medio, el local es de carácter público, por lo que el tránsito de personas va a ser considerable, originando vibraciones y ruidos de impactos sobre el suelo, que se transmiten vía estructural a todos los recintos colindantes (sala, etc). Por este motivo, recomendamos que también se haga un pequeño tratamiento al suelo para evitar pérdidas por vía estructural producidas por amplificación de éste.

Una vez tratado el paramento horizontal (techo) recomendamos que la actuación para continuar el aislamiento sea en los paramentos verticales o trasdosados (cerramientos perimetrales y estructurales). El suelo se trata siempre en última instancia.

PARED

REFUERZO ACÚSTICO

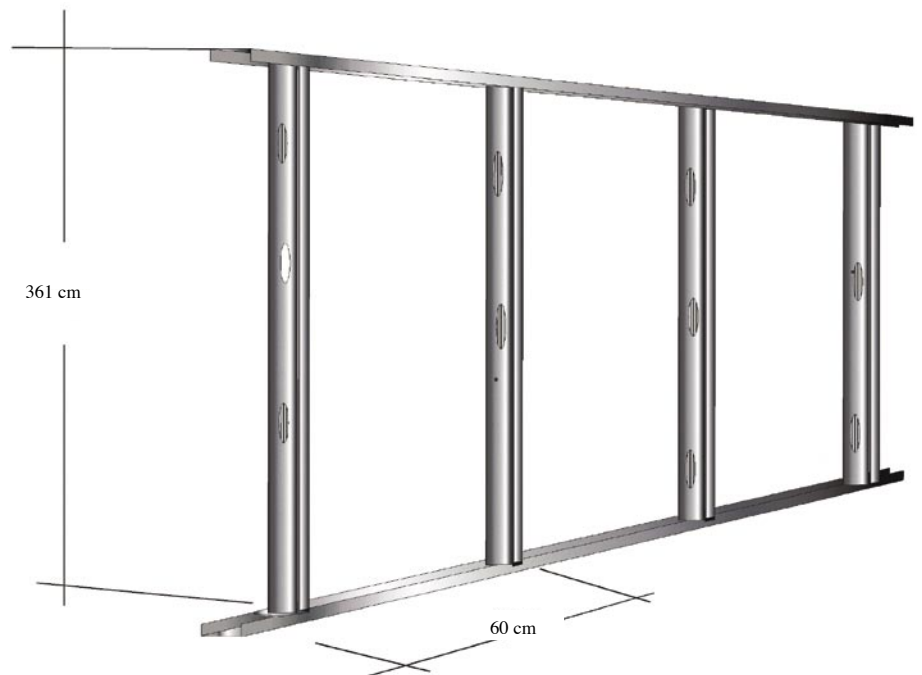


CERRAMIENTOS PERIMETRALES

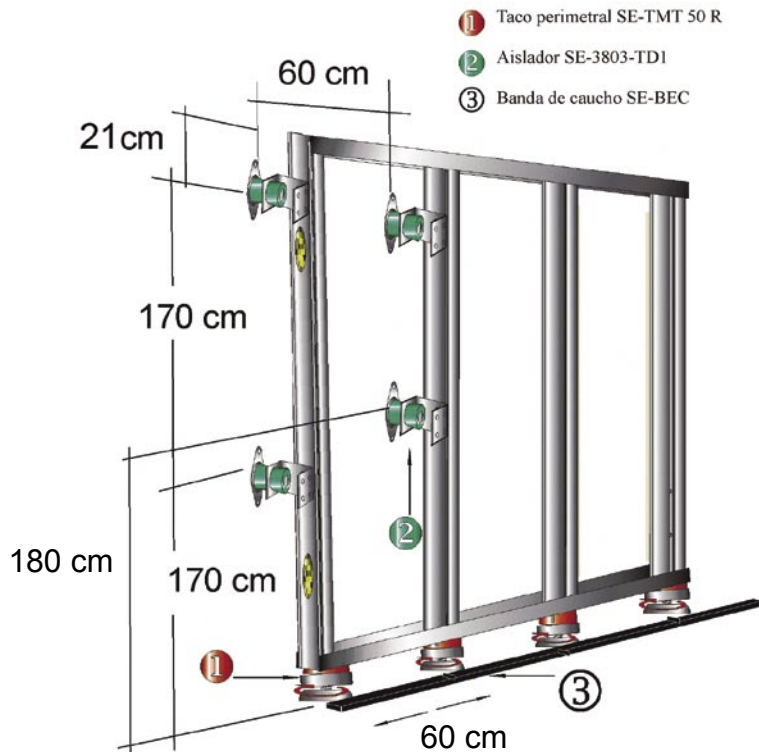
Compuestos por un armazón estructural interior en forma de U de 45-50 mm de ancho, fabricado en chapa galvanizada (e= 0,6 mm).

Recomendación del Departamento de Ingeniería SENOR.

(Figura 1)



(Figura 2)



Esta zona, al tratarla, tendrá mayor importancia en nuestro tratamiento ya que existe un foco de transmisión al unir la estructura de manera rígida al forjado primitivo, anulando así, el rendimiento del amortiguador del trasdosado.

La manera correcta de colocar este tratamiento es evitar cualquier unión rígida, para ello, se utilizará elementos elásticos que nos proporcionan el amortiguamiento necesario para evitar la transmisión vía estructural.

Este conjunto estructural estará tratado por una cara mediante un panel sándwich formado por:

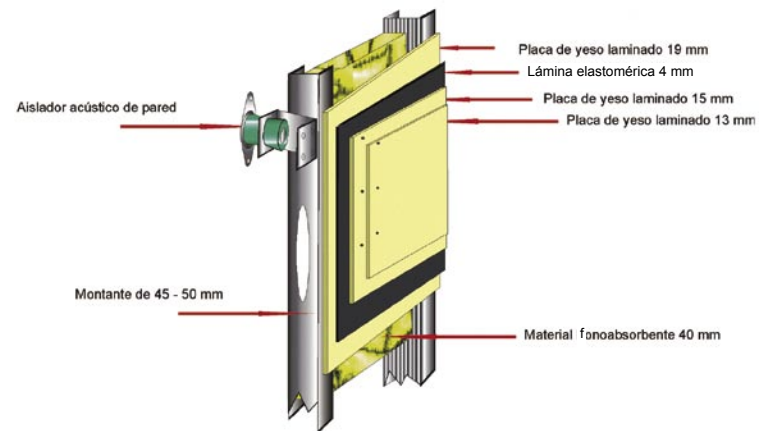
- Placa de yeso laminado de 19 mm.
- Lámina elastomérica de 4 mm.
- Placa de yeso laminado de 15 mm.
- Placa de yeso laminado de 13 mm.

En el interior del tratamiento colocaremos material fonoabsorbente con las siguientes características:

Densidad: 70 Kg/m³ y 40 mm.

Espesor: E: 40 mm y E: 40 mm.

(Figura 3)



CAMPO DE APLICACIÓN



Fig. 1



Fig. 2

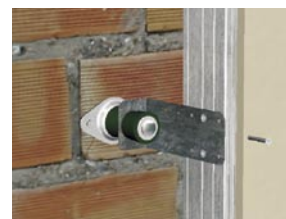
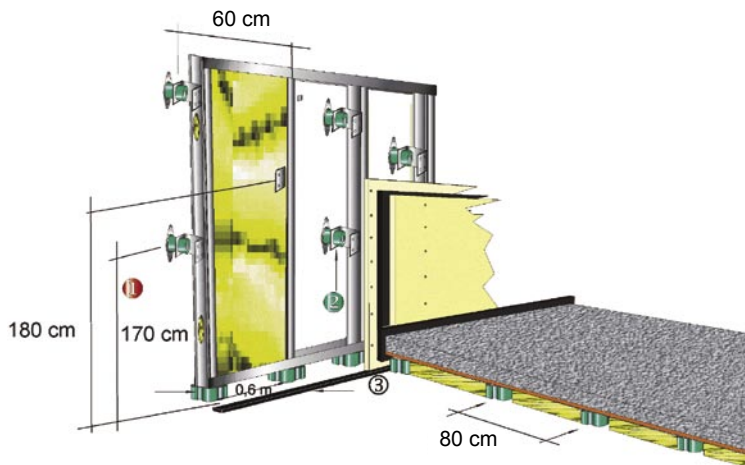


Fig. 3



Fig. 4

Trasdosado**Descripción**

El tratamiento estará separado del paramento primitivo mediante aisladores (metal-caucho) que irán fijados a éste mediante tacos de expansión y a la estructura con tornillos autoenroscantes (MM). La perfilaría estructural que se va a colocar es de 45 a 50 mm, en forma de U, para garantizar una mayor seguridad mecánica del sistema y poder acoplar en su interior el material fonoabsorbente. La cámara de aire tendrá unos 0,12 m, asegurando una atenuación máxima del sonido al evitar la amplificación por interferencia constructiva de la onda sonora que se produce en cavidades inferiores a 0,10 m. En dicha cámara se debe colocar material fonoabsorbente para atenuar la amplitud de la onda que atraviesa dicho material. En nuestro caso necesitamos colocar dos densidades diferentes. A continuación se colocan tres placas de yeso laminado, una de 19 mm. separada del conjunto por una membrana elastomérica de 4 mm. de espesor (PYL-membrana-PYL), para producir el mismo efecto anteriormente mencionado en la cámara existente entre el forjado primitivo y el primer techo acústico. Esta solución aporta masa a nuestro tratamiento y, al combinarlo con otros materiales (lámina bituminosa) con espesor y densidad distinta, evita efectos de coincidencia y resonancia que aparecen en los materiales contiguos de las mismas características.

Otro dato importante a tener en cuenta es la unión con el tratamiento del techo. Como norma general se suele atornillar mediante un elemento rígido (tornillo) creando un puente acústico y anulando el elemento elástico (aislador), dando lugar a un puntal, evitando la elasticidad de éste, perjudicando el sistema en un 60%.

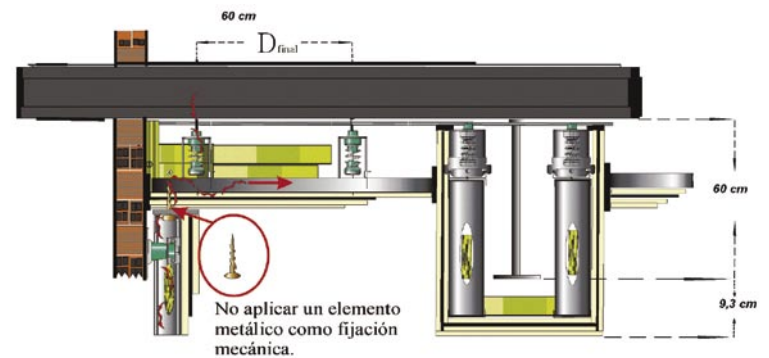
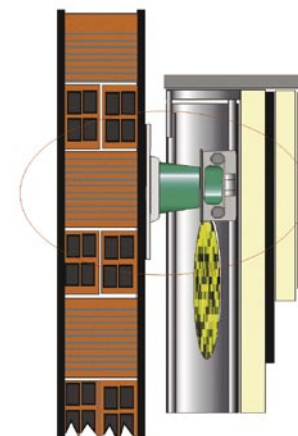
Para aumentar el rendimiento, tendremos que conseguir que ambos paramentos trabajen de forma independiente y sin perder propiedad acústica.

¿Cómo evitar puentes acústicos?

La unión entre el techo y la solución vertical, se hará por medio de una banda de caucho $e=5$ a 10 mm., que garantice un sellado estanco sin perder la elasticidad, evitando el contacto rígido entre ambas particiones.

¿Perderemos seguridad mecánica al no atornillar el tratamiento al techo?

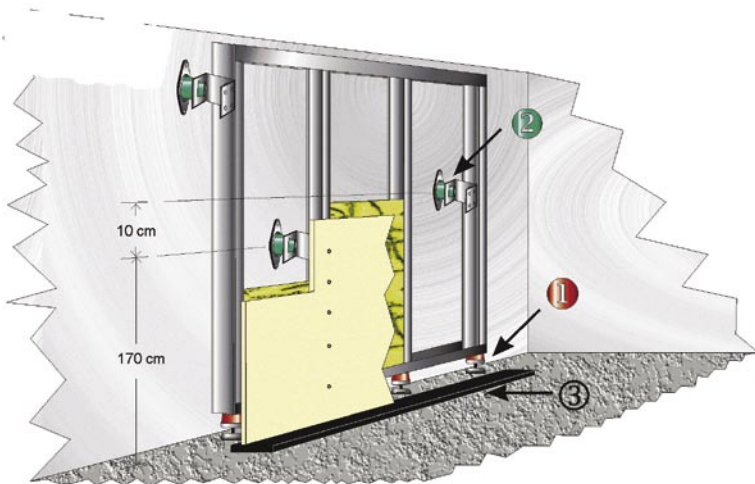
No, el aumento de la rigidez lo conseguiremos al fijar de manera elástica el tratamiento al paramento primitivo (ladrillo).

(Figura 4: Vista lateral)*(Figura 4: Fijación elástica)*

El encuentro vertical entre el forjado inferior (suelo) y el tratamiento acústico (pared) se realiza de la siguiente manera:

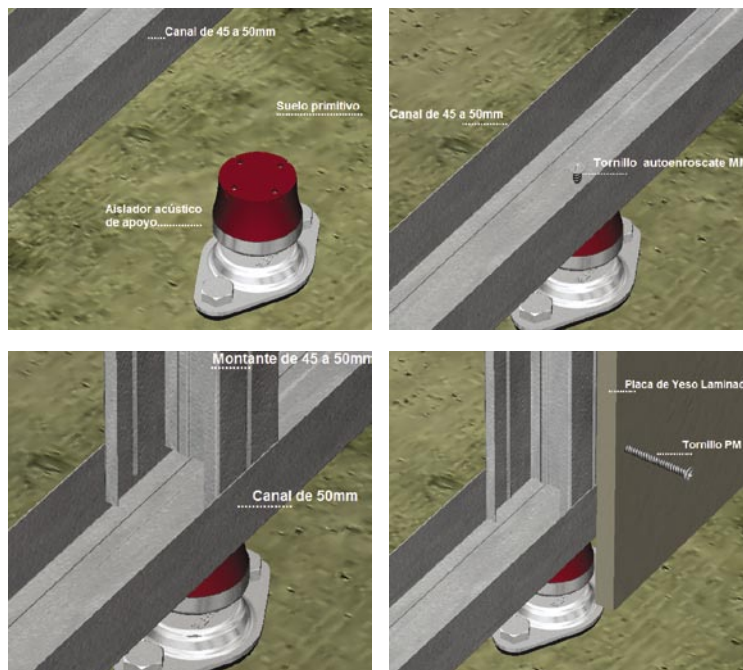
Se coloca una base elástica para el apoyo de la canal con una separación entre sí de 0,60 metros, acompañada con una junta elástica de caucho celular e=5 mm para el asentamiento de la placa de yeso laminado, evitando así fisuras entre el tratamiento y el suelo primitivo (forjado inferior), corrigiendo las imperfecciones de desnivel que puedan surgir en el terreno y al mismo tiempo garantizar un sellado totalmente estanco en todo el recorrido longitudinal del tratamiento.

(Figura 5)



- ① Taco perimetral SE-TMT-50 R
- ② Aislador SE-3803/TD1
- ③ Banda de caucho SE-BEC

CAMPO DE APLICACIÓN



MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS

Utilizaremos distintos materiales que aportarán al sistema las propiedades anteriormente mencionadas.

Masa: El aporte de masa lo conseguimos, principalmente, mediante las capas de cartón yeso laminado y la combinación de láminas elastoméricas.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Placa de yeso laminado	19,15 y 13	850
Lámina elastomérica	4	1.500

Resonancia y efectos de coincidencia: Al interponer un elemento elástico unido a una estructura, creamos una cámara o cavidad donde se produce el fenómeno de resonancia a ciertas frecuencias. También se forman ondas estacionarias en la cámara de aire. Esto da lugar a una disminución importante del aislamiento, por lo que se colocan materiales

fonoabsorbentes, muy porosos, debido a su gran coeficiente de absorción para dejar la cavidad lo más sorda posible.

MATERIAL	ESPELOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Panel fonoabsorbente	40	70
		40
Lámina elastomérica	4	1.500

Rigidez: Resistencia mecánica de la propia estructura.

MATERIAL	ESPELOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Estructura metálica	0,6	-

Estanqueidad: Para evitar fisuras entre el falso techo y el tratamiento vertical, es decir, para evitar pérdidas en el aislamiento, es fundamental un sellado perimetral de forma elástica entre el tratamiento del techo y el paramento.

MATERIAL	NOMBRE	DENSIDAD (Kg/m ³)
Banda acústica	SE-BEC	90±15

Elasticidad: La perturbación sonora pone en vibración el tratamiento acústico vertical. Si la fijación es rígida, favorecerá la transmisión del sonido por vía estructural al paramento primitivo (muro de cierre) y, a su vez, al forjado, cuya vibración perturbará las partículas de los materiales que forman el tratamiento, y éstas radiarán energía a la cavidad, lo que provoca que las partículas del aire se pongan en movimiento, generando una onda sonora o de presión en el recinto colindante.

Para evitar puentes acústicos se interponen aisladores de pared.

El modelo 3802/03 es el único en el mercado, con doble función de aislamiento en el pandeo de la pared, tanto en el movimiento interior como en el exterior.

Es el aislador recomendado para paramentos cerámicos o huecos aplicado a paredes acústicas.

Seguridad: Un dato a tener en cuenta en las soluciones constructivas es la seguridad. Los elementos de fijación que se proponen tienen incorporado un sistema de seguridad que evita el desplome del paramento en caso de fuego o exceso de carga, gracias a su eje central que va enroscado a una suela metálica con doble fijación a la pared.

Localice el producto en www.senor.es

MOD. 3802/03

DISEÑO Y CÁLCULO

ALTURA FORJADO 1+2

4,10 m

sin tratamiento

ALTURA DEL TRASDOSADO

3,61 m

MATERIALES	UNIDADES	ESPELOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Placa de yeso laminado	1	19 15 13	850	39,95
Lámina elastomérica	1	4	1500	6
Material fonoabsorbente	1	40	70 40	2,8 1,6
Perfil metálico	1	0,6	-	1,5
PESO TOTAL (Kg/m²)				51,85

Distancia de colocación de los aisladores

Conocimientos básicos: Para realizar un cálculo correcto hay que atender a distintos factores:

1º- Peso por m² del tratamiento.

2º- Altura del tratamiento.

3º- Desplazamiento del punto de gravedad sobre el conjunto.

4º- Curvatura o deformación de la estructura en función a sus dimensiones.

5º- Peso por metro lineal del tratamiento.

Cálculo: La distancia de colocación de las fijaciones elásticas será la siguiente: **1,70 m x 0,60 m**, la carga por aislador es de **26,39 Kg** y se necesitarán **0,98 Unidades** por m².

El **SE-3803/TD1** se colocará en zigzag, para evitar un posible acoplamiento en frecuencias, es decir, la primera fijación irá colocada a 1,70 m. de altura y la siguiente a 1,80 m de altura y así, sucesivamente.

(Ver Fig. 2 y Fig. 5)

Otro dato importante a la hora de calcular el tratamiento perimetral es el apoyo del tabique en el suelo primitivo. Multiplicando el peso por m² por la altura del trasdosado obtenemos la masa del tabique por metro lineal. En nuestro caso no podemos fijarlo directamente al paramento primitivo (suelo), por lo que hay que utilizar bases elásticas para la sujeción y apoyo de los tabiques.

Fórmulas: Cálculo de la base elástica MOD. TP

¿Cómo calcular un aislador por metro lineal?

$$\frac{P_{\text{tratamiento}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) \times \text{Altura (m)}}{\text{Kg/aislador}} = n^{\circ} \text{ aisladores/m}$$

¿Cómo calcular la distancia de modulación?

$$d_{\text{final}} = \frac{M_{\text{óptima}} (\text{Kg})}{P_{\text{tratamiento}} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) \times \text{Altura (m)}}$$

Resultados técnicos obtenidos

ALTURA TABIQUE	Kg/m ²	Kg/m ² x ALTURA	DISTANCIA TRABAJO	Nº AISLADORES (ml)
361 cm	51,85	187,18 Kg/ml	0,60 m	1,67
			CARGA POR AISLADOR	MODELO
			112,08 kg	SE-TP-V 200

Nota: Las bases elásticas irán colocadas debajo de cada montante.

RANGO ÓPTIMO DE CARGA

Dimensiones del aislador **30 mm**.

Deformación del caucho (mm)

REFERENCIA	MÍNIMA	MÁXIMA	SIN CARGA	MÍNIMA	MÁXIMA
SE-TP 200 V	80	200	0	5,89	11,7

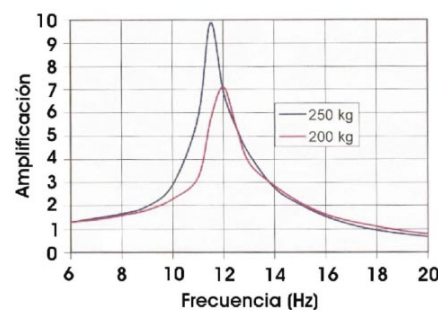
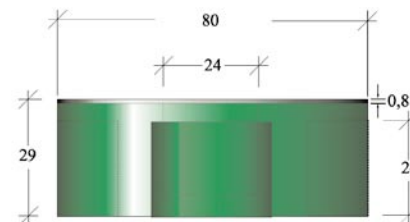
Comportamiento dinámico caucho

REFERENCIA	CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO
SE-TP 200 V	100	10,30	16,90

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Localice el producto en www.senor.es

MOD. TP 200 V



labein
tecnalia

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
100	10,30	16,90
200	12,00	18,50
250	11,5	17,50

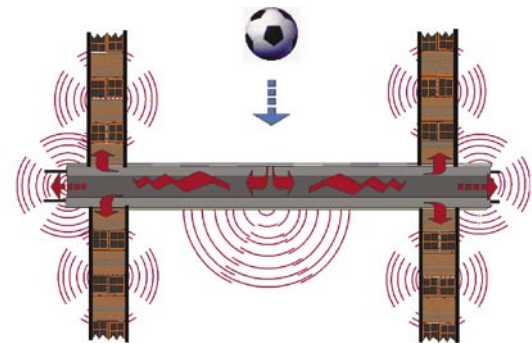
SUELO FLOTANTE



Todo el interés que pongamos en la construcción del techo acústico y del cerramiento perimetral, puede verse perjudicado enormemente si no prestamos la misma atención en la colocación del suelo flotante, ya que tendremos transmisión del ruido por vía estructural.

¿Qué ocurre al golpear una superficie sólida (forjado)?

El forjado vibra, radiando energía sonora a las estancias colindantes. Las partículas de aire adyacentes entran en vibración, dando lugar a ruido aéreo inducido.



La vibración se transmite a grandes distancias debido a uniones rígidas. Recordemos que $v_{\text{hormigón}}=3000$ m/s y $v_{\text{acero}}=5000$ m/s.

Un golpe tiene el siguiente espectro:



Se observa un espectro que presenta componentes en todas las frecuencias. Por lo que tenemos que aumentar el amortiguamiento para tener respuestas bajas.

Además, tenemos que crear discontinuidades estructurales completas y separar mediante conexiones elásticas.

Hemos visto que la masa por unidad de superficie ocupa un papel importante en el aislamiento acústico. Por ello es necesario conocer, con suficiente precisión, la masa que aportará la capa de mortero, el pavimento de terminación, el soporte rígido y todos los elementos que coloquemos sobre el suelo flotante, ya que, según su masa, colocaremos los antivibradores adecuados acorde a su elasticidad y rango de comportamiento.

Un montaje incorrecto provocará un detrimento importante en las propiedades aislantes de nuestro tratamiento.

Podemos detallar algunos errores comunes que se cometen:

- Suelo flotante formado por lana mineral de alta densidad (coeficiente de absorción bajo) protegida con lámina de polietileno bajo una losa de hormigón (Figura 1).
- Al verter la losa flotante, la lana mineral se comprimirá, se producirá la deflexión de la misma, δ_1 , aumentando su densidad (Figura 2).
- El suelo estará sometido a acumulaciones de carga, lo que provocará una compresión mayor, δ_2 , aumentando su densidad aún más. A lo largo de su uso el material pierde propiedad, quedando cada vez más rígido (Figura 3).

Figura 1

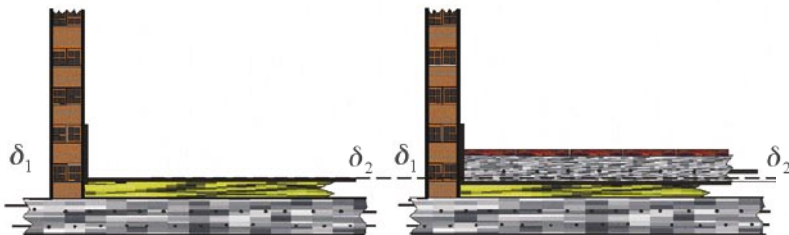


Figura 2

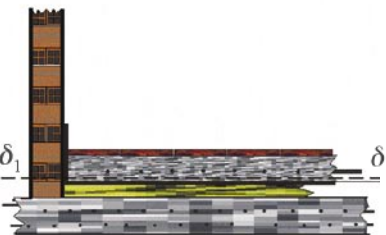
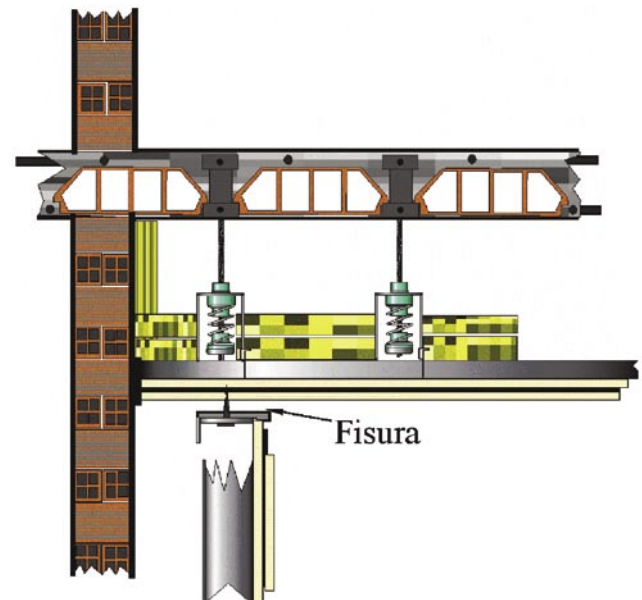


Figura 3



Con el paso del tiempo el suelo habrá cedido y su comportamiento no será el adecuado. Si se instalan los trasdosados sobre el suelo flotante, se deteriorará el tratamiento puesto que se pueden crear fisuras con el techo al comprimirse el suelo (Figura 4).

Figura 4: Unión techo pared no elástica



TRATAMIENTO DEL SUELO

Hay que contemplar distintos factores a la hora de realizar un tratamiento tales como: masa, resonancia y efectos de coincidencia, rigidez, estanqueidad, elasticidad. Sin olvidarnos de la seguridad.

Se utilizarán distintos materiales, cada uno de los cuales aportará al sistema las propiedades anteriormente mencionadas.

Este conjunto estará formado por dos secciones:

- 1º- Mayor carga (A).
- 2º- Menor carga (B).

A

Mediante un panel sándwich formado por:

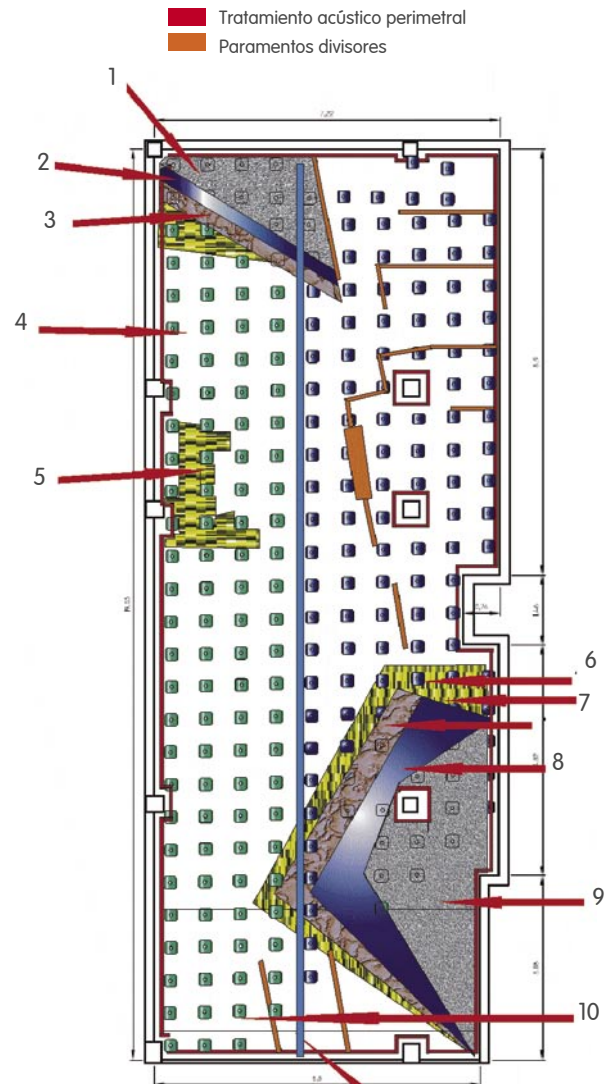
- Material fonoabsorbente 70 Kg/m³ (E: 40 mm).
- Aislador de suelo para 400 Kg (color azul).
- Soporte rígido para la sustentación del mortero.
- Lámina amortiguada.
- Pavimento de terminación.

