



Asociación Técnica Española
de Climatización y Refrigeración

IMPORTANCIA DE LA ACÚSTICA EN LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

CTE, Exigencias básicas de protección contra el ruido (HR)
Implantación y soluciones

Esther Soriano Hoyuelos

IV Encuentro Anual
Santiago de Compostela, 23/05/08

Acústica en instalaciones: EXIGENCIA BÁSICA

Objetivo de una instalación de climatización:

- ❖ Proporcionar **confort** a sus usuarios
- ❖ Mejorar sus **condiciones laborales**



Problemas acústicos:

- ❖ Causan **falta de confort**
- ❖ **Disminuyen** la capacidad laboral



EXIGENCIA ACÚSTICA, RITE

- ❖ “Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse...se obtenga una calidad térmica del ambiente, calidad del aire interior y a.c.s ...aceptables para los usuarios del edificio sin que se produzca menoscabo de la **calidad acústica** del ambiente, cumpliendo ...”

d) Calidad del ambiente acústico: ... se limite, en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias ó enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas
(ARTÍCULO 8.2)

- ❖ Las instalaciones térmicas ... deben cumplir las exigencias del documento DBHR-Protección frente al ruido del **C.T.E**, que les afecten.

(IT 1.1.4.4)

CTE, DB-HR Protección frente al ruido

- ❖ Aprobado el 23/10/07
- ❖ Periodo convivencia de 12 meses con NBE-CA

(CTE 2.4) EXIGENCIAS EN INSTALACIONES

- ❖ Limitación de los **niveles de ruido y vibraciones**, y sus transmisiones.
- ❖ **Valores límites** del nivel sonoro de inmisión de ruido aéreo $L_{eqA,T}$ y el índice global de percepción de vibraciones (K) que se recomienda no sobrepasar.

Anejo D. Valores de inmisión de ruido aéreo y de percepción de vibraciones de las instalaciones

1 En la tabla D.1 se especifican los valores recomendados del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, $L_{eqA,T}$, para ruidos estacionarios.

Tabla D.1 Niveles sonoros continuos equivalentes estandarizados, ponderados A, $L_{eqA,T}$, recomendados de inmisión de ruido aéreo.

Uso del edificio	Tipo de recinto	Máximo nivel $L_{eqA,T}$ de inmisión en dBA ⁽¹⁾	
		Durante el día (7-23 H)	Durante la noche (23-7 H)
Sanitario	Zonas de estancia	45	35
	Dormitorios	30	30
	Quintanos	30	30
	Zonas comunes	50	40
Residencial	Estancias	40	30
	Dormitorio	40	30
	Servicios	50	30
	Zonas comunes	50	-
Administrativo	Despachos profesionales	40	-
	Oficinas	45	-
	Zonas comunes	50	-
Docente	Aulas	40	-
	Sala lectura y conferencias	35	30
	Zonas comunes	50	40
Cultural	Teatros	30	30
	Cines	30	30
	Salas de exposiciones	45	35
Comercial		50	40

⁽¹⁾ En estos valores se admite una tolerancia de ±2 dBA.

2 El nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado A, $L_{eqA,T}$, recomendado de sucesos sonoros procedente de las instalaciones individuales o colectivas del edificio, no deberá exceder en los recintos protegidos de 55 dBA durante el día y de 55 dBA durante la noche.

3 En la tabla D.2 se especifican los valores recomendados del índice global de percepción de vibraciones, K, en los recintos, en función del uso del edificio, el periodo y el tipo de ocurrencia.

Tabla D.2 Valores máximos recomendados del índice global de percepción de vibraciones

Uso del edificio	Periodo	Tipo de ocurrencia	
		Permanente	Transitoria
Sanitario (quintanos)	Día y noche	1	1
Vivienda, Residencial y Hospitalario	Día	4	50 ⁽¹⁾
	Noche	1,4	30
Comercial y Administrativo	Día y noche	4	125 ⁽¹⁾
	Día y noche	8	125 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Para un máximo de 3 decenas.

