

Difusión de aire, acústica y confort

Ponente: Antonio Vegas Casado
TROX España

1. Generalidades

El objetivo del acondicionamiento de aire en un recinto es el de mantener unas condiciones deseadas en el mismo, bajo diferentes condiciones de funcionamiento, en la forma más económica tanto desde el punto de consumo de energía como de la eficiencia de costes garantizando a la vez unas condiciones de confort.

La distribución del aire tiene un papel fundamental en este proceso, ya que tiene la misión de introducir en el local cantidades de aire tratado, para compensar las ganancias o pérdidas de carga sensible, manteniendo los valores de velocidad, temperatura y humedad del aire, así como la concentración de partículas en cada uno de los puntos de las zonas tratadas.

Para climatizar un local y compensar las ganancias o pérdidas de calor sensible con independencia del sistema de climatización utilizado:

- Todo aire
- Aire agua (Inducción, Techos Fríos, Fan-coils)
- Expansión directa

Es necesario introducir en el local una cantidad de aire con unas condiciones de temperatura, humedad y grado de filtración que permitan mantener las condiciones fijadas y a la vez mantener en la zona de ocupación velocidades de aire reducidas, uniformidad de temperaturas y bajos niveles de presión sonora.

Para ello se impulsa en el local un caudal de aire a través de unidades terminales que se pueden colocar en cualquier parte del local:

- Suelo
- Techo
- Paredes
- Antepecho de las ventanas

En el momento de proyectar la instalación de climatización, normalmente no se presta especial atención al estudio de la difusión de aire ni se seleccionan los elementos de difusión más adecuados en función de las características del local, caudal de aire a impulsar, diferencia de temperatura entre el aire de impulsión y el aire ambiente, velocidad del aire a mantener dentro de la zona de ocupación y presión sonora máxima admisible.

Antes de hacer la selección de las unidades terminales que se consideren más adecuadas para efectuar la impulsión de aire, se han de realizar unas consideraciones preliminares como son:

- ¿Cómo funciona la unidad terminal de impulsión de aire?;
- ¿Dónde debemos situarla?;
- ¿Qué valores límite se han de cumplir?;
- ¿Cómo puede afectar al incremento de la presión sonora del local la situación de la unidad terminal?;
- ¿Cómo podemos cumplir estas condiciones mediante la correcta elección de la unidad terminal y su correcta selección y montaje?;

Debemos de tener en cuenta que la unidad terminal no es solamente un elemento más de la decoración del local, la unidad terminal es el punto de unión entre la instalación y los usuarios que se encuentran en el local a climatizar, debiendo de cumplir misiones tan importantes como son:

- Distribuir el aire lo más uniformemente posible;
- No existan velocidades de aire elevadas en la zona de ocupación;
- Evitar diferencias de temperatura elevadas en la zona de ocupación;
- No se regeneren potencias sonoras elevadas que alteren la presión sonora en el local.

2. Parámetros de confort

La función básica de un sistema de aire acondicionado es crear condiciones de confort, pudiendo definir el confort como las condiciones que permiten a las personas estar en mejor disposición para la realización de un trabajo o actividad.

Entre los parámetros que más influyen en la comodidad de las personas están:

- Temperatura
- Humedad
- Velocidad el aire
- Índice de turbulencia
- Presión sonora

Entre ellos vemos que la presión sonora es uno de los más influyen en el confort de las personas, presión sonora que es función por una parte de la potencia sonora que

se transmite al ambiente a través de la unidad terminal procedente de la propia instalación, que dependerá de la potencia sonora del ventilador instalado en la Unidad de Tratamiento de Aire, de las potencias sonoras generadas en la red de conductos y en los propios equipos instalados en la misma (compuertas cortafuegos, compuertas de regulación, cajas de caudal de aire constante o variable), así como de la potencia sonora generada en la propia unidad terminal, que dependerá de su propia geometría, sección efectiva y del caudal de aire que se impulsa a través de la misma.

3. Potencias sonoras generadas en la propia instalación

La potencia sonora que se transmite al ambiente tal como se ha dicho es la suma de la que se genera en la propia instalación y la generada en la propia unidad terminal.