B

Mediante un panel sándwich formado por:

- Material fonoabsorbente 70 Kg/m³ (E: 40 mm).
- Aislador de suelo para 200 Kg (color verde).
- Soporte rígido para la sustentación del mortero.
- Lámina amortiguada.
- Pavimento de terminación.

La transmisión vía estructural resulta la más compleja de atenuar, para ello necesitamos aportar a nuestro tratamiento la elasticidad adecuada para evitar uniones rígidas y reducir, así, la transmisión por flancos y por puentes acústicos.



1. Mortero de hormigón.
2. Lámina amortiguada.
3. Tablero (soporte rígido).
4. Aislador acústico de suelo Mod. TS-40.
5. Material fonoabsorbente.
6. Aislador acústico de suelo Mod. TS-80.
7. Material fonoabsorbente.
8. Lámina amortiguada.
9. Pavimento de terminación.
10. Aislador acústico de suelo Mod. TS-40.
11. Línea imaginaria (divide las zonas de carga).

Descripción:

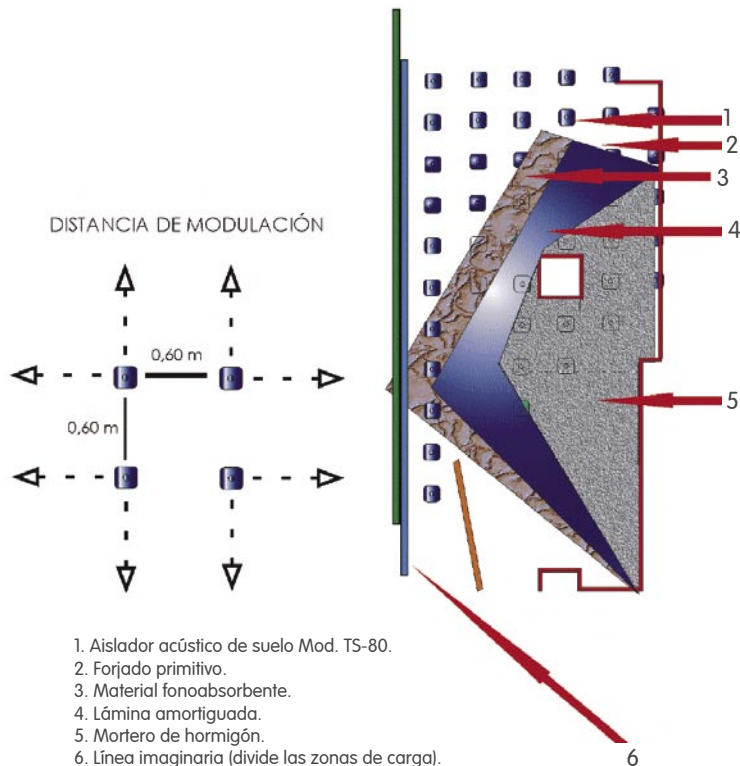
El suelo flotante está separado del forjado primitivo mediante aisladores de caucho. Si por necesidad hay que fijar estos elementos al pavimento se podrá realizar mediante tornillo y arandela. La cámara de aire tendrá unos 30 mm. y en la cavidad colocaremos material fonoabsorbente de baja densidad para atenuar la amplitud de la onda (al atravesar el material poroso se genera una fricción o rozamiento transformando dicha energía en energía calorífica).

A continuación se coloca un tablero rígido para el soporte del mortero de hormigón y el reparto correcto de cargas. Sobre éste se coloca una lámina amortiguada para la protección del sándwich y el contacto directo del mortero con el pavimento vertical.

Por último, se coloca el mallazo de acero y se procede al proyectado del hormigón con el que se finaliza el tratamiento.

A

Zona A: Detalle de colocación (Lado 1)



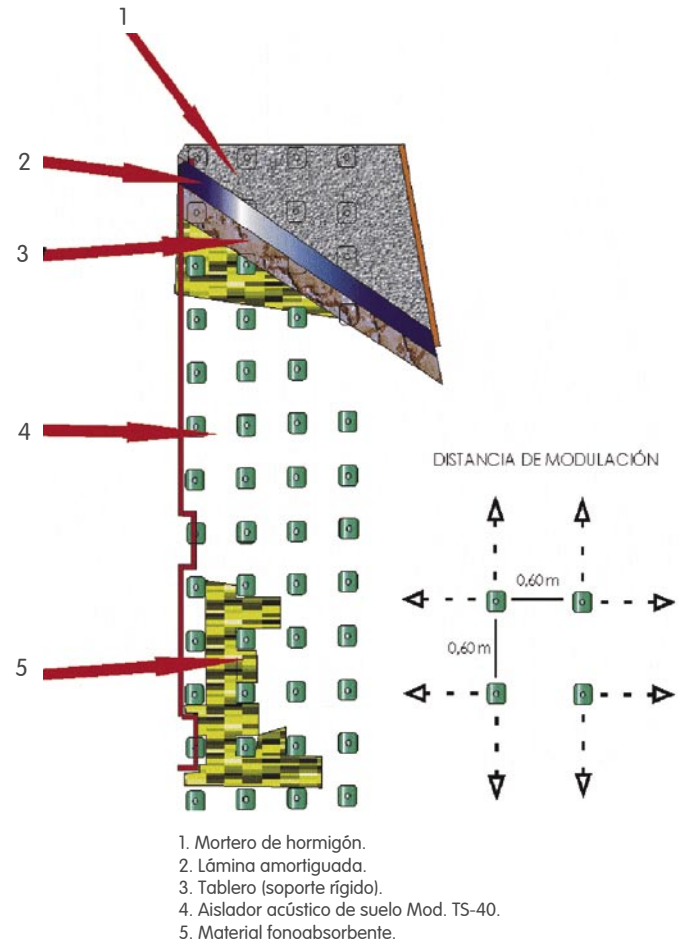
Zona A: Colocaremos el aislador SE-TS-80 al tener una acumulación mayor de carga debido a:

- Peso por metro lineal que representa la tabiquería divisoria de las diferentes estancias (cuartos de baño, almacén, etc.).

- Peso proveniente de la zona semi-elevada (barra de bar).

B

Zona B: Detalle de colocación



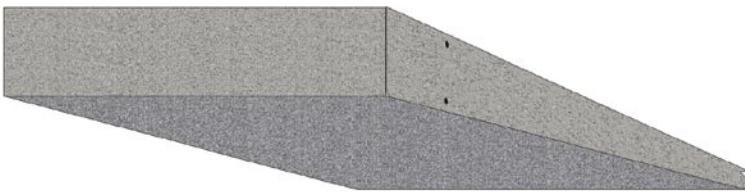
Zona B: Colocaremos el aislador SE-TS-40 al tener una acumulación menor de carga (**zona de paso, pasillos y vestíbulo, etc.**).

MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS

Masa: El aporte de masa lo conseguimos, principalmente, mediante la capa compresora de hormigón, aunque también contribuirán el pavimento de terminación, soporte rígido (tablero hidrófugo), etc. Recordemos que el aislamiento tiene una dependencia con la masa y la frecuencia.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Mortero de hormigón	60	2.500
Tablero hidrófugo	20	1.000

Mortero de hormigón:



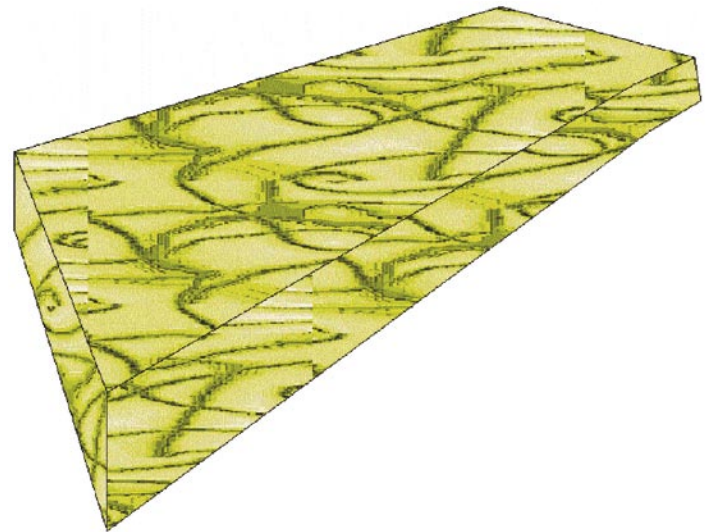
Tablero hidrófugo:



Resonancia y efectos de coincidencia: Recordemos que en la cavidad se produce el fenómeno de resonancia a ciertas frecuencias. También se forman ondas estacionarias en la cámara de aire. Esto da lugar a una disminución importante del aislamiento. Al colocar un soporte rígido sobre los tacos de suelo, el peso recaerá sobre los elementos elásticos. De esta forma, tendremos una cavidad que habrá de rellenarse con fibras minerales de densidad media-baja, para transformar la energía sonora en calor.

MATERIAL	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)
Panel fonoabsorbente	40	70

Fibra mineral:



Estanqueidad: Para evitar fisuras entre el suelo y el tratamiento vertical, es decir, para evitar pérdidas en el aislamiento, es fundamental un sellado perimetral de forma elástica entre el tratamiento del suelo y el paramento vertical.

MATERIAL	NOMBRE	DENSIDAD (Kg/m ³)
Banda acústica	SE-BEC	90±15



Elasticidad: La colocación de amortiguadores de caucho (Modelo **TS**), evita la propagación de las ondas longitudinales a través de la estructura, reduciendo las vibraciones de la fuente, así como el ruido de impacto.

SISTEMAS DE FIJACIÓN RECOMENDADOS

WWW.SENOR.ES

MOD. TS

Para suelos flotantes, provisto de una canalización central para poder fijarlo, si se desea, mediante arandela y tornillo o dejarlo simplemente apoyado.

Es el único en el mercado con estas características. Su forma de trabajo es excelente gracias a sus cuatro apoyos que facilitan considerablemente su asentamiento al terreno, mejorando así su rendimiento en baja frecuencia.

Aplicado en suelos flotantes, bancadas, etc.



SE-TS-40 V 200



SE-TS-80 A 400

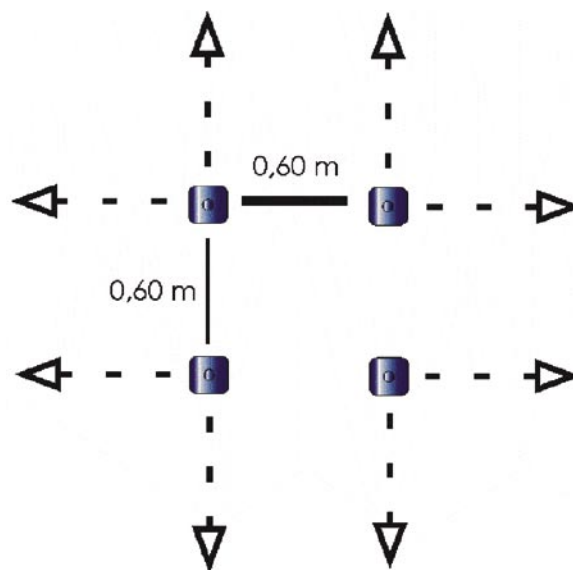
Datos importantes a tener en cuenta

Cálculo de pesos

MATERIALES	UNIDADES	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Capa compresora hormigón	1	60	2.500	150
Lámina amortiguada	1	4	1.500	6
Tablero rígido	1	E=20	1.000	20
Material fonoabsorbente	1	E=40	70	2,8
Personas físicas	3	-	-	210
Mobiliario	-	-	Aproximado	150
Tabiquería cartón yeso	-	-	Aproximado	106
PESO TOTAL DEL SUELO (Kg/m²)				642

A pie de obra

Sección A



AISLADOR ACÚSTICO

SUPERFICIE (m ²)	PESO (Kg/m ²)	DISTANCIA DE TRABAJO		N° AISLADORES (m ²)	REFERENCIA
180	642	0,60 m	0,60 m	2,77 Unds.	SE-TS 80 A 400
		Carga por aislador			
		231 Kg			

AISLADOR ACÚSTICO

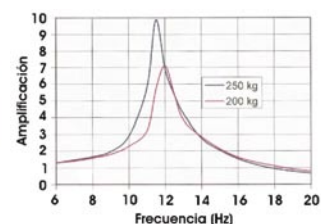
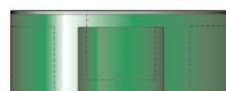
SUPERFICIE (m ²)	PESO (Kg/m ²)	DISTANCIA DE TRABAJO		N° AISLADORES (m ²)	REFERENCIA
180	386	0,60 m	0,60 m	2,77 Unds.	SE-TS 40 V 200
		Carga por aislador			
		139 Kg			

Sección B

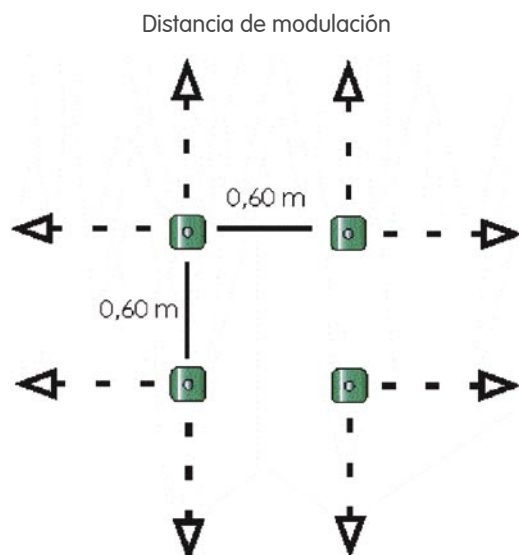
MATERIALES	UNIDADES	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Capa compresora hormigón	1	60	2.500	150
Lámina amortiguada	1	4	1.500	6
Tablero rígido	1	E=20	1.000	20
Material fonoabsorbente	1	E=40	70	2,8
Personas físicas	3	-	-	210
Mobiliario	-	-	Aproximado	-
Tabiquería cartón yeso	-	-	Aproximado	-
PESO TOTAL DEL SUELO (Kg/m ²)				386

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

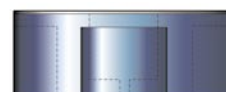
SE-TS-40 V 200



CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
100	10,30	16,90
200	12,00	18,50
250	11,5	17,50

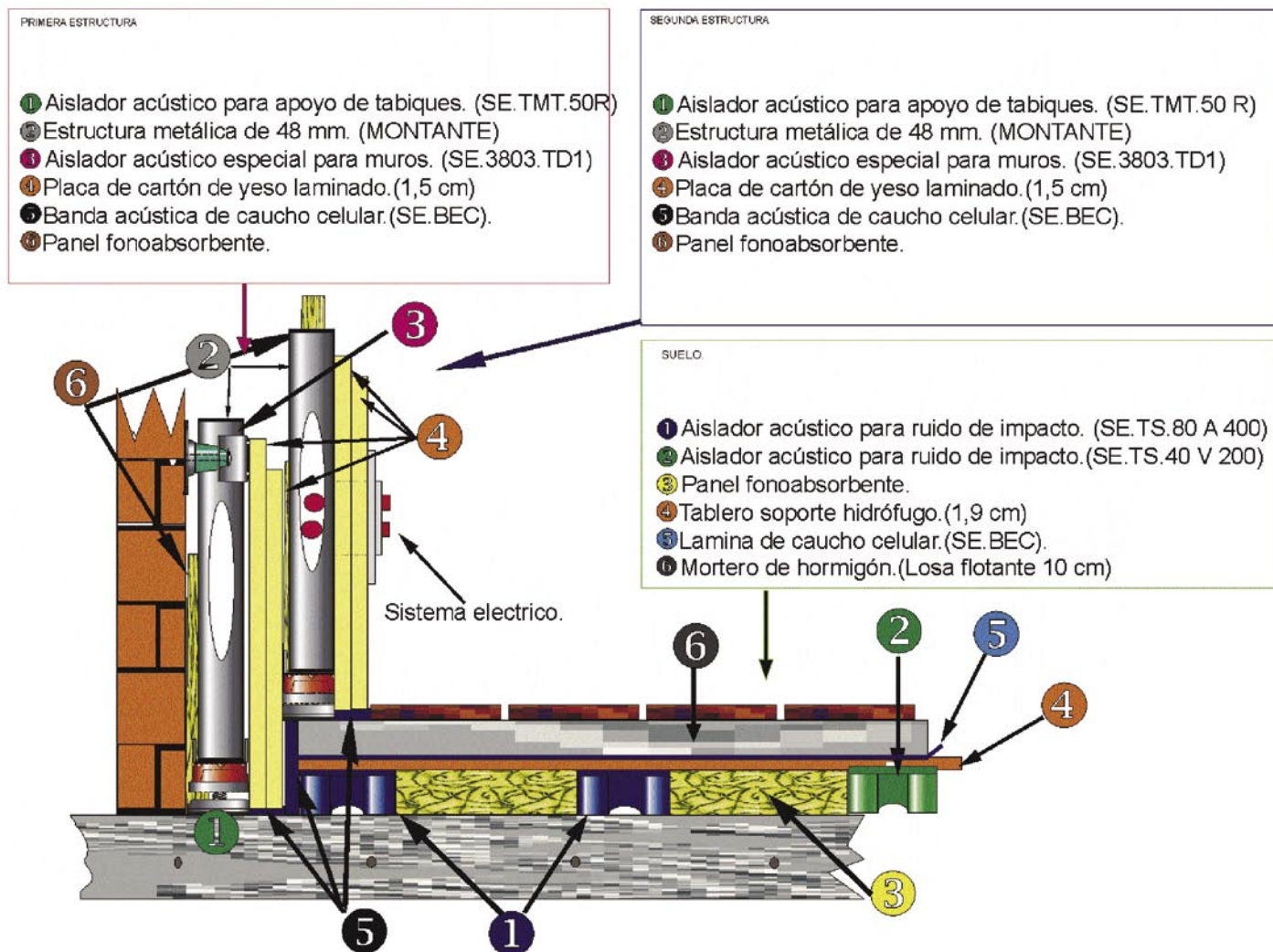


SE-TS-80 A 400



CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
200	11,50	17,50
400	9,33	16,20
450	10,25	16,90

Ejemplo detalle constructivo



ATENUACIÓN DE VIBRACIONES

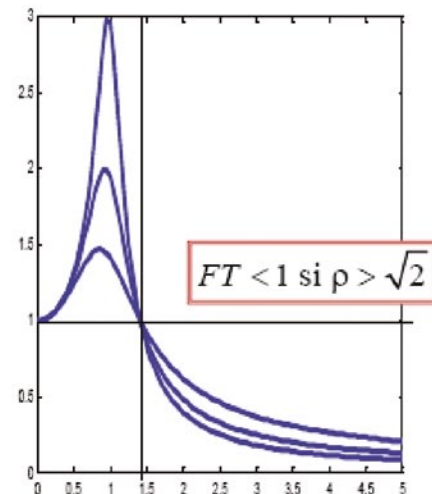


Numerosos son los casos en los cuales se requiere el tratamiento de maquinaria para atenuar las vibraciones que éstas producen, climatización, transformadores, compresores, moto-bombas, ascensores, etc.

Una actuación adecuada, va encaminada a atenuar la transmisión de las vibraciones producidas y, además, mejorar el funcionamiento de la propia máquina. La estructura, conductos y los distintos elementos que constituyen el aparato, se ven afectados por las vibraciones que estos generan, influyendo en su durabilidad y funcionamiento.

Para realizar un buen tratamiento de las vibraciones se debe atender a distintos factores, tales como revoluciones de trabajo, pesos y distribución de estos (centro de gravedad), dimensiones, localización, etc.

El conocimiento de las revoluciones de trabajo es un factor que nos determina el amortiguador a colocar, con este dato evitamos que entre en resonancia. Es decir, el régimen de trabajo (revoluciones), debe estar por encima del umbral de atenuación del amortiguador, que es la frecuencia a partir de la cual el amortiguador atenúa. En caso contrario, el conjunto presenta amplificación, siendo máxima para la frecuencia de resonancia.



La distribución de los pesos de la maquinaria, ha de ser tomada en cuenta para que el rendimiento de los amortiguadores sea el adecuado, y su deformación estática sea la óptima. Recordemos que en general el centro de gravedad no coincide con el centro geométrico. Por esta razón, colocaremos distintos antivibradores según el peso al cual estarán sometidos, optimizando su rendimiento.

Se debe considerar el lugar de instalación, tipo de estructura, luz del forjado, etc.

En forjados, las altas frecuencias se atenúan mejor que las bajas, ya que éstas tienen un contenido energético mayor.

Si tenemos un equipo dinámico que trabaje a bajas frecuencias, el forjado puede entrar en "simpatía" y se producen fenómenos de resonancia.

Según se encuentren ancladas las estructuras de los forjados podrán aparecer resonancias respecto algún modo de vibración.

La frecuencia natural de un forjado depende básicamente de su luz entre apoyos. En definitiva, los forjados son elásticos.

Si tenemos una vibración forzada armónica, las ecuaciones que definen al sistema son:

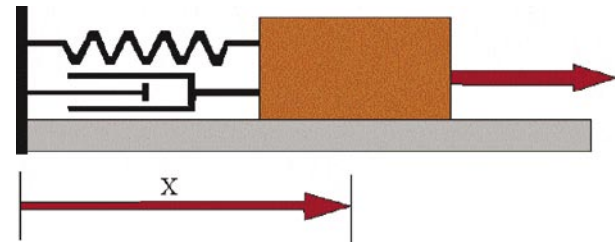


Figura 1

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + Kx = F \sin(\omega t)$$

Solución: $x(t) = x_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Se define:

$$\rho = \frac{\omega}{\omega_0} \equiv \text{razón de frecuencias.}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} \equiv \text{Frecuencia de resonancia o propia.}$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{Km}} \equiv \text{Razón de amortiguamiento.}$$

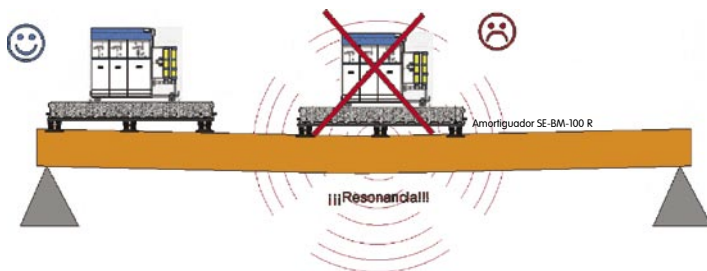
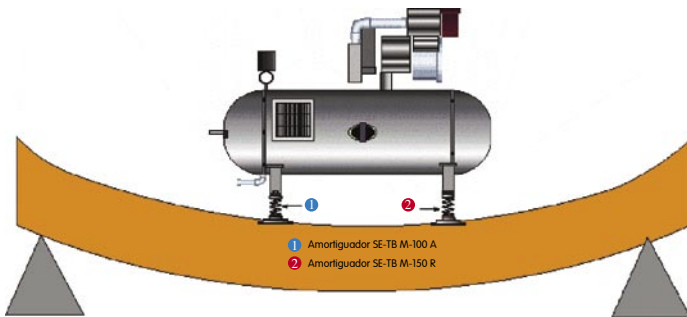
La transmisión viene dada por:

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta\rho)^2}}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}}$$

Un muelle es un sistema lineal cuya razón de amortiguamiento (ζ) es despreciable, por lo que podremos aplicar:

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{|1 - \rho^2|}$$

Según la zona de sensibilidad en la que nos encontremos, tendremos que conseguir un grado de aislamiento.



Clase de solera	Luz entre apoyos de la solera	Frecuencia natural estimada en Hz
S	En sótano, sobre terreno	9
F6	Luces hasta 6 metros	7
F9	Luces hasta 9 metros	6

Fuente: Den Hartog

Zona de sensibilidad	Tipo de Zona	G %
MUY CRÍTICA	Hospitales, hoteles, edificios de uso cultural (auditorios, teatros, centro de convenciones).	≥ 95%
CRÍTICA	Zonas cercanas a dormitorios. Oficinas y estudios, supermercados en edificios.	≥ 90%
NO CRÍTICA	Sótanos, zonas industriales, hipermercados.	≥ 85%

Veamos un caso práctico:

Generador: Peso = 400 Kg
 rpm = 1200
 Distribución del peso = 70% Zona motor.
 30% Zona opuesta.

Usamos amortiguadores según el peso que tengamos en cada punto de apoyo.

Peso total: 400 Kg.

Parte de mayor carga: 280 Kg. Cada amortiguador estará sometido a 140 Kg.
 Parte de menor carga: 120 Kg. Cada amortiguador estará sometido a 60 Kg.

Detalle constructivo:

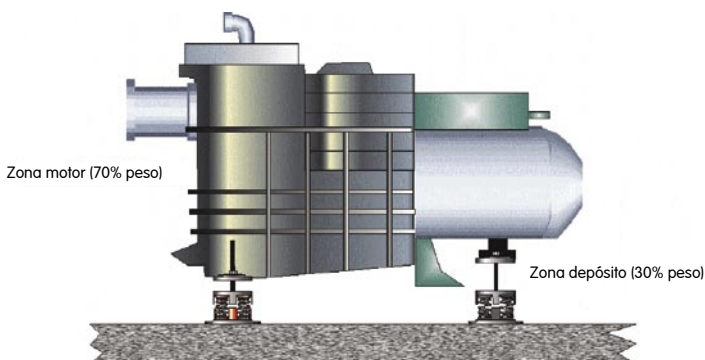


Figura 2

Se debe instalar un modelo de aislador en la parte del motor, cuyo comportamiento dinámico sea el adecuado según el peso que va a soportar. Éste será distinto del que situemos en la otra zona.

Según las expresiones vistas, el grado de aislamiento estimado será el siguiente:

$w = 1200 \text{ rpm} \approx 20 \text{ Hz} \approx 40 \pi \text{ rad/s}$ (frecuencia fundamental del motor).
 $w_0 = 4,5 \text{ Hz} \approx 9\pi \text{ rad/s}$ (frecuencia natural del sistema).

$$\rho = \frac{w}{w_0} = \frac{40\pi}{9\pi} = 4,44 \Rightarrow FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{|1 - \rho^2|} = 0,053 \rightarrow 5,3\%$$

Por tanto el grado de aislamiento es del 94,7 %.

Hay maquinaria que, por su funcionamiento, posee un régimen transitorio y otro estacionario (ascensores, compresores, etc.). En el transitorio el sistema excita la frecuencia de resonancia del aislador, presentando amplificación.

Como un muelle metálico es un sistema que presenta un amortiguamiento ínfimo en su frecuencia de resonancia, tenemos que aportar amortiguamiento mediante la combinación de elementos viscoelásticos (termo-caucho acelerado y muelles de acero), bajando la amplificación a la frecuencia de resonancia al conseguir mayor amortiguamiento.

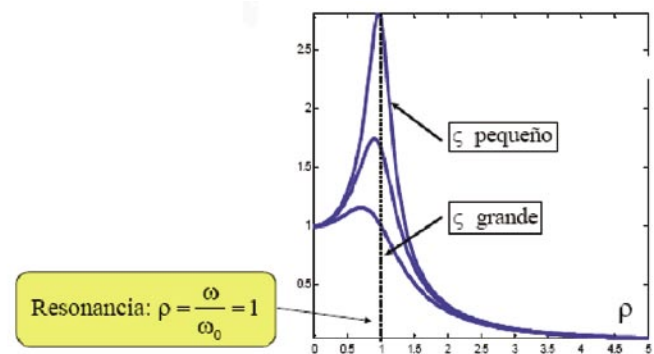


Figura 3

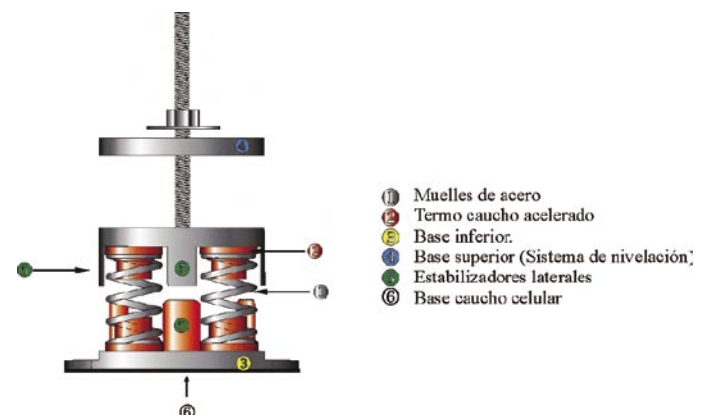




Figura 4

Conclusión: Las vibraciones generadas por cualquier máquina en funcionamiento se transmiten vía estructural al fijar ésta rígidamente o al "aislarlas" de forma inadecuada, además, se produce ruido aéreo inducido por vibración.