(CTE 3.4) – DIMENSIONAMIENTO

- ❖ **Datos previos** de equipos, conductos, sistemas elásticos, silenciadores...
- ❖ **Equipos**
 - ❖ **Equipos en** recintos de instalaciones, recintos protegidos y cubiertas. Se da un nivel de potencia para cada caso.
 - ❖ **Condiciones de montaje** para los equipos (soportes antivibratorios, conexiones elásticas con tuberías, silenciadores...)
- ❖ **Conductos**
 - ❖ Deben **aislarse** de los recintos protegidos y usarse sistemas **antivibratorios** en sus conexiones y **recubrimientos con aislamiento acústico** a ruido aéreo adecuado.
 - ❖ Deben revestirse de un **material absorbente** y utilizarse **silenciadores** (máx 40 dB en rejillas)
 - ❖ **Rejillas y difusores** con nivel de potencia limitado (algoritmo)

TIPOS DE RUIDO

❖ RUIDO AÉREO

- ❖ Origen en el aire y transmisión vía aérea
- ❖ Ejemplos: Habla, radio, televisión...

❖ RUIDO DE IMPACTO

- ❖ Origen en medio sólido y transmisión vía sólido/aérea
- ❖ Ejemplos: pisadas, electrodomésticos...

DISTINTOS PROBLEMAS – DISTINTAS SOLUCIONES

ACONDICIONAMIENTO / AISLAMIENTO

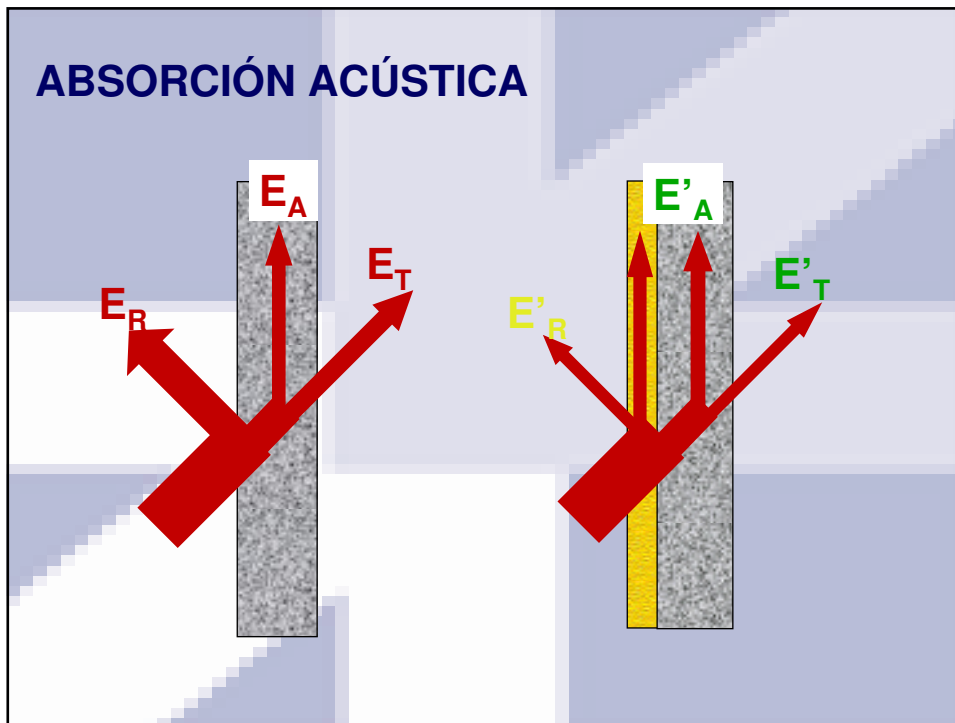
❖ ACONDICIONAMIENTO

- ❖ Técnicas aplicadas en el **interior** de un local para
- ❖ Mejorar sus condiciones acústicas
- ❖ Disminuir el nivel de ruido (reverberación)

❖ AISLAMIENTO

- ❖ Técnicas **entre** dos o más locales para
- ❖ Reducir la transmisión de ruido entre ellos

