

FRANCESC DAUMAL I DOMÈNECH
Dr. Arquitecto, Consultor Acústico, Catedrático
de Universidad, DALF, profesor ETSAB (UPC)

Cuando se habla de la rehabilitación de los edificios, todos piensan que nos referimos a cambiar la carpintería o alguna pared interior que aisle mal. Y poca cosa más

En cambio, nos damos cuenta de la existencia de todo un conjunto de acciones acústicas a tener en cuenta, que empiezan por cambios de las escalas usuales en los proyectos de arquitectura, es decir desde la escala 1:500 hasta la 1:50, donde hay que estudiar las voces exteriores del edificio, las voces interiores, así como los interventores.

Habrá que tener en cuenta distintos temas como la importancia de la piel fuerte o de los métodos para aislamiento en los espacios o en los intersticios exteriores del edificio.

A la vez, se deben afrontar las diferentes tipologías de edificaciones a restaurar, evaluar si los cambios provienen de variar la disposición de funciones y cerramientos, o si también debe cambiarse la estructura.

Por todo ello es necesaria la zonificación de funciones aislantes, silenciosas y ruidosas dentro del edificio.

Aquí también interesa ver como podemos disponer las funciones perimetrales e interiores a fin de aprovechar los sonidos positivos procedentes tanto del exterior como del interior del propio edificio.

Por lo que se refiere al sonido aéreo, se analizan los diferentes focos de sonido y ruido exterior e interior, así como sus vías de propagación por la arquitectura y la forma en que esta recibe este mensaje por los receptores y usuarios.

Pero también entramos en la forma de disponer la rehabilitación de las instalaciones del edificio y el necesario acondicionamiento de las zonas comunes.

1. La audición de la escala 1:500 a la escala 1:50

La rehabilitación de los elementos que integran el paisaje, el urbanismo, la arquitectura y el interiorismo, es un tema en el cual hay que ir pasando por las diferentes escalas.

En las primeras escalas del edificio a 1:500, debe replantearse la integración del edificio con la ciudad y el territorio que lo rodea. Por eso, la piel de este edificio y su perímetro coge ahora un gran compromiso en las tareas de intercambio acústico en aquellos casos en que los sonidos positivos o negativos sean significativos.

Poco a poco vamos entrando en el interior del edificio con las escalas 1:200 y 1:100, en las cuales ya estudiamos aquellos compromisos de las distribuciones interiores, como las agrupaciones de los servicios, etc., que hacen factible que las funciones que producen ruido dentro del edificio empiecen a integrarse y agruparse para aislarse del resto.

De alguna manera hemos superado estas fases del ruido exterior y podemos llegar a los itinerarios y conducciones de sonidos importantes en el interior. Esto significa ciertos tratamientos de llevar o aislar el sonido de un lugar a otro.

1.1 Las voces exteriores

El territorio que rodea el edificio, y la propia ciudad, presenta un conjunto de voces exteriores al edificio, que no le son indiferentes.

Estas voces se traducen en los siguientes campos:

A. Sonidos negativos

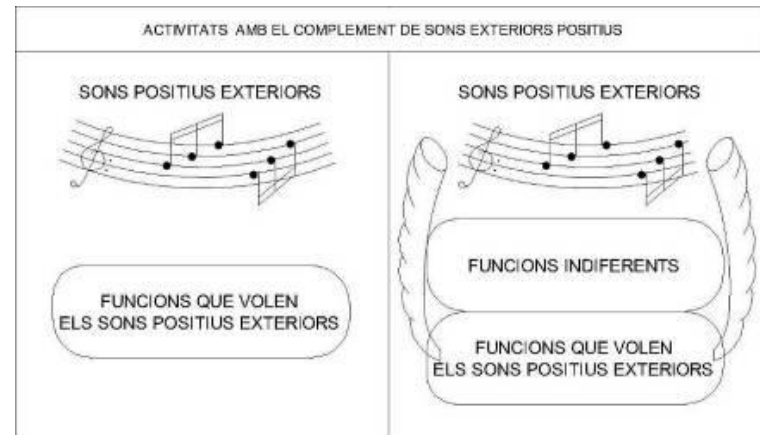
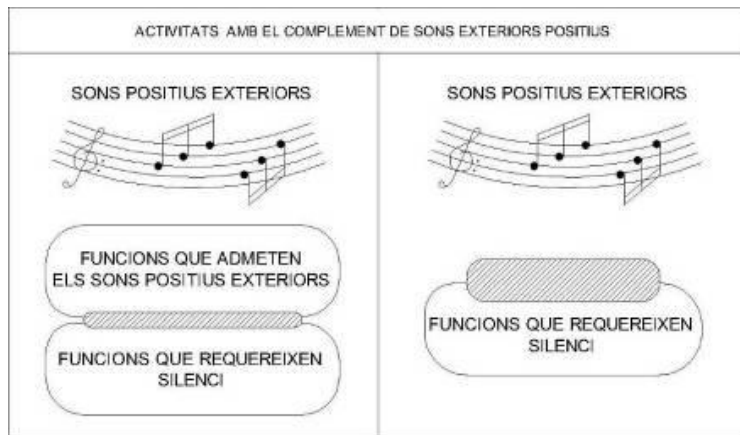
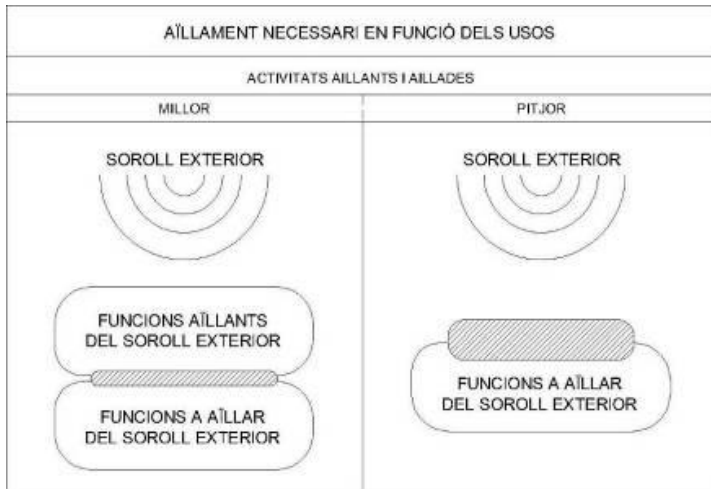
De los cuales el edificio deberá preservarse. Estos sonidos negativos no lo son para todos, pero si observamos lo que en una estadística elevada nos dicen los diferentes habitantes del edificio, entendemos que es importante que muchos de estos sonidos sean tratados para de reducir su impacto ambiental sonoro.

Nos referimos a ellos como **ruidos**. El edificio se tiene que aislar mediante los sistemas de cerramiento y también mediante los sistemas de filtrado en los espacios entre el edificio y estos focos sonoros.

B. Sonidos positivos

Pero otras veces las voces exteriores no son consideradas negativas. En muchos casos los **sonidos preexistentes y simbólicos** del paisaje o de la ciudad, no son clasificados como ruidos. Deberíamos preguntarnos si en la rehabilitación del edificio debemos preocuparnos por dejarlos pasar de la misma manera que nos hemos preocupado por filtrar y eliminar los sonidos considerados como negativos.

Caso que sea evidente que se tienen que dejar pasar estos sonidos simbólicos, nuestro interés será ver si el edificio se puede acomodar a la rehabilitación acústica de acuerdo con estos factores. Quizás podamos plantearnos que las zonas receptoras de sonidos vayan a disponerse en las proximidades de estos focos sonoros positivos mientras que las actividades que se deben preservar de los ruidos, no se ubiquen cerca de los lugares de ataque de los ruidos exteriores.



1.2 Las voces interiores

Ahora nos toca ver si las voces que se producen en el interior del edificio, interesan o no que se distribuyan dentro del propio edificio y a su vez, si pueden afectar de una forma positiva o negativa al exterior.

Es decir, se trata de considerar la influencia sobre el vecindario de algunas actividades que se desarrollan dentro del edificio, y también de las máquinas o equipos instalados, así como las voces de los propios vecinos.

De forma análoga a las voces exteriores, en este caso también existen dos categorías; la de los sonidos positivos (por lo tanto aquellos que nos pueden interesar que se puedan transmitir de un lugar a otro del edificio) y a la vez la de los sonidos negativos, de los cuales es obvio que nos deberemos preservar el máximo posible.