El tratamiento adecuado para reducir las vibraciones de maquinaria, requiere de un estudio particularizado del problema. "No todas las máquinas vibran igual, ni una misma máquina vibra igual en todos los sitios donde se instale".

CONDUCTOS

Para evitar las vibraciones (flujo de agua a través de tuberías, bajantes, etc.) es necesaria la instalación de antivibradores y evitar uniones rígidas al forjado y a las paredes.

De esta forma, se aislarán los focos principales de vibración (tuberías, conductos de salida de aire, bajantes, etc.) que, por vibración inducida por el paso de agua y aire, hacen que vibren y, por lo tanto, se transmitan por vía estructural a la estancia adyacente.

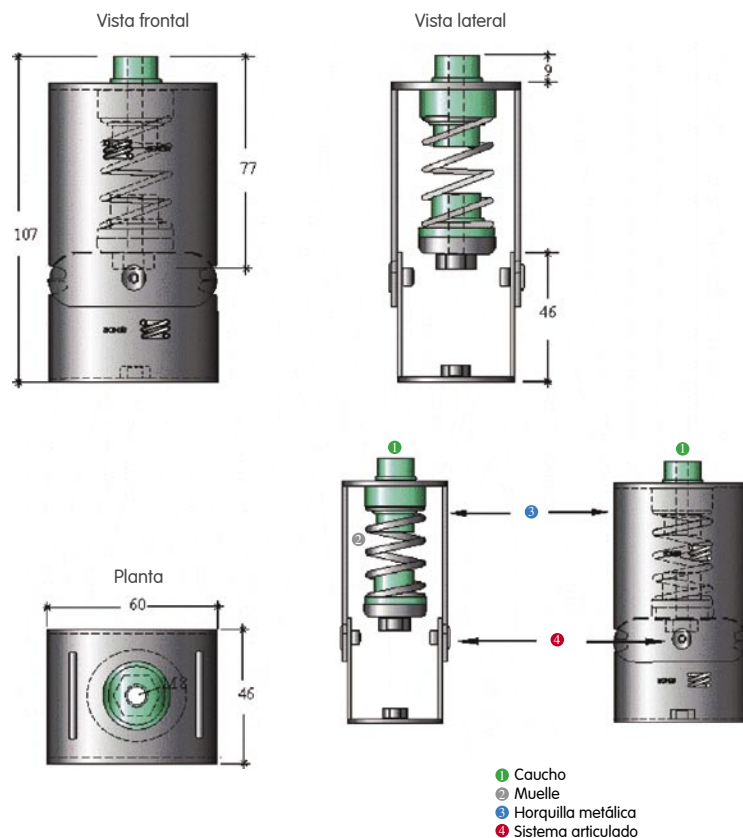
SISTEMAS DE FIJACIÓN RECOMENDADOS

WWW.SENOR.ES

MOD. SE-A4 30 V/M8

Para suspender sistemas de ventilación, conductos de aire, tuberías, etc. Provisto de caucho-muelle-caucho y doble salida de M-8. Sistema articulado para evitar cualquier inclinación respecto a la vertical que presente la varilla o el forjado.

Dimensionado y acotamiento



CARACTERÍSTICAS

Mod. SE-A4 15 MG8, SE-A4 30 MG8, SE-A4 50 MG8 y SE-A4 75 MG8.

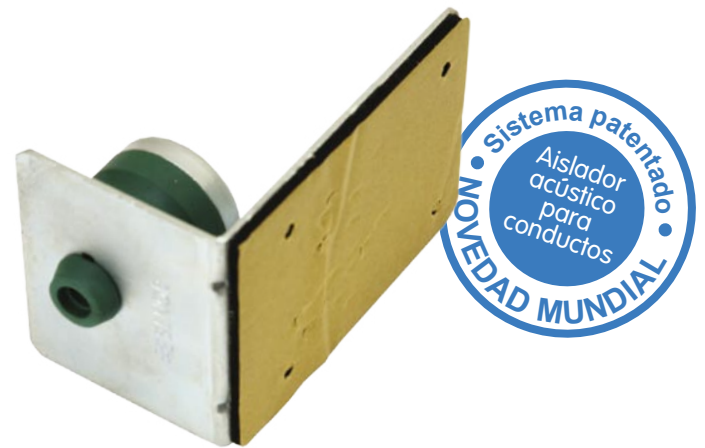
- RÁPIDA COLOCACIÓN.
- Distinta dureza elemento elástico (distinto color: gris, verde, azul y rojo).
- Peso aprox.: 328 gramos.

Nota: Adjunto fotografías de extractores de CO₂ en garaje y conductos metálicos amortiguados.



CONDUCTOS METÁLICOS

Conductos fijados de forma elástica mediante los aisladores:
AIR SYSTEM 30-CC y **AIR SYSTEM G-CC**.

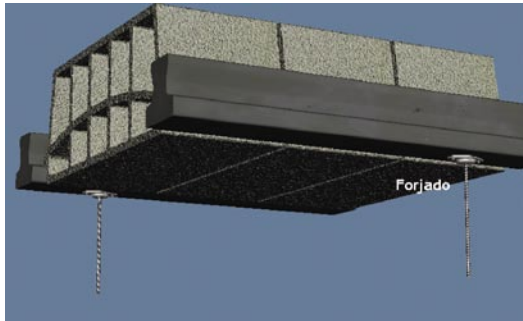


AIR SYSTEM 30-CC



AIR SYSTEM G-CC

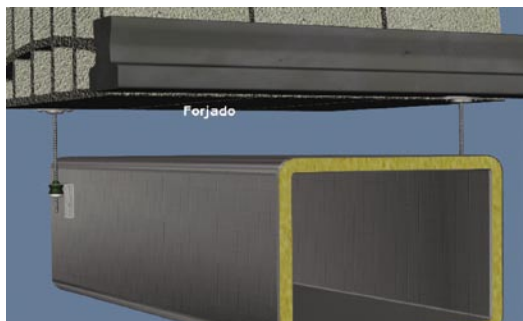
Detalle de colocación de conductos de fibra amortiguados



En primer lugar se fijan las varillas de sujeción que irán colocadas en zigzag.



En segundo lugar introduciremos el sistema AIR SYSTEM y procederemos a su nivelación.



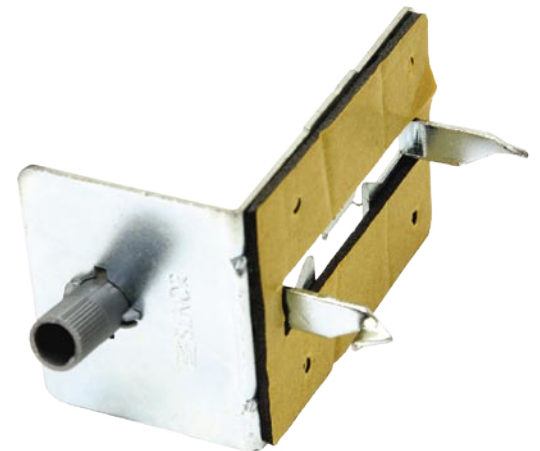
Por último, mediante una ligera presión, fijaremos la pieza al conducto que gracias a sus arpones nos permitirán fijar la pieza en cualquier punto de su vertical.

CONDUCTOS DE FIBRA

Conductos fijados de forma elástica mediante el aislador:
AIR SYSTEM 30 y AIR SYTEM G.



AIR SYSTEM 30



AIR SYSTEM G



Nota: En la actualidad, la fijación de estos conductos se realiza mediante varilla roscada, tuercas y perfilería (con el sistema AIR SYSTEM se reduce el costo en un 90 %).

EJEMPLO PRÁCTICO: HOTEL NH (SEVILLA)

Introducción

* La zona destinada a la colocación de máquinas de gran potencia y peso suele estar situada en la zona más alta del edificio (cubierta), es un recinto destinado a la colocación y funcionamiento de maquinaria que se utiliza para abastecer de agua caliente, frío o calor a las viviendas adyacentes.

En dicha zona, por tanto, nos encontramos con calderas, compresores que, debido a su gran peso y potencia, originan vibraciones que se transmiten vía estructural y, debido al propio funcionamiento del motor y a la entrada y salida de aire del compresor, también se origina un aumento del nivel de potencia sonora en la sala.

También hay que considerar el ruido asociado que puedan generar los conductos salientes y entrantes de la propia máquina que se transmite por vía estructural (fácil de eliminar si se evita uniones rígidas a los paramentos como, por ejemplo, usando abrazaderas acolchadas, coquillas, etc.).

Por supuesto no hay que olvidar el ruido originado por el personal de mantenimiento (pisadas, voces, etc.), los conductos de ventilación, aire acondicionado, extracción de humos, presencia del portal de entrada, escaleras adyacentes, etc.

Por todas estas razones hay que hacer un tratamiento especial del suelo de la zona (suelo flotante o técnico) que elimine dichas vibraciones e impidan su propagación a viviendas adyacentes (perjuicio del bienestar de las personas que habitan en dichas estancias) **contaminación acústica**.

La transmisión vía estructural resulta la más compleja de atenuar. Para ello necesitamos aportar a nuestro tratamiento, la elasticidad adecuada para evitar uniones rígidas y reducir así la transmisión por flancos y por puentes acústicos.

Datos facilitados por el cliente

Tratamiento de máquinas sobre forjado (Suelo Técnico).

ASLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO O VIBRACIONES: Suelo Flotante

* Para evitar el ruido de impacto producido por golpes directos, o para atenuar el campo acústico (sonido a ruido aéreo procedente de maquinaria de gran potencia) es necesario la instalación de suelos flotantes.

Conseguir un buen aislamiento a través del suelo requiere contemplar

varios factores a la hora de instalar un suelo técnico: masa, elasticidad, estanquidad, resonancia y efectos de coincidencia.

Masa: El aporte de masa lo conseguimos, principalmente, mediante la capa compresora de hormigón, aunque también contribuirán el pavimento de terminación, soporte rígido (tablero hidrófugo), etc. Recordemos que el aislamiento tiene una dependencia con la masa y la frecuencia.

¿Qué ocurre al golpear una superficie sólida (forjado)?

Se produce una vibración en el forjado, el cual radia energía sonora a las estancias colindantes debido a que las partículas de aire, adyacentes al forjado, entran en vibración. A dicho fenómeno se le conoce como ruido aéreo inducido.

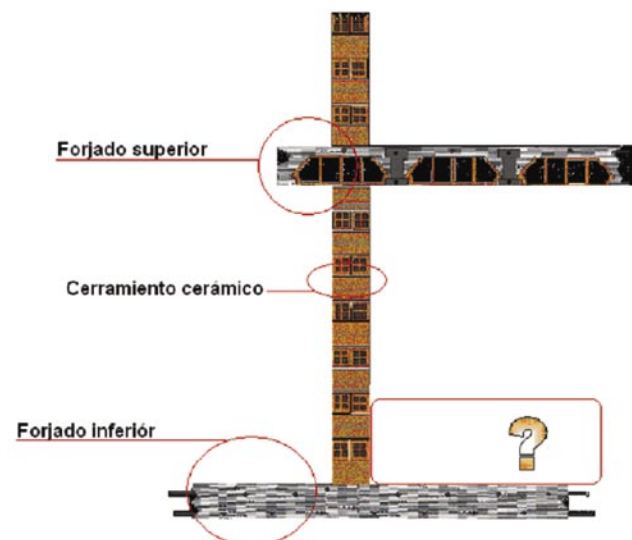
La perturbación se transmite a grandes distancias ya que la velocidad del sonido depende de la estructura interna del material que encuentra a su paso. Así las cosas, en un medio poroso la velocidad del sonido es relativamente baja, mientras que en un medio rígido aumenta enormemente en varios órdenes de magnitud.

Por ejemplo:

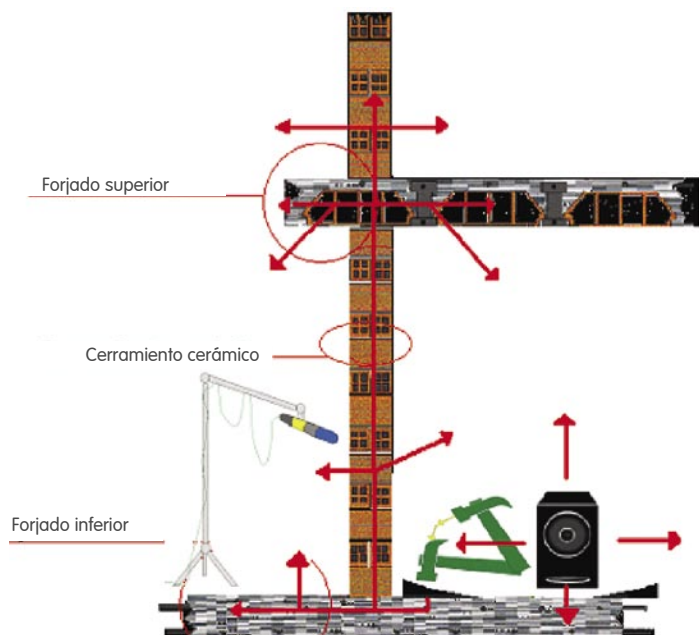
$$v_{\text{hormigón}} = 3000 \frac{m}{s}$$

$$v_{\text{acero}} = 5000 \frac{m}{s}$$

Detalle constructivo sin tratamiento



Detalle constructivo sin tratamiento

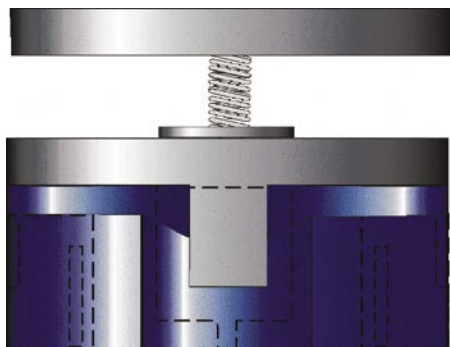


Elasticidad: La colocación de tacos de suelo (aisladores de caucho o muelle) evita la propagación de las ondas a través de la estructura, reduce las vibraciones de la fuente así como el ruido de impacto.

ZONA 1 (SUELO TÉCNICO)

Sistema de apoyo recomendado:

SE-ACV-400 A



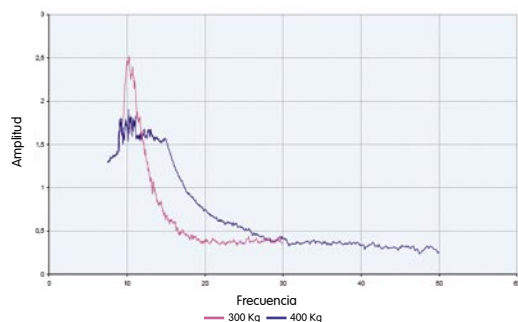
Base elástica en caucho. Para suelos flotantes provisto de un sistema de nivelación central en alturas para asegurar el reparto equitativo de peso sobre los apoyos evitando la fatiga desigual por imperfecciones del pavimento, consiguiendo el óptimo rendimiento en baja frecuencia.

Es el más recomendado para atenuar las vibraciones producidas a ruido aéreo y de impacto. Las frecuencias más bajas a ruido aéreo suelen estar entorno a 28 ó 30 Hz. Mientras que el ruido de impacto provoca una excitación en todas las frecuencias. Por este motivo, para máquinas que generen niveles de presión sonora entorno a 75-95 dBA a "Frecuencias medias/bajas"; es aconsejable colocar bases elásticas para atenuar las vibraciones que se produzcan a medias/bajas frecuencias, y evitar amplificaciones a través de la estructura perjudicando el aislamiento.

Es el único en el mercado con estas características; su forma de trabajo es excelente gracias a sus cuatro apoyos que facilitan considerablemente su asentamiento al terreno, mejorando así su rendimiento.

Comportamiento dinámico Mod. ACV-400 A

CARGA (Kg)	FRECUENCIA DE RESONANCIA (Hz)	AMPLIFICACIÓN EN RESONANCIA	UMBRAL DE AISLAMIENTO (Hz)
200	12,00	8,25	18,50
300	11,50	7,10	17,50
400	9,33	5,89	16,20

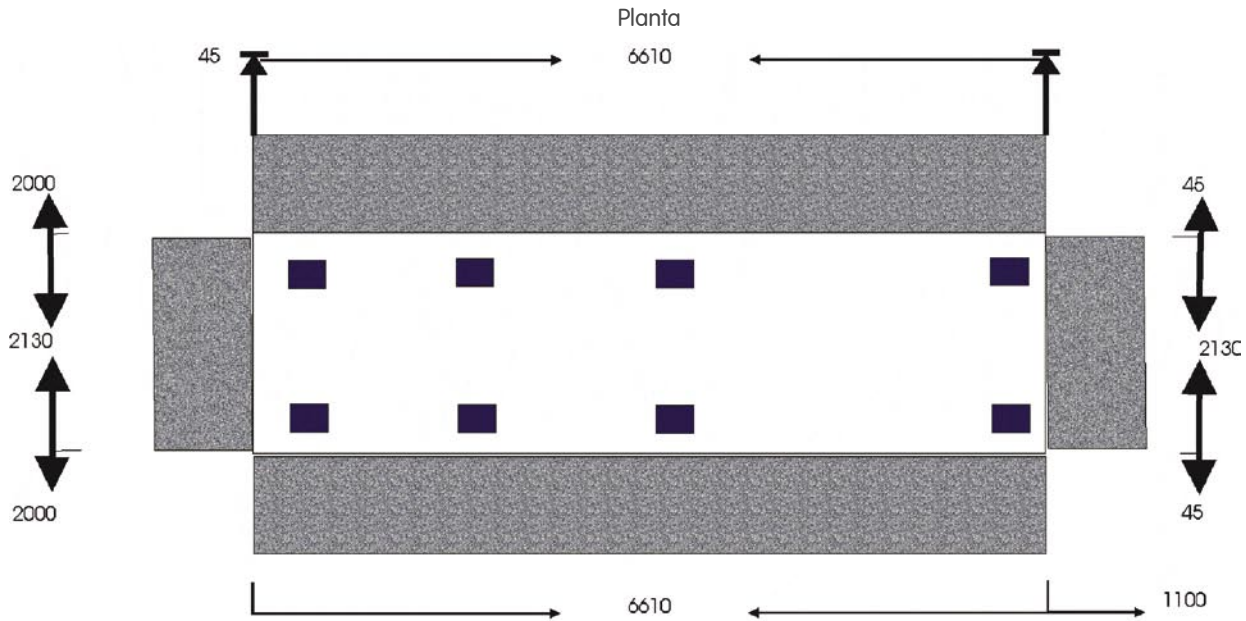


Todos nuestros productos han sido fabricados bajo un exhaustivo control de ensayos realizados por el Laboratorio Tecnológico LABEIN.

Solución final

La superficie en cuestión que vamos a tratar para la colocación de una máquina enfriadora **TP/SRAN 1302** (focos de vibración y de ruido aéreo que, por vía estructural, se transmite a toda la sala y recintos colindantes).

Su disposición en la cubierta es la siguiente:



Datos importantes a tener en cuenta

Para la solución planteada, la modulación es la siguiente:

Máquina Enfriadora TP/SRAN		
UNIDAD	DIMENSIONES (m)	REPERCUSIÓN EN Kg POR m ²
1	6,61 x 2,13	Mínimo 248,7 Máxima 302

ZONA 1 (SUELO TÉCNICO)

MATERIALES	UNIDADES	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (Kg/m ³)	PESO (Kg/m ²)
Material fonoabsorbente	1	40	70	2,8
Tablero hidrófugo	1	40	640	25,6
Lámina elastomérica	1	4	1500	6,00
Mortero hormigón armado	1	100	2500	250
Pavimento terminación	1	8	300	2,4
Base elástica SE-ACV-400 A	1,56 m ²	40	Sorea 50	200 - 400

PESO TOTAL DEL SUELO FLOTANTE (Kg/m²) 284

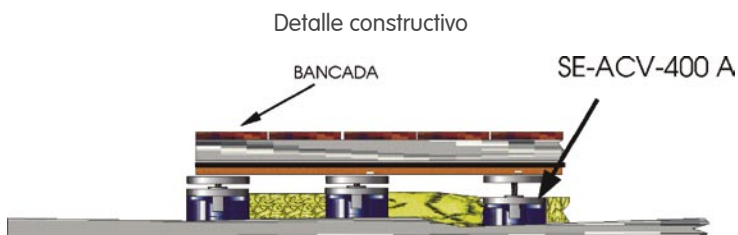
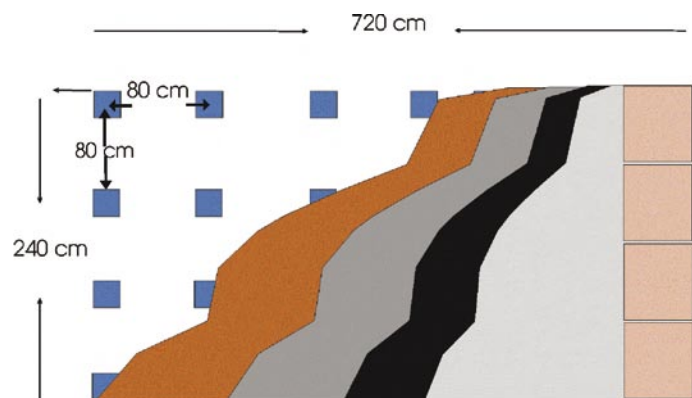
Nota: Se ha considerado como carga mínima al dato de peso de carga mínima.

ZONA 1 (SUELO)	
CARGA MÍNIMA POR AISLADOR (Kg)	CARGA MÁXIMA POR AISLADOR (Kg)
340,96	375,04

- Si la distancia de trabajo es de **0,80 m x 0,80 m**, se necesitarán 1,56 unidades por m². La carga a la que estará sometido cada aislador, teniendo en cuenta el intervalo de peso que existe para el suelo, será:

De acuerdo con este rango de valores, dentro del cual se va a encontrar trabajando nuestro aislador, elegiremos para la ZONA 1 el taco para impacto SE-ACV-400 A (color azul) pues su rango óptimo de trabajo se sitúa entre 200 Kg y 400 Kg de carga por unidad.

Modulación Zona 1



ZONA 2 (MÁQUINA)

Tratamiento de maquinaria (unidad exterior)

Máquinas: **ENFRIADORA CLIMAVENETA Mod. TP/ SRAN R407 C 1302.**

Características

DIMENSIONES			POTENCIA SONORA (dB)	CAUDAL (m ³ /h)	PESO (Kg)
H	A - B	L			
2180	2220	6610	80	-	4.250

Nota: No se contempla el peso de las baterías.

Potencia sonora

Climaveneta determina el valor de la potencia sonora según medidas realizadas de conformidad con la normativa ISO 3744, respetando lo requerido por la certificación. Dicha certificación se refiere específicamente a la potencia sonora en dB(A).

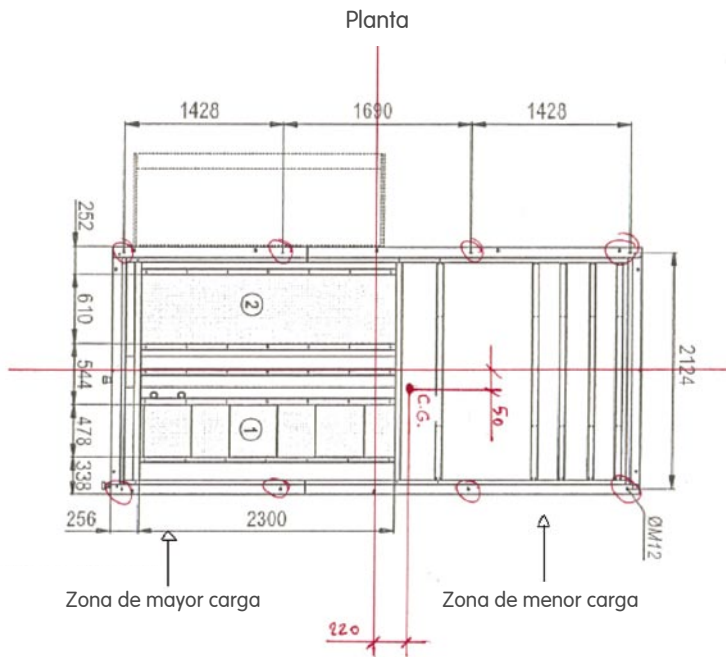
Nota: El punto de gravedad no coincide con el centro geométrico de la máquina, por tanto no es aconsejable colocar los apoyos iguales.

Recomendaciones

- Para realizar unos cálculos correctos de la máquina a tratar, previamente tendremos que conocer como está repartida la carga.
- Conocer las rpm que nos determina la frecuencia en Hz.
- La nivelación es un dato importante a tener en cuenta.

Amortiguación unidad exterior

La mayor parte del peso (56%) de la máquina está desplazado hacia un lateral (lado del compresor), mientras que el otro lateral está sometido a menor carga (44%). Como el punto de gravedad está desplazado hacia un lateral, debemos usar amortiguadores distintos según el reparto de pesos en la propia máquina. Por esta razón, usamos amortiguadores distintos en cada uno de los puntos de apoyo.



CARGA MÍNIMA (Kg)

300

CARGA MÁXIMA (Kg)

400

Modelo

Aislador metálico a compresión **BM 100 (bancadas)** para maquinaria con estabilizadores laterales de movimiento. **Umbral de aislamiento 6,5 Hz.**

Incorpora un novedoso sistema de seguridad de movimiento, a través de sus estabilizadores superiores e inferiores, que al enfrentarse cuando se somete a compresión, evitan que haya desplazamientos laterales mejorando el rendimiento y comportamiento dinámico en frecuencias, al trabajar en una sola dirección (en la vertical).

Compuesto por dos bases metálicas (aleación de CINC Y ALUMINIO), con estabilizadores laterales de movimiento, separadas entre sí por cuatro cuerpos elásticos formados por muelles de **acero** forrados en sus extremos por **termo-caucho-acelerado** para mejorar el asentamiento y rendimiento a bajas frecuencias (Hz). Y diferenciar la carga de los muelles por colores.

Métricas disponibles: 8, 12, 14, 16 Y 18.

Peso unidad exterior: 4.250 Kg.

La carga está repartida en ocho apoyos.

Parte de mayor carga (Compresor): 2.550 Kg. Cada uno de los cuatro apoyos de la zona más pesada estará sometido a una carga aproximada de 595 y 637 Kg.

Colocaremos los amortiguadores:

SE-BM-100 R 600 (Umbral de aislamiento 6,5 Hz).

CARGA MÍNIMA (Kg)

400

CARGA MÁXIMA (Kg)

650

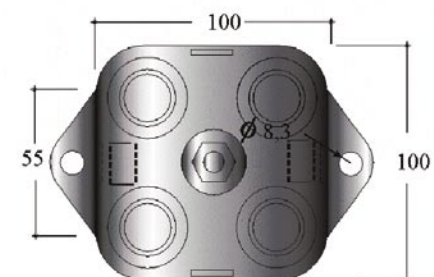
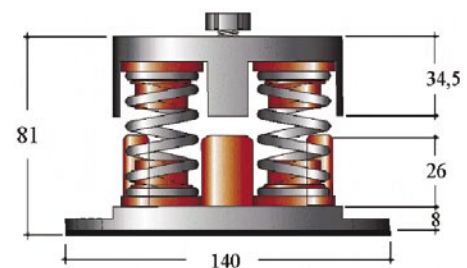
Parte de menor carga (Ventilación): 1.500 Kg. Cada uno de los cuatro apoyos de la zona menos pesada estará sometido a una carga aproximada de 375 y 400 Kg.

Colocaremos los amortiguadores:

SE-BM-100 A 400 (Umbral de aislamiento 6,2 Hz).

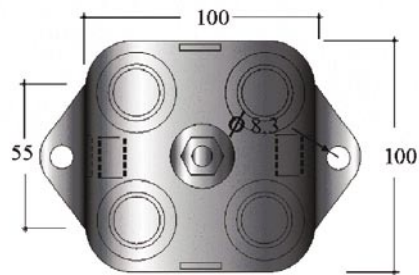
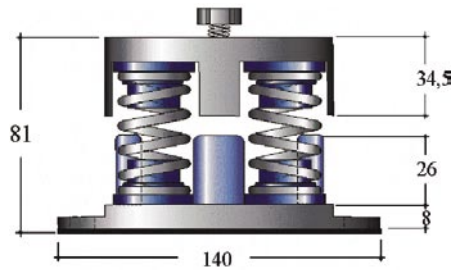
SE-BM 100 R 600

MODELO ANCHO COLOR Kg.