Las potencias sonoras generadas en la propia instalación son debidas a:

- Curvas, codos, transformaciones mal diseñadas;
- Deficiente situación de compuertas y baterías de calefacción o refrigeración;
- Ventiladores situados en falsos techos ligeros o bien encima o debajo de locales con deficiente aislamiento acústico;
- Cajas de caudal de aire variable o constante que han de absorber diferencias de presión altas;
- Ventiladores de impulsión y retorno de las Unidades de Tratamiento de Aire;
- Compuertas cortafuego;
- Velocidades de aire elevadas en la red de conductos.

4. Análisis de las potencias sonoras generadas en la instalación

4.1. Potencia sonora generada en los ventiladores (VDI 2081)

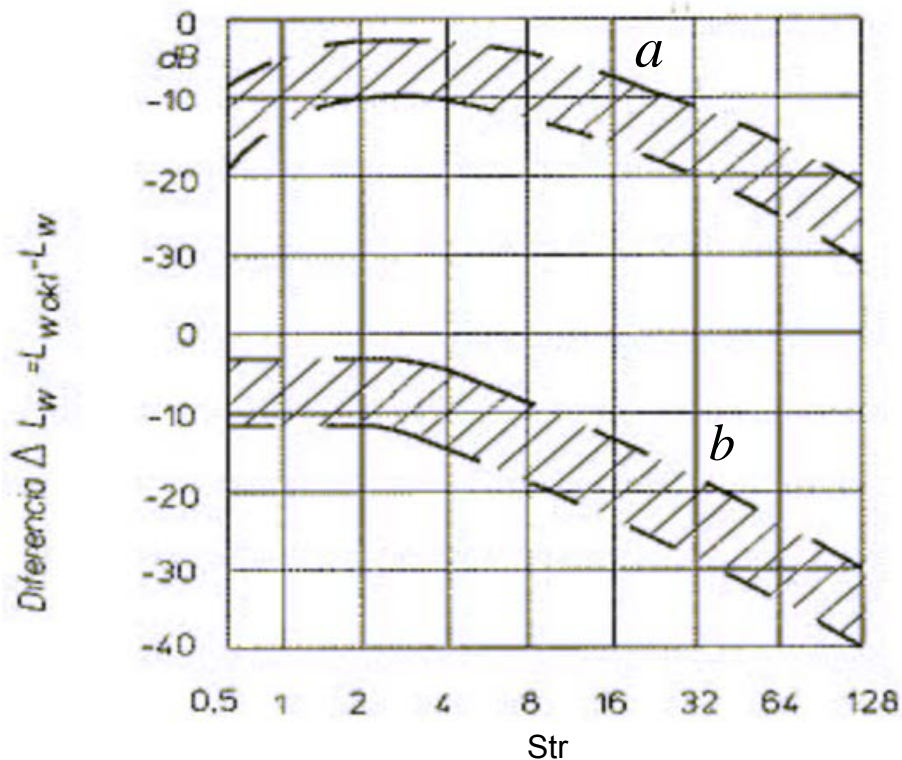
El espectro de potencia sonora del ventilador que será función del tipo de ventilador, caudal de aire y presión, deberá facilitarlo el fabricante del ventilador, pero en caso de que no se disponga de él, de forma orientativa se puede calcular en base a lo indicado en VDI 2081, en función del caudal de aire y de la presión total.

$$L_W = L_{Ws} + 10 \log V + 20 \log \Delta p_t \quad \text{dB}$$

El valor de la potencia específica L_{Ws} es:

$$\begin{aligned} L_{Ws} &= 1 \pm 4 \text{ dB con } V \text{ en m}^3/\text{h} \text{ y } \Delta p_t \text{ en Pa} \\ L_{Ws} &= 37 \pm 4 \text{ dB con } V \text{ en m}^3/\text{s} \text{ y } \Delta p_t \text{ en Pa} \end{aligned}$$

El espectro relativo lo podemos obtener de la figura siguiente



- a) Ventiladores axiales y centrífugos con alabes hacia delante
- b) Ventiladores centrífugos con alabes hacia atrás