En la rehabilitación de nuestro edificio podemos disponer ciertos elementos que generen sonidos agradables o simbólicos, tales como manantiales de agua, vegetación interior movida por el aire, presencia de ciertos animales, arte sonoro o alguna realización en la cual existen sonidos positivos creados en los halls y espacios de relación interior del edificio.

En los *Halls* de los grandes hoteles y en los *Malls* de los grandes centros comerciales, se acostumbra a convenir la presencia de un sonido de fondo “diseñado” a fin de enmascarar los sonidos creados por los usuarios.

Ya vemos que el sonido positivo, en el caso de sonidos interiores, es mucho más complejo que no el de los sonidos negativos.

En el caso de los sonidos negativos queda muy clara la intención de todos de buscar una solución. Una solución que posibilite que no perturben o que no se transmitan a las funciones adyacentes. **Se trata solo de aislar.**

1.3 Las intervenciones

Las intervenciones son las maneras que tenemos para afrontar la rehabilitación acústica al edificio para estos sonidos exteriores e interiores.

Dentro de las primeras tenemos el planteo de la **rehabilitación integral**; de si merece la pena cambiar toda la distribución interior del edificio, y volver a empezar como si fuese un edificio de nueva planta.

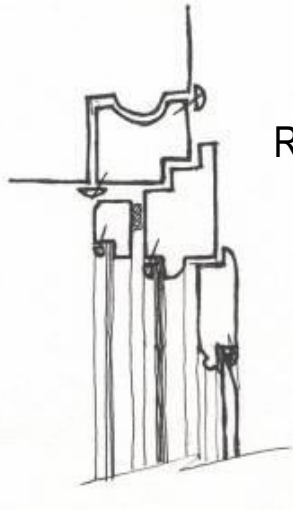
En este caso podemos esperar algún éxito parcial, pero es necesario tener claro que éste éxito no será del 100%. No podemos dar unas garantías absolutas aunque hagamos una rehabilitación integral. Y eso no siempre es factible.

Ejemplo de rehabilitación integral



Y cuando no podemos comenzar de cero, la problemática es muy diferente, porqué la intervención puede llegar al otro extremo; al minimalismo, consistente en tocar el mínimo posible.

Nos referimos a las soluciones de trasdosados, duplicado de ventanas manteniendo la existente, etc. Es decir, soluciones realmente muy blandas, incluso algunas de ellas de bricolaje .



Rehabilitación acústica minimalista

Doble ventana de la Casa Barcelona



2. Tipologías de las edificaciones a restaurar

Es necesario distinguir las necesidades de la rehabilitación acústica de acuerdo con el hecho que esta se basa en cambios de actividades o usos, o bien en que tengamos que afrontar cambios en los elementos estructurales.

2.1 Cambios funcionales

En lo relativo a la tipología de los edificios, la restauración acústica no trata las diferentes **actividades o usos** de la misma manera.

2.2 Cambios estructurales

Otro caso es el del edificio que presenta unas **dificultades estructurales** determinadas y que le obliguen en el proceso de rehabilitación a afectar la estructura.

2.3 Prospección

Si todo eso hace falta tenerlo muy en cuenta, seguramente el arquitecto y el técnico que ha de opinar en algún momento sobre la adquisición por parte de una propiedad de cierto tipo de edificio, ha de prever las posibilidades reales que presenta este edificio para ser rehabilitado de forma suficientemente efectiva desde el punto de vista acústico.

La única forma de saberlo con ciertas garantías, consiste en hacer un buen levantamiento de planos reales, hacer una prospección muy exhaustiva con diferentes catas para examinar los materiales y sistemas constructivos con los que se han hecho los cimientos, las estructuras de paredes, pilares y forjados, las cubiertas y los cerramientos y finalmente realizar los precálculos acústicos necesarios. Pero todo esto no siempre es factible antes de comprar un edificio, porque no todo el mundo deja hacer este examen de forma completa.

Cuando no sabemos responder a estas preguntas, entonces nos queda un margen de duda superior al 20% que obliga a bajar nuestras garantías acústicas.

3. La planificación acústica: zonificación

Si en el edificio se prevé con suficiente anticipación una buena distribución topológica de funciones, es decir, lo que denominamos morfología y zonificación, se pueden obtener unos beneficios acústicos verdaderamente importantes.

Existe un compromiso acústico entre el *como* se disponen las diferentes funciones del edificio dentro del mismo, con la manera en *que* después serán tratadas las separaciones entre estas zonas. La conjunción entre las dos partes sin duda es importante a fin que el edificio tenga un buen comportamiento acústico interior.

Si no pensamos en la mejor distribución de las funciones dentro del edificio, de forma que unas aíslen las otras, nos será mucho más difícil confiar este aislamiento solamente en sus cerramientos.

Además, debemos pensar que la distribución topológica de funciones también tenga en cuenta aquellas voces exteriores. Por lo tanto quizás la arquitectura debería abrir entradas para los sonidos exteriores, que consideramos importantes e interesantes a fin de hacerlos acceder al interior del edificio, y en cambio verter las funciones que requieran más silencio hacia áreas protegidas del ruido.

Basarse en una clasificación acústica de las diferentes funciones que se realizan en el edificio, significa diferenciar aquellas funciones que requieren silencio respecto las que les es indiferente.

Estas últimas las situaremos en las fachadas, en lugares donde puedan existir problemas de ruido exterior. A su vez aquellas funciones que requieran silencio, intentaremos ver si a la rehabilitación del edificio se pueden disponer alrededor de patios interiores donde situar estas funciones (aisladas de las periferias más ruidosas).

4. Cirugía acústica

Cuando hablamos de cirugía acústica, nos estamos refiriendo al caso más grave en el que la única intervención desde el punto de vista de rehabilitación acústica es abrir y extirpar el mal.

Nos encontramos con casos en los cuales los edificios no han sido originalmente bien aislados desde el punto de vista acústico, ni tan siquiera por las funciones que se debían desarrollar. Ya no estamos hablando de una rehabilitación por cambio de uso sino que estamos hablando que hace falta intervenir quirúrgicamente el edificio, ya que la intervención constructiva o la rehabilitación anterior no fue suficientemente potente o bien se realizó con deficiencias desde el punto de vista acústico (conflictos de puesta en obra, encuentros deficientes de materiales, mala elección de sistemas de ejecución constructiva, etc.).

Este es el caso peor para el acústico; cuando debe intervenir urgentemente justo después de otra realización, debido al escaso rendimiento acústico. En este caso no queda otra opción que ponerse a descubrir el origen de los escapes de este aislamiento, ya que la solución adoptada puede parecer en inicio suficientemente correcta. A partir de un estudio muy exhaustivo, ya se puede hacer la intervención necesaria.

5. Focos, vías de propagación y receptores

Este es un campo en el cual podemos decir mucho del edificio.

5.1 El emisor

A. Foco positivo

En el momento de rehabilitar debemos pensar que la rehabilitación quiere decir que ahora tenemos que intentar, no solamente aislar el edificio de los ruidos exteriores, sino también de **abrir aislamientos y tirar las pantallas** que ofrecía hacia algunas orientaciones de la ciudad o hacía unos lugares interesantes de su exterior.

La rehabilitación de las fachadas del edificio para poder dejar entrar sonidos interesantes de la ciudad o del territorio quiere decir compaginarlo con los sonidos no interesantes de este territorio. Siempre que los ruidos sean en aquellas fachadas o en aquellas direcciones (una fachada significa una dirección espacial) nos encontraremos con dificultades para **escuchar y aislar** a la vez.

5.1 El emisor

B. Focos negativos

Por lo tanto, a pesar de que el emisor puede ser un emisor interesante, a menudo, o casi siempre, nos aporta una información que consideramos que no es positiva. En este caso, cuando no es positiva, no nos queda más solución que aislarnos.

También podemos utilizar otras soluciones como el apantallamiento del exterior. En lugar de poner mucho más aislamiento en una dirección concreta, lo que hacemos es que el edificio nos presente una piel menos gruesa a las direcciones donde interese que entre el sonido positivo. Pero si el sonido es negativo, quizás en lugar de tratar fachadas y mejorar aislamientos lo que podemos hacer es girar al edificio.

Al dar la espalda, (con el acto de girarse o de apantallarse) el propio edificio esta actuando como barrera ya desde su origen, desde el momento en que tenemos alguna dirección negativa exterior. No siempre podemos hacer esto. Pero es una actitud.

5.1 El emisor (cont.)

C. Focos exteriores

El emisor exterior podemos decir que no tiene nombre. Es **anónimo** aquel vehículo que pasa, aquel autobús, incluso aquella moto. A veces lo podemos conocer, pero salvo casos muy particulares entre vecinos, poblaciones pequeñas, etc., de alguna forma podríamos decir que es bastante anónimo.