SE-BM 100 A 400

MODELO ANCHO COLOR Kg.

**Resonancia en la cámara**

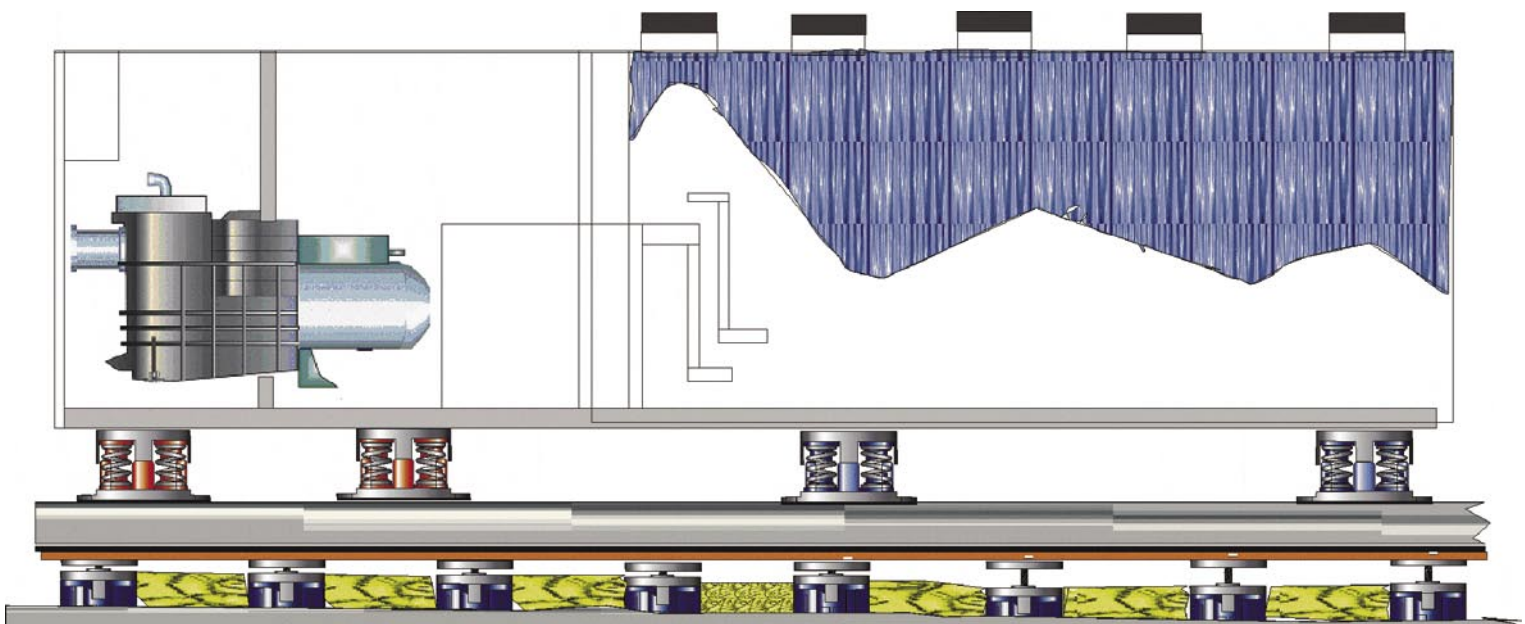
Al colocar el suelo flotante sobre los tacos o bases elásticas, creamos una cámara o cavidad donde se produce el fenómeno de resonancia a ciertas frecuencias y también se forman ondas estacionarias en la cámara de aire. Esto da lugar a una disminución importante del aislamiento, por lo que colocamos material fonoabsorbente muy poroso debido a su gran coeficiente de absorción para dejar la cavidad lo más sorda posible.

Recomendación

Debido a la presencia de focos de ruido aéreo y de impacto es insuficiente tratar solamente el suelo (si se quiere conseguir un buen aislamiento de la sala) por lo que, además, es necesario hacer un tratamiento de paramentos perimetrales (pantallas acústicas) si los niveles de presión sonora superan los 75-85 dBA (cosa no muy difícil si se trata de una máquina que genera 80 dB(A)).

Siempre, antes de hacer cualquier tratamiento, hay que realizar una medición in situ de los niveles de presión sonora que genere el recinto donde se coloque la máquina para actuar de manera lógica y coherente sobre el paramento más débil a tratar (es el que nos dicta cuál va a ser el aislamiento del recinto).

Detalle constructivo



CONCLUSIÓN

El ruido de impacto resulta ser una de las principales causas de molestia en edificación que, por sus características, requiere un tratamiento específico. El Departamento de Ingeniería Acústica de SENOR recomienda la utilización de elementos elásticos, la creación de discontinuidades totales, etc. Por todo ello, hemos desarrollado esta serie de capítulos que marcan un orden correcto de ejecución. No sólo se trata de colocar los materiales adecuados, sino que se trata también de colocarlos de forma correcta. De esta forma, el tratamiento de un paramento no supone limitaciones de funcionamiento del resto.



David Muñoz
Director Comercial
Director Dpto. Ingeniería
ingenieria@senor.es



Juan Carlos Soriano
Ldo. en Física
Responsable Dpto.
Ingeniería Acústica
Zona Noroeste
ingenieria@senor.es



GUÍA TÉCNICA

ÍNDICE	145
---------------	-----

PRÓLOGO	147
----------------	-----

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA

1.1. Sonido y ruido	148
1.2. Características físicas del sonido	148
1.3. Unidades de medida	149
1.4. Espectro de frecuencia y redes de ponderación	151
1.5. Tipos de ruido	153
1.6. Adición de niveles	154
1.7. Sustracción de niveles	156

CAPÍTULO 2. AISLAMIENTO ACÚSTICO

2.1. Introducción	158
2.2. Parámetros de medida	158
2.3. Aislamiento de paredes simples	159
2.4. Aislamiento de paredes dobles	164
2.5. Aislamiento acústico de ventanas	168
2.6. Índices de valoración del aislamiento acústico	169
2.7. Aislamiento acústico mixto. Paredes heterogéneas	172
2.8. Transmisión sonora por flancos	173

CAPÍTULO 3. RUIDO DE IMPACTO

3.1. Introducción	176
3.2. Características del ruido de impacto	177
3.3. Medida del ruido de impacto	178
3.4. Estrategias de control del ruido de impacto	179

CAPÍTULO 4. VIBRACIONES

4.1. Introducción	180
4.2. Tipos de vibraciones	180
4.3. Magnitudes de la vibración	181
4.4. Vibraciones en sistemas de un grado de libertad	181
4.5. Aislamiento de vibraciones	185
4.6. Elementos antivibratorios	187

REFERENCIAS	189
--------------------	-----

PRÓLOGO

La nueva legislación acústica (CTE-HR: PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO), tiene como objetivo cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido (HR). Éstas suponen limitar el riesgo de padecer molestias o enfermedades producidas por el ruido a los usuarios de los edificios.

Será necesario cumplir con unos requisitos más restrictivos, así como verificar los productos y diseños de las soluciones constructivas y realizar ensayos “in situ”.

Esto lleva a la obligación de realizar e implantar soluciones constructivas que ofrezcan resultados satisfactorios.

Por todo ello, se hace necesaria la formación de técnicos cualificados en el campo de la acústica arquitectónica. De acuerdo con esta idea, SENOR intenta poner un granito de arena aportando **una guía técnica de aislamiento acústico**.

Dicha guía contiene una parte teórica que pretende recordar conceptos fundamentales que todo consultor acústico debe tener presente cuando diseñe un aislamiento.

El contenido teórico que se presenta a continuación consta de cuatro capítulos: **Introducción a la Acústica, Aislamiento Acústico, Ruido de Impacto y Vibraciones**.

En el Capítulo 1 (Introducción a la Acústica) se definen los parámetros físicos del sonido, unidades de medida, etc.

El Capítulo 2 (Aislamiento Acústico) muestra con cierto detenimiento el aislamiento acústico de paredes simples y dobles, donde se especifican los distintos tramos de comportamiento según la frecuencia.

Los resultados de aislamiento medidos en laboratorio de distintas soluciones, se ven modificados al instalarlos in situ, por ello, se presenta en este capítulo la transmisión sonora por flancos, paredes heterogéneas, aislamiento de ventanas, etc.

El ruido de impacto resulta ser una de las principales causas de molestia en edificación, que por sus características requiere un tratamiento específico. El Capítulo 3 estudia las características del ruido de impacto y sus estrategias de control.

En el Capítulo 4, se introducen las vibraciones analizando sus características según su naturaleza. Además se muestra el comportamiento de los sistemas vibratorios así como su diseño apropiado para conseguir atenuar las vibraciones.

INTRODUCCIÓN A LA ACÚSTICA

CAPÍTULO 1

1.1. SONIDO Y RUIDO

La Real Academia Española de la Lengua define sonido y ruido de las siguientes formas:

Sonido: *Sensación sonora producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire. Vibración mecánica transmitida por un medio elástico.*

Ruido: *Sonido inarticulado, por lo general desagradable.*

Entra en juego la subjetividad humana, ya que, para unos un sonido puede ser agradable o cuanto menos no molesto. Pero para otras personas puede resultar desagradable como mínimo.

Técnicamente se define el sonido como una fluctuación de la presión en el interior de un fluido debida al desplazamiento de las moléculas en torno a su posición de equilibrio, que es el valor estático de presión atmosférica

$$P_0 \approx 2 \cdot 10^5 P_a .$$

1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SONIDO

Longitud de onda: Distancia entre dos puntos consecutivos que se encuentran en el mismo estado de vibración. Su unidad de medida es el metro (m). Se denota por la letra λ .

Período: Tiempo transcurrido en realizar una oscilación completa. Su unidad es el segundo (s).

Es la inversa de la frecuencia: $T = \frac{1}{f}$ (1.1)

donde:

$T \equiv$ periodo (s).

$f \equiv$ frecuencia (s^{-1}).

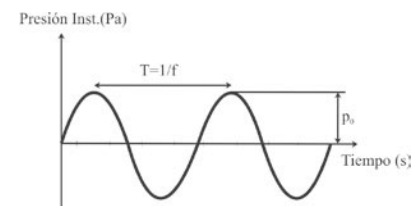


Figura 1.1. Onda senoidal.

Frecuencia: Número de desplazamientos completos de la molécula en una unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Hertzio (Hz) o s^{-1} .

Frecuencia y longitud de onda se relacionan mediante la expresión:

$$f \lambda = c \quad (1.2)$$

donde:

$f \equiv$ frecuencia (Hz).

$\lambda \equiv$ longitud de onda (m).

$c \equiv$ velocidad del sonido en el aire (m/s).

El rango de frecuencias audibles para el ser humano se encuentra comprendido básicamente entre 20 Hz y 20 KHz.

Se trata de un parámetro físico importante, pues el comportamiento acústico de los materiales depende de ésta.

En realidad, la onda sonora es una combinación de una amplia mezcla de frecuencias.

La frecuencia se suele representar en escala logarítmica pues así se comporta el oído.

Se usan bandas de frecuencias, cada banda está compuesta por un número determinado de frecuencias.

Tipos de bandas: Banda de octava y Banda de tercio de octava.

Al doblar la frecuencia se produce un incremento de una octava.

Velocidad del sonido: Depende de la densidad del medio y de su elasticidad, siendo una constante para un medio determinado y para una temperatura concreta. Su unidad es el metro por segundo (m/s).

La velocidad del sonido en el aire se puede expresar aproximadamente como sigue:

$$c = c_o + 0,6 t \quad (1.3)$$

donde:

$c \equiv$ velocidad del sonido.

$c_o \equiv$ velocidad del sonido a 0 °C ($c_o = 331,4 m/s$).

$t \equiv$ temperatura en grados centígrados.

Debido a la densidad y elasticidad de los sólidos, la velocidad del sonido es mayor en estos que en los gases y líquidos.

Tabla 1.1. Velocidad del sonido en distintos materiales.

MATERIALES	VELOCIDAD (m/s)
Hierro	4350
Plomo	2050
Acero	5000
Cobre	5000
Hormigón	3000
Ladrillo	3000
Vidrio	5500
Corcho	500
Caucho	40-100
Agua dulce	1481
Agua salada	1500
Hielo	3200
Aire (20°C)	332

1.3. UNIDADES DE MEDIDA

En vez de utilizar el Pascal como unidad de medida de la amplitud se utiliza el decibelio (dB). Esto es debido a que el Pascal no sigue la sensación subjetiva del oído humano. Además resultan valores poco manejables, ya que, el oído humano es capaz de percibir variaciones de presión comprendidas entre 20 μPa y 200 Pa .

En acústica se usa una escala logarítmica y una nueva unidad, el decibelio.

Se define el **Nivel de Presión Acústica** L_p o SPL:

$$SPL = L_p = 20 \cdot \log \left(\frac{P}{P_{ref}} \right) \quad (1.4)$$

donde:

$P \equiv$ potencia medida (Pa).

$P_{ref} = 20 \mu Pa \equiv$ presión de referencia tomada como umbral de audición a 1000 Hz.

Nota: Decibelio, escala convenida habitualmente para medir la magnitud del sonido. El número de decibelios de un sonido equivale a 10 veces el valor del logaritmo decimal de la relación entre la energía asociada al sonido y una energía que se toma como referencia. Este valor también puede obtenerse de forma equivalente estableciendo la relación entre los cuadrados de las correspondientes presiones sonoras. En este caso el factor 10 deberá sustituirse por 20 ya que el logaritmo de un número al cuadrado es igual al doble del logaritmo del citado número.

El nivel es el logaritmo de la relación entre una magnitud determinada respecto a otra de referencia. El término de referencia permanece constante.

Se usa escala logarítmica para comprimir el rango de presiones e intensidades. Empleando de este modo valores numéricos manejables.

Además el oído humano tiene una respuesta de tipo logarítmico y no lineal, aunque habrá que hacer correcciones para compensar diferencias de sensibilidad para las distintas frecuencias y niveles.

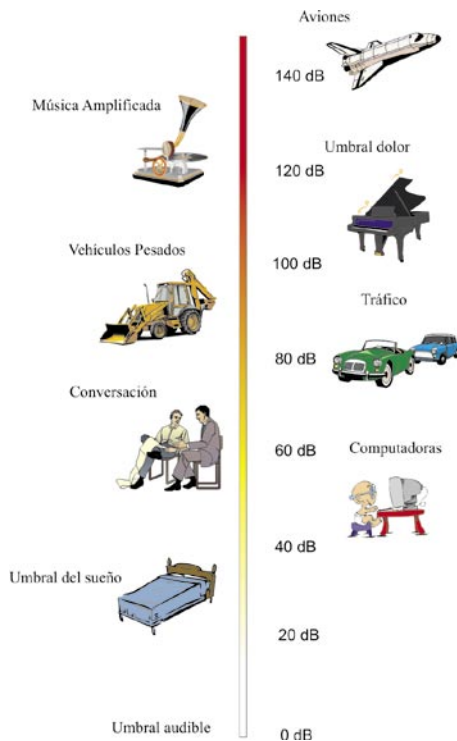


Figura 1.2. Niveles de presión sonora típicos.

El nivel de presión acústica depende de la potencia acústica de la fuente, la distancia fuente-punto de medida, el patrón de radiación de la fuente y de las características de su entorno. Por lo tanto, el conocimiento del nivel de presión sonora en un punto no permite prever el nivel de presión acústica en otros puntos.

La intensidad acústica se define como el flujo de energía a través de una superficie unidad perpendicular a la dirección de propagación. Su unidad de medida es el *vatio/m²*.

Si se expresa en decibelios se obtiene el **Nivel de Intensidad Acústica** L_I :

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (dB) \tag{1.5}$$

donde:

I \equiv intensidad acústica medida (W/m^2).

$I_0 = 1pW/m^2$ \equiv intensidad acústica de referencia.

Se define el **Nivel de Potencia Acústica** L_W :

$$L_W = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad (dB) \tag{1.6}$$

donde:

W \equiv potencia acústica medida (W).

$W_0 = 1pW$ \equiv potencia acústica de referencia.

Conocida la potencia acústica de la fuente es posible prever el nivel de presión acústica en cualquier punto del entorno.

La potencia acústica es independiente de los factores del entorno, es decir, es una propiedad inherente de la fuente.

1.4. ESPECTRO DE FRECUENCIA Y REDES DE PONDERACIÓN

Normalmente la señal de ruido contiene todas las frecuencias en un margen dado. Para obtener información se divide el margen total de frecuencias en una serie de bandas contiguas. Así, se determina en qué bandas de frecuencia es predominante el ruido, para ello, se usan filtros.

Un filtro es un dispositivo que selecciona ciertas frecuencias de un espectro acústico. Se emplean filtros paso-banda de porcentaje constante, que eliminan las componentes cuyas frecuencias están por debajo y por encima de unas frecuencias de corte.

La banda de frecuencias que deja pasar el filtro se llama *banda pasante* ($f_1 - f_2$).

La frecuencia intermedia se llama *frecuencia central* (f_0).

Donde f_1 y f_2 son las frecuencias de corte inferior y superior respectivamente.

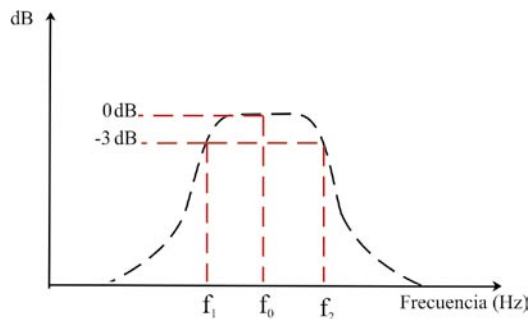


Figura 1.3. Filtro paso-banda.

Matemáticamente:

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad (1.7)$$

$$f_0 = 2^{\text{porcentaje}} f_1 \quad (1.8)$$

Usualmente se emplean filtros de octava y filtros de tercio de octava (análisis más detallado).

En los filtros de octava se cumple:

$$f_2 = 2 f_1 \quad (1.9)$$

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} = f_1 \sqrt{2} \quad (1.10)$$

En los filtros de tercio de octava se cumple:

$$f_2 = 2^{1/3} f_1 \quad (1.11)$$

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} = 1,122 f_1 \quad (1.12)$$

En el análisis espectral se emplean muchos filtros paso-banda, con ello se cubre toda la zona del espectro que se analiza. Este conjunto de filtros que comprenden toda la banda frecuencial se llama *banco de filtros*.

Los filtros electrónicos que se emplean para la banda de octava y tercio de octava están centrados en las frecuencias siguientes:

Tabla 1.2. Frecuencias centrales para los filtros de banda de octava y tercio de octava.

FRECUENCIAS CENTRALES BANDA DE OCTAVA (Hz)		FRECUENCIAS CENTRALES BANDA TERCIO DE OCTAVA (Hz)	
16	31,5	12,5	16
31,5	63	25	31
63	125	50	63
125	250	100	125
250	500	200	250
500	1000	400	500
1000	2000	800	1000
2000	4000	1600	2000
4000	8000	3150	4000
8000	16000	6300	8000
16000		12500	16000
		20000	

Dos magnitudes físicas caracterizan un sonido puro, la frecuencia (sensación de agudeza) y la amplitud (sensación de intensidad). Además, la sensibilidad auditiva no es la misma para toda amplitud ni para todas las frecuencias, por esta razón, se definen el *fonio* (como medida de sonoridad) y las *curvas isofónicas* (curvas con la misma sonoridad).

Un *fonio* es una unidad de nivel sonoro numéricamente igual al nivel de presión sonora en dB_{SPL} de un tono de 1000 Hz.

Cada curva de igual sonoridad se dice que tiene un valor de sonoridad en *fonios* equivalente al número de dB_{SPL} de la señal de 1000 Hz a la que es equivalente.

El oído humano es más sensible a medias y altas frecuencias que a bajas frecuencias.

También, a niveles bajos de presión es menos sensible a bajas frecuencias, mientras que a niveles altos de presión el oído responde de manera más homogénea.

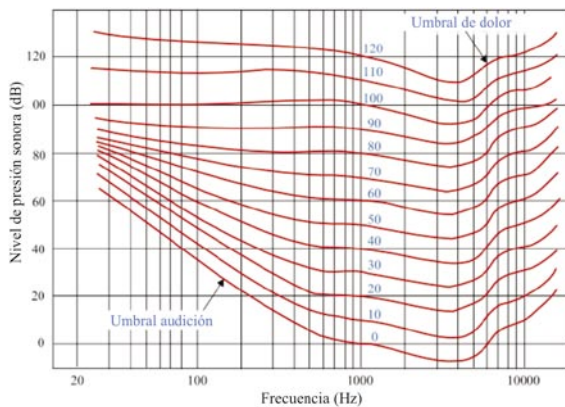


Figura 1.4. Curvas isofónicas. Curvas de Fletcher y Munson.

Para adecuar los niveles medidos con los subjetivos y para que cada medida sea representativa de la sonoridad se crearon las redes de ponderación.

Una red de ponderación es un sistema de corrección de los niveles de presión sonora por frecuencias mediante unos factores de compensación fijos en decibelios, que dependen de la red usada, a semejanza de lo que hace el oído humano.

Red de ponderación A: es la más utilizada ya que es la que mejor refleja la respuesta del oído humano para niveles habituales de ruido. Determina el grado de molestia subjetiva que produce el ruido. Adecuada para niveles de 40 *fonios*.

Los factores de corrección de la curva A (para banda de octava) respecto de una respuesta lineal se presentan en la Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Factores de corrección de la curva A.

BANDA FRECUENCIA (Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CORRECCIÓN (dB)	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Al aplicar estos factores de corrección, el resultado se expresará en dBA.

Ponderación B: se usa para ruidos de intensidad media. Adecuada para niveles de 70 *fonios*.

Ponderación C: planteada para la evaluación de ruidos de alto nivel. Adecuada para niveles de 100 *fonios*.

Ponderación D: utilizada para ruido de aviones.

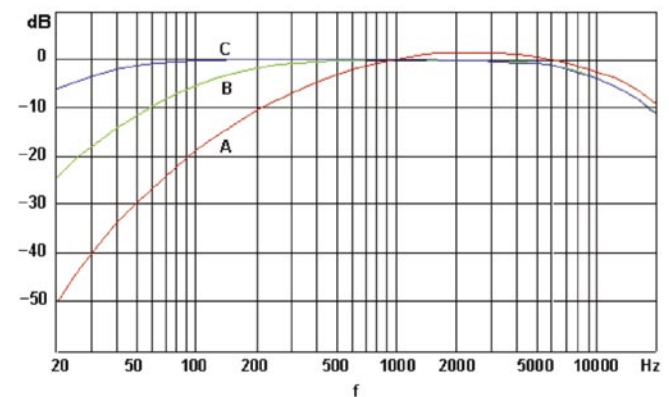


Figura 1.5. Curvas de ponderación A, B y C.

Por tanto, un sonido complejo se puede analizar en bandas de octavas o en bandas de tercios de octava y en cada una de éstas se tiene un nivel de presión sonora distinto L_i .

El nivel global será la suma de los niveles en bandas de octava o tercios de octava en los cuales se descompone el espectro.

La fórmula para este cálculo es:

$$L_p = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \right) \quad (1.13)$$

donde:

L_p \equiv nivel de presión sonora global (dB).

L_{pi} \equiv nivel de presión sonora de la banda i (dB).

Una vez calculado el nivel global en dB , no se puede pasar directamente a dB_A , sino que se pasa banda a banda y finalmente se calcula el valor global en dB_A .

1.5. TIPOS DE RUIDO

Los ruidos se pueden clasificar en función del tiempo o de la frecuencia.

En función del tiempo

Ruido continuo: el nivel de presión sonora y su espectro sonoro permanecen constantes o presentan pequeñas fluctuaciones en el tiempo. Ejemplos de este tipo de ruido son los generados por algunos motores, ventiladores, etc.

Ruido fluctuante: el nivel de presión sonora y el espectro de frecuencias fluctúan a lo largo del tiempo. Las fluctuaciones pueden ser periódicas o aleatorias. Ejemplo: tráfico.

Ruido transitorio: se presenta en momentos puntuales. El nivel de presión sonora experimenta un aumento momentáneo, al que sucede un ruido continuo. Ejemplos: ascensores (arranque y parada), paso de un camión o avión, etc.

Ruido impulsivo: el nivel de presión sonora presenta un ascenso brusco y de corta duración. Este ruido se presenta de forma aislada o repetitiva. Ejemplos: disparo, golpes, etc.

En función de la frecuencia

Ruido Blanco: es un ruido cuya respuesta en frecuencia es plana, lo que significa que su amplitud de sonido es constante para todas las frecuencias. Al utilizar filtros de porcentaje constante, que siguen mejor el sistema auditivo, el eje frecuencial queda logarítmico. En este caso, el incremento de la presión sonora es de 3dB por banda de octava.

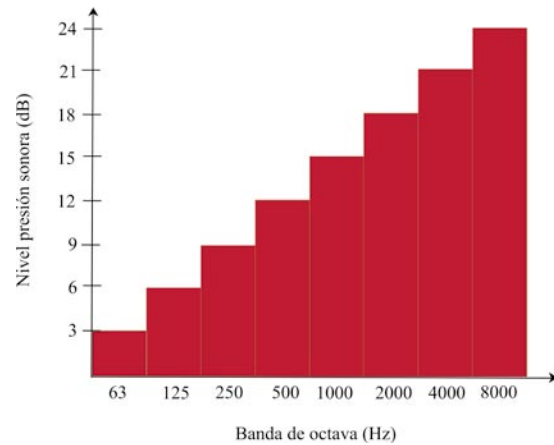


Figura 1.6. Ruido Blanco.

Ruido Rosa: la respuesta en frecuencia del ruido rosa no es plana. El nivel de energía decae 3 decibelios por octava. Si el eje frecuencial es logarítmico, el nivel sonoro es constante para todas las bandas de octava.

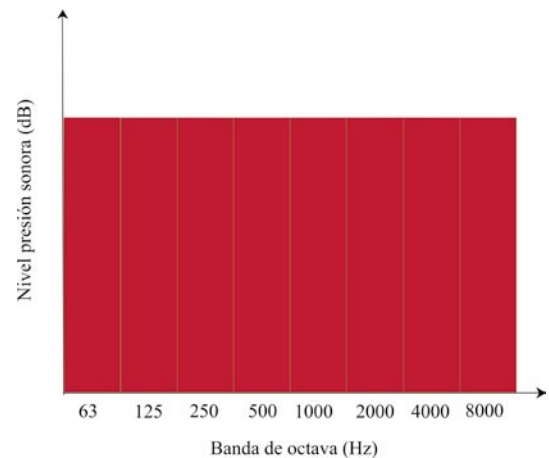


Figura 1.7. Ruido Rosa.

Ruido Tonal: se caracteriza por presentar componentes tonales. Puede ser un tono puro, es decir, de una sola frecuencia. Puede estar compuesto por una frecuencia fundamental y sus armónicos (sonido armónico), o formado por distintas frecuencias aleatorias (sonido aleatorio).

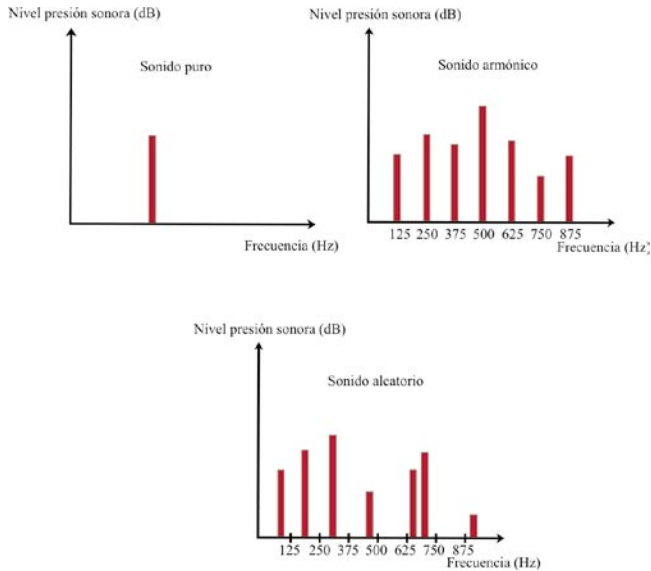


Figura 1.8. Tono puro, sonido armónico, sonido aleatorio.

1.6. ADICIÓN DE NIVELES

El funcionamiento de n fuentes sonoras en una región del espacio produce en un punto determinado de éste, las siguientes presiones acústicas instantáneas $p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t)$. La presión acústica resultante será:

$$p(t) = p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_n(t)$$

Siendo su presión sonora eficaz:

$$p_{ef}^2 = p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{nef}^2 + \frac{2}{t_2 - t_1} \left[\int_{t_1}^{t_2} p_1(t)p_2(t)dt + \dots \right]$$

Si las fuentes son incoherentes (la mayor parte de los sonidos reales son incoherentes entre sí. Ejemplo: voz, ruido industrial, tráfico, viento, etc.) las integrales de los productos son nulas.