Con
$$Str = \frac{f_m * 60}{\pi * n}$$

Siendo:

f_m Frecuencia media por banda de octava en Hz

n Revoluciones del ventilador en 1/min

4.2. Potencia sonora generada en conductos rectos metálicos (VDI 2081)

La potencia sonora L_w generada en conductos metálicos rectos se puede obtener en función de la velocidad y de la sección del conducto:

$$L_w = 7 + 50 \log v + 10 \log S \quad \text{dB}$$

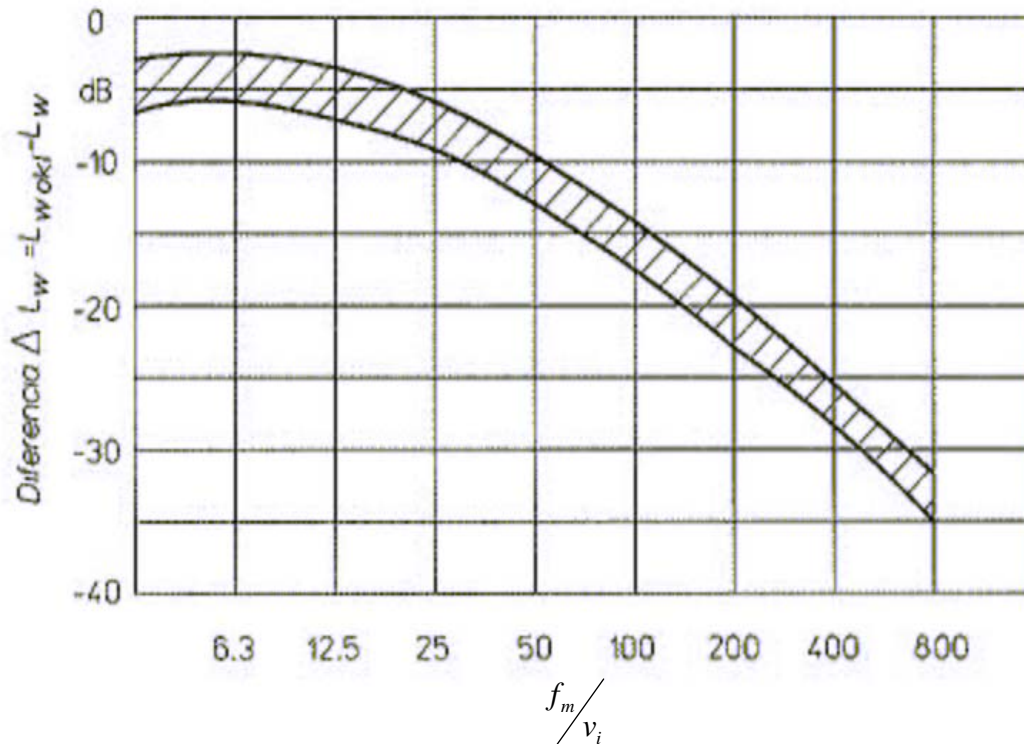
$$L_{wA} \approx -25 + 70 \log v + 10 \log S \quad \text{dB(A)}$$

Siendo:

v Velocidad en m/s

S Sección del conducto en m²

El espectro por banda de octava se obtiene de la figura siguiente



5. Potencia sonora generada en componentes de la instalación

Los espectros de la potencia sonora que se generan en

- Compuertas cortafuego;
- Compuertas regulación;
- Cajas de caudal de aire constante o variable.

Deben de facilitarlos los fabricantes de dichos equipos con el fin de poder comprobar si el incremento de potencia sonora que se produce en el sistema puede afectar a la presión sonora del ambiente.

6. Potencia sonora generada en las unidades terminales de impulsión de aire.

Lo mismo que en los componentes anteriores los fabricantes de las unidades terminales de impulsión de aire deben facilitar las potencias sonoras generadas por el paso de aire en dB(A) o bien en espectro por banda de frecuencia.

La potencia sonora de una unidad terminal de impulsión de aire dependerá para la misma velocidad de paso de aire de su geometría y del caudal de aire que pasa a través de la misma o sea de su sección efectiva.