5.1 El emisor (cont.)

D. Focos interiores

Mientras, el emisor dentro del edificio casi siempre tiene nombre y apellidos, es decir, sabemos de donde proviene el ruido, sabemos **quien lo genera**, incluso sabemos quien vive en aquel piso.

Esto quiere decir un comportamiento del emisor y del receptor muy diferente. El usuario que recibe un ruido interpreta la molestia de una forma radicalmente opuesta cuando desconoce o cuando conoce la persona que ha generado este ruido.

Es decir; el mismo nivel que podríamos encontrar con un sonómetro midiendo en un caso o en otro, no nos proporciona la misma molestia. Siempre hay esta **carga subjetiva** de quien es el emisor del ruido.

Patio y ascensor antiguo en el rellano.



5.2 Mejora de los aislamientos exteriores

La mejora de los cerramientos exteriores está en dos elementos, uno es el cerramiento acristalado y el otro es el cerramiento de la parte ciega. Como veremos después, prácticamente éste último casi siempre cumple las características de buena calidad acústica.

Cuando queremos rehabilitar el aislamiento acústico de la fachada, nos debemos basar prácticamente en la problemática de la parte vidriada. En efecto, es justamente en este sector donde podemos disponer de muy poca protección, porque la eficacia de los cerramientos vidriados tanto por lo que se refiere a las carpinterías como los acristalamientos no son realmente espectaculares.

5.2 Mejora de los aislamientos exteriores (cont.)

Cerramientos acristalados

En primer lugar, debemos comprobar si la carpintería es apta para la restauración.

Una solución posible es añadir un **nuevo marco** o un nuevo bastidor dentro y unas **nuevas hojas** añadidas a las preexistentes, manteniendo la misma estética, y disposición de manera de abrir.

Otro tema es el de los **crisales**.

Podemos mejorar el cristal? Podemos poner un vidrio más grueso? Podemos poner algún vidrio incluso con la capa de butiral intermedia? Podemos poner algún vidrio tipo doble con cámara intermedia? Todo esto son preguntas que nos tenemos que ir haciendo, y que dependen de la carpintería.

5.2 Mejoras de los aislamientos exteriores (cont.)

Cerramientos acristalados(cont.)

El sistema de doble ventana, debe compaginar la cámara intermedia. Ahora hemos de mirar que se pueda abrir alguna de las hojas, para poder limpiar este espacio de posibles condensaciones, polvo, etc., a fin de obtener la visibilidad en los cristales.

La otra solución, es separarse mucha de la primitiva ventana o balconera y generar una nueva, prácticamente al exterior, casi alineada ya con la fachada. Con esto hemos ganado unos 20 cm.

Es muy difícil en estos casos llevar la solución antigua más la nueva a ensayo.

Siempre nos queda tratar con absorbentes la parte de debajo de los balcones y los laterales de puertas y ventanas. Este es uno de los temas importantes cuando hablamos de la mejora de aislamientos exteriores por lo que hace referencia a las carpinterías y partes acristaladas.



Ventana doblada en Burdeos



Doble ventana (independiente) con cámara de aire, en el Centro Cívico de Navarcles.



Galería en Santiago de Compostela



Autarquía en la rehabilitación acústica de ventanas y balconeras



Doble ventana interior en el Hotel Capitol en la Gran Vía de Madrid



Fachada con rehabilitación unificada.

5.2 Mejora de los aislamientos exteriores (cont.)

Cerramiento ciego

En cuando a la mejora de aislamientos exteriores de las **partes ciegas**, quizás la única solución que tenemos actualmente es el trasdosado.

Con el **trasdosado**, cuanto más importancia acústica presenta la pared de soporte menos eficiente es el resultado de este trasdosado. Es decir, conseguimos menos decibelios per euro gastado. En cambio, si la pared es una pared delgada, o con muy poco aislamiento acústico, vale la pena invertir en esta parte de la fachada.

5.2 Mejoras de los aislamientos exteriores (cont.)

El aislamiento global

Siempre debemos pensar en el más débil, sobretodo cuando componemos parte ciega y parte acristalada. Casi siempre es más débil la fachada vidriada y las carpinterías que no la pared.

En el caso del territorio español, el cumplimiento de la norma acústica NBE/CA-88 hace referencia a los 30 dB de aislamiento global (entre parte acristalada y parte ciega). Lo que interesa es hacer precisamente que los dos estén en equilibrio. Si no es así, no conseguimos una gran mejora de aislamiento.

Nos podemos basar en la fórmula ponderada para poder obtener la contribución del **aislamiento global a_g** . Pensemos que en esta media ponderada hay una contribución entre cada aislamiento i cada superficie. Cuanta más superficie queramos de parte acristalada, (con el objetivo que entre más luz, sol, vistas, etc.) más aislamiento acústico ha de tener esta parte acristalada. No hace falta confiar entonces en la parte ciega porque la parte ciega tendrá una floja contribución que no nos ayudará a cumplir con el aislamiento global.

Cálculos con a_g

La obtención del aislamiento acústico necesario para la parte acristalada se hace en relación con el aislamiento global de la fachada (de 30dBA, exigido por l'NBE-CA-88 para el dormitorio), conocidas las superficies de ventana y partes ciegas y el aislamiento de la parte ciega.

Si consideramos una pared de 30 cm formada por gero de 15 cm, cámara de aire y un tabique cerámico con acabado de yeso, nos da, en función de sus elementos, un aislamiento de la parte ciega de 49 dBA. Si estos 15 cm de los tochos no son macizos sino perforados, resultan 47 dBA, y si el cerramiento ciego es vacío, solamente nos proporciona 41 dBA.

Como hacemos el proceso a la inversa, miramos, con estos 41, 47 o 49 dBA de pared, que aislamiento debemos exigir a la parte vidriada para que resulten los 30 dBA de aislamiento global exigido per la norma.

Cálculos con a_g (cont.)

Con la obertura mínima sólo del 20% nos sale de 23 dBA y, en el caso que todo sea vidriado, obviamente ha de ser igual al aislamiento global de 30 dBA.

¿Que es una ventana de 23 dBA? Pues una ventana con juntas, con un cristal de 4 mm. Es decir una ventana mala, pero que no es como la de carpintería inferior a la clase A2.

Al hacer $f = 0,2$ nos deben salir siempre los 23 dBA, tanto para el caso de los aislamientos de pared de 41 como de 49 dBA en la parte ciega. Pero esto se mantiene constante, es decir, que con un factor de abertura mayor siempre obtenemos un aislamiento de ventana independiente de la pared ciega.

Ya vemos que lo importante en el diseño de la fachada es actuar en la parte acristalada.

$$\alpha = 10 \log \frac{1}{Z} \Rightarrow Z = \frac{1}{10^{\alpha/10}} \left. \vphantom{\alpha} \right\} \Rightarrow$$

$$Z_g = \frac{Z_c \cdot S_c + S_v \cdot S_v}{S_c + S_v}$$

$$A_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{A_c/10}} + \frac{S_v}{10^{A_v/10}}} \Rightarrow$$

$$A_v = 10 \log \frac{S_v}{\frac{S_c + S_v}{10^{A_g/10}} - \frac{S_c}{10^{A_c/10}}} \Rightarrow$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Per } A_g = 30 \text{ dB} \\ \text{Fent } S_c + S_v = 1 \\ \quad S_v = f \end{array} \right\} S_c + 1 - f \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Per } A_g = 30 \text{ dB} \\ \text{Fent } S_c + S_v = 1 \\ \quad S_v = f \end{array}} \right\} \Rightarrow$$

Aislamiento acústico de la parte acristalada

$$A_v = 10 \log \frac{f}{\frac{1}{10^3} - \frac{1-f}{10^{A_c/10}}}$$

Segons NBE-CA/88



buit $A_c=41$
perforat $A_c=47$
massís $A_c=49$

f \ Ac	41	47	49
1	30	30	30
0,8	29	29	29
0,6	28	28	28
0,4	26	26	26
0,2	23	23	23

Los aislamientos necesarios para la parte acristalada casi no dependen de la mejora del aislamiento de la parte ciega.