Se cumple que:

$$p_{ef}^2 = p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{nef}^2 \tag{1.14}$$

Esto equivale a:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Nota: En el aire y en campo libre la relación entre la intensidad y la presión es:

$$I = \frac{p^2}{\rho c}$$

donde:

$I \equiv$ intensidad acústica (W/m^2).

$p \equiv$ presión sonora (Pa).

$\rho c \equiv$ impedancia del aire ($\rho c = 415 \text{ Rayls}$).

Impedancias características de algunos elementos.

ELEMENTO	IMPEDANCIA (Rayls)
Aluminio	17.000.000
Hierro	33.500.000
Plomo	23.200.000
Acero	47.000.000
Vidrio	12.900.000
Corcho	120.000
Agua dulce	1.480.000
Aire (20°C)	415
Hielo	2.950.000

En este caso, se dice que la composición de los sonidos se hace de manera energética.

Por otra parte, el nivel de presión sonora viene dado por:

$$SPL = L_p = 20 \log \left(\frac{p_{ef}}{p_0} \right) = 10 \log \left(\frac{p_{ef}^2}{p_0^2} \right) = 10 \log \left(\frac{p_{1ef}^2}{p_0^2} + \frac{p_{2ef}^2}{p_0^2} + \dots + \frac{p_{nef}^2}{p_0^2} \right)$$

Considerando además que: $p_{ief}^2 = p_0^2 10^{\frac{L_{pi}}{10}}$

Se llega a:

$$L_p = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \right) \quad (1.15)$$

donde:

$L_p \equiv$ nivel de presión sonora total (dB).

$L_{pi} \equiv$ nivel de presión sonora de la fuente i (dB).

Si dos fuentes sonoras en funcionamiento proporcionan el mismo nivel de presión sonora en un punto de observación, el nivel de presión sonora total en dicho punto será igual al de una fuente, incrementado en 3 dB.

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} \right) = 10 \log \left(2 \cdot 10^{\frac{L_{p1}}{10}} \right) = 10 \log 2 + 10 \log 10^{\frac{L_{p1}}{10}} = 3 + L_{p1}$$

Ejemplos:

Si al medir el nivel de presión sonora de dos fuentes por separado en un punto determinado, cada fuente aporta el mismo nivel de presión sonora ($L_{p1} = L_{p2} = 70 \text{ dB}$) el nivel total no será la suma directa de los decibelios (dB) de cada fuente,

$$70 \text{ dB} + 70 \text{ dB} \neq 140 \text{ dB}$$

El nivel total será:

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{70}{10}} \right) = 10 \log \left(2 \cdot 10^{\frac{70}{10}} \right) = 10 \log 2 + 10 \log 10^{\frac{70}{10}} = 3 \text{ dB} + 70 \text{ dB} = 73 \text{ dB}$$

Sea el mismo caso que el anterior pero ahora cada fuente proporciona 1 dB.

$$1 \text{ dB} + 1 \text{ dB} \neq 2 \text{ dB}$$

¡Nunca se suman dB para sumar dos sonidos!

Lo correcto es aplicar la expresión (1.15):

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{1}{10}} + 10^{\frac{1}{10}} \right) = 10 \log 2 + 10 \log 10^{\frac{1}{10}} = 3 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 4 \text{ dB}$$

Si la diferencia entre niveles de presión sonora es superior a 10 dB, el nivel de presión sonora total será prácticamente igual al de la fuente con mayor nivel.

Ejemplo: $L_{p1} = 70 \text{ dB}$ y $L_{p2} = 60 \text{ dB}$

$$L_p = 10 \log \left(10^{\frac{70}{10}} + 10^{\frac{60}{10}} \right) = 70,4 \text{ dB}$$

Otra forma de calcular la adición de niveles de presión sonora es a partir del gráfico siguiente:

ΔL (dB)

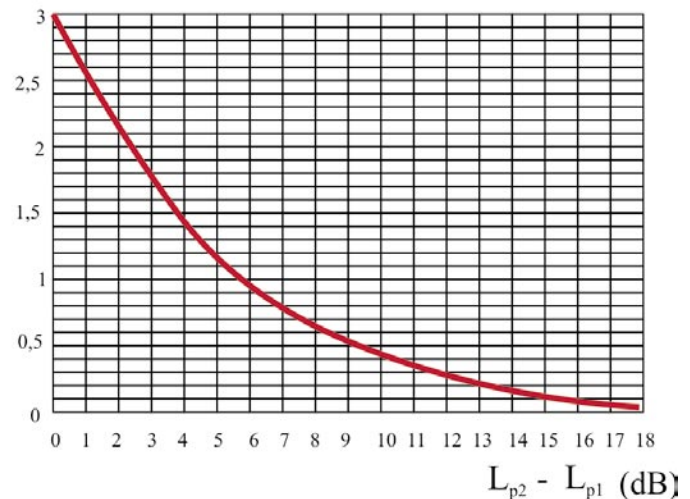


Figura 1.9. Gráfico para el cálculo de la adición de niveles de presión sonora en dB.

El procedimiento es el siguiente:

1.- Se calcula la diferencia entre ambos niveles $L_{p1} - L_{p2}$.

2.- Este valor se lleva al eje de abscisas y se determina la intersección con la curva (línea roja) mediante una línea vertical. En este punto se traza una línea horizontal hasta el eje de ordenadas.

3.- El valor en el eje de ordenadas se suma al nivel mayor.

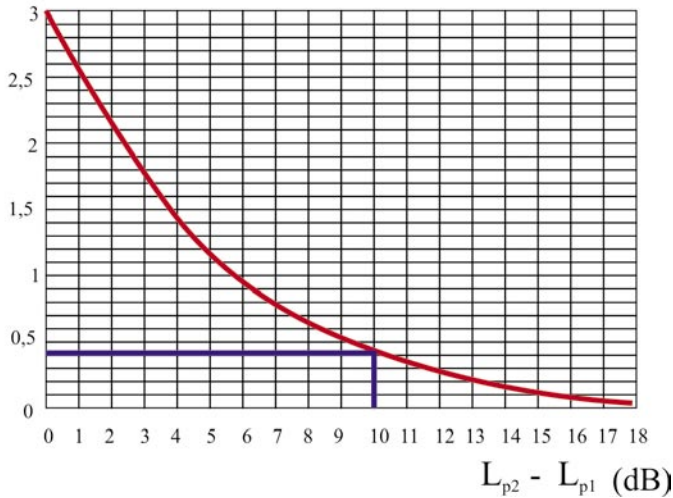
Ejemplo: $L_{p1} = 70 \text{ dB}$ y $L_{p2} = 60 \text{ dB}$

1.- $L_{p1} - L_{p2} = 10 \text{ dB}$

2 y 3.- Introduciendo en abscisas 10 dB , se obtiene en ordenadas

$\Delta L = 0,4 \text{ dB}$

$\Delta L \text{ (dB)}$



$$L_{1+2} = L_{p1} + \Delta L = 70 + 0,4 = 70,4 \text{ dB}$$

1.7. SUSTRACCIÓN DE NIVELES

En algunas ocasiones es necesario conocer el nivel de presión sonora de una fuente a partir del nivel de presión sonora total. Es decir, conocido los niveles de presión del ruido ambiental con la fuente apagada y los de la fuente más el ruido ambiental, se determina el nivel de presión sonora de la fuente.

Para ello, se aplica la siguiente fórmula:

$$L_1 = 10 \log \left(10^{\frac{L_{ptotal}}{10}} - 10^{\frac{L_2}{10}} \right) \tag{1.16}$$

donde:

$L_{ptotal} \equiv$ nivel de presión sonora total (dB).

$L_1 \equiv$ nivel de presión sonora de la fuente (dB).

$L_2 \equiv$ nivel de presión sonora ambiental con fuente apagada (dB).

Existe un procedimiento gráfico alternativo:

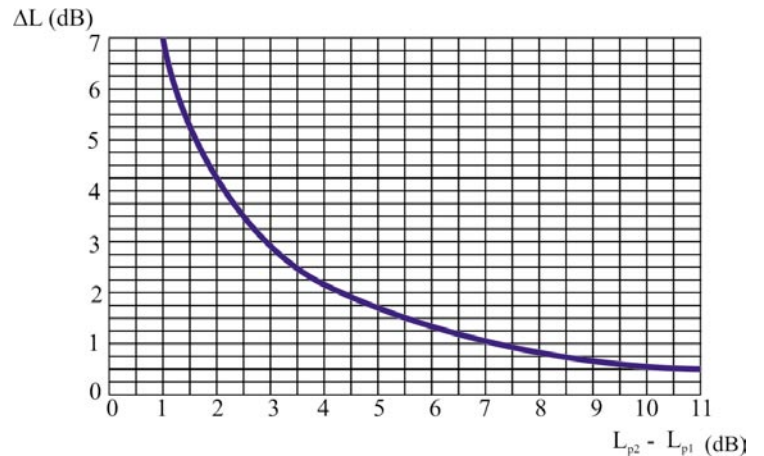


Figura 1.10. Gráfico para el cálculo del nivel de presión sonora real de una fuente en un ambiente ruidoso.

1.- Se calcula la diferencia entre ambos niveles $L_{ptotal} - L_{p2}$.

Si la diferencia es menor de 3 dB no se puede conocer el nivel de la fuente.

Si la diferencia se encuentra entre 3 y 10 dB se aplica una corrección para calcular el ruido que proviene de la fuente.

Si la diferencia es superior a 10 dB , es decir, si el ruido ambiental se encuentra por debajo del ruido total medido en más de 10 dB no se aplicará ninguna corrección y el ruido que proviene de la actividad se considerará el ruido total medido.

2.- En caso de corrección: este valor se lleva al eje de abscisas y se determina la intersección con la curva (curva azul) mediante una línea vertical. En este punto se traza una línea horizontal hasta el eje de ordenadas.

3.- El valor en el eje de las ordenadas se resta al nivel total L_{total} . El valor resultante de esta resta será el nivel de la fuente sonora.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

CAPÍTULO 2

2.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por aislamiento acústico la capacidad que tienen los distintos elementos o sistemas constructivos de oponerse a la transmisión del sonido.

Al incidir un frente de onda sobre un paramento, éste entra en vibración (transducción acústico-vibracional). La vibración del cerramiento genera ondas sonoras en el local receptor, dando lugar a nuevos frentes de onda (transducción vibro-acústica).

En función de la masa, forma, dimensiones, elasticidad, etc., de una partición, ésta tenderá a vibrar con mayor o menor facilidad. También, se debe tener en cuenta que el sonido no se propaga únicamente a través de la partición, sino que existen otras vías de transmisión (elementos laterales, suelo, conductos, etc.).

Además, una misma solución constructiva tiene un aislamiento distinto en función del espectro de la fuente sonora y de la reverberación de la sala receptora.

2.2. PARÁMETROS DE MEDIDA

El aislamiento acústico se caracteriza por los siguientes parámetros de medida:

Aislamiento Acústico Bruto (D): Se define como la diferencia de niveles de presión sonora entre ambos locales.

$$D = L_1 - L_2 \text{ (dB)} \quad (2.1)$$

donde:

L_1 \equiv nivel de presión sonora en el local emisor (dB).

L_2 \equiv nivel de presión sonora en el local receptor (dB).

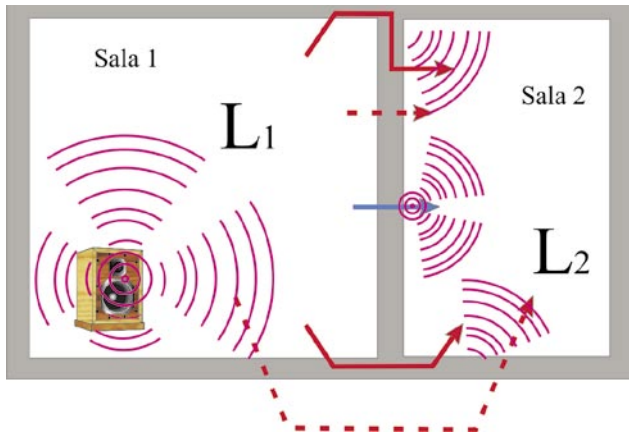


Figura 2.1. Transmisión sonora.

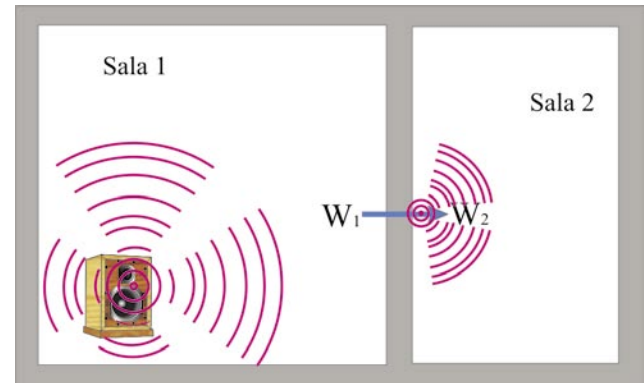


Figura 2.2. Transmisión de potencias a través del elemento separador.

Nota: L_1 y L_2 están promediados en el tiempo y en el espacio. Los cálculos se hacen para cada banda de frecuencia. Para medir el nivel sonoro en un recinto, se deben tomar medidas en diferentes puntos para obtener un valor fiable del nivel de presión sonora de la sala.

El *aislamiento acústico bruto*, D , no cuantifica el aislamiento de una partición, ya que el nivel de presión sonora de la sala receptora depende de la reverberación de ésta. Por tanto, D proporciona el aislamiento para un espectro sonoro determinado y para el acondicionamiento acústico particular que tenga la sala receptora.

Índice de reducción sonora (R): Se define a partir de la relación entre la potencia transmitida (W_t) y la incidente (W_i) en el elemento separador entre los recintos emisor y receptor.

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) = 10 \log \left(\frac{W_i}{W_t} \right) \quad (\text{dB}) \quad (2.2)$$

donde τ se denomina *factor de transmisión*.

$$\tau = \frac{W_t}{W_i} \quad (2.3)$$

R caracteriza el aislamiento del elemento separador independientemente del acondicionamiento del recinto receptor, puesto que, la potencia acústica es una magnitud intrínseca. Depende de la frecuencia y se calcula en bandas de octava o tercios de octava.

Se mide en laboratorio por lo que no se cuantifican las transmisiones por flancos, caminos indirectos ni por los elementos de la pared heterogénea. Si además se tienen en cuenta todas estas transmisiones secundarias, se define un nuevo índice, *Índice de Reducción Sonora Aparente*, R' .

2.3. AISLAMIENTO DE PAREDES SIMPLES

Para determinar el aislamiento acústico que proporciona una pared simple, o de una sola capa, se suele aplicar la conocida Ley de Masas:

$$R = 20 \log (m f) - 42 \quad (2.4)$$

R \equiv índice de reducción sonora (dB).

m \equiv densidad superficial de masa (Kg/m^2).

f \equiv frecuencia (Hz).

Esta expresión es válida para incidencia normal, es decir, el sonido incide perpendicularmente a la pared (frente de onda plano).

Para incidencia aleatoria y condiciones de campo difuso la expresión que mejor se ajusta es la siguiente:

$$R_{aleat.} = 20 \log (m f) - 47 \quad (dB) \quad (2.5)$$

Según esta expresión, al doblar la masa superficial, manteniendo constante la frecuencia, el aislamiento aumentará en 6 dB. De la misma forma, al doblar la frecuencia, manteniendo constante la masa superficial, el aislamiento aumentará en 6 dB.

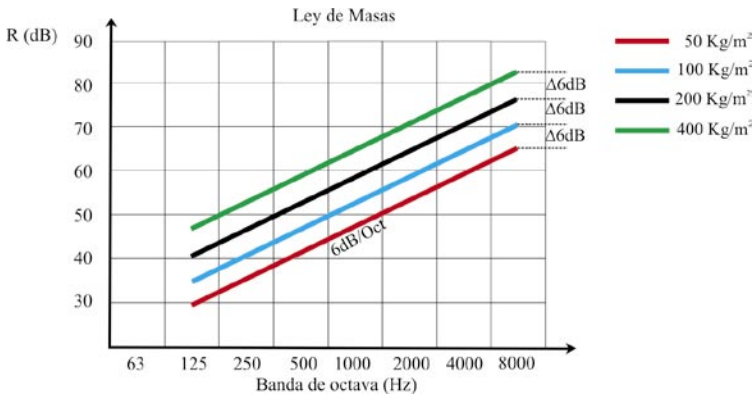


Figura 2.3. Ley de Masas: R en función de f.

En la práctica, no se encuentra ninguna pared simple cuyo comportamiento siga esta Ley de Masas tal y como se ha expresado. Es un modelo de cálculo simplificado, donde se parte de una aproximación en la que se considera una pared simple, homogénea e infinita, en la que los elementos que la componen pueden moverse independientemente.

Fenómeno de coincidencia:

En realidad, la naturaleza elástica de los elementos que componen la pared provoca que el movimiento de uno de ellos interaccione con los más próximos. Se originan ondas que se propagan por la pared (Ondas de Flexión), que dan lugar al fenómeno de coincidencia.

Aparece otra velocidad de propagación de la onda por la pared, típicamente más alta al propagarse por un medio sólido.

Nota: En los sólidos se propagan varios tipos de ondas como son las

ondas de densidad, ondas transversales, de torsión, de alargamiento, de Rayleigh y de flexión. Las ondas de flexión son las más importantes. Su velocidad de propagación es variable con la frecuencia.

$$c = \sqrt{w^4 \cdot 4 \frac{B}{m}}$$

c ≡ velocidad de las ondas de flexión (m/s).

w ≡ frecuencia angular (rad/s).

B ≡ rigidez (N m).

m ≡ densidad superficial (Kg/m²).

En aislamiento acústico aparecen las ondas de flexión y a muy altas frecuencias (15 KHz - 20 KHz) las ondas de densidad.

El fenómeno de coincidencia tiene lugar cuando la longitud de onda de la onda acústica proyectada sobre la pared coincide con la longitud de onda de flexión que en ella puede propagarse.

$$\lambda = \lambda_f \sin \theta \quad (2.6)$$

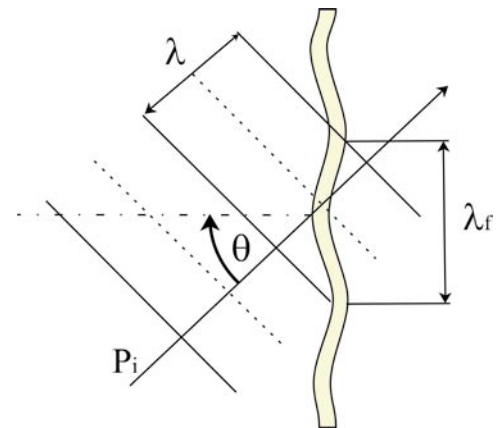


Figura 2.4. Fenómeno de coincidencia.

Cuando ocurre el fenómeno de coincidencia, la pared es muy receptiva a vibrar porque la onda acústica y la vibracional están en fase (acoplamiento vibro-acústico). Dicha vibración depende del amortiguamiento de la pared,

el cual, viene expresado por el *factor de pérdidas* (η), que es propio de cada material.

El fenómeno de coincidencia da lugar a una importante disminución del aislamiento.

Existe un intervalo de frecuencias en el que para cada una de ellas existe un ángulo para el cual se da el fenómeno de coincidencia.

La frecuencia mínima a partir de la cual se produce el fenómeno de coincidencia se define como *frecuencia crítica* (f_c), que es la correspondiente al ángulo de incidencia de 90° .

$$\lambda = \lambda_f \sin 90 = \lambda_f \quad (2.7)$$

De donde se deduce la *frecuencia de coincidencia*:

$$f_c = \frac{c_0^2}{2\pi} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (2.8)$$

donde:

- $f_c \equiv$ frecuencia de coincidencia (Hz).
- $c_0 \equiv$ velocidad del sonido en el aire (m/s).
- $m \equiv$ densidad superficial (Kg/m^2).
- $B \equiv$ rigidez de la pared (Nm).

Además, B se puede expresar como sigue:

$$B = \frac{E}{1 - \sigma^2} \cdot \frac{t^3}{12} \quad (2.9)$$

donde:

- $E \equiv$ Módulo de Elasticidad (N/m^2).
- $t \equiv$ espesor (m).
- $\sigma \equiv$ Módulo de Poisson.

Mediante la aproximación de $\sigma \ll 1$ se llega a:

$$f_c = \frac{c_0^2}{1,8t} \sqrt{\frac{\rho}{E}} \quad (\text{Hz}) \quad (2.10)$$

donde:

- $c_0 \equiv$ velocidad del sonido en el aire.
- $\rho \equiv$ densidad volumétrica.
- $E \equiv$ Módulo de Elasticidad o de Young.
- $t \equiv$ espesor del sólido.

Tabla 2.1. Densidad, amortiguamiento y Módulo de Elasticidad de algunos materiales.

MATERIALES	DENSIDAD, ρ (Kg/m^3)	AMORTIGUAMIENTO, η	MÓDULO ELAST. E (N/m^2)
CAUCHO NORMAL	1000	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^6$
CAUCHO ESPUMADO	480	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^7$
MADERA AGLOMERADA	750	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^9$
VIDRIO LAMINAR	2500	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$7,4 \cdot 10^{10}$
VIDRIO MONOLÍTICO	2500	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{10}$
CARTÓN YESO	875	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^9$
PLOMO	11300	0,5 a $2 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{10}$
ALUMINIO	2700	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{10}$
ACERO	7850	1 a $6 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{11}$
YESO	1070	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^9$
HORMIGÓN DENSO	2350	1 a $5 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{10}$
LADRILLO MACIZO	1650	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{10}$

Se distinguen varias zonas:

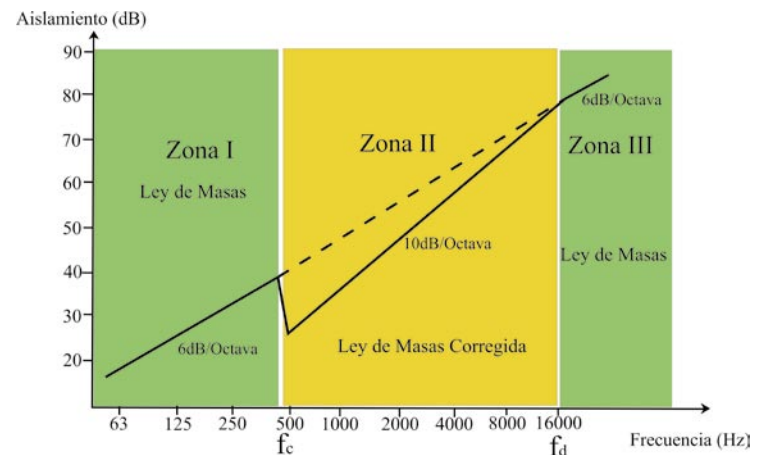


Figura 2.5. Aislamiento a ruido aéreo de una pared simple, elástica, homogénea e infinita.

En la Zona I ($f < f_c$) se cumple la Ley de Masas.

La frecuencia crítica (f_c) es la frecuencia a partir de la cual la Ley de Masas se dejará de cumplir.

En la Zona II se aplica la Ley de Masas Corregida:

$$R = 20 \log \left(\frac{wm}{2 \rho_0 c_0} \right) - 10 \log \left(\frac{\pi}{4 \eta} \right) + 10 \log \left(\frac{w}{w_c} \right) + 10 \log \left(1 - \frac{w_c}{w} \right) - 5 \quad (2.11)$$

donde:

$w \equiv$ frecuencia angular de pulsación (rad/s).

$w_c \equiv$ frecuencia angular de pulsación crítica (rad/s).

$\rho_0 \equiv$ densidad del aire.

$c_0 \equiv$ velocidad del sonido en el aire ($Z = \rho_0 c_0 \rightarrow$ Impedancia específica).

$m \equiv$ densidad superficial.

$\eta \equiv$ factor de amortiguamiento del material.

Esta expresión incluye el amortiguamiento y presenta una pendiente aproximada de 10 dB/Oct.

A altas frecuencias las ondas de flexión pasan a ser ondas de densidad o longitudinales (el movimiento de las partículas se produce en la misma dirección que la propagación de la onda). A partir de la denominada frecuencia de densidad (f_d) el fenómeno de coincidencia desaparece y se cumple de nuevo la Ley de Masas (Zona III).

$$f_d = \frac{K}{2 \pi \rho} \sqrt{\frac{m}{B}} \quad (2.12)$$

donde:

$K \equiv$ módulo de compresión del material (N/m^2).

$\rho \equiv$ densidad volumétrica.

$m \equiv$ densidad superficial.

$B \equiv$ rigidez.

En realidad, las frecuencias de densidad no se utilizan casi nunca ya que

éstas acaban siendo tan altas que quedan fuera de nuestro rango útil. A nivel de cálculo de las soluciones constructivas, no se llega a frecuencias de 15 KHz o 20 KHz, que son las típicas para dichas frecuencias de densidad.

Cuando se procede a la instalación de una solución constructiva, hay que evitar que la disminución de aislamiento acústico que tiene lugar a la frecuencia crítica, se produzca en la zona media del espectro, puesto que, es en dicha zona donde el oído humano presenta mayor sensibilidad (1 KHz, 2 KHz...).

Al comparar los valores teóricos del aislamiento acústico con los medidos "in situ", se observa que estos son inferiores a los teóricos. Este hecho se produce porque no se han considerado los caminos secundarios de transmisión del sonido ni las dimensiones finitas de la pared.

Toda pared es de dimensiones finitas, por lo que tiene unas condiciones de contorno que determinan sus modos de vibración.

Las condiciones de contorno impiden que la pared pueda vibrar en ellas, dando lugar a la interferencia entre las ondas que se propagan y las que se reflejan. Se forman ondas estacionarias de desplazamientos máximos en puntos centrales y desplazamientos nulos en el contorno. Es decir, se producen resonancias.

Hay múltiples modos de vibración y todos tienen una frecuencia propia. A estas frecuencias, la eficiencia acústico-vibracional es muy elevada, bajando el aislamiento.

Las resonancias se producen a las siguientes frecuencias:

$$f_{n_x, n_y} = 0,45 \sqrt{\frac{E}{\rho (1 - \sigma^2)}} \left[\left[\frac{n_x}{l_x} \right]^2 + \left[\frac{n_y}{l_y} \right]^2 \right] h \quad (2.13)$$

donde:

$l_x, l_y \equiv$ dimensiones de la pared.

$h \equiv$ grosor de pared.

$n_x, n_y \equiv$ índices de numeración de los modos.

$E \equiv$ Módulo de Young.

$m \equiv$ densidad superficial.

$\rho \equiv$ densidad volumétrica.

$\sigma \equiv$ Módulo de Poisson.

Existen infinitos modos de vibración de una pared, pero en acústica, los determinantes son los más bajos. Estos son los que tienen amplitudes más altas.

El modelo matemático que contempla todos estos aspectos presenta cierta complejidad. (Normativa UNE EN 12354-1)

Gráficamente, se observan varias zonas de comportamiento:

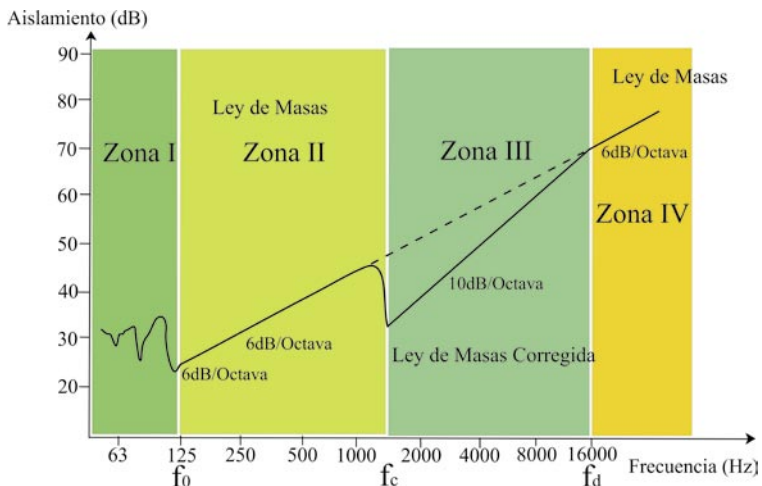


Figura 2.6. Aislamiento a ruido aéreo de una pared simple, elástica, homogénea y finita.

Zona I: El aislamiento se ve afectado por las *frecuencias de resonancia*, que están relacionadas con la rigidez y las condiciones de contorno de la pared. Estas frecuencias de resonancia provocan una disminución drástica del aislamiento por debajo de 100 Hz.

Zona II: En esta zona el comportamiento de la pared está gobernado por su masa, se cumple por tanto la *Ley de Masas*. El crecimiento de R es de 6 dB/Octava cada vez que se duplica la masa o la frecuencia.

Zona III: Zona en la que predomina la capacidad del material para atenuar la energía acústica de las *ondas de flexión* (amortiguamiento interno). La pendiente de la curva de aislamiento resulta ser de 10 dB/Octava.