La potencia sonora máxima en los elementos de difusión de aire está regulada por el documento básico DB-HR. Protección frente al ruido, del Código Técnico de la Edificación, que en su apartado 3.3.3.2. Aire Acondicionado, indica lo siguiente:

Cuando se usen rejillas y difusores terminales. El nivel de potencia acústica máxima generada por el paso de aire viene dado por la expresión:

$$L_W \leq L_{eqA,T} + 10 \cdot \log V - 10 \cdot \log T - 14 \quad (\text{dB})$$

Siendo :

L_W Nivel de potencia acústica de la rejilla (dB)

T Tiempo de reverberación del recinto (s)

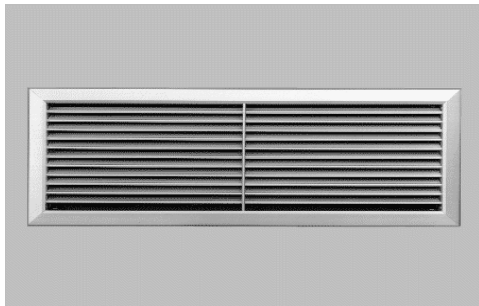
V Volumen del recinto (m^3)

$L_{eqA,T}$ Valor del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, establecido en la tabla 3.6, en función del uso del edificio y del tipo de recinto [dB(A)].

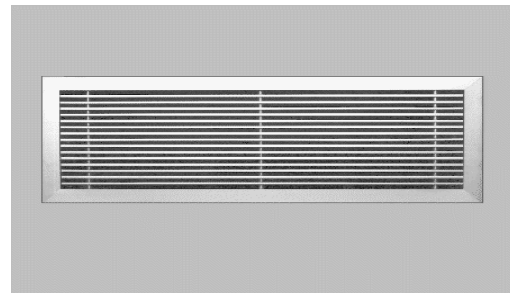
Tabla 3.6. Valores del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, $L_{eqA,T}$

Uso del edificio	Tipo de recinto	Valor de $L_{eqA,T}$ (dBA)
Sanitario	Estancias	35
	Dormitorios y quirófanos	30
	Zonas comunes	40
Residencial	Dormitorios y estancias	30
	Zonas comunes y servicios	50
Administrativo	Despachos profesionales	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Sala de lectura y conferencias	35
	Zonas comunes	50
Cultural	Cines y teatros	30
	Salas de exposiciones	45
Comercial		50

7. Variación de la potencia sonora generada en rejillas de impulsión de lamas móviles AT-DG y lamas fijas AH-DG, en función de su tamaño y caudal de aire impulsando con la misma velocidad de aire



Reja AT/DG

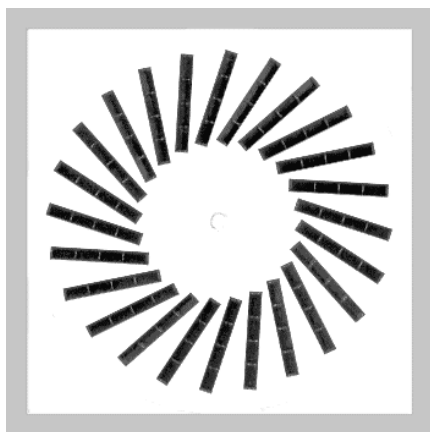


Reja AH/DG

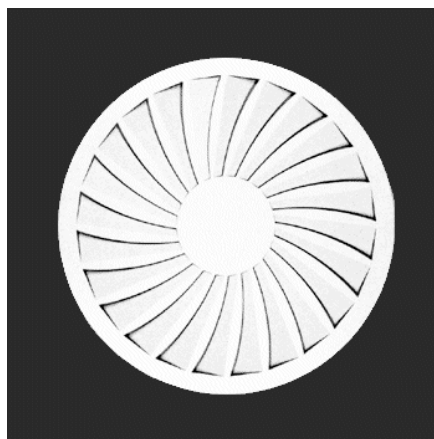
Reja AT – DG				
Sección efectiva m ²	B x H mm	Velocidad efectiva m/s	Caudal aire m ³ /h	Potencia sonora dB(A)
0,014	225 x 125	7	353	34
0,021	325 x 125		529	36
0,029	425 x 125		730	37
0,036	525 x 125		907	38
0,043	624 x 125		1084	39
0,029	225 x 225	7	730	37
0,043	325 x 225		1084	39
0,057	425 x 225		1436	41
0,072	525 x 225		1814	42
0,086	625 x 225		2167	43
0,114	825 x 225		2873	44
0,064	325 x 325	7	1613	41
0,086	425 x 325		2167	42
0,108	525 x 325		2722	43
0,129	625 x 325		3251	44
0,172	825 x 325		4334	45
0,172	625 x 425	7	4334	46
0,228	825 x 425		5746	47
0,285	1025 x 425		7182	48
0,342	1225 x 425		8618	49
0,355	1025 x 525		8946	49
0,427	1225 x 525	7	10760	50