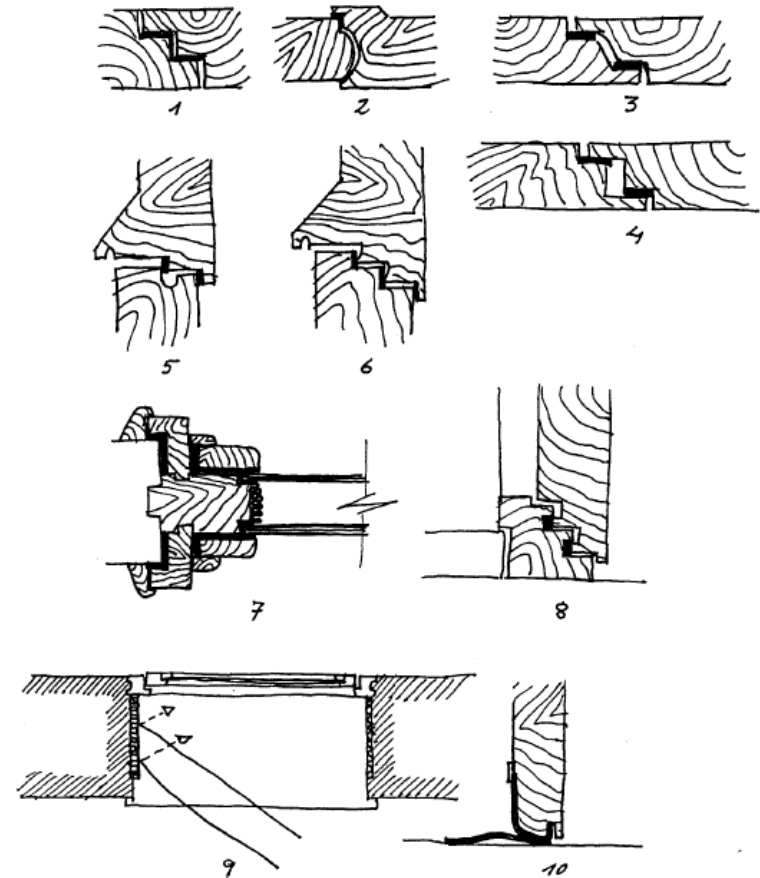
Aïllament en dBA segons	A	B
Oberta	5 – 10	10
Entreoberta	11 – 18	-
Normal sense juntes	20	20
Amb juntes		
Vidre de 4 mm	25	20 – 25
Vidre de 6 mm	29	
Vidre de 8 mm	31	25 – 30
Vidre de 10 mm	32	
Vidre de 19 mm	36	30 – 35
Doble vidre		
6 – 12 – 6	30	30 – 35
6 – 45 – 4	36	
Amb cambra d'aire		
100 – 200	-	35 – 40
Doble finestra		
8 – 16 – 10	47	40 – 45
8 – 19 – 8	52	

Valor del aïllament real de las ventanas según diferentes autores (A y B)

Tipo de acristalamiento	Espesor en mm	Masa unitaria en kg/m ²	Clase de carpintería	Aislamiento acústico R en dBA
Sencillo	4	10	A-2 A-3	23 28
	5	13	A-2 A-3	24 29
	6	15	A-2 A-3	25 30
	8	20	A-2 A-3	27 32
	10	25	A-2 A-3	28 33
	15	37	A-2 A-3	30 35
Doble (con cámara de espesor > 15 mm)	4 + 4	20	A-2 A-3	27 32
	6 + 6	30	A-2 A-3	29 34
	10 + 5	37	A-2	30
			A-3	35
Aislamiento acústico R en dBA				
Tipo de acristalamiento	Espesor en mm	Masa unitaria en kg/m ²	Clase de carpintería	Aislamiento acústico R en dBA
Laminar (varias hojas adheridas)	3 + 3	15	A-2 A-3	28 33
	5 + 4	22	A-2	30
			A-3	35
	6 + 4	25	A-2	31
			A-3	36
	3 + 6 + 3	30	A-2	32
			A-3	37
	6 + 6 + 6	45	A-2 A-3	34 38
6 + 6 + 6 + 6	60	A-2 A-3	36 41	

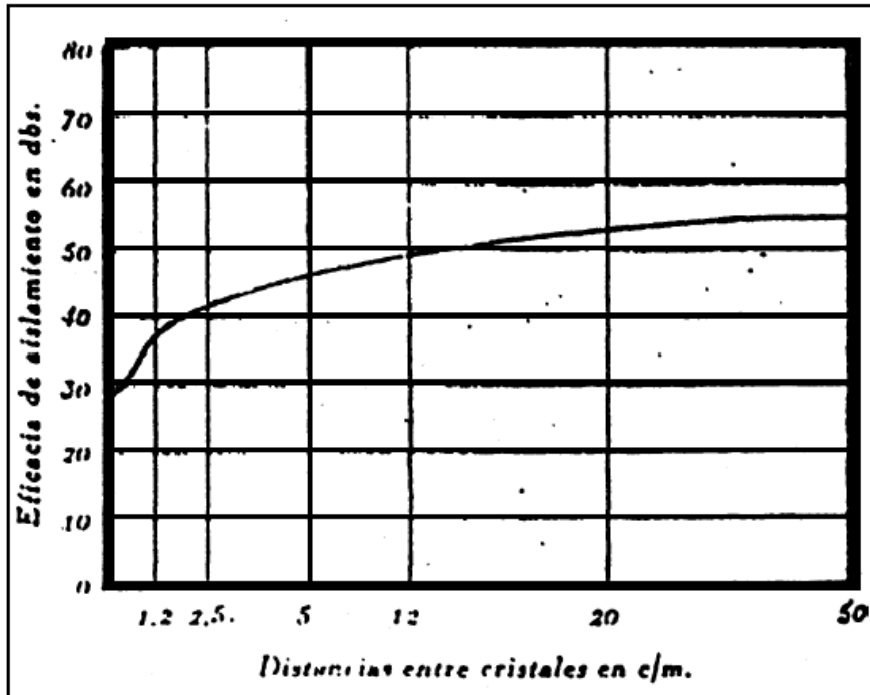
Normativa sobre ventanas según la NBE/CA-88

Productos	Espesor total mm.	Peso, Kg/m ²	Índice de atenuación acústica							
			Valores medios dB						Valores globales dB (A)	
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	ruido rosa	ruido tráfico
Vidrio monolítico										
Recocido	3	7,5	18	22	24,5	30,5	33,5	25	26	26
Templado	4	10	20	24,5	25,5	31,5	32	25,5	27	27,5
Incoloro	5	12,5	20	26	28	33,5	30,5	28,5	29	29
Color	6	15	21	27	28,5	34	28,5	30,5	29	29
Reflectante	8	20	24	28,5	31,5	34,5	29	34,5	31,5	31
	10	25	25,5	30,5	33	33	31	36,5	32,5	31,5
	15	37,5	28	32,5	34,5	32,5	36	41,5	35	33
Vidrio aislante CLIMALIT (Cámara de 12 mm.)										
4+4	20	21	23	18	24	32	34	33	31	28
6+6	24	31	26	23	29	34	32	40	33	30
10+5	27	37,5	23	24	28	33	38	43	35	32
Vidrio aislante CLIMALIT (Cámara de 12 mm.)										
3+3	6	15	22	27,5	30,5	34	32	37	32,5	31
5+4 (acústico)	9	22,5	25,5	30	33	35,5	36	43,5	35,5	33,5
6+4	10	25	25	29,5	32,5	34,5	36	46	35	32,5
6+6+6	18	45	27	35	35,5	36,5	43,5	51	39	36