ABSORCIÓN ACÚSTICA



TRANSMISIÓN EN CAMPO ABIERTO

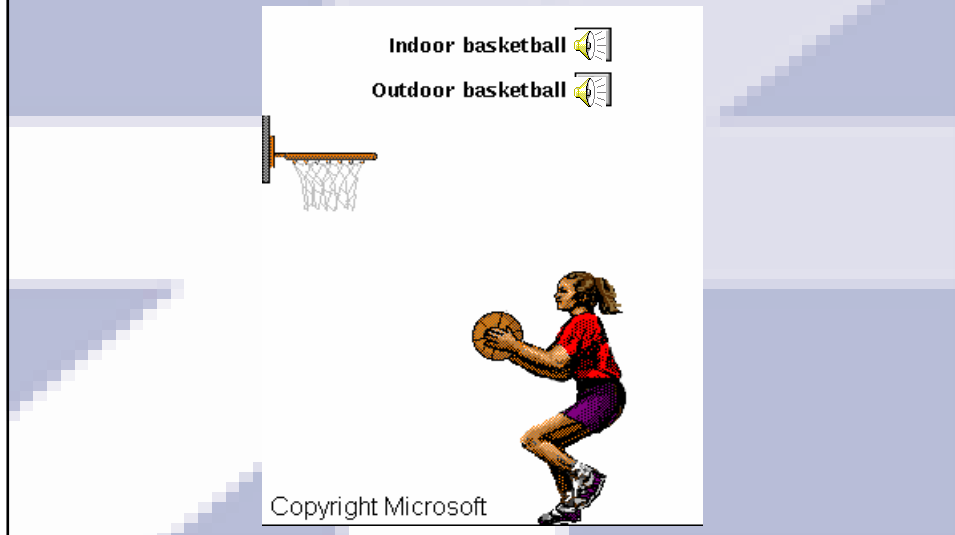
$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\phi}{4\pi r^2} \right)$$



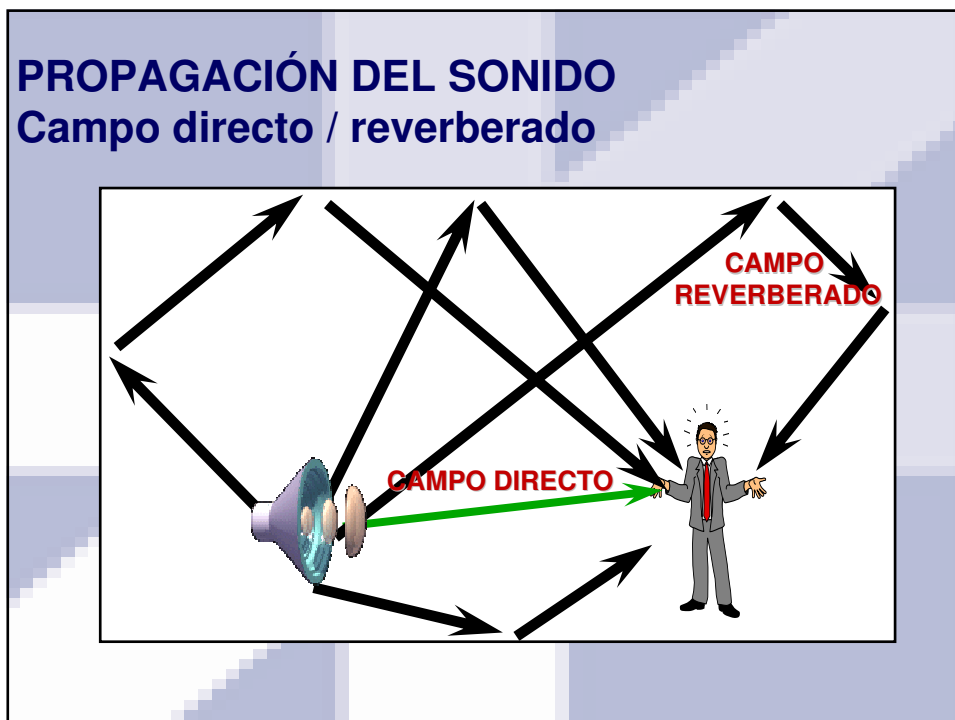
TRANSMISIÓN EN RECINTO CERRADO

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\phi}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