Rejas AH – DG				
Sección efectiva m ²	B x H mm	Velocidad efectiva m/s	Caudal aire m ³ /h	Potencia sonora dB(A)
0,006	225 x 75	7	151	31
0,009	325 x 75		227	32
0,011	425 x 75		290	33
0,014	525 x 75		360	34
0,017	625 x 75		430	35
0,011	225 x 125	7	280	33
0,017	325 x 125		430	35
0,022	425 x 125		550	36
0,028	525 x 125		700	37
0,034	625 x 125		840	38
0,034	325 x 225	7	840	38
0,044	425 x 225		1109	39
0,055	525 x 225		1380	40
0,066	625 x 225		1655	41
0,087	825 x 225		2192	42
0,066	425 x 325	7	1663	41
0,081	525 x 325		2041	42
0,096	625 x 325		2445	43
0,129	825 x 325		3251	44
0,129	625 x 425	7	3251	44
0,169	825 x 425		4325	45
0,214	1025 x 425		5400	46
0,256	1225 x 425		6480	47

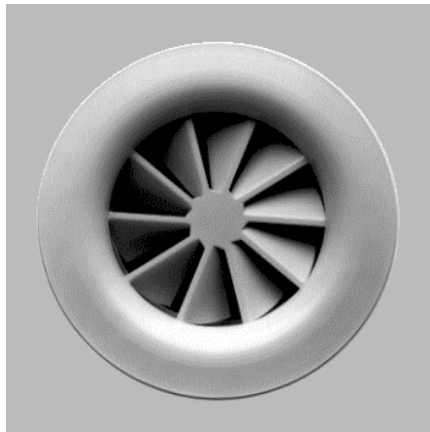
8. Variación de la potencia sonora generada en difusores rotacionales de impulsión VDW/AK, TDF/AK, RFD/AK, DCS/AK, en función del tamaño y cantidad de aire, impulsando con la misma velocidad de aire.



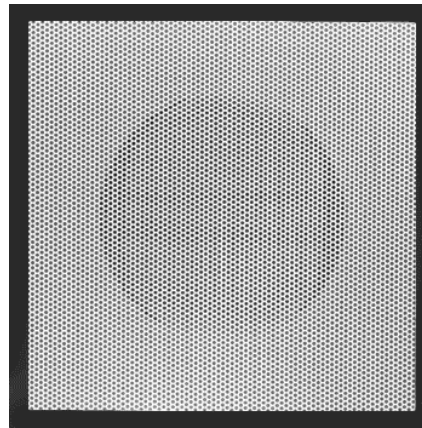
Difusor VDW/AK



Difusor TDF/AK



Difusor RFD/AK



Difusor DCS/AK

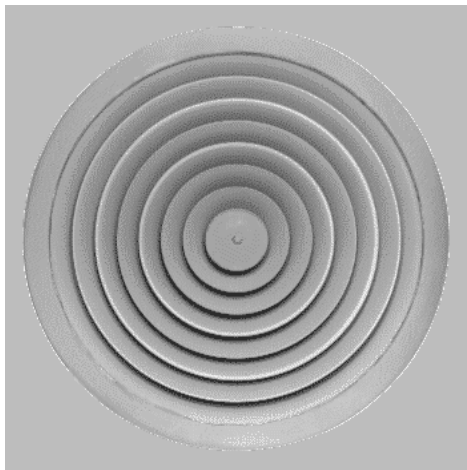
Difusor VDW/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
300 x 8	0,007	7	176	29
400 x 16	0,014		353	37
500 x 24	0,021		529	43
600 x 24	0,029		743	43
600 x 48	0,039		983	45
600 x 54	0,047		1184	51
800 x 72	0,073		1840	48

Difusor TDF/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
300	0,0108	7	272	41
400	0,0193		486	44
500	0,0280		706	46
600	0,0400		1008	48