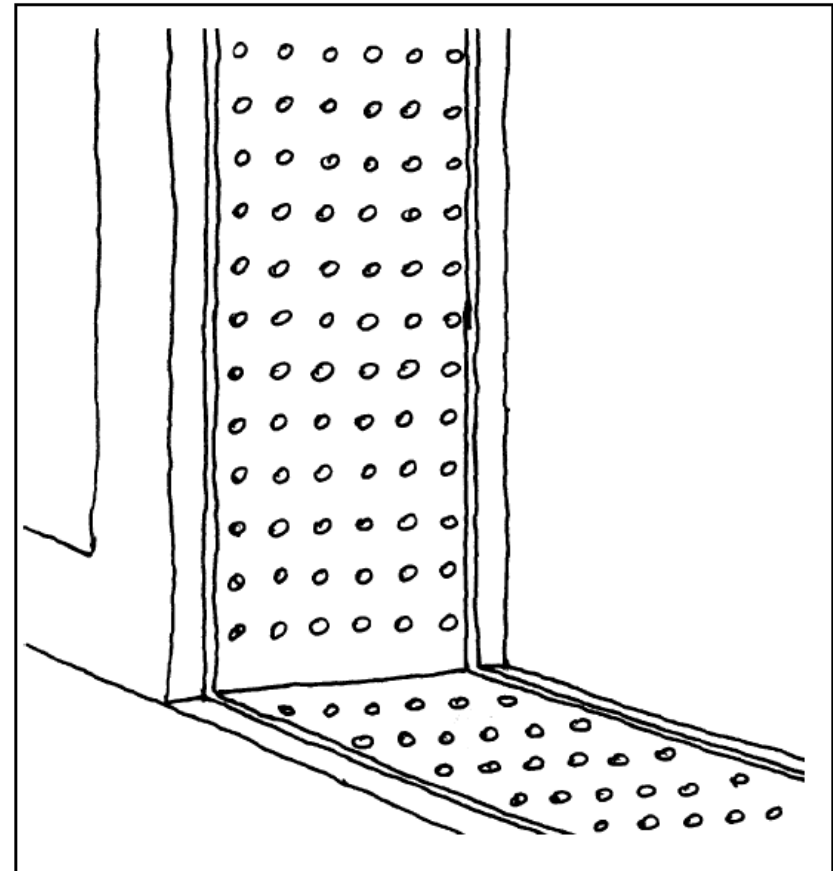


Varias soluciones de laberinto, bandas de neopreno, doble vidrio, absorción lateral, etc., en ventanas y puertas.

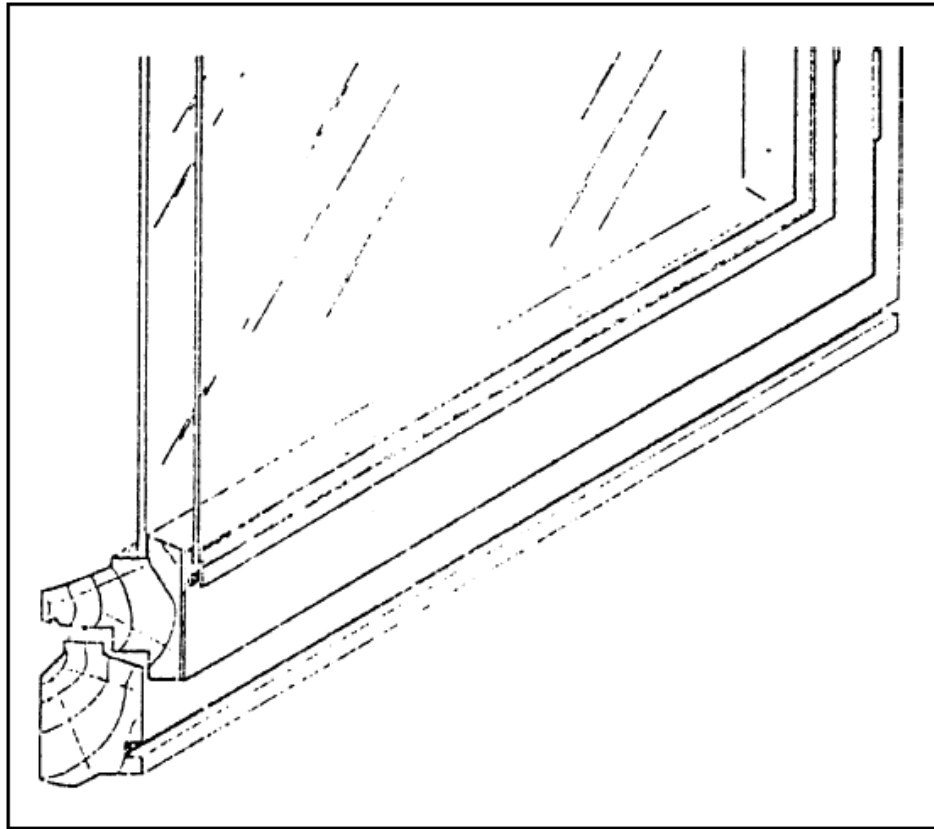
Aislamiento del vidrio. Cristalería Española, S.A



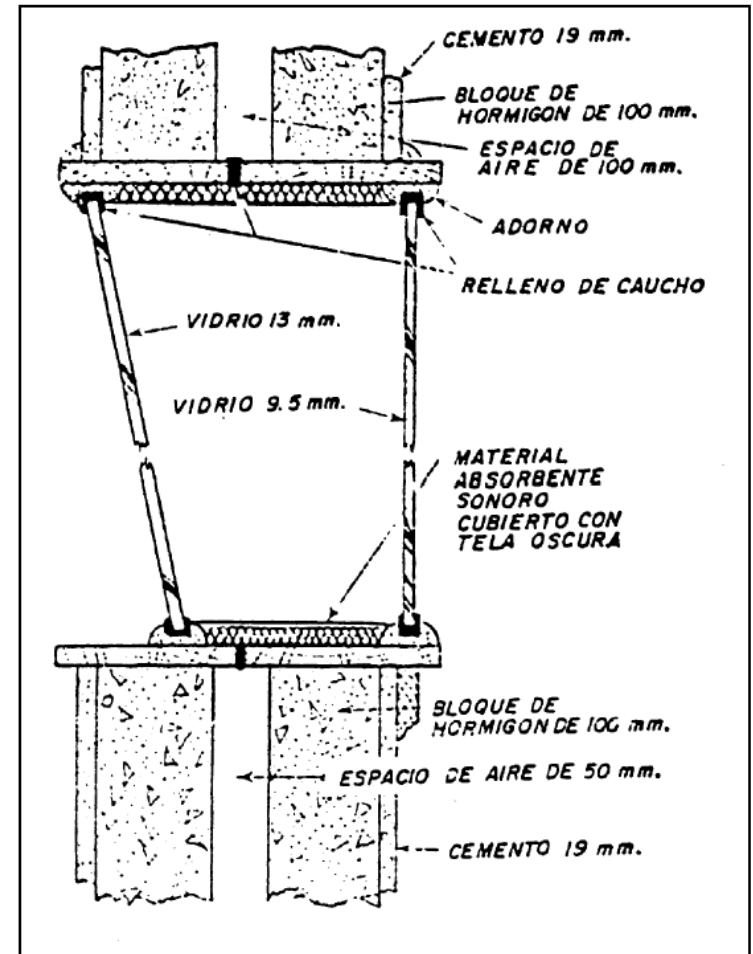
Aislamiento de la cámara de aire entre dos vidrios