PROPAGACIÓN DEL SONIDO Espacio libre / cerrado

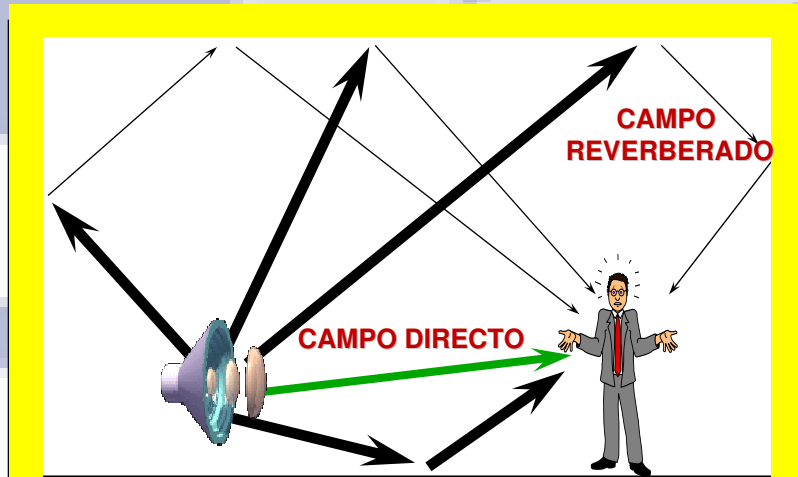


PROPAGACIÓN DEL SONIDO Campo directo / reverberado



PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Campo directo / reverberado



ABSORCIÓN ACÚSTICA



MÁXIMA ABSORCIÓN
CÁMARA ANECHOICA



MÍNIMA ABSORCIÓN
CÁMARA REVERBERANTE

RUIDO EN CLIMATIZACIÓN

GENERACIÓN	TIPO DE RUIDO	PREVENCIÓN / SOLUCIÓN
MAQUINARIA TORRES DE REFRIGERACIÓN BOMBAS	FLUIDO-DINÁMICO RUIDO DE IMPACTO	SALAS DE MAQUINAS APANTALLADOS ENCAPSULADOS SILENCIOSOS AMORTIGUADORES
CONDUCTOS REJILLA	FLUIDO-DINÁMICO	CONDUCTOS ABSORBENTES SILENCIOSOS DISEÑO REJILLAS

- ❖ **INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN: COMPLEJIDAD ACÚSTICA.**
- ❖ **EXISTEN SOLUCIONES PARA TODOS LOS PROBLEMAS.**
- ❖ **SOLUCIONES FACTIBLES SI SE INCLUYEN EN EL PROYECTO.**

VENTILADORES

1. *Elección del ventilador y su funcionamiento.*

Elegir el sistema de distribución de aire de mínima resistencia (la generación de ruido aumenta con la presión)

Examinar los niveles de potencia del ventilador según el tipo elegido (axial, centrífugo)

Elegir el ventilador de forma que funcione en su punto de máximo rendimiento (un tamaño excesivo o muy pequeño aumentan el ruido generado)

Diseñar las conexiones del ventilador a los conductos de forma que favorezcan la entrada aerodinámica del aire.

2. *Referentes al sistema de conductos.*

Fijación elástica de la red de conductos al ventilador (absorción de las vibraciones de éste)

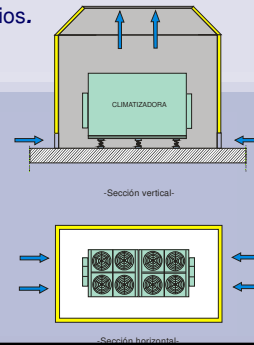
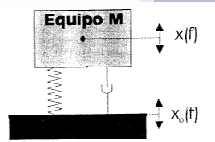
Elección de conductos absorbentes del sonido, que atenúen el ruido generado por éste.

3. *Diseño del sistema de anclajes y amortiguadores.*

4. *Tratamiento de absorción de la caja de ventilación.*

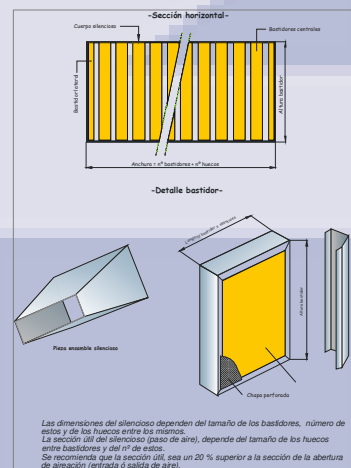
EQUIPOS

- Situación del equipo**
Lo más alejado posible de los puntos de eventuales quejas.
- Orientación**
De forma que los máximos de radiación no estén dirigidos a los puntos de posibles quejas.
- Elementos adicionales**
Barreras naturales/ artificiales, apantallado de equipos o silenciadores de absorción.
Salas de máquinas con acondicionamiento / aislamiento acústico.
- Recomendaciones**
Del fabricante, y considerar los amortiguadores que son necesarios.
- Mantenimiento del equipo**
Evitar desgaste o fricción entre piezas móviles o de apoyo.