Zona IV: Esta zona empieza a partir de la llamada frecuencia de densidad, donde las *ondas de flexión* pasan a ser *ondas de densidad*. Se vuelve a cumplir la *Ley de Masas*. En aislamiento no es una zona práctica por producirse a frecuencias muy altas.

A modo de conclusión se analizan distintas características de las paredes y cómo influyen en el aislamiento R .

Influencia de la superficie: El aislamiento acústico resulta ser inferior cuanto menor sea la superficie de la pared. A medida que aumenta la superficie de la pared, las resonancias son menos importantes. Este aspecto sólo influye para frecuencias por debajo de la frecuencia crítica. A partir de la frecuencia crítica la superficie no influye.

Influencia de la densidad superficial (m): Al doblar la densidad superficial, m , el aislamiento R se incrementa en 6 dB. Pero además, también se incrementa la *frecuencia crítica* (ver ec. 2.8).

Se debe contemplar este aspecto para no situar la f_c en la zona de mayor sensibilidad del oído humano.

Influencia del Módulo de Young (E): Al aumentar E , disminuye la frecuencia crítica. Una *frecuencia crítica* baja asegura que en la zona más audible se tenga una pendiente de 10 dB al doblar la frecuencia. Interesa por tanto un E elevado.

Influencia del espesor (t): Aumentar el espesor significa disminuir la *frecuencia crítica*. Según el contenido energético y espectral de la fuente sonora, interesa aumentar o disminuir el espesor para situar la *frecuencia crítica* del elemento separador alejada de las frecuencias audibles.

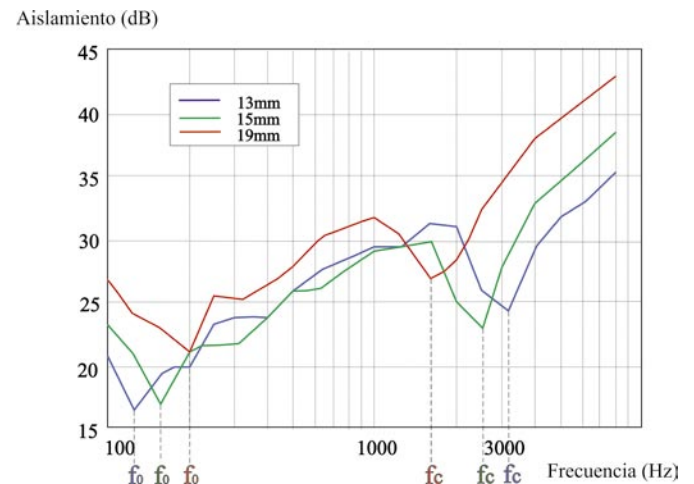


Figura 2.7. Aislamiento a ruido aéreo en condiciones de laboratorio de placas de cartón yeso de 13, 15 y 19 mm de espesor.

Se observa que a medida que aumenta el espesor, la *frecuencia crítica* disminuye, perdiendo aislamiento en frecuencias medias. Véase que la placa de yeso laminado de 13 mm presenta una $f_c = 3150$ Hz, mientras que en la placa de 19 mm la *frecuencia crítica* es más baja, $f_c = 1600$ Hz. En esta frecuencia la placa de mayor masa y espesor (19 mm) presenta un aislamiento (R) inferior a la de 13 mm.

Influencia del Factor de pérdidas η : Incrementar η supone que la caída de aislamiento R , que tiene lugar en la frecuencia crítica (f_c), no sea tan acusada.

2.4. AISLAMIENTO DE PAREDES DOBLES

Incrementar el aislamiento sólo a base de aumentar la masa de la partición sería inviable desde el punto de vista económico y de diseño. Anteriormente se ha visto que para una partición simple, según la *Ley de Masas*, al doblar la masa el aislamiento mejora en 6 dB, y esto, sin tener en cuenta los efectos de resonancia y coincidencia que degradan el aislamiento en las bandas afectadas.

Para obtener mayores aislamientos sin tener que aumentar excesivamente la masa, se utilizan sistemas de paredes dobles, que diseñadas de forma adecuada, aportan mayores aislamientos que las paredes simples.

Un sistema de pared doble está formado por dos paredes simples homogéneas, iguales o no, separadas por una cavidad de aire que puede estar parcial o totalmente rellena de material absorbente.

La pared doble se comporta como un sistema masa-muelle-masa. En dicho sistema las paredes son los elementos másicos y la cavidad de aire actúa como un muelle de rigidez k .

Existe, por tanto, una frecuencia de resonancia f_c para el conjunto, a la cual toda la energía se transmite, siendo el aislamiento muy pequeño.

El valor de esta *frecuencia de resonancia* viene dado por la siguiente expresión:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}} \quad (2.14)$$

$$k = \frac{\rho c^2}{d} \quad (N/m^3) \quad (2.15)$$

donde:

$k \equiv$ rigidez del medio separador (N/m^3).

$m_1, m_2 \equiv$ masas por unidad de superficie de las hojas de la pared doble (Kg/m^2).

$d \equiv$ espesor de la cavidad de aire (m).

$c \equiv$ velocidad de sonido (m/s).

$\rho \equiv$ densidad volumétrica (Kg/m^3).

Si el medio separador es el aire, se obtiene la siguiente expresión:

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{d}} \sqrt{\left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (2.16)$$

Según la ec. (2.16), f_0 es menor cuanto mayor sean las masas o la distancia entre paredes. Dependiendo de las frecuencias que se desea aislar, se elegirán tanto las masas m_1, m_2 como el espesor d de la cavidad de aire, para que la frecuencia de resonancia esté por debajo del margen inferior que se desea aislar.

Se suele recomendar que f_0 se sitúe por debajo de 60 Hz. Para ello, se considera de forma aproximada que la cavidad entre ambas hojas ha de cumplir la siguiente condición:

$$d > 105 \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \quad (cm) \quad (2.17)$$

donde d debe expresarse en cm.

Otro fenómeno que se produce en la cavidad es la formación de *ondas estacionarias*. Éstas son debidas a incidencia normal de las ondas sonoras cuando el espesor de la cavidad coincide con ciertas longitudes de onda,

$$\frac{\lambda}{2}, \lambda, \frac{3}{2}\lambda, \dots$$

Al colocar en la cavidad material absorbente se reduce la caída del aislamiento acústico que se produce con este fenómeno.

Las *frecuencias de espesor* o de *ondas estacionarias* se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$f_e = \frac{c}{2d} n \quad (\text{Hz}) \quad (2.18)$$

donde:

$c \equiv$ velocidad del sonido en el aire (m/s).

$d \equiv$ distancia entre paredes (m).

n toma valores enteros (1, 2, 3...).

Nota: Ondas estacionarias

Una onda estacionaria es el resultado de la superposición de dos movimientos ondulatorios armónicos de igual amplitud y frecuencia que se propagan en sentidos opuestos a través de un medio. Pero la onda estacionaria no es una onda viajera. Por sencillez, se toma como ejemplo para ilustrar la formación de ondas estacionarias el caso de una onda transversal que se propaga en una cuerda sujeta por sus extremos en el sentido de izquierda a derecha. Esta onda incide sobre el extremo derecho y se produce una onda reflejada que se propaga en el sentido de derecha a izquierda. La onda reflejada tiene una diferencia de fase de π radianes respecto a la incidente. La superposición de las dos ondas, incidente y reflejada, da lugar, en ciertas condiciones, a ondas estacionarias.

Ecuación de la onda incidente: $y_1 = A \cos(Kx - \omega t)$

Ecuación de la onda reflejada: $y_2 = A \cos(Kx + \omega t + \pi)$

donde:

$K \equiv$ número de ondas $K = \frac{2\pi}{\lambda}$

$\omega \equiv$ frecuencia angular $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$\lambda \equiv$ longitud de onda.

$T \equiv$ periodo.

El resultado de la propagación simultánea de ambas ondas, incidente y reflejada, es el siguiente:

$$y = y_1 + y_2 = A \cos(Kx - \omega t) - A \cos(Kx + \omega t) = 2A \operatorname{sen} Kx \operatorname{sen} \omega t$$

El término $\operatorname{sen} \omega t$ representa la dependencia temporal, mientras que $2A \operatorname{sen} Kx$ es la amplitud, la cual, obviamente, depende de la posición x . Es decir, los distintos puntos de la cuerda vibran con la misma frecuencia angular ω pero con diferentes amplitudes.

Como los puntos extremos de la cuerda están fijos por hipótesis, la vibración en ellos tiene que ser nula; es decir, si la cuerda donde se propagan las ondas tiene longitud L , en los extremos $x = 0$ y $x = L$ han de verificarse en cualquier instante las condiciones siguientes:

$$y|_{x=0} = 2A \operatorname{sen} 0 = 0 \quad y|_{x=L} = 2A \operatorname{sen} KL = 0$$

De estas condiciones se deduce que:

$$KL = n\pi \quad (n = \text{entero}) \rightarrow \frac{2\pi}{\lambda} L = n\pi \rightarrow L = n \frac{\lambda}{2}$$

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (\text{A})$$

La ecuación (A) indica que aparecen ondas estacionarias sólo en aquellos casos que cumplan la condición de que la longitud de la cuerda sea un múltiplo entero de la semilongitud de onda.

En una onda estacionaria se distinguen los *puntos nodales* (o simplemente nodos) que son aquellos puntos en los que la amplitud es nula, es decir, posiciones donde no hay vibración; los *vientres* o *antinodos* de la onda estacionaria, por el contrario, son los puntos en donde la vibración se produce con la máxima amplitud posible.

La distancia entre dos nodos consecutivos es igual a media longitud de onda. En efecto, un nodo cualquiera, situado en la posición x_m , cumple la condición:

$$\operatorname{sen} Kx_m = 0 \rightarrow Kx_m = m\pi \rightarrow x_m = m \frac{\lambda}{2}$$

donde m toma todos los valores sucesivos $m = 1, 2, \dots, n-1$.

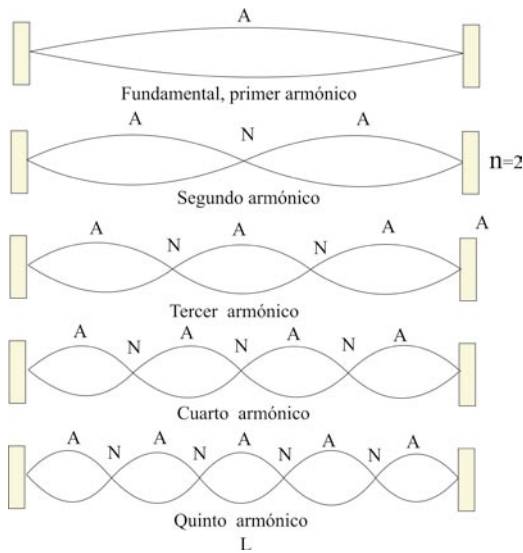
La mínima frecuencia para la cual se observan ondas estacionarias en una cuerda de longitud L es la que corresponde a $n = 1$ en la ecuación:

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

Ésta se denomina *frecuencia fundamental*, y cuando la cuerda vibra de este modo no se presentan nodos intermedios entre sus dos extremos. La siguiente posibilidad en la ecuación:

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

el caso $n = 2$, se llama *segundo armónico*, y presenta un nodo intermedio. En la siguiente figura aparece una representación de diversos armónicos.



N indica los nodos
A indica los antinodos

En los sistemas de paredes dobles se distinguen varias zonas de comportamiento del aislamiento en función de la frecuencia.

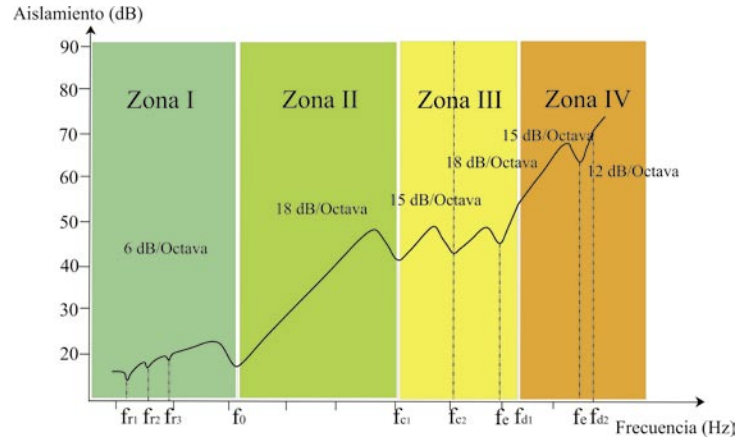


Figura 2.8. Aislamiento a ruido aéreo de una pared doble.

Zona I ($f < f_0$): la pared doble se comporta igual a una pared simple de masa igual a la suma de las masas de ambas hojas. Obtenemos 6 dB/Octava.

El aislamiento acústico R viene dado por la expresión:

$$R \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w (m_1 + m_2)}{2 \rho c} \right) - 5 \quad (2.19)$$

donde:

$w \equiv$ frecuencia angular de pulsación (rad/s).

$\rho \equiv$ densidad del aire (Kg/m^3).

$c \equiv$ velocidad de sonido en el aire (m/s).

$m_1, m_2 \equiv$ masas por unidad de superficie de las hojas de la pared doble (Kg/m^2).

A bajas frecuencias se producen las frecuencias de resonancia de las paredes (f_{ri}).

Zona II ($f_0 < f < f_{c1}$): frecuencias comprendidas entre la *frecuencia de resonancia* del sistema y la *frecuencia crítica* de la pared más gruesa. Es la zona donde mayor incremento de aislamiento se consigue, la pendiente de la curva de aislamiento es de 18 dB/Octava.

El valor del aislamiento acústico R puede estimarse a partir de la expresión:

$$R = 10 \log \left[\frac{4 \pi^3 m_1 m_2 f (f^2 - f_0^2)}{\rho c k} \right]^2 - 5 \quad (2.20)$$

donde:

$f \equiv$ frecuencia de la onda sonora incidente (Hz).

$f_0 \equiv$ frecuencia de resonancia del sistema (Hz).

$\rho \equiv$ densidad del aire (Kg/m^3).

$c \equiv$ velocidad del sonido en el aire (m/s).

$m_1, m_2 \equiv$ masas por unidad de superficie de las hojas de la pared doble (Kg/m^2).

$k \equiv$ rigidez del medio separador (N/m^3).

Zona IIIa ($f_{c1} < f < f_{c2}$): frecuencias comprendidas entre las frecuencias de coincidencia de las paredes.

El aumento del aislamiento acústico depende fundamentalmente del efecto del amortiguamiento de la pared rígida. La pendiente de la curva es de 15 dB/Octava.

Se expresa el aislamiento:

Pared más rígida:

$$R_1 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_1}{2 \rho c} \right) - 10 \log \left(\frac{\pi}{4 \eta_1} \right) + 10 \log \left(\frac{w}{w_{c1}} \right) + 10 \log \left(1 - \frac{w_{c1}}{w} \right) - 5 \quad (2.21)$$

Pared más blanda:

$$R_2 \text{ (dB)} = 20 \log \frac{w m_2}{2 \rho c} - 5 \quad (2.22)$$

El aislamiento total será: $R_{total} = R_1 + R_2$

Zona IIIb ($f_{c2} < f < f_{d1}$): frecuencias comprendidas entre la frecuencia

de coincidencia más alta y la primera frecuencia de densidad. Predomina el amortiguamiento en ambas hojas. El incremento del aislamiento es de 18 dB/Octava.

$$R_1 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_1}{2 \rho c} \right) - 10 \log \left(\frac{\pi}{4 \eta_2} \right) + 10 \log \left(\frac{w}{w_{c2}} \right) + 10 \log \left(1 - \frac{w_{c2}}{w} \right) - 5 \quad (2.23)$$

$$R_2 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_1}{2 \rho c} \right) - 10 \log \left(\frac{\pi}{4 \eta_1} \right) + 10 \log \left(\frac{w}{w_{c1}} \right) + 10 \log \left(1 - \frac{w_{c1}}{w} \right) - 5 \quad (2.24)$$

Por tanto: $R_{total} = R_1 + R_2$

Zona IVa ($f_{d1} < f < f_{d2}$): frecuencias existentes entre las frecuencias de densidad de las paredes.

Esta zona empieza a partir de la llamada frecuencia de densidad f_{d1} , donde las ondas de flexión pasan a ser ondas de densidad para la hoja 1. Se vuelve a cumplir la Ley de Masas para la pared 1. En la hoja 2 sigue predominando el amortiguamiento interno. La pendiente será de 15 dB/Octava.

$$R_1 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_1}{2 \rho c} \right) - 5 \quad (2.25)$$

$$R = 20 \log \left(\frac{w m}{2 \rho_0 c_0} \right) - 10 \log \left(\frac{\pi}{4 \eta} \right) + 10 \log \left(\frac{w}{w_c} \right) + 10 \log \left(1 - \frac{w_c}{w} \right) - 5 \quad (2.26)$$

$$R_{total} = R_1 + R_2$$

Zona IVb ($f_{d2} < f$): frecuencias superiores a la frecuencia de densidad f_{d2} . A partir de f_{d2} también las ondas de flexión de la hoja 2 pasan a ser ondas de densidad o longitudinales. Desaparece el fenómeno de coincidencia y se cumple la Ley de Masas para ambas hojas de la pared. La pendiente de la curva es de 12 dB/Octava.

El aislamiento vendrá dado por:

$$R_1 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_1}{2 \rho c} \right) - 5 \quad (2.27)$$

$$R_2 \text{ (dB)} = 20 \log \left(\frac{w m_2}{2 \rho c} \right) - 5 \quad (2.28)$$

$$R_{total} = R_1 + R_2$$

Recomendaciones prácticas:

- Es conveniente rellenar la cavidad de material absorbente, esto puede mejorar el aislamiento entre 5 y 10 dB. Este material reduce el realzamiento de determinadas frecuencias que se produce en la cavidad debido a las *ondas estacionarias*. Además, tiende a producir un descenso de la frecuencia de resonancia del sistema masa-muelle-masa.

- Evitar uniones rígidas (puentes acústicos) entre las paredes así como con el forjado superior e inferior. Las uniones han de ser elásticas para evitar transmisiones secundarias. Para evitar que las conducciones (conductos de ventilación, fontanería, bajantes) provoquen puentes acústicos pueden ir forradas de elementos elásticos.

- Elegir espesores diferentes para las dos hojas de la pared doble, de esta forma, cada hoja presenta una frecuencia de coincidencia diferente.

- Para que la frecuencia de espesor no caiga en la zona de frecuencias medias se han de diseñar correctamente los espesores de las cavidades de aire. También hay que vigilar la elección de las masas (m_1 , m_2) y el espesor (d) de la cavidad de aire, para que la *frecuencia de resonancia* esté por debajo del margen frecuencial que se desea aislar.

- Según el tipo de ruido a aislar, se diseñan las paredes adecuadas. Si el ruido es de tipo industrial (generalmente espectro sonoro rico en frecuencias graves) hay que evitar que el aislamiento acústico sea pobre en el rango de bajas frecuencias. Si es ruido de voz humana se debe tener buen aislamiento a frecuencias medias.

- Posibles fisuras o agujeros provocan una reducción drástica del aislamiento, por tanto, si las paredes son de ladrillo, hormigón, bloques, termo-arcilla, etc., deben enlucirse por ambas caras para cubrir las porosidades y fisuras.

2.5. AISLAMIENTO ACÚSTICO DE VENTANAS

El aislamiento acústico global depende de las distintas vías de transmisión del sonido, siendo muy próximo al de la vía de menor aislamiento. De poco sirve que el resto de vías tengan un elevado aislamiento acústico. Por tanto, se debe aumentar el aislamiento de la principal vía de transmisión del ruido.

Las puertas y ventanas suelen ser los elementos de una fachada o pared con menor aislamiento acústico. Su densidad superficial es menor que las paredes y su cierre no suele ser hermético.

Publicitariamente, se considera que un doble acristalamiento proporciona altas propiedades de aislamiento térmico y acústico. Esto no responde a la realidad, puesto que las cámaras de aire de estos cristales se encuentran entre 6 y 20 mm. Debido a la elasticidad del aire que se encuentra entre ambos vidrios, estos espesores de cámara dan lugar a *frecuencias de resonancia* que se encuentran entre 400 y 1000 Hz, produciéndose un importante descenso del aislamiento acústico a estas frecuencias.

Nota: el ruido que incide normalmente sobre los cristales es el del tráfico (baja frecuencia) y voz humana (frecuencias medias, entre 500 y 2000 Hz).

Para evitar este descenso del aislamiento a bajas y medias frecuencias es conveniente aumentar el espesor de la cámara de aire.

Los espesores de los vidrios han de diferir al menos un 30% para que las frecuencias de coincidencia de cada vidrio sean diferentes.

El uso de material absorbente en la zona perimetral interior de la cavidad proporciona un aumento del aislamiento, porque mitiga las ondas estacionarias paralelas a la superficie de los cristales. Para mitigar la influencia de las ondas estacionarias perpendiculares a la superficie de los cristales, se inclina ligeramente uno de los vidrios respecto al otro.

Para garantizar un buen aislamiento acústico, será necesario además, construir marcos independientes donde se asegure la flotabilidad y la estanquidad de cada vidrio mediante la colocación de juntas elásticas, que eviten el contacto directo entre el vidrio y el marco. La carpintería también debe aportar un aislamiento acústico acorde al aislamiento de los vidrios.

Las cajas de persianas debilitan el aislamiento de las fachadas, por ello, deben cuidarse su estanquidad al paso del aire, la masa de la propia caja y el aislamiento de la tapa de registro.

Es conveniente instalar productos homologados que proporcionen el aislamiento mínimo necesario. En todo caso, es conveniente colocar

material absorbente en el interior de la caja y aumentar la masa de la tapa de registro. Para ello se suelen utilizar placas de madera aglomerada de alta densidad, placas de plomo, etc.

Tipos de vidrios

Vidrio monolítico ordinario: El aislamiento de este tipo de vidrios sigue la *Ley de Masas*.

Presentan una frecuencia crítica que viene dada por la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{12000}{h} \quad (\text{Hz}) \quad (2.29)$$

donde:

$$h \equiv \text{espesor del vidrio (mm)}.$$

Su factor de amortiguamiento oscila entre: $\eta = 0,001 - 0,003$.

Las *frecuencias críticas* para vidrios de espesores superiores a 6 mm están situadas a frecuencias medias donde el oído humano tiene mayor sensibilidad.

El vidrio templado y reforzado con hilos y vidrio texturado tienen las mismas propiedades que el vidrio ordinario.

Vidrio laminado: Está formado por vidrios adheridos a una lámina plástica o resina acrílica (butiral de polibuteno o polimetilmetacrilato). Esto permite usar vidrios delgados (*frecuencia crítica* elevada) y aporta un *factor de amortiguamiento* 10 veces superior al del vidrio ordinario. Como se apuntó anteriormente, un incremento del amortiguamiento (η) supone que la caída del aislamiento R , que tiene lugar en la *frecuencia crítica* (f_c), no sea tan pronunciada.

Los valores de aislamiento de las ventanas se determinan mediante ensayo. En ausencia de éste se pueden utilizar las ecuaciones siguientes según la norma NBE-CA 88:

- Ventanas de carpintería clase A-1 y cualquier tipo de acristalamiento $R \leq 15 \text{ dBA}$.

- Ventanas de carpintería clase A-2 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire:

$$R = 13,3 \log e + 14,5 \quad (\text{dBA}) \quad (2.30)$$

donde e es el espesor del acristalamiento (mm), si éste es de una sola hoja, la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas cuando sean dos y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería A-2 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm:

$$R = 13,3 \log e + 17,5 \quad (\text{dBA}) \quad (2.31)$$

siendo e el espesor total del acristalamiento (mm).

- Ventanas de carpintería clase A-3 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire:

$$R = 13,3 \log e + 19,5 \quad (\text{dBA}) \quad (2.32)$$

donde e es el espesor del acristalamiento, si éste es de una sola hoja, la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas cuando sean dos y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería A-3 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm donde:

$$R = 13,3 \log e + 22,5 \quad (\text{dBA}) \quad (2.33)$$

siendo e el espesor total del acristalamiento (mm).

2.6. ÍNDICES DE VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO

Hasta ahora se ha definido el índice de reducción sonora (R) como una relación de potencias:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right) = 10 \log \left(\frac{W_i}{W_t} \right) \quad (2.34)$$

En la práctica se trabaja con niveles de presión sonora, los cuales resultan más fáciles de medir. Por esta razón, es necesario buscar una relación entre los niveles de presión y los niveles de potencia.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S_m}{A_2} \right) \quad (2.35)$$

donde:

L_1 \equiv nivel de presión sonora promedio de la sala emisora (dB).

L_2 \equiv nivel de presión sonora promedio de la sala receptora (dB).

S_m \equiv superficie del cerramiento entre salas (m^2).

A_2 \equiv área de absorción acústica en la sala receptora (m^2).

Nota: La *absorción* (A) se expresa en Sabinos o m^2 . Para el caso de superficies, la *absorción* se obtiene a través del producto de la superficie ocupada por un material y montaje y de su coeficiente de absorción:

$$A = \alpha \cdot S \quad (m^2)$$

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

Tiempo de reverberación

Definición: Si se excita una sala con una cierta energía, dejando pasar un tiempo transitorio hasta llegar a una situación estacionaria entre la energía entregada por la fuente sonora y la que recibe un receptor en un punto concreto de la sala, se llama *tiempo de reverberación TR60*, al tiempo transcurrido (medido en segundos) en decrecer 60 dB la energía que recibe el receptor, al detener bruscamente la fuente de excitación.

El *tiempo de reverberación* es uno de los principales parámetros indicadores de la calidad acústica de una sala. Su valor depende de numerosos factores: el coeficiente de absorción de los materiales de la sala, el volumen, la superficie y el dimensionado de ésta entre otros.

Según Sabine el *tiempo de reverberación TR60* viene dado por:

$$T_{60} = \frac{0,161 V}{S \alpha}$$

donde:

T_{60} \equiv tiempo de reverberación (s).

V \equiv volumen de la sala (m^3).

S \equiv superficie de la sala (m^2).

α \equiv coeficiente de absorción medio.

Coficiente de absorción medio:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \alpha_i}{S}$$

Para el T_{60} según Sabine, se asumen las hipótesis de distribución difusa de la energía sonora en todos los puntos del recinto, igual probabilidad de propagación en todas direcciones y distribución homogénea de la absorción en toda la sala.

Además, se definen nuevos índices de valoración del aislamiento acústico, que intentan cuantificar la protección que ofrece una partición al usuario más que cuantificar el elemento constructivo en sí.

Diferencia de niveles normalizada: se define como la diferencia de niveles correspondiente a un área de absorción de referencia en el recinto receptor.

Su expresión es la siguiente:

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \log \left(\frac{A_2}{A_0} \right) \quad (2.36)$$

donde:

D_n \equiv diferencia de niveles normalizada (dB).

L_1 \equiv nivel de presión sonora promedio de la sala emisora (dB).

L_2 \equiv nivel de presión sonora promedio de la sala receptora (dB).

A_2 \equiv área de absorción acústica equivalente en la sala receptora (m^2).

A_0 \equiv área de absorción de referencia (m^2). Para recintos en viviendas o recintos de tamaño comparable será de 10 m^2 .

Se usa para sistemas que tienden a bajar el aislamiento de una pared sin tener una superficie en concreto. Ejemplo: rendija.

Diferencia de niveles estandarizada: se define como la diferencia de niveles correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor.

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{T_2}{T_0} \right) \quad (2.37)$$

donde:

D_{nT} ≡ diferencia de niveles estandarizada (dB).

L_1 ≡ nivel de presión sonora promedio de la sala emisora (dB).

L_2 ≡ nivel de presión sonora promedio de la sala receptora (dB).

T_2 ≡ es el tiempo de reverberación en la sala receptora (s).

T_0 ≡ es el tiempo de reverberación normalizado (s). $T_0 = 0,5 \text{ s}$.

Es el más práctico porque el tiempo de reverberación es fácil de medir en un recinto. Este índice es el que usará el Código Técnico.

Índice de reducción sonora global: Se busca un índice global para calcular los aislamientos.

Nota: desde el punto de vista práctico resulta muy útil, pero se pierde mucha información. Lo correcto es dar el aislamiento por tercios de octava.

Como el aislamiento acústico depende del espectro sonoro incidente al índice global se le aplican unas correcciones o términos de adaptación.

La normativa ISO 717 indica un método de cálculo del valor global, a partir de los valores de aislamiento acústico por bandas. Así, la ISO 717-1 establece un espectro de referencia y trata de comparar esta curva con la medición que se obtenga (ver Figura 2.9).

El procedimiento consiste en desplazar esta curva de referencia hacia arriba y hacia abajo en saltos de 1dB hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea la mayor posible, pero, siempre inferior a 32 dB. El valor que tiene la curva de referencia en el tercio de octava de 500 Hz es la magnitud global.