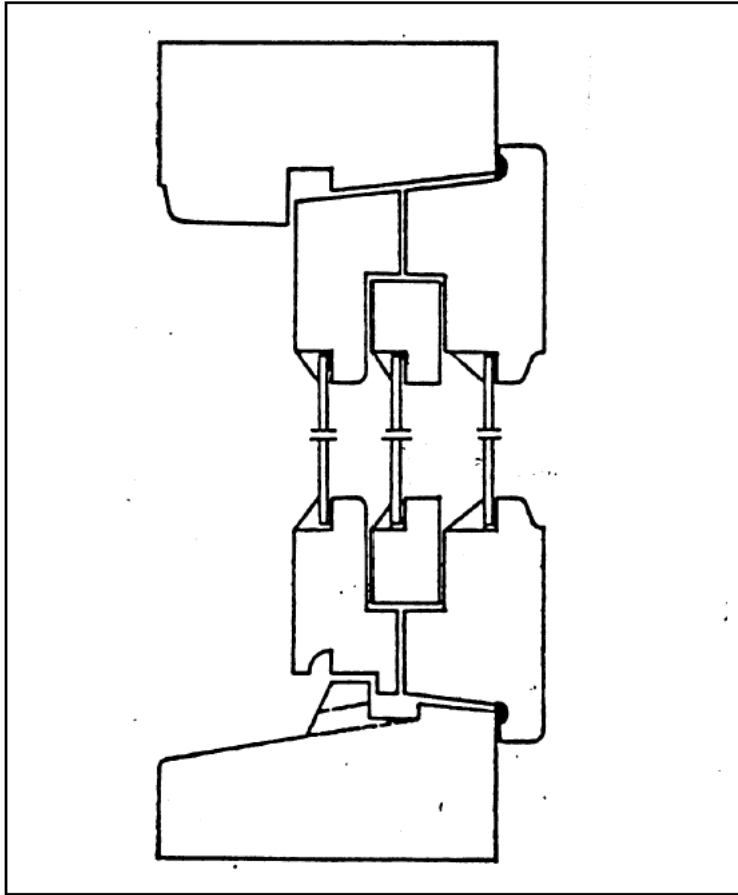
Absorción lateral en la cámara de aire



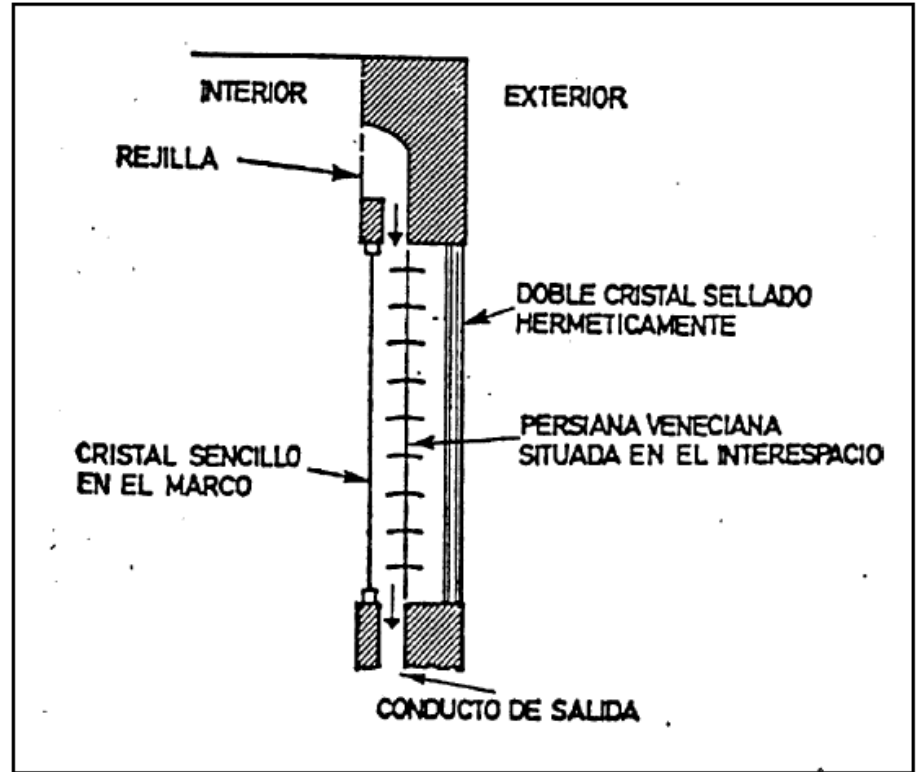
Mala solución acústica autoconstruible con plásticos



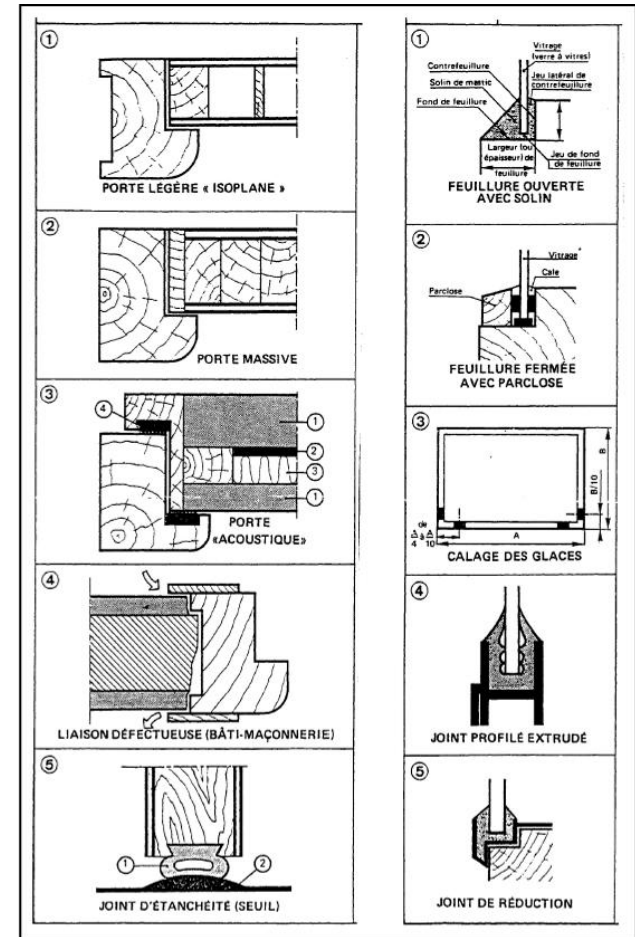
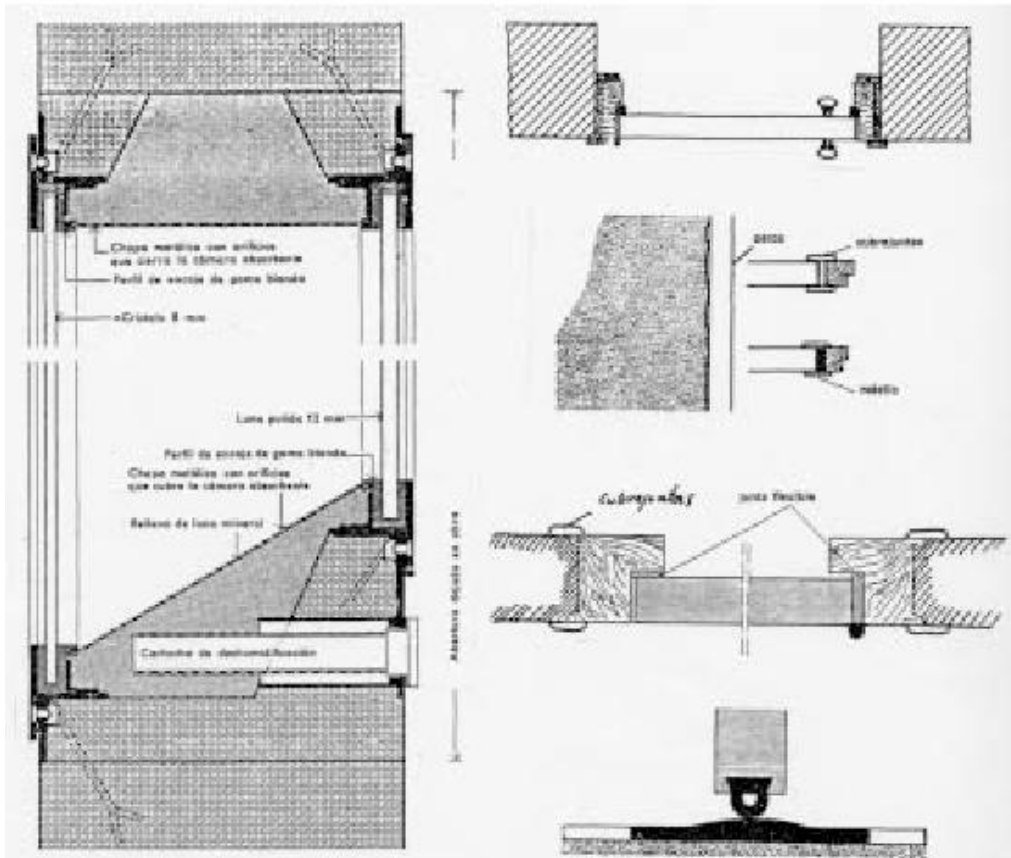
Rotura de ondas estacionarias de la cámara de aire