CONDUCTOS

- Elección del material**
Realizado en material absorbente del sonido para favorecer la atenuación (α)
- Elección del diseño**
- Silenciadores de absorción**
- Montaje**
Soportes y conexiones a las máquinas/ ventilador





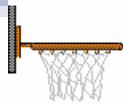
CONCLUSIONES

- ❖ La acústica en instalaciones es una cuestión de diseño...y de sentido común
- ❖ Deben cumplirse las exigencias del RITE y del CTE
- ❖ Las instalaciones de climatización son complejas en sus soluciones acústicas
- ❖ Existen soluciones, más sencillas y económicas si se plantean desde la fase de diseño

**Ejemplo:
SISTEMAS CON ABSORCIÓN ACÚSTICA**

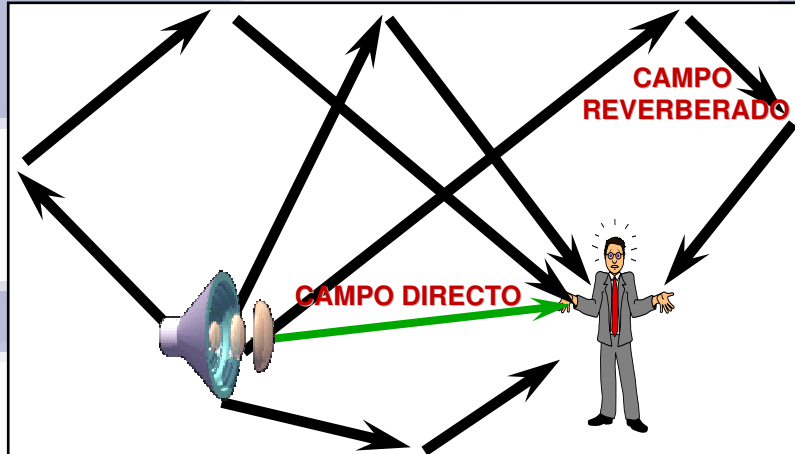
**PROPAGACIÓN DEL SONIDO
Espacio libre / cerrado**