Esta magnitud global se denota de la siguiente forma: $D_{nT,W}$

Su valor es independiente del ruido de excitación utilizado en la medida, pero el aislamiento global depende de la forma del espectro incidente.

Para tener en cuenta las características de un espectro de ruido particular hay que añadirle el término de adaptación al espectro correspondiente.

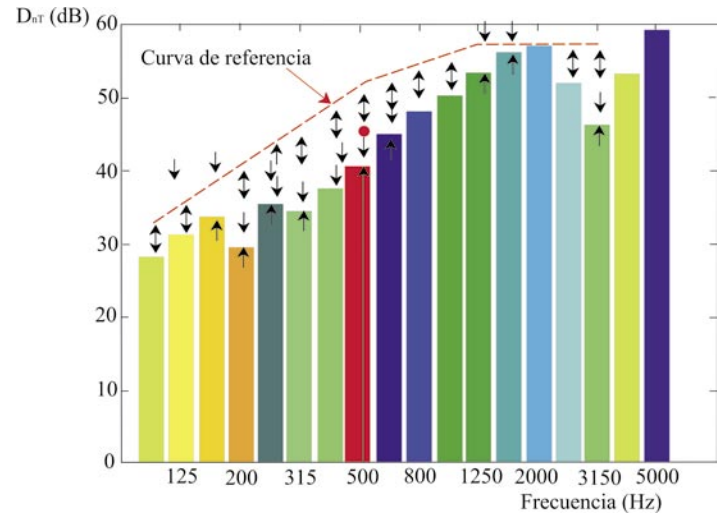


Figura 2.9. UNE-EN-ISO 717-1. Evaluación del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos constructivos. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. Curva de referencia.

Se definen dos términos de adaptación al espectro:

$C = C1$: Ruido rosa ponderado A

$C_{tr} = C2$: Ruido de tráfico urbano ponderado A

Sus expresiones son:

$$C_j = X_{Aj} - X_W \quad (2.38)$$

$$X_{Aj} = -10 \log \left(\sum 10^{\frac{(L_{ij} - X_i)}{10}} \right) \quad (2.39)$$

donde:

X_W ≡ valor del índice global (por ejemplo $D_{nT,W}$).

X_i ≡ valor del índice evaluado en la i-ésima banda de frecuencia.

L_{ij} sigue la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Obtención del aislamiento global al ruido aéreo según ISO 717-1. Cálculo de los términos de adaptación C y C_{tr} . Niveles sonoros L_{ij} .

NIVELES SONOROS L_{ij} (dB)				
FRECUENCIA (Hz)	Espectro n° 1 para calcular C		Espectro n° 2 para calcular C_{tr}	
	TERCIO DE OCTAVA	OCTAVA	TERCIO DE OCTAVA	OCTAVA
100	-29		-20	
125	-26	-21	-20	-14
160	-23		-18	
200	-21		-16	
250	-19	-14	-15	-10
315	-17		-14	
400	-15		-13	
500	-13	-8	-12	-7
630	-12		-11	
800	-11		-9	
1000	-10	-5	-8	-4
1250	-9		-9	
1600	-9		-10	
2000	-9	-4	-11	-6
2500	-9		-13	
3150	-9		-15	

C_{tr} :

Tráfico urbano
Trenes a velocidades bajas
Aviones a propulsión
Aviones a reacción, a mucha distancia
Discotecas
Factorías con ruidos graves

Algunas normativas (NBE-CA) utilizan aproximaciones para estimar el índice de reducción sonora teórico (R) de forma global.

$$m \leq 150 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow R_A = 16,6 \log m + 2 \text{ dB(A)} \quad (2.40)$$

$$m > 150 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow R_A = 35,6 \log m - 41,5 \text{ dB(A)} \quad (2.41)$$

Estas expresiones no tienen en cuenta la *frecuencia crítica*, el *amortiguamiento interno* (η), el *módulo de elasticidad o de Young* (E), dimensiones de la partición, etc. Por tanto, para particiones de elementos blandos a la flexión ($f_c > 2 \text{ KHz}$) (fibras, placas de yeso laminado, etc.) no sirven estas expresiones.

2.7. AISLAMIENTO ACÚSTICO MIXTO. PAREDES HETEROGÉNEAS

Las paredes pueden estar formadas por distintos elementos (ventanas, puertas, rejillas, etc.) cada uno con un aislamiento específico. El aislamiento global de una pared heterogénea depende del área y del aislamiento de cada uno de sus elementos.

El resultado se expresa con la nomenclatura: $X_W(C; C_{tr})$.

Por ejemplo: Una partición que tenga un aislamiento al ruido aéreo de

$$D_{nT,W}(C; C_{tr}) = 45(-1; -5) \text{ dB}$$

ocasionará una diferencia de niveles de unos 44 dBA frente a un ruido rosa y de unos 40 dBA frente a un ruido de tráfico urbano.

Estos términos de adaptación al espectro se utilizan en los siguientes casos:

C :

Actividades humanas
Juegos de niños
Autopistas a más de 80 Km/h
Aviones a reacción, a poca distancia
Factorías con ruidos agudos



Figura 2.10. Elemento mixto.

Su expresión matemática resulta ser:

$$R = -10 \log [\tau_{e1} + \tau_{e2} + \tau_{e3}] \quad (2.42)$$

$$R = -10 \log \left(\sum \tau_{ei} \right) \quad (2.43)$$

donde τ_{ei} representa cada uno de los factores de transmisión de los elementos constructivos que forman la pared heterogénea.

Existen elementos en los que no resulta práctico trabajar con su superficie (rejillas, enchufes, mecanismos eléctricos, etc.), por esta razón, se procede de dos modos diferentes:

- Para elementos superficiales (puertas, ventanas, pared, etc.) el factor de transmisión se calcula a partir de su *índice de reducción* (R_i):

$$\tau_{ei} = \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}} \quad (2.44)$$

donde:

$S \equiv$ superficie total (m^2).

$S_i \equiv$ superficie del elemento (m^2).

$R_i \equiv$ *índice de reducción sonora* del elemento.

- Para elementos puntuales (instalaciones, cajetines, enchufes, rejillas, etc.) se trabaja con su *diferencia de niveles normalizada* (D_{ni}):

$$\tau_{ei} = \frac{10}{S} 10^{-\frac{D_{ni}}{10}} \quad (2.45)$$

donde:

$S \equiv$ superficie total.

$D_{ni} \equiv$ *diferencia de niveles normalizada* de cada elemento puntual.

En una partición mixta el elemento que presenta menos aislamiento determina el resultado global. El aislamiento resultante no suele superar en 10 dB el valor del elemento más débil, esto hace, por ejemplo, que no sirva de nada que la parte ciega de una fachada tenga un aislamiento

elevado, si por el contrario la ventana y la puerta no lo tienen. Una actuación adecuada consiste en tratar los elementos que presentan menos aislamiento, en este caso la ventana y la puerta.

Nota: Comparativa entre los requisitos establecidos en la NBE-CA 88 y los requisitos establecidos en el CTE.

HR frente a NBE-CA-88. Aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas y cubiertas

AISLAMIENTO ENTRE:	NBE-CA-88	CTE
Recinto habitable-Exterior (ruido de tráfico)	$a_g \geq 30 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 55 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Exterior (ruido ferroviario)	$a_g \geq 30 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 55 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Exterior (ruido de aeronaves)	$a_g \geq 30 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 50 \text{ dBA}$

donde:

$$a_g = R = -10 \log \left(\sum \tau_{ei} \right)$$

2.8. TRANSMISIÓN SONORA POR FLANCOS

Una fuente sonora en funcionamiento, en el interior de un recinto cerrado, crea un campo de ondas sonoras que inciden en las paredes de éste. Éstas entran en vibración (transducción acústico-vibracional). La vibración alcanza el recinto receptor a través del paramento separador de ambos (contribución directa) y a través del resto de los paramentos y uniones que son comunes en ambos recintos (transmisiones por flancos). También se pueden tener transmisiones por caminos indirectos y por los distintos elementos de una pared heterogénea (transmisión vía aérea).

Estas vibraciones generan nuevos frentes de onda en el recinto receptor (transducción vibro-acústica).

Es fundamental cuantificar la cantidad de energía sonora que llega de un recinto a otro a través de cada uno de los posibles caminos de transmisión. Así, se identifica el camino más débil y se actúa sobre él.

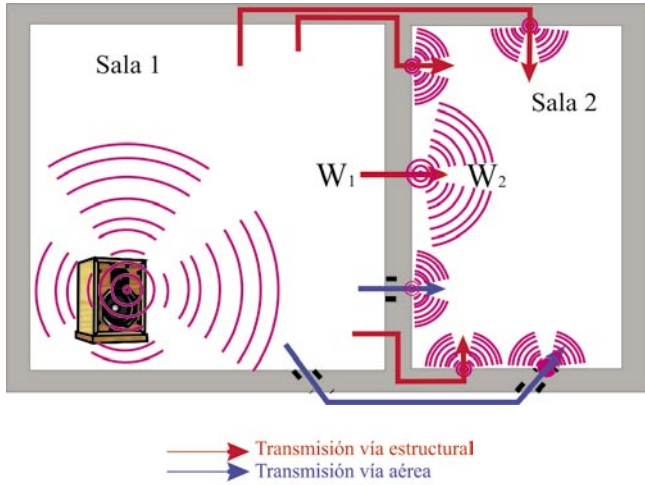


Figura 2.11. Vías de transmisión del sonido.

Fd: flanco lateral, es el que se establece por las paredes laterales del recinto emisor (uno para cada una de las cuatro paredes en contacto directo con el elemento separador), a través de la pared de separación.

Ff: flanco lateral, es el que permite la transmisión del sonido entre el recinto emisor y el receptor a través de los elementos laterales que no son la pared de separación.

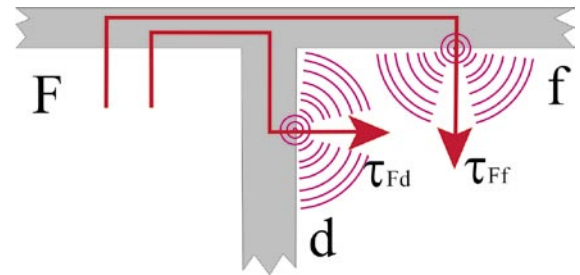


Figura 2.13. Vías de transmisión del sonido Ff y Fd.

La mayor parte de la transmisión sonora se produce a través del elemento separador, pero existen, además, doce flancos por los cuales el sonido se transmite de forma lateral.

Se utiliza la siguiente nomenclatura:

Dd: flanco de transmisión directa, permite la transmisión del sonido a través de la pared de separación entre dos recintos.

Df: flanco lateral, es el que comienza en el recinto emisor por el elemento separador, y llega al recinto receptor mediante cualquiera de las cuatro paredes adyacentes a este elemento.

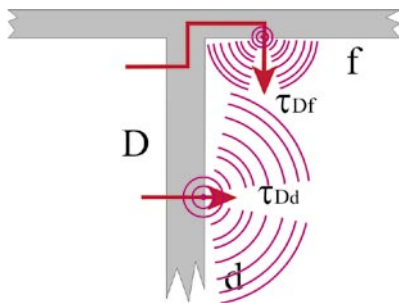


Figura 2.12. Vías de transmisión del sonido Df y Dd.

Los flancos laterales, *Df*, *Ff* y *Fd*, engloban cuatro caminos cada uno de ellos.

Puede haber otras transmisiones dadas por caminos indirectos o por algún elemento de la pared heterogénea.

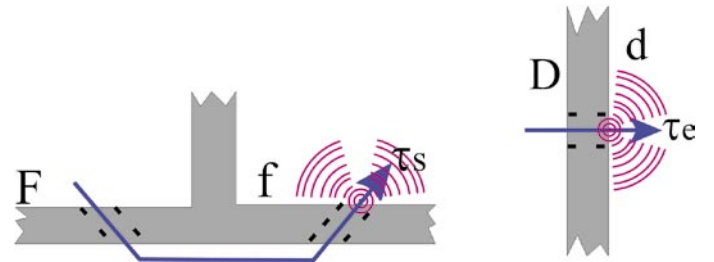


Figura 2.14. Vías de transmisión del sonido por caminos indirectos o elementos de la pared heterogénea.

Al considerar las transmisiones indirectas se obtiene el Índice de Reducción sonora Aparente *R'* (se calcula en bandas de octava o tercios de octava).

$$R' = -10 \log \tau' \quad (2.46)$$

$$\tau' = \tau_d + \sum_{n=1}^4 \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^q \tau_s \quad (2.47)$$

donde:

τ_d \equiv contribución directa.

$\sum_{n=1}^4 \tau_f$ \equiv contribución de los flancos.

$\sum_{e=1}^m \tau_e$ \equiv contribución de los elementos de la pared heterogénea.

$\sum_{s=1}^q \tau_s$ \equiv contribución de los caminos indirectos.

Para la obtención de los *factores de transmisión* se emplean las relaciones siguientes:

$$\tau_{Dd} = 10^{-\frac{R_{Dd}}{10}} \quad (2.48)$$

donde:

τ_{Dd} \equiv *factor de transmisión* a través de la pared separadora.

R_{Dd} \equiv *índice de reducción sonora*.

$$\tau_{ij} = 10^{-\frac{R_{ij}}{10}} \quad (2.49)$$

donde:

τ_{ij} \equiv *factor de transmisión* a través de cada una de los caminos secundarios (Ff, Df, y Fd).

R_{ij} \equiv *índice de reducción sonora* de cada flanco.

$$\tau_e = \frac{10}{S_s} 10^{-\frac{D_{n,e}}{10}} \quad (2.50)$$

donde:

τ_e \equiv *factor de transmisión* a través de los caminos secundarios.

S_s \equiv superficie total de la pared.

$D_{n,e}$ \equiv *diferencia de niveles normalizada*.

$$\tau_s = \frac{10}{S_s} 10^{-\frac{D_{n,s}}{10}} \quad (2.51)$$

donde:

τ_s \equiv *factor de transmisión* a través de los elementos de la pared heterogénea.

S_s \equiv superficie de la pared separadora.

$D_{n,s}$ \equiv *diferencia de niveles normalizada* de cada elemento puntual.

Nota: Comparativa entre los requisitos establecidos en la NBE-CA 88 y los requisitos establecidos en el CTE.

HR frente a NBE-CA-88. Aislamiento acústico a ruido aéreo de divisorios verticales y horizontales

AISLAMIENTO ENTRE	NBE-CA-88	CTE
Recinto habitable-Recinto actividad	-	$D_{nT,A} > 55 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Recinto instalaciones	$R \geq 55 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 55 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Recinto común	$R \geq 45 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 50 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Otro recinto distinto usuario	$R \geq 45 \text{ dBA}$	$D_{nT,A} > 50 \text{ dBA}$
Recinto habitable-Recinto misma unidad de uso	$R \geq 30 \text{ dBA}$	-

RUIDO DE IMPACTO

CAPÍTULO 3

3.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por ruido de impacto una fuerza de corta duración capaz de hacer vibrar una estructura. Este tipo de ruido puede ser provocado por pisadas, saltos, objetos que caen, prensas, etc.

Al producirse un impacto sobre una estructura, ésta entra en vibración, radiando energía sonora a las instancias colindantes. Debido al impacto, las partículas de aire adyacentes son excitadas, dando lugar a ruido aéreo inducido.

La perturbación se transmite a grandes distancias por todos los elementos constructivos que estén en contacto con la superficie donde se produce el impacto.

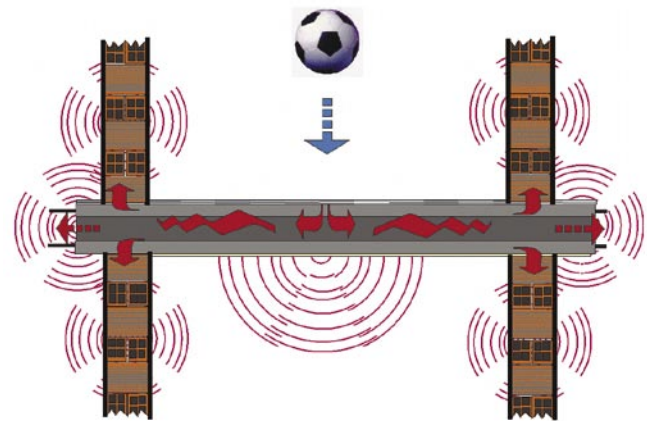


Figura 3.1. Impacto sobre forjado.

Las velocidades suelen ser elevadas y dependen de la densidad del medio (ρ) y de su elasticidad (E).

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (3.1)$$

Como ejemplos de materiales usuales en la construcción se tienen el hormigón, acero, ladrillo, vidrio, etc., que presentan velocidades de transmisión elevadas.

Tabla 3.1. Velocidad del sonido en materiales típicos de construcción.

MATERIALES	VELOCIDAD (m/s)
Hierro	4350
Plomo	2050
Acero	5000
Cobre	5000
Hormigón	3000
Ladrillo	3000
Vidrio	5500

Además, la cantidad de energía que transfiere un impacto sobre la superficie excitada es mayor que la energía que pueda comunicar un ruido aéreo.

Todas estas características implican una mayor dificultad de aislar el ruido de impacto.

3.2. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO DE IMPACTO

Un golpe tiene el siguiente espectro:

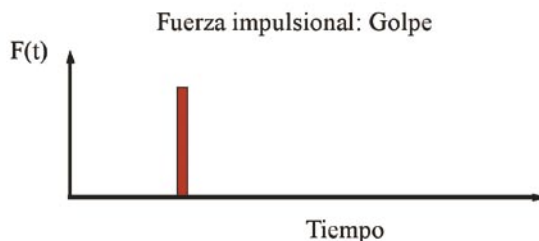


Figura 3.2. Fuerza impulsional en función del tiempo.

Aplicando el análisis de Fourier a una fuerza impulsional, se obtiene un espectro plano, es decir, todas las frecuencias desde cero hasta infinito participando con la misma intensidad.



Figura 3.3. Transformada de Fourier de una fuerza impulsional.

Si el impacto es generado por un elemento blando, el tiempo que dura el golpe es mayor que si lo genera un elemento duro, entonces, la transformada de Fourier presenta un espectro rico en baja frecuencia.

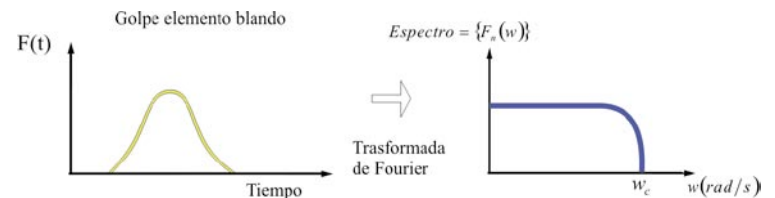


Figura 3.4. Impacto sobre forjado de un elemento blando. Transformada de Fourier.

Siendo w_c la frecuencia de corte (rad/s).

El espectro presenta componentes en todas las frecuencias desde cero hasta una frecuencia de corte. Para evitar que la transmisión del sonido en la frecuencia de resonancia del forjado sea muy elevada, se recomienda aumentar el amortiguamiento para tener respuestas bajas.

Nota: Se ha visto en el apartado de aislamiento que toda superficie presenta una frecuencia natural a la cual tiende a vibrar.

Si sobre una superficie incide una vibración que contiene en su espectro la frecuencia natural de la superficie, se produce el fenómeno de resonancia (amplificación de la vibración). Esto es lo que ocurre con un golpe que presenta componentes desde cero hasta una frecuencia de corte, ya que una de estas frecuencias coincidirá con la frecuencia natural del forjado produciendo el fenómeno de resonancia. La estrategia a seguir en estos casos es aumentar el amortiguamiento (17). Este tema se verá con mayor detenimiento en el apartado de vibraciones.

Si los golpes son regulares, el espectro presenta el aspecto siguiente:

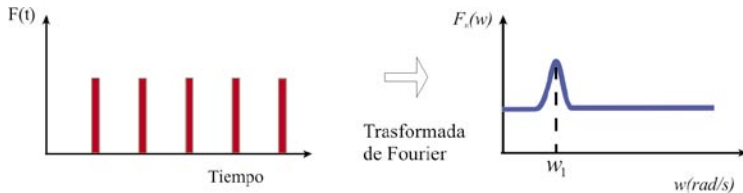


Figura 3.5. Fuerza impulsional: Golpes repetitivos. Transformada de Fourier.

Si se producen golpes repetitivos, w_1 es la frecuencia angular de los golpes (rad/s) y w_0 la frecuencia de resonancia de la superficie que recibe el golpe (rad/s).

En este caso se debe aumentar la masa o la rigidez para situar w_1 por encima de la resonancia (w_0) del forjado y aumentar el amortiguamiento.

3.3. MEDIDA DEL RUIDO DE IMPACTO

Para medir el ruido de impacto se tienen tres normas UNE-EN ISO.

UNE-EN ISO 140/6: Medición en laboratorio del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.

UNE-EN ISO 140/7: Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.

UNE-EN ISO 140/8: Medición en laboratorio de la reducción del ruido de impactos transmitido a través de revestimientos de suelos sobre forjado normalizado pesado.

Cuando el forjado se excita con una fuente de impactos normalizada, el nivel de ruido se llama *nivel de ruido de impacto normalizado*, L_n .

Las mediciones del ruido de impacto se realizan con una máquina normalizada de impactos, compuesta por cinco martillos que se levantan y se dejan caer. El peso de cada martillo es de 500 gramos, la altura de caída son 40 mm y la frecuencia de golpes es de 0,1 segundos.

En el caso de medición en laboratorio no se producen transmisiones secundarias y todo se transmitirá a través de la muestra de ensayo.

$$L_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad (3.2)$$

donde:

$L_i \equiv$ nivel de presión acústica medida en el local subyacente.

$A \equiv$ absorción equivalente.

$A_0 \equiv$ absorción de referencia (10 m^2).

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (3.3)$$

donde:

$V \equiv$ volumen del local receptor (m^3).

$T \equiv$ tiempo de reverberación del local receptor (s).

La corrección de ruido de fondo se determina mediante la expresión:

$$L_{nc} = 10 \log \left(10^{\frac{L_n}{10}} - 10^{\frac{L_f}{10}} \right) \quad (3.4)$$

donde:

$L_{nc} \equiv$ nivel de ruido de impacto normalizado.

$L_n \equiv$ nivel de ruido de impacto normalizado total.

$L_f \equiv$ ruido ambiental con máquina de impactos apagada.

Esta corrección se realiza si la diferencia entre el ruido que produce la máquina de impacto y el ruido de fondo se encuentra entre 6 y 15 dB.

Si la diferencia es superior a 15 dB no se aplica la corrección de ruido de impacto y si es inferior a 6 dB la corrección no será aceptable como ensayo de laboratorio.

Al considerar las transmisiones secundarias, es decir, el ensayo es "in situ", se tienen los parámetros siguientes:

Nivel normalizado de la presión sonora de impactos, L'_n :

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad (3.5)$$

Nivel estandarizado de la presión sonora de impactos, L'_{nT} :

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (3.6)$$

donde:

T \equiv tiempo de reverberación de la sala receptora (s).

T_0 \equiv tiempo de reverberación normalizado ($T_0 = 0,5$ s).

Nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos, L'_{nW} :

Se aplica UNE-EN ISO 717/2 que establece un espectro de referencia. Se trata de comparar esta curva con la medición realizada.

Se desplaza la curva de referencia hacia arriba y hacia abajo en saltos de 1 dB hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea la mayor posible pero siempre inferior a 32 dB. El valor que tiene la curva de referencia en el tercio de octava de 500 Hz es la magnitud global.

Del mismo modo se calculan el Nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos, L'_{nW} , y el Nivel estandarizado ponderado de la presión sonora de impactos $L'_{nT,W}$.

Nota: Comparativa entre los requisitos establecidos en la NBE-CA 88 y los requisitos establecidos en el CTE.

HR frente a NBE-CA-88. Nivel de impactos de cerramientos horizontales y cubiertas.

NIVEL DE RUIDO DE IMPACTO ENTRE:	NBE-CA-88	CTE
Recinto habitable-Recinto de actividad o instalaciones.	$L_n \leq 80$ dBA	$L'_{nT,W} < 60$ dB
Recinto habitable-Recinto habitable o zona común.	$L_n \leq 80$ dBA	$L'_{nT,W} < 65$ dB

Para ello, es importante mantener la fuente alejada de las zonas críticas, instalar elementos elásticos que aporten amortiguamiento (amortiguadores de caucho, aisladores de caucho-muelle o bancadas flotantes mediante amortiguadores), etc.

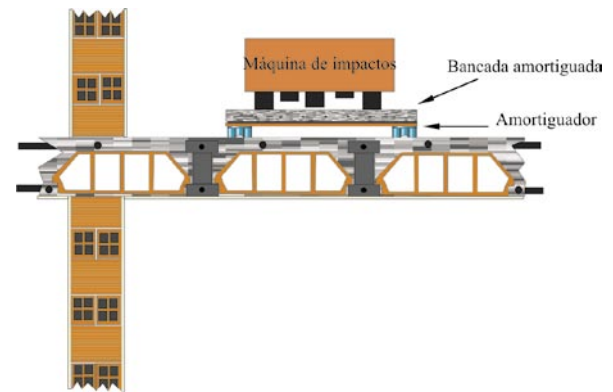


Figura 3.6. Aislamiento a ruido de impacto. Actuación sobre la fuente.

La atenuación a lo largo de la vía de transmisión implica crear discontinuidades estructurales, aplicar amortiguamiento a la estructura mediante aisladores, etc.

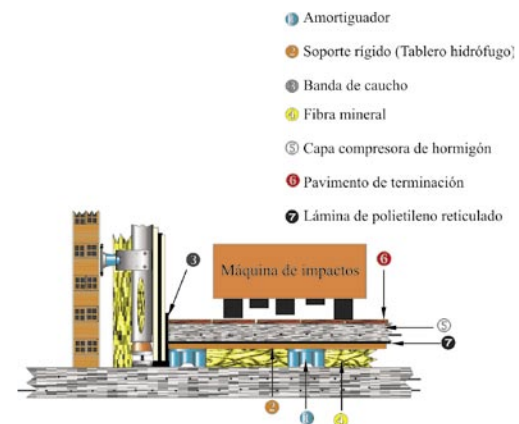


Figura 3.7. Actuación sobre la vía de transmisión: Suelo flotante.

3.4. ESTRATEGIAS DE CONTROL DEL RUIDO DE IMPACTO

Existen varias estrategias de control del ruido de impacto, una sería la actuación sobre la fuente (se trata del método más eficaz).

Para conseguir la máxima mejora en el aislamiento del ruido de impacto a través de la instalación de un suelo flotante, se requiere la no existencia de contacto rígido con los paramentos verticales. Para ello se emplean juntas elásticas.

VIBRACIONES

CAPÍTULO 4

4.1. INTRODUCCIÓN

Por vibración se entiende aquel movimiento oscilatorio de un cuerpo o partícula alrededor de un punto de referencia fijo. Es conveniente establecer la diferencia entre oscilación y vibración.

En la oscilación se produce intercambio de energía cinética y potencial gravitatoria entre las diferentes posiciones del sistema, mientras que en la vibración se tiene energía potencial elástica. Por tanto, la vibración mecánica se produce cuando tiene lugar deformación elástica.

Los efectos que las vibraciones producen sobre las personas pueden llegar a ser nocivos si sobrepasan ciertos límites. Pueden dar lugar a reducción del rendimiento en el desarrollo de tareas, alteraciones de la respiración, mareo, pérdida de sensibilidad, etc. Las propias máquinas que producen las vibraciones se ven afectadas. Sufren desgaste de sus elementos, rotura de piezas, etc.

4.2. TIPOS DE VIBRACIONES

Se distinguen varios tipos de oscilaciones:

Periódicas: los movimientos oscilatorios se repiten al cabo de un tiempo determinado llamado período. Entre ellas se encuentran las sinusoidales que se componen de una única frecuencia (movimiento armónico). También pueden ser complejas formadas por una frecuencia fundamental y sus armónicos.

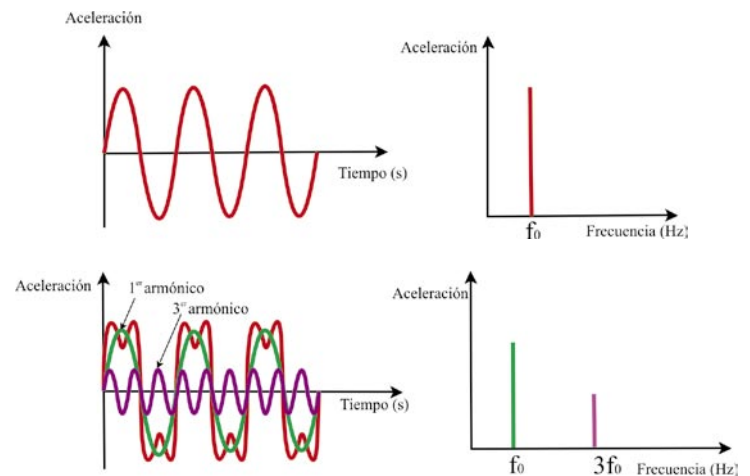


Figura 4.1. Señales periódicas: movimiento armónico simple; frecuencia fundamental y sus armónicos.