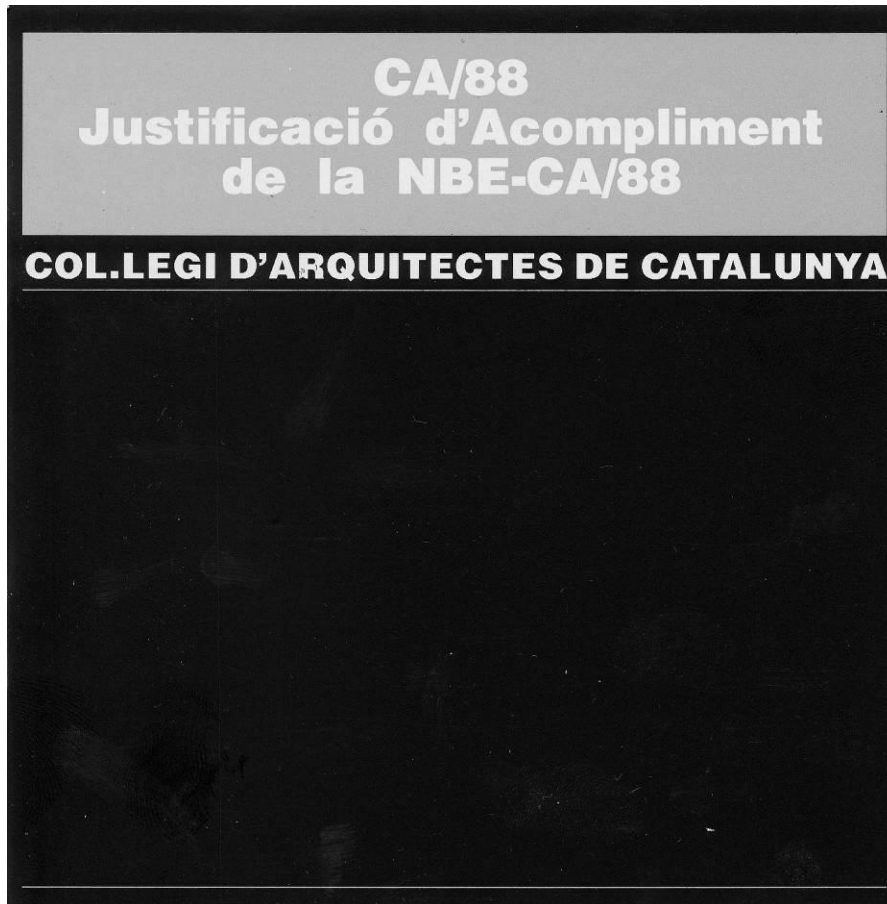
triples ventanas independientes



Resolución del problema de la ventilación y filtro visual



Otras soluciones para puertas y ventanas



Programa CA/88 editado por el COAC

Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CA-88

El presente cuadro expresa los valores del aislamiento a ruido aéreo de los elementos constructivos verticales, los valores del aislamiento global a ruido aéreo de las fachadas de distintos locales, y los valores del aislamiento a ruido aéreo y el nivel de ruido de impacto en espacio subyacente de los elementos constructivos horizontales, que cumplen los requisitos exigidos en los artículos 10ª, 11ª, 12ª, 13ª, 14ª, 15ª y 17ª de la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88 "Condiciones Acústicas en los Edificios".

Elementos constructivos verticales	Masa m en kg/m²	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA	
		Proyectado	Exigido
Particiones interiores (art. 10)			≥ 30
Entre locales de uso distinto			≥ 35
Paro de separación de propiedades o viviendas distintas (art. 11)			≥ 45
Paro de separación de zonas comunes interiores (art. 12)			≥ 45
Paro de separación de salas de máquinas (art. 17)			≥ 55

Fachada (art. 13)(1)	Parte ciega				Ventanas				Aislamiento acústico global a ruido aéreo aG en dBA	
	S _v	m _v	a _v	a _v	S _v	a _v	a _v	a _v	Proyectado	Exigido
	m²	kg/m²	dBA	mm	m²	mm	dBA	S _v +S _v	dBA	
										≥ 30

Elementos constructivos horizontales	Masa m en kg/m²	Aislamiento acústico a ruido aéreo R en dBA		Nivel ruido impacto LN en dBA	
		Proyectado	Exigido	Proyectado	Exigido
Elemento horizontal de separación (art. 14)			≥ 45		≤ 80
Cubierta (art. 15)			≥ 45		≤ 80
Elemento horizontal separador de salas de máquinas (art. 17)			≥ 55		

(1) El aislamiento global de estos elementos debe calcularse según lo expuesto en el Anexo 1 de la NBE-CA-88.

Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE/CA-88

COAC NBE-CA/88		Francesc Daumal i Domènech		FITXA JUSTIFICATIVA						
CA-88		CA-88								
edifici : HABITATGES		referència : 12345678								
emplaçament : 5, PLACA NOVA, 08002 BARCELONA.		data : 28/05/90								
arquitecte : CO.A.C.										
ELEMENTS CONSTRUCTIUS VERTICALS										
aïllament acústic a soroll aeri R										
	Codi	Descripció	Massa (kg/m2)	Projectat R(dBA)	Exigit R(dBA)					
PARTICIONS INTERIORS (art.10)										
entre àrees d'igual ús	tv2711	guix/14mm0F/guix	69	32	>= 30					
entre àrees de distint ús	tv2712	guix/9mm0F/guix	104	35	>= 35					
PARETS SEPARADORES DE PROPRIETATS O USUARIS DISTINTS (art.11)										
	tv2612	guix/14mm0C/guix	250	46	>= 45					
PARETS SEPARADORES DE ZONES COMUNES INTERIORS (art.12)										
	tv2612	guix/14mm0C/guix	250	46	>= 45					
PARETS SEPARADORES DE SALES DE MAQUINES (art.17)										
	tv2614	guix/29mm0C/guix	460	56	>= 55					
aïllament global a soroll aeri Ag										
FACANES (art.13)										
		part cega		finestra						
Codi	Descripció	Sc (m2)	Mc (kg/m2)	Ac (dB)	Sv (dB)	Av (dB)	Sv/(Sc+Sv) (dB)	Ac-Ag (dB)	Projectat Ag(dBA)	Exigit Ag(dBA)
ex301										
tv2325	mortor/14mm0F/Sc.a./4mm0F/guix	10,00	182							
of2002	finestra A-2 * Vidre senzill			41	2,00	5,0		24	0,2	10
									31	>= 30
ELEMENTS CONSTRUCTIUS HORIZONTALS										
aïllament acústic a soroll aeri R										
nivell soroll d'impacte Ln										
ELEMENTS HORIZONTALS DE SEPARACIÓ (art.14)										
		Element base		Milliores						
Codi	Descripció	Massa (kg/m2)	Ln (dB)	Projectat R(dBA)	Exigit R(dBA)					
hor01										
th1002	6Terr./20sostrerC/i.5guix	330	85							
xs01	salís sostre flotant		10	50	>= 45					
					75					
					<= 80					
COBERTA (art.15)										
		Element base		Milliores						
Codi	Descripció	Massa (kg/m2)	Ln (dB)	Projectat R(dBA)	Exigit R(dBA)					
cob01										
co02	Rajoia/LB/10Foraigó/16Sostre/mortor	481	79							

Fragmento de la ficha justificativa del programa CA/88 del COAC

COAC NBE-CA/88		FITXA JUSTIFICATIVA	
edifici : HABITATGES		referència : 12345678	
emplaçament : 5, PLACA NOVA, 08002 BARCELONA.		data : 28/05/90	
arquitecte : CO.A.C.			
DESCOMPOSICIÓ PER CAPES DE L'ELEMENT			
co02 Rajoia/LB/10Foraigó/16Sostre/mortor = 481 kg/m2 R= 56 dBA Ln= 79 dBA valor R, Ln calculat de NRE-AT/87			
ca			
1 d03	Fàbrica de maó massís	1,0	
2 b02	mortor de ciment	4,0	
3 j03	Làmines bituminoses	0,5	
4 b02	mortor de ciment	2,0	
5 c02	foraigó amb granulats lleugers	10,0	
6 j03	Làmines bituminoses	0,3	
7 a03	Sostre maó ceràmic 1x65, h=16	16,0	
8 b01	morters de calç i de calç i ciment	1,5	
of2002 Finestra A-2 * Vidre senzill = 13 kg/m2 R= 24 dBA Ln= 0 dBA valor R, Ln adoptat de NBE-CA/88			
m			
1 f01	vidre pla per envitrar	5,0	
th05 Terr./20sostrer/mortor = 449 kg/m2 R= 55 dBA Ln= 80 dBA valor R, Ln calculat de NRE-AT/87			
ca			
1 b051	Terratzo amb mortor	6,0	
2 a05	Sostre amb revoltó foraigó 1x65, h=20	20,0	
3 b01	morters de calç i de calç i ciment	1,5	
th1002 6Terr./20sostrerC/i.5guix = 330 kg/m2 R= 50 dBA Ln= 85 dBA valor R, Ln adoptat de NBE-CA/88			
ca			
1 b051	Terratzo amb mortor	6,0	
2 a0620	Sostre amb revoltó ceràmic h=20	20,0	
3 b03	embanquinat de guix de 1,5 ca	1,5	
tv2325 mortor/14mm0F/Sc.a./4mm0F/guix = 182 kg/m2 R= 41 dBA Ln= 0 dBA valor R, Ln adoptat de NBE-CA/88			
ca			
1 b02	mortor de ciment	1,5	
2 d0514	Fàbrica de maó foradat de 14 ca	14,0	
3 can	Cambra d'aire no ventilada	5,0	
4 d0504	Fàbrica de maó foradat de 4 ca	4,0	
5 b03	embanquinat de guix de 1,5 ca	1,5	
tv2612 guix/14mm0C/guix = 250 kg/m2 R= 46 dBA Ln= 0 dBA valor R, Ln adoptat de NBE-CA/88			
ca			
1 b03	embanquinat de guix de 1,5 ca	1,5	
2 d0414	Fàbrica de maó calat de 14 ca	14,0	

Descomposició por capas de las soluciones del programa CA/88 del COAC

Decreto 259/2003, del 21 de octubre, sobre requisitos mínimos de habitabilidad en los edificios de viviendas i de la cedula de habitabilidad

1.3 Una pieza puede definirse como sala cuan cumple: ...

c) Disponer de una abertura en fachada a espacio público o patio, directa o a través de una galería, de que entre 0,80 m i 2,00 m de altura tenga, como mínimo, una superficie de 1,40 m² en caso de viviendas de nueva construcción.