Indoor basketball 
Outdoor basketball 

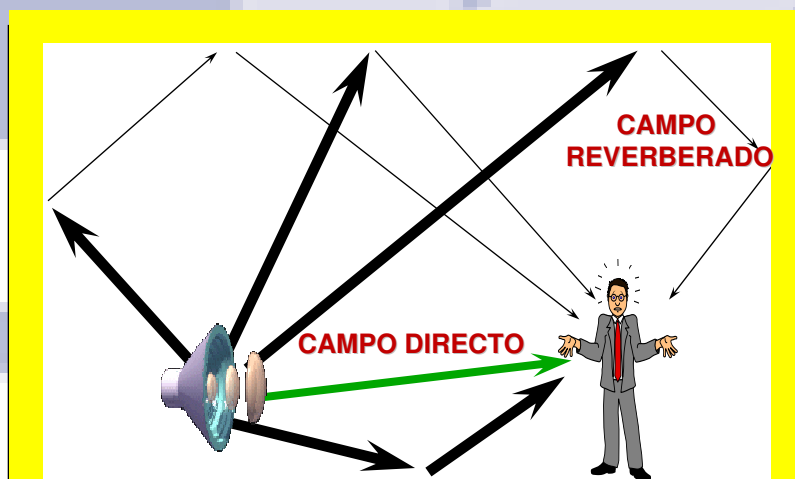


Copyright Microsoft

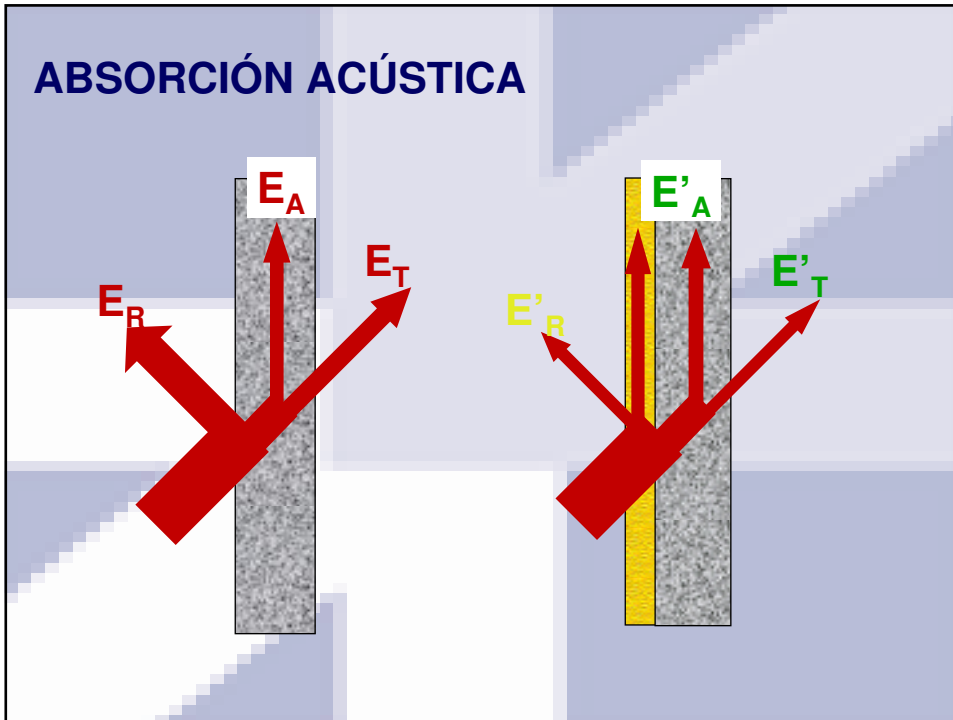
PROPAGACIÓN DEL SONIDO Campo directo / reverberado



PROPAGACIÓN DEL SONIDO Campo directo / reverberado



ABSORCIÓN ACÚSTICA



ABSORCIÓN ACÚSTICA

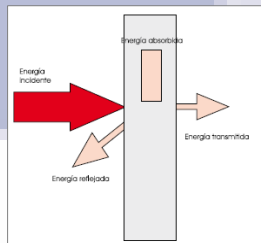


 MÁXIMA ABSORCIÓN
CÁMARA ANECOICA



 MÍNIMA ABSORCIÓN
CÁMARA REVERBERANTE

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA



$$\alpha_s = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

- ❖ **ADIMENSIONAL.**
- ❖ **MENOR QUE LA UNIDAD.**
- ❖ **DEPENDE DE LA FRECUENCIA**
- ❖ **MATERIALES CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES: $\alpha \downarrow$**
- ❖ **MATERIALES POROSOS: $\alpha \uparrow$**

ATENUACIÓN ACÚSTICA EN CONDUCTOS ESTIMACIÓN

$$\Delta L = 1,05 \cdot \alpha^{1,4} \cdot P / S$$

- ΔL Reducción del nivel sonoro por unidad de longitud, dB/m.
 α Coeficiente de absorción acústica.
 P Perímetro interior de la sección del conducto, en m.
 S Sección interior del conducto, en m^2 .

ATENUACIÓN ACÚSTICA EN CONDUCTOS FACTORES

1. RELACIÓN PERÍMETRO-SECCIÓN

Mejor comportamiento en conductos de menor sección

Mejor comportamiento en conductos “achatados”

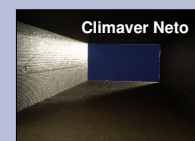
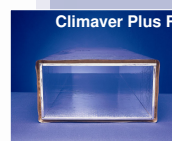
2. ABSORCIÓN ACÚSTICA DEL CONDUCTO

Mejor comportamiento a mayor α

Mejor comportamiento a mayor espesor

VALORES DE ABSORCIÓN EN CONDUCTOS

ABSORCIÓN ACÚSTICA (α)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
CONDUCTO METÁLICO SIN AISLAMIENTO	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
CONDUCTO METÁLICO + AISLAMIENTO POR EL INTERIOR, FIELTRO DE LANA DE VIDRIO - 15 MM (INTRAVER NETO)	0,05	0,15	0,40	0,70	0,90
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE ALUMINIO (CLIMAVER PLUS R)	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE TEJIDO DE VIDRIO (CLIMAVER NETO)	0,25	0,60	0,65	0,95	1,00