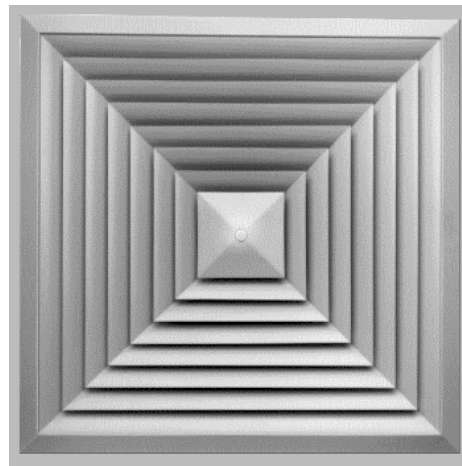
Difusor RFD/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
125	0,0034	7	86	30
160	0,0060		151	35
200	0,0092		232	37
250	0,0150		378	41
315	0,0265		668	46
400	0,0355		895	47

Difusor DCS/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
125	0,0034	7	86	36
160	0,0060		151	41
200	0,0092		232	42
250	0,0150		378	45
315	0,0265		668	47
400	0,0355		895	49

9. Variación de la potencia sonora generada en difusores radiales de impulsión circulares ADLR/AK y cuadrados ADLQ/AK, en función del tamaño y cantidad de aire, impulsando con la misma velocidad de aire



Difusor ADLRA/AK

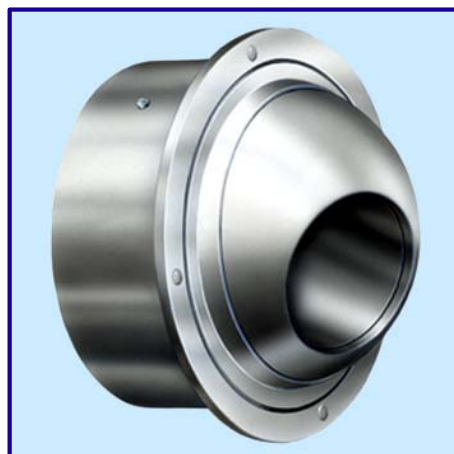


Difusor ADLQ/AK

Difusor circular ADLR/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
1	0,0085	7	214	41
2	0,0157		396	44
3	0,0257		647	47
4	0,0381		960	50
5	0,0536		1351	54
6	0,0730		1840	57
7	0,0955		2407	61
8	0,1150		2898	63

Difusor cuadrado ADLQ/AK				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora d(B)
250	0,0095	7	239	43
300	0,0175		441	49
400	0,0370		932	53
500	0,0675		1701	59
600	0,1100		2772	62
625	0,1230		3100	65

10. Variación de la potencia sonora generada en toberas de alta inducción para impulsión de aire, en función del tamaño y cantidad de aire impulsando con la misma velocidad



Tobera DUE/S

Toberas DUE/S				
Tamaño	Sección efectiva m ²	Velocidad m/s	Caudal de aire m ³ /h	Potencia sonora dB(A)
50	0,000700	14	35	22
75	0,001257		63	27
100	0,001744		88	28
125	0,002940		148	29
160	0,004690		236	31
200	0,008130		410	35
250	0,012890		650	37
315	0,021100		1063	41
400	0,036860		1858	47
450	0,058000		2923	52

11. Presión acústica en dB(A) ponderada aceptable generada o transmitida por el sistema de climatización (UNE-CR1752 IN)

Tipo de edificio	Tipo de espacio	Categoría dB(A)		
		A	B	C
Instituciones de cuidado de niño	Colegios de infantil	30	40	45
	Guarderías de día	30	40	45
Lugares de reunión	Auditorios	30	33	35
	Librerías	30	33	35
	Cines	30	33	35
	Salas de tribunales	30	35	40
Centros comerciales	Tiendas de regalos	35	40	50
	Grandes almacenes	40	45	50
	Supermercados	40	45	50
	Salas de ordenadores, grandes	40	50	60
	Salas de ordenador, pequeñas	40	45	50
Hospitales	Corredores	35	40	45
	Quirófanos	35	40	45
	Salas de hospital	25	30	36
Hoteles	Vestíbulos	35	40	45
	Salas de recepción	35	40	45
	Habitaciones de hotel (durante la noche)	25	30	35
	Habitaciones de hotel (durante el día)	30	35	40
Oficinas	Oficinas pequeñas,	30	35	40
	Salas de conferencia	30	35	40
	Oficinas diáfanas	35	40	45
	Oficinas compartimentadas	35	40	45
Restaurantes	Cafeterías	35	40	50
	Restaurantes	35	45	50
	Cocinas	40	55	60
Colegios	Clases	30	35	40
	Corredores	40	45	50
	Gimnasios	35	40	45
	Salas de profesores	30	35	40
Deportes	Estadios de deportes cubiertos	35	45	50
	Piscinas cubiertas	40	45	50
General	Aseos	40	45	50
	Salas de consigna	40	45	50