En caso de vivienda utilizada, la superficie mínima de la abertura ha de ser de 0,80 m², y se admite también la ventilación a patio de parcela.

1.4 Una pieza puede definirse como habitación cuando cumple los requisitos siguientes:...

c) Disponer de una abertura en fachada a espacio público, patio de manzana o patio de parcela, directa o a través de una galería, de manera que entre 0,80 m y 2,00 m de altura tenga, como mínimo, una superficie de 0,60 m² o 0,20 m², en el caso de una vivienda usada.

5.3 Mejora de los aislamientos interiores

Al hablar de aislamientos interiores casi siempre estamos hablando de los tabiques y los tabicones, pero obviamente tenemos que hablar también de las puertas. Aquí nos hemos quedado obsoletos con la normativa, porque si de aislamiento de la pared ciega si que se habla, de la parte perforada (la carpintería interior) casi no se menciona.

¿Qué hacer con la pared del vecino?

Si el ruido proviene de un patio de manzana o un patio de luces, es una cuestión de aberturas. Pero otra cuestión es cuando escuchamos al vecino a través de la pared de nuestro dormitorio, y sobretodo si al otro lado también hay un dormitorio.

5.4 Transmisiones indirectas

Las transmisiones indirectas son uno de los males más grandes que se puede tener en la acústica de un edificio.

Llegados a este punto quizás la única manera de controlar estas transmisiones indirectas sería que en la obra se hicieran unas comprobaciones. La normativa dice que no es lógico poner una pared gruesa (que en principio hará mucho aislamiento) sobre un forjado más flojo, porque tendremos transmisiones indirectas que nos harán perder parte de la eficacia. Lo mismo si hay alguna parte donde el encuentro es con una pared más sencilla o con masa superficial más ligera

Los encuentros con el falso techo son muy importantes. Cuando una fachada se encuentra directamente con el falso techo, le está transmitiendo la vibración. Entonces, el falso techo puede actuar como tambor reconstruyendo el sonido que circula por vibración sólida convirtiéndolo en forma aérea.

5.5 Inmisión del interior

Entendemos por inmisión aquellos sonidos que nos llegan desde el otro lado de las paredes o de las ventanas.

Shunts y patios de ventilación

En el caso de los patios de ventilación de cocinas y que a menudo también iluminan a otras dependencias, sus paredes transportan todos los sonidos sinoviales del edificio, y la rehabilitación acústica es cara, porque es necesario forrar las paredes o revestirlas con material absorbente acústico. Cuando el conducto se encuentra abierto a la intemperie, el problema se incrementa porque hay que realizar una solución que no se colmate con el agua y no se pudra.

5.5 Inmisión del interior (cont.)

Shunts y patios de ventilación (cont.)

En estos patios son muy aptos los resonadores de cavidad con acabado blanco y donde las perforaciones sean del orden del 20% de la superficie total. El problema de estos revestimientos en la rehabilitación de los edificios es que su modulado no acostumbra a coincidir con las dimensiones de los patios (ni de sus aberturas y partes ciegas), y cuesta mucho adaptarlos cuando ya existen los conductos e instalaciones superficiales ancladas a las paredes del mismo.

Los aparatos de ventana y unidades exteriores de los sistemas partidos o 'splits' para la climatización individualizada de los despachos, rompen la uniformidad de la composición arquitectónica de las fachadas. Además del ruido de la calle, por la fachada, nos llega el ruido de estos compresores vecinos.

5.6 Inmisión del exterior

En el tema de la movilidad, los agentes de origen son asfaltos o adoquinados ruidosos, vehículos que no vienen controlados de origen, o aunque lo sean, su exceso de producción sonora genera estas molestias. Pero casi siempre no tiene el carácter informativo como en el caso del sonido procedente del interior del edificio.

Es cierto que en el caso del tráfico, este ruido tiene un problema añadido y es que depende de las intermitencias del sistema semafórico.

Pero también hay las conversaciones de vecinos, piezas que “cantan”, adoquines, etc.

6. Evaluación

Tenemos diferentes métodos de cálculo para evaluar el aislamiento y el acondicionamiento acústico del edificio. Con los nuevos sistemas de simulación que nos implanta el nuevo Código Técnico de la Edificación, disponemos de unas herramientas para ver si en principio es suficiente o no las medidas de seguridad que estamos aplicando a la hora de aislar ciertas funciones entre sí.

Seguramente tendremos que buscar una técnica de comprobación, como las mediciones 'in situ' intensimétrica, para ver si los problemas que tenemos provienen del proyecto, de una construcción deficiente del edificio o de una instalación desacorde con nuestro proyecto.

No siempre los materiales nos dan las mismas prestaciones en laboratorio que en obra. Ya hemos comentado que en laboratorio tenemos muchas más recursos para acotar el problema del aislamiento. En obra, en cambio, nos aparecen las transmisiones indirectas además de otras deficiencias de debilitamiento del divisorio durante su momento de construcción o debido a las instalaciones posteriores.

6. Evaluación (cont.)

En éste caso, este estudio vectorial nos puede permitir saber si cada elemento que interviene en el aislamiento entre funciones participa o no en la transmisión de energía al otro lado del cerramiento. Si es ilógica y alta aquella presencia de energía, significara que tenemos un puente acústico y que nos está traspasando más energía de la que deberíamos permitir.

Deberá abaratare el proceso, pero ya vemos que con este sistema podemos comprobar exactamente la parte que actúa de puente acústico.

Por lo que se refiere a los edificios y el exterior, además de los programas informáticos también podemos hacer evaluaciones mediante sistemas de ultrasonidos si disponemos el edificio en escala muy grande 1/5.000 o 1/10.000, etc. Podemos simular que es lo que sucede desde el punto de vista de la carretera, la calle o la gran escala del edificio. Esto es necesario hacerlo en un laboratorio con salas de tamaño grande mediante un proceso de ultrasonidos. Hay un cambio de escala, pero es evidente que puede existir algún momento que nos interese tenerlo en cuenta y cuando estamos trabajando el tema de ruidos a nivel urbanístico.

Legislación

Estado español

1978. Constitución Española.

RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

RD 1909/81, de 24 de julio – RD 2115/82, de 12 de agosto y Orden de 29 de septiembre 1988, por las que se aprueban, modifican, aclaran y corrigen la Norma Básica de edificación NBE/CA-88 sobre las condiciones acústicas de los edificios.

RD 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Bibliografía básica del autor

(en catalán)

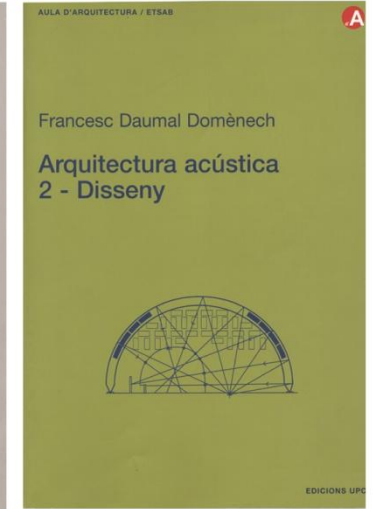
DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica, 1- Poètica*. BARCELONA, Edicions UPC, 1998.

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica, 2- Disseny*. BARCELONA, Edicions UPC, 2000.

(en castellano)

DAUMAL I DOMÈNECH, F. *Arquitectura Acústica. Poética y Diseño*, BARCELONA, Edicions UPC, 2002.

DAUMAL i DOMÈNECH, F. *Arquitectura acústica. 3. Rehabilitació acústica*,. BARCELONA, Edicions UPC, 2007.



Bibliografía de Francesc Daumal sobre Arquitectura Acústica
francesc.daumal@upc.edu