Transitorias: Tienen lugar sólo una vez, no se repiten. Tienen un espectro continuo.

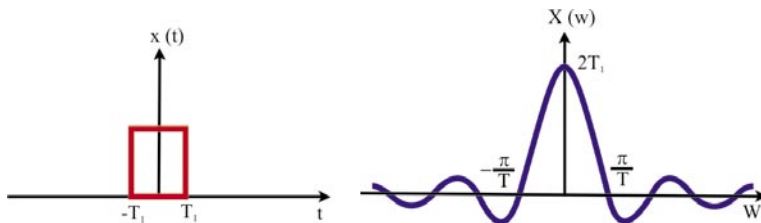


Figura 4.2. Señales transitorias.

Aleatorias: el valor temporal no se puede predecir pero se pueden definir con parámetros estadísticos. Se habla de densidad espectral.

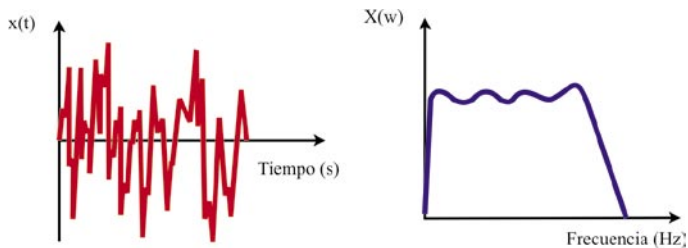


Figura 4.3. Señales aleatorias.

4.3. MAGNITUDES DE LA VIBRACIÓN

Las magnitudes de medida de la vibración son el desplazamiento (d), la velocidad (v) y la aceleración (a), siendo:

$$d(t) = A \operatorname{sen} w t \quad (m) \quad (4.1)$$

$$v(t) = d'(t) = A w \cos w t \quad (m/s) \quad (4.2)$$

$$a(t) = d''(t) = -A w^2 \operatorname{sen} w t \quad (m/s^2) \quad (4.3)$$

donde las amplitudes máximas del desplazamiento, velocidad y aceleración son:

$$\begin{aligned} d &= A \\ v &= A w \\ a &= A w^2 \end{aligned}$$

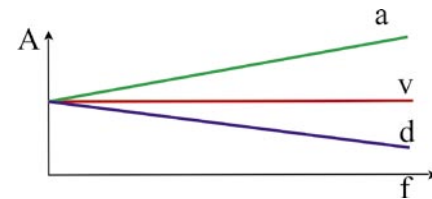


Figura 4.4. Amplitudes máximas del desplazamiento, velocidad y aceleración en función de la frecuencia.

En escala logarítmica se tienen los siguientes niveles cada uno referenciado a un valor determinado:

$$L_a = 10 \log \left(\frac{a}{a_0} \right)^2 \quad (dB) \quad (4.4)$$

donde $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ es la aceleración de referencia.

$$L_v = 10 \log \left(\frac{v}{v_0} \right)^2 \quad (dB) \quad (4.5)$$

donde $v_0 = 10^{-9} \text{ m/s}$ es la velocidad de referencia.

$$L_d = 10 \log \left(\frac{d}{d_0} \right)^2 \quad (dB) \quad (4.6)$$

donde $d_0 = 10^{-12} \text{ m}$ es el desplazamiento de referencia.

Para estudiar el efecto de las vibraciones en las personas, se utiliza la aceleración. Es ésta la que mejor refleja la influencia de las vibraciones sobre las personas. En cambio la velocidad es la magnitud que más afecta a las máquinas.

4.4. VIBRACIONES EN SISTEMAS DE UN GRADO DE LIBERTAD

Los requisitos imprescindibles para tener un sistema vibratorio son la inercia (masa), es el elemento que se puede mover, la rigidez (muelle), es el elemento que tiende a recuperar la situación inicial, y fricción (amortiguador) que es el elemento disipador.

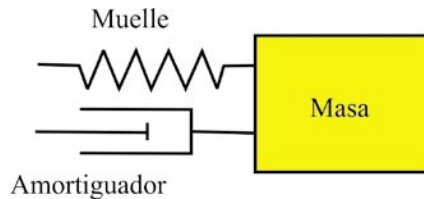


Figura 4.5. Sistema vibratorio (masa, muelle, amortiguador).

Se necesita además, una fuerza externa que actúe sobre el sistema.

Mediante este esquema básico se puede representar cualquier vibración. El número de esquemas básicos que se requieren, está relacionado con el movimiento del sistema a estudiar, es decir, depende de los grados de libertad del sistema.

La ecuación diferencial de segundo orden de los sistemas con un grado de libertad es:

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = F(t) \quad (4.7)$$

donde:

$m \equiv$ masa del sistema (Kg).

$c \equiv$ constante de proporcionalidad (la capacidad de disipación de energía del amortiguador se mueve con la velocidad proporcional a la fuerza, siendo c la constante de proporcionalidad).

$x \equiv$ desplazamiento del sistema respecto a la posición inicial de equilibrio (m).

$k \equiv$ constante elástica del muelle (N/m).

$F(t) \equiv$ fuerza externa (N).

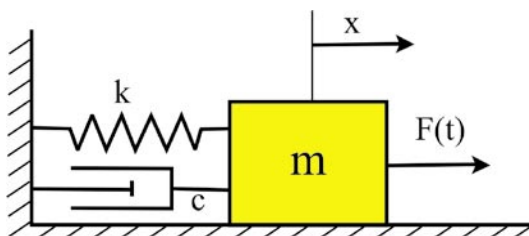


Figura 4.6. Modelo básico de sistemas con un grado de libertad.

Se analizan distintos casos:

4.4.1. Vibraciones libres

Un sistema se encuentra en vibración libre cuando es perturbado de su posición estática de equilibrio y comienza a vibrar sin la excitación de fuerza externa alguna.

En la ecuación diferencial de segundo orden el término $F(t) = 0$.

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = 0 \quad (4.8)$$

Su resolución dependerá de los valores de k y c .

Vibraciones libres no amortiguadas:

La constante de proporcionalidad, c , es cero.

$$m \ddot{x} + k x = 0 \quad (4.9)$$

Si se divide por la masa queda la ecuación:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (4.10)$$

Se define el siguiente parámetro intrínseco como:

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4.11)$$

donde:

$w \equiv$ frecuencia natural del sistema. Su unidad es rad/s . Es la frecuencia a la que oscila de manera natural el sistema.

La solución de la ecuación diferencial es:

$$x = A \text{sen}(w t + \varphi) \quad (4.12)$$

donde:

$A \equiv$ amplitud de oscilación.

$w \equiv$ frecuencia natural.

$\varphi \equiv$ fase.

Nota: El movimiento no se caracteriza por A , sino por su valor rms.

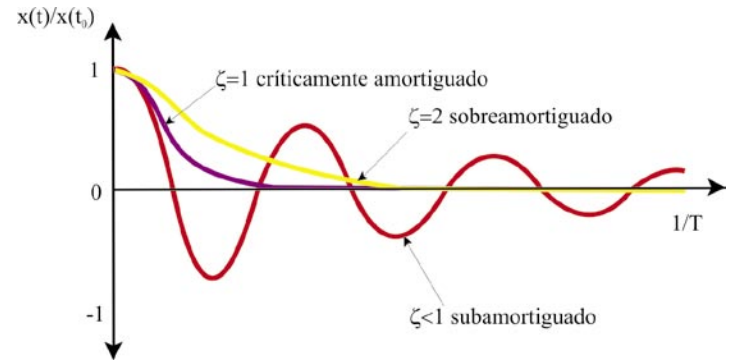
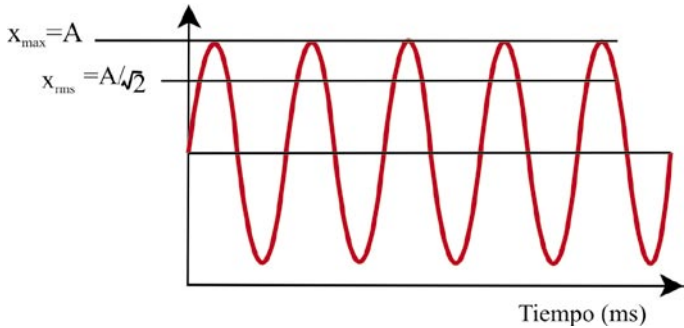


Figura 4.7. Vibración libre de un sistema críticamente amortiguado, sobreamortiguado y subamortiguado.

Vibraciones libres amortiguadas:

La ecuación de movimiento para un sistema lineal amortiguado en vibración libre viene dada por (4.8).

Su solución depende de dos parámetros intrínsecos. La *frecuencia propia* o *natural*, w_0 (es la *frecuencia natural* del sistema cuando no se tiene amortiguamiento), y la *razón de amortiguamiento*, ζ (es adimensional).

$$w_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (\text{rad/s}); \quad \zeta = \frac{c}{2 \sqrt{k m}} \quad (4.13)$$

La solución general contiene una exponencial decreciente que depende del amortiguamiento, por esta razón la amplitud será cada vez menor.

$$x(t) = A e^{-\zeta w_0 t} \text{sen}(w_n t + \varphi) \quad (4.14)$$

donde:

$$w_n = w_0 \sqrt{1 - \zeta^2} \quad (4.15)$$

siendo w_n la *frecuencia natural* de vibración amortiguada (rad/s).

La figura siguiente muestra el movimiento debido a un desplazamiento inicial para tres valores distintos de ζ .

Si $\zeta = 1$ el sistema retorna a su posición de equilibrio sin oscilar, se denomina *sistema con amortiguamiento crítico*.

Si $\zeta > 1$ el sistema no oscila pero retorna a su posición de equilibrio lentamente, se denomina *sistema sobreamortiguado*.

Si $\zeta < 1$ el sistema oscila alrededor de su posición de equilibrio con una amplitud que decrece progresivamente, es el llamado *sistema subamortiguado*.

En la figura (4.7) se ilustra un *sistema subamortiguado* que recibe un desplazamiento inicial ($x(t=0) = 0; \dot{x}(t=0) = v_0$). La amplitud decrece de forma exponencial.

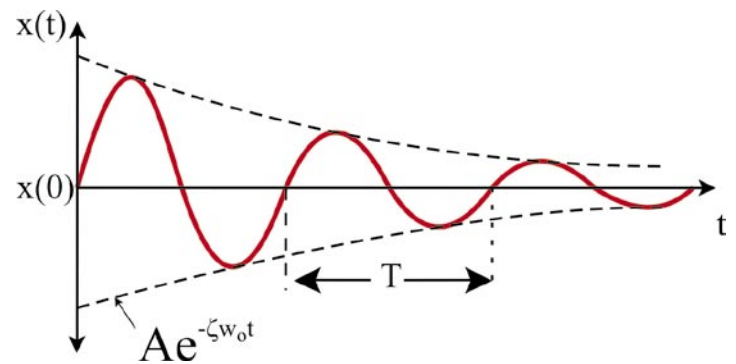


Figura 4.8. Efecto del amortiguamiento en vibración libre.

4.4.2. Vibración forzada armónica

En lugar de introducir la vibración con una condición inicial, caso de la vibración libre, se introduce una fuerza de excitación sinusoidal por ser ésta más común.

$$m \ddot{x} + c \dot{x} + k x = F_0 \text{ sen}(w t) \quad (4.16)$$

donde:

$F_0 \equiv$ amplitud de la fuerza.

$w \equiv$ frecuencia de excitación.

El sistema lineal responde a la misma frecuencia de excitación. Es decir, si se excita a 20 Hz, el sistema vibra a 20 Hz. Lo interesante es conocer con que amplitud responderá.

En general, lo que interesa no es la amplitud de la oscilación en función de la frecuencia, sino cuanto vale esa amplitud dividida por la intensidad de la fuerza (respuesta armónica o respuesta frecuencial). Es decir, respuesta normalizada (*metros/Newton*) en función de la frecuencia.

Se llega a la siguiente respuesta frecuencial del sistema:

$$H(\rho) = \frac{x_0}{F_0} = \frac{1/k}{\sqrt{(1-\rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}} \quad (4.17)$$

donde:

$x_0 \equiv$ amplitud.

$F_0 \equiv$ amplitud de la fuerza de excitación.

$k \equiv$ constante elástica.

$\zeta \equiv$ razón de amortiguamiento.

$\rho \equiv$ razón de frecuencias.

Se define un nuevo parámetro, denominado razón de frecuencias:

$$\rho = \frac{w}{w_0} \quad (4.18)$$

donde:

$w \equiv$ frecuencia excitatriz (*rad/s*).

$w_0 \equiv$ frecuencia propia del sistema (*rad/s*).

Se pueden distinguir varias zonas de comportamiento en función del valor de ρ :

Si $\rho \gg 1$ ($w \gg w_0$): $H(\rho) \rightarrow 0$, el sistema no se mueve (amplitud nula), es decir no va a vibrar. A altas frecuencias no influyen ni la rigidez ni el amortiguamiento, lo que cuenta es la masa.

Si $\rho \ll 1$ ($w \ll w_0$): $H(\rho) \rightarrow 1/k$, la respuesta no depende del amortiguamiento, sino que depende de la rigidez.

Si $\rho = 1$ ($w = w_0$): el sistema responde amplificando. Para ζ muy pequeño o tendiendo a cero, se obtendrá una respuesta infinita en $\rho = 1$. A medida que ζ aumente, la amplificación se atenúa, desplazándose ligeramente la máxima amplificación por debajo de $\rho = 1$.

En esta zona de frecuencias intermedias, el parámetro que más influencia tiene es la razón de amortiguamiento ζ .

Cuando una fuerza se aplica repetidamente a un sistema con la *frecuencia natural* del mismo, el resultado es la aparición de oscilaciones de gran amplitud, este fenómeno se denomina *resonancia*. Y a la *frecuencia natural* del sistema se le denomina *frecuencia de resonancia*.

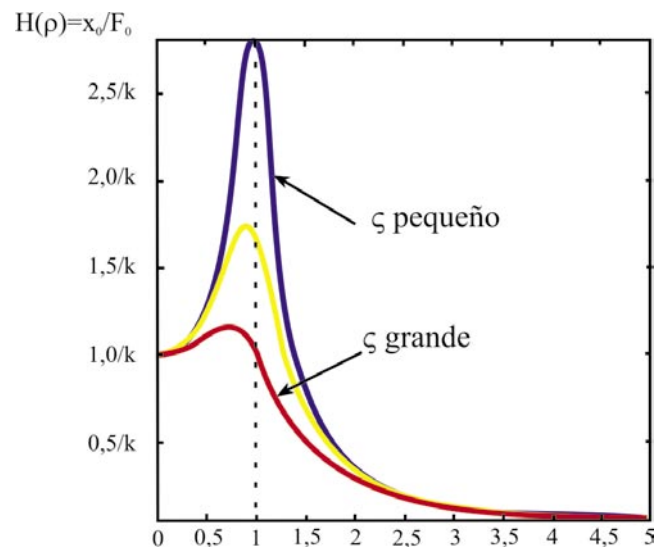


Figura 4.9. Respuesta frecuencial para distintos valores de la razón de amortiguamiento.

4.5. AISLAMIENTO DE VIBRACIONES

La propagación de las vibraciones en los cuerpos sólidos es distinta en las tres direcciones del espacio. La energía vibratoria se propaga a grandes distancias con velocidades muy superiores a las del aire.

Se producen distintos tipos de ondas:

Ondas transversales: se dan en edificios de superficies y espesores de grandes dimensiones. Su velocidad viene dada por:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (4.19)$$

donde:

$G \equiv$ módulo de desplazamiento.

$\rho \equiv$ densidad del material.



Figura 4.10. Ondas transversales.

Ondas de flexión: se trata de ondas transversales y longitudinales superpuestas, por tanto, pueden ser audibles.

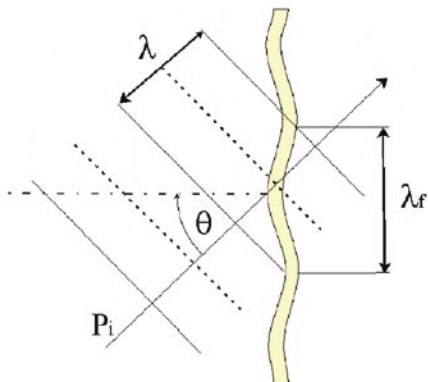


Figura 4.11. Ondas de flexión.

Su velocidad depende de la frecuencia:

$$c = \sqrt{w^4 \cdot \frac{B}{m}} \quad (4.20)$$

donde:

$w \equiv$ frecuencia angular en *rad/s* ($w = 2\pi f$).

$B \equiv$ rigidez.

$m \equiv$ densidad superficial.

A bajas frecuencias y, por tanto, a longitudes de onda grandes, se tiene más energía vibratoria siendo necesario realizar un tratamiento antivibratorio.

Ondas de torsión:

$$c = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (4.21)$$

donde G es el módulo transversal o de cizalladura.

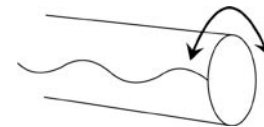


Figura 4.12. Ondas de torsión.

Ondas de densidad: se dan a frecuencias altas:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (4.22)$$

donde K es el módulo de compresión.



Figura 4.13. Ondas de densidad.

También se producen ondas de alargamiento y de Rayleigh.

El aislamiento de las vibraciones que pueda generar un equipo en funcionamiento (máquina) sobre el suelo consiste en interponer un elemento entre ambos para que la fuerza que se transmite al suelo (F_t) sea menor que la fuerza excitatriz que genera la máquina (F_0).

El aislamiento introduce elasticidad y amortiguamiento.

Se define un parámetro que se denomina *factor de transmisión* o *transmisibilidad* de la fuerza, FT , de la siguiente forma:

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{\sqrt{1 + (2\zeta\rho)^2}}{\sqrt{(1 - \rho^2)^2 + (2\zeta\rho)^2}} \quad (4.23)$$

donde:

$\zeta \equiv$ razón de amortiguamiento.

$\rho \equiv$ razón de frecuencias.

Para conseguir aislamiento ($FT < 1$) se ha de diseñar adecuadamente el elemento antivibratorio.

Cuando la fuerza de excitación tenga una frecuencia cercana a la frecuencia propia del sistema, la fuerza transmitida será mayor que la excitatriz ($FT > 1$), se producirá resonancia.

A partir del *factor de transmisión*, se define el *grado de aislamiento vibratorio* en %, G , de la siguiente forma:

$$G = (1 - FT) 100 (\%) \quad (4.24)$$

Ejemplo:

Si $FT = 0,05 \rightarrow FT = 5\% \rightarrow G = 95\%$

De la ecuación (4.23) se deduce lo siguiente:

Si $\rho \gg 1$ ($w \gg w_0$): $FT \rightarrow 0$, el aislamiento de la vibración es total.

Si $\rho \ll 1$ ($w \ll w_0$): $FT \rightarrow 1$, la fuerza transmitida a la estructura no experimenta reducción alguna ($F_t = F_0$). Lo mismo ocurre para $\rho = \sqrt{2}$.

Si $\rho = 1$ ($w = w_0$): Se produce la máxima amplificación de la vibración. Se produce el *fenómeno de resonancia*.

Para diseñar un aislamiento se ha de conseguir que $\rho \gg \sqrt{2}$. Teóricamente, obtener un aislamiento superior al 90% requiere que la *razón de frecuencias* (ρ) sea al menos igual a cuatro. Sin embargo, un diseño erróneo empeorará el aislamiento pudiendo dañar el sistema y la estructura sobre la que se encuentra.

Gráficamente tiene la siguiente forma:

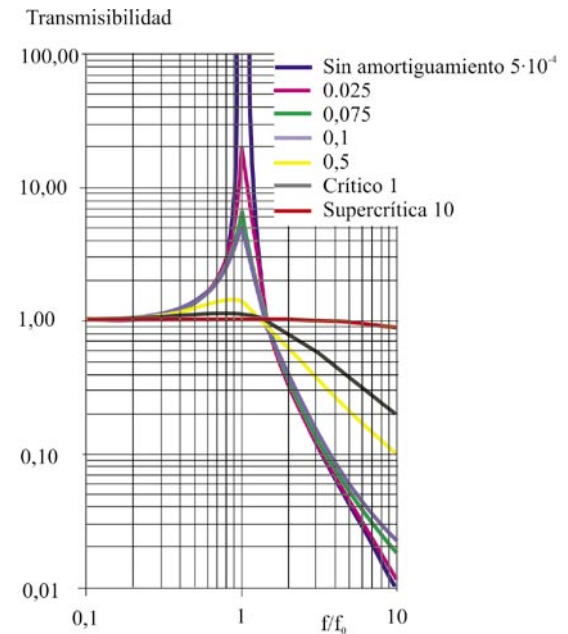


Figura 4.14. Transmisibilidad respecto a razón de frecuencias para diferentes valores de la razón de amortiguamiento.

En el funcionamiento de toda maquinaria existen dos regímenes de trabajo, el transitorio y el estacionario.

En el régimen transitorio, la máquina evoluciona desde el reposo (0 rpm) hasta sus revoluciones de trabajo en su estado estacionario (puesta en marcha) o al revés (parada). Por tanto, el sistema pasa por la zona de resonancia donde se tienen respuestas máximas, es decir, la fuerza es amplificada. Conviene, en este caso, tener un amortiguamiento elevado para evitar picos de resonancia tan pronunciados.

Si la *razón de amortiguamiento*, ζ , es elevada, la amplificación que se

produce para frecuencias cercanas a la *frecuencia de resonancia* del sistema, es menor en el intervalo $0 < \rho < \sqrt{2}$ (mejor aislamiento). Sin embargo, para $\rho > \sqrt{2}$ el aislamiento disminuye al aumentar la *razón de amortiguamiento* ζ .

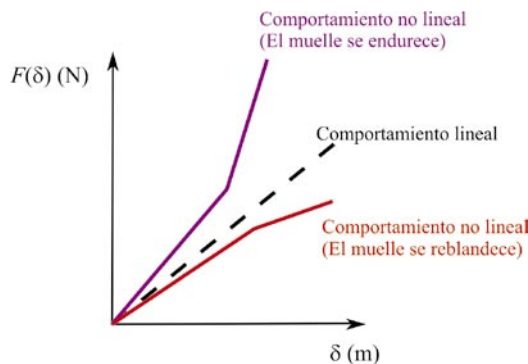
Se trata de buscar un compromiso entre ambos comportamientos del aislamiento según la *razón de amortiguamiento**. En todo caso, las características de funcionamiento de cada maquinaria, determinarán la estrategia a seguir.

* Por esta razón, lo correcto sería emplear antivibradores de muelle y un elemento que aporte amortiguamiento (termo caucho), que además, evite la transmisión de vibraciones de frecuencias audibles a través del muelle de acero.

4.6. ELEMENTOS ANTIVIBRATORIOS

Como elementos antivibratorios se encuentran los resortes o muelles de acero. Se trata de elementos con comportamiento lineal y amortiguamiento despreciable.

Nota: En realidad no existe un muelle lineal, sólo en un pequeño rango de cargas. Hay una carga máxima que si se supera, el muelle pierde sus características elásticas.



Un muelle desarrolla una fuerza proporcional a la deformación que experimenta:

$$F = k \delta \quad (4.25)$$

donde:

F \equiv fuerza del muelle.

k \equiv rigidez.

δ \equiv deformación o deflexión del muelle.

Nota: Para sistemas con comportamiento lineal (muelles de acero) la rigidez dinámica es igual a la estática. Sin embargo, para materiales viscoelásticos, elastómeros (caucho), etc., nunca son iguales, y su comportamiento dinámico sólo se puede determinar mediante ensayo.

En general, los muelles de acero tienen un comportamiento óptimo en el rango de frecuencias comprendido entre 400 y 1500 rpm.

La *frecuencia de resonancia* del muelle+máquina viene dada por la expresión (4.11):

$$w_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

donde:

w_0 \equiv frecuencia de resonancia del sistema (rad/s).

k \equiv rigidez del muelle (N/m).

m \equiv masa del sistema (máquina).

Si para calcular la *frecuencia de resonancia* del sistema no se conocen ni k ni m , se calcula a través de su deflexión estática.

De la ecuación del muelle:

$$m g = K \delta \rightarrow \frac{K}{m} = \frac{g}{\delta}$$

Introduciendo dicho resultado en la expresión (4.11):

$$w_0^2 = \frac{K}{m} \Rightarrow w_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{g}{\delta}} \quad (4.26)$$

$$(w_0 = 2 \pi f) \quad (4.27)$$

Al tener un amortiguamiento despreciable (aproximación: $\zeta \rightarrow 0$), el *factor de transmisión* para un muelle tiene la forma:

$$FT = \frac{F_t}{F_0} = \frac{1}{|1 - \rho^2|} \quad (4.28)$$

Mediante (4.28) se puede estimar el grado de aislamiento vibratorio en % aplicando (4.24):

$$G = (1 - FT)100 (\%)$$

El comportamiento de los muelles depende de cómo estén colocados. Se distinguen los siguientes casos:

Muelles en paralelo:

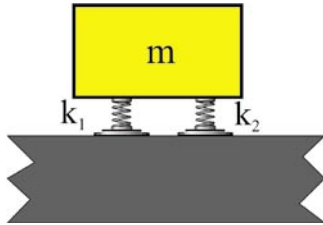


Figura 4.15. Muelles en paralelo.

Ambos muelles tendrán la misma deformación:

$$P = m g = k_1 \delta + k_2 \delta = (k_1 + k_2) \delta = k_{eq} \delta$$

donde $k_{eq} = k_1 + k_2$ y en general para un montaje en paralelo, se cumple:

$$k_{eq} = \sum_{i=1}^n k_i \quad (4.29)$$

Muelles en serie:

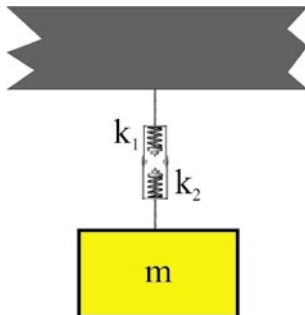


Figura 4.16. Muelles en serie.

Ambos muelles están sometidos a la misma fuerza.

$$P = m g = k_1 \delta_1 = k_2 \delta_2$$

Se cumple además:

$$\delta_1 + \delta_2 = \delta_t$$

$$P = k_{eq} \delta_t$$

Resolviendo las ecuaciones se llega a:

$$\frac{1}{k_{eq}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

y en general:

$$\frac{1}{k_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{k_i} \quad (4.30)$$

Un antivibrador de caucho o termo-caucho transforma la energía vibratoria en energía calorífica debido a su amortiguamiento interno. Tienen un comportamiento óptimo en el régimen de funcionamiento transitorio y, a partir de 1500 rpm, en el régimen estacionario.

REFERENCIAS

- + Departamento de Acústica de Ingeniería i Arquitectura La Salle (URL).
- + ARAU, H.: "ABC de la Acústica Arquitectónica". Grupo editorial Ceac, S.A. 1999.
- + RECUERO, M.: "Acústica Arquitectónica Aplicada". Editorial Paraninfo 1999.
- + Tecniacústica. Terrassa 2005.: "Modelo de predicción de transmisión de ruido en edificios UNE-EN 12354: Precisión, limitaciones e investigaciones en el ámbito de las viviendas en España". LABEIN Centro Tecnológico. Autores varios.
- + Tecniacústica. Gandia 2006: "Planta de Caracterización de Aisladores de Vibración" Vibroacústica C.A. S.L. Autores varios.
- + Acústica 2004. Guimarães- Portugal.: "Transmisión por Flancos: Valoración Mediante el Procedimiento de la Ranura". Autores varios. E.U. Politécnica de Valladolid.
- + Departamento de Teoría do Sinal e Comunicacões. Universidad de Vigo. Curso de Prevención y Control de la Contaminación Acústica.



Antonio Jesús Torres
Master en Acústica Arquitectónica y Medioambiental
Responsable Dpto. Ingeniería
ingenieria@senor.es

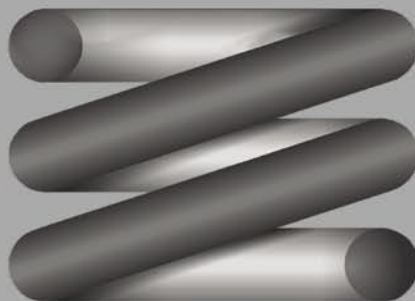
más información en

WWW.SENOR.ES

Teléfono: +34 902 02 45 85

Fax: +34 957 32 51 08

Polígono Industrial El Garrotal
Parcela 10 - Módulo 4 y 5
Apartado de correos 226
14700 Palma del Río (Córdoba)



SEÑOR
SUSENSIONES ELÁSTICAS DEL NORTE