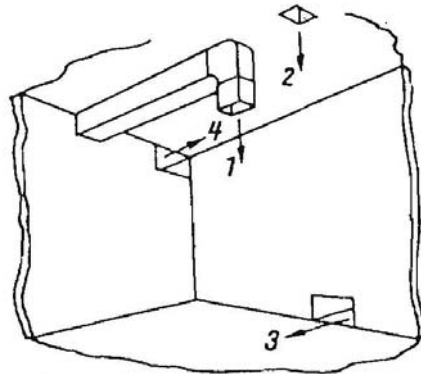
Nota: Las letras A,B,C, definen cada una de las categorías según UNE CR 1752 IN, no Tienen relación con las curvas ponderadas

12. Presión sonora y tiempos de reverberación según la norma VDI 2081

<u>Tipo de local</u>	<u>Presión sonora</u> dB(A)	<u>Tiempo de reverberación</u> Segundos
<u>Vivienda</u>		
Dormitorio (noche)	30	0,5
Salón (día)	35	0,5
<u>Hospital</u>		
Habitaciones (noche)	30	1
(día)	35	
Quirófanos	40	3
Pasillos	40	2
<u>Auditorios</u>		
Emisora de radio	15	1
Estudio de televisión	25	1,5
Salas de conciertos	25	2
Teatros de opera	25	1,5
Teatros	30	1
Cine	35	1
<u>Oficinas</u>		
Sala de reuniones	35	1
Despachos pequeños	40	0,5
Despachos grandes	45	0,5
Iglesias	35	3
Museos	40	1,5
Laboratorios	50	2
Piscinas	50	2
Restaurantes	45 a 60	1,5
Locales comerciales	45 a 60	1

13. Presión sonora en el local

La influencia de la potencia sonora que se transmite a través de las unidades terminales influirá sobre las personas de dos maneras, directamente o de forma reverberante en función de la posición de la unidad terminal con respecto a los cerramientos del local, o sea que es función del coeficiente de directividad Q, entendiéndose este como la relación entre la intensidad acústica en un punto y la intensidad acústica que suministraría una fuente no direccional de la misma potencia.



Directividad de las fuentes (VDI 2081)

Si la unidad terminal está situada en el centro del local, tendrá una directividad $Q=1$, si está situada en el centro de un muro liso, la mitad de la energía acústica liberada a través de la unidad terminal se refleja inmediatamente por el muro, por lo que delante de la fuente existe dos veces más de energía y la directividad será $Q=2$. Si la unidad terminal está situada en un ángulo a media altura entre el suelo y el techo, la directividad $Q=4$, y si la unidad terminal está en un rincón la directividad $Q=8$.

La presión sonora a la que estarán sometidas las personas de un local climatizado por la potencia sonora que se transmita a través de las unidades terminales de impulsión de aire dependerá de:

- Absorción del local;
- Del número de unidades terminales en un mismo local que influyen directamente sobre los ocupantes del local;
- Del número de unidades terminales que influyan sobre una persona;

La superficie de absorción del local será función del volumen así como del tiempo de reverberación y se puede calcular por la fórmula de Sabine que dice.

$$A = \frac{0,16V}{T}$$

Siendo:

V Volumen del local en metros cúbicos

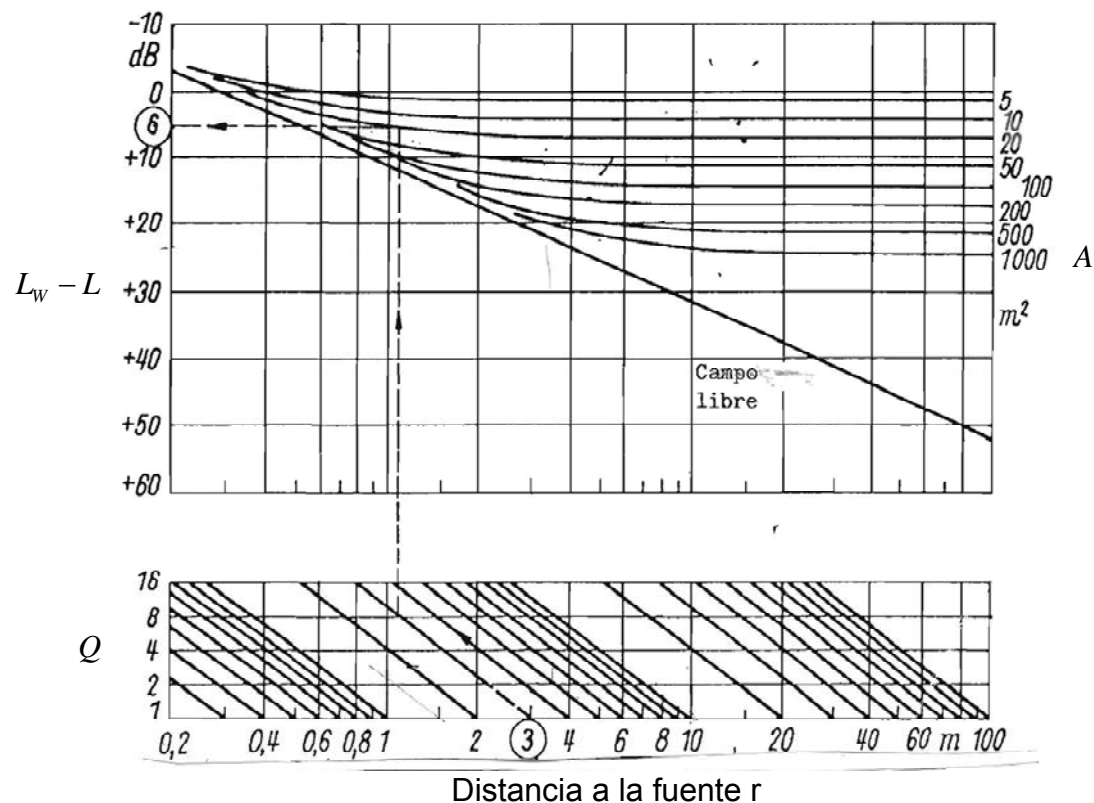
T Tiempo de reverberación en segundos

A Superficie de absorción en m^2

El Documento Básico HR-Protección frente al ruido, en el apartado 2.2, se dan los valores límites del tiempo de reverberación en función del tipo o destino del local.

- Aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación ni mobiliario) cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , $\leq 0,7 \text{ s}$
- Aulas y salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , $\leq 0,5 \text{ s}$
- Restaurantes y comedores vacíos $\leq 0,9 \text{ s}$

En las zonas comunes para limitar el tiempo de reverberación, los elementos constructivos, acabados superficiales y los revestimientos que delimitan una zona común de un edificio de uso residencial o docente colindante con recintos habitables con los que comparten puertas, tendrán la absorción acústica suficiente de manera que la superficie de absorción acústica equivalente, A , sea como mínimo $0,2 \text{ m}^2$ por cada metro cúbico del volumen del recinto.



Diferencia entre el nivel de potencia acústica y de presión sonora (VDI 2801)

Por la fórmula de Sabine se puede calcular la superficie de absorción del local en función del tiempo de reverberación y del volumen y por el diagrama de la figura, se puede estimar el valor de la absorción del local en dB, que se deberá de restar a la potencia sonora que se transmita a través de las unidades terminales de impulsión y retorno, con el fin de conocer de una forma orientativa el valor de la presión sonora el local.

13. Conclusión

Normalmente la presión sonora en los locales climatizados es debida a la potencia sonora que se transmite a través de las unidades terminales de impulsión o retorno de aire y esta es debido por una parte a la propia potencia sonora de la instalación, fundamentalmente ventiladores y por otra parte a la generada en la propia unidad terminal por el paso de aire

La potencia sonora que se transmite al ambiente será la suma logarítmica de la que llega a la unidad terminal a través de los conductos procedentes de la instalación y la generada en la propia unidad terminal, por lo que para evitar este incremento de potencia sonora, la que se transmite a través de los conductos deberá de reducirse mediante la instalación de elementos correctores como son los silenciadores acústicos instalados en los propios conductos y la que se regenera en las unidades terminales con su correcta selección.

Otras posibles fuentes son las potencias sonoras que se transmiten por radiación y que deberán corregirse mediante cerramientos con la masa adecuada.