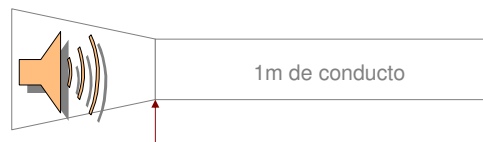


CONDUCTOS ABSORBENTES. EJEMPLO

ATENUACIÓN OBTENIDA CON LA INSTALACIÓN DE:

- 1 METRO DE CONDUCTO DE AIRE. Alternativas consideradas:
 - Conducto metálico sin aislar
 - Conducto metálico + aislamiento interior (Intraver Neto-15)
 - Conducto Climaver con revestimiento interior de Aluminio (Climaver Plus R)
 - Conducto Climaver con revestimiento interior en tejido de vidrio (Climaver Neto)
- SECCIÓN 400 X 200 MM, (Relación perímetro/sección P/S=15)
- CONOCIDO EL ESPECTRO DE LA FUENTE (VENTILADOR):

F (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	Valor global
Lw (dB)	83	80	79	77	77	86



SOLUCIÓN

1. APLICACIÓN ALGORITMO DE CÁLCULO

Se aplica el algoritmo:

$$\Delta L = 1,05 \cdot \alpha^{1,4} P/S$$



Con los valores de absorción acústica para cada alternativa:

ABSORCIÓN ACÚSTICA (α)					
Frecuencia (Hz)	125	250	500	1.000	2.000
CONDUCTO METÁLICO SIN AISLAMIENTO	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
CONDUCTO METÁLICO + AISLAMIENTO POR EL INTERIOR, FIELTRO DE LANA DE VIDRIO - 15 MM (INTRAVER NETO)	0,05	0,15	0,40	0,70	0,90
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE ALUMINIO (CLIMAVER PLUS R)	0,20	0,20	0,20	0,60	0,50
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE TEJIDO DE VIDRIO (CLIMAVER NETO)	0,25	0,60	0,65	0,95	1,00

2. ATENUACIÓN POR FRECUENCIAS

Aplicando el algoritmo, con los valores de α y P/S, tendremos:

dB / m	125	250	500	1.000	2.000
CONDUCTO METÁLICO SIN AISLAMIENTO	≅ 0	≅ 0	≅ 0	≅ 0	≅ 0
CONDUCTO METÁLICO + AISLAMIENTO POR EL INTERIOR, FIELTRO DE LANA DE VIDRIO - 15 MM (INTRAVER NETO)	0,2	1,1	4,4	9,5	12,0
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE ALUMINIO (CLIMAVER PLUS R)	1,7	1,17	1,7	7,7	6,0
CONDUCTO DE LANA DE VIDRIO CON REVESTIMIENTO INTERIOR DE TEJIDO DE VIDRIO (CLIMAVER NETO)	2,3	7,7	8,6	14,7	15,8



3. ESPECTRO TRAS UN METRO DE CONDUCTO

El espectro de emisión después de un metro de conducto sería:

$$L_p = L_w - \Delta L$$

CONCEPTOS	125	250	500	1.000	2.000
EMISION VENTILADOR L_w (dB)	83	80	79	77	77
$L_p = L_w - \Delta L$					
L_p NIVEL A 1 M DE CONDUCTO					
CHAPA SIN AISLAR (dB/m)	83	80	79	77	77
CHAPA + INTRAVER 15 (Db/m)	83	79	75	67	63
CLIMAVER PLUS R (dB/ m)	81	78	77	69	71
CLIMAVER NETO (dB/ m)	80	72	70	62	61



4. VALORES GLOBALES TRAS UN METRO DE CONDUCTO

Se calculan los valores globales mediante la expresión:

$$L_{pg} = 10 \log \sum \text{anti log} \frac{L_p}{10}$$

Obteniendo los valores globales a la salida (1 m de conducto):

VALOR Lpg (dB)	
CONDUCTO METÁLICO SIN AISLAR	86
CONDUCTO METÁLICO + INTRAVER 15	84,8
CONDUCTO CLIMAVER PLUS R	84,4
CONDUCTO CLIMAVER NETO	81,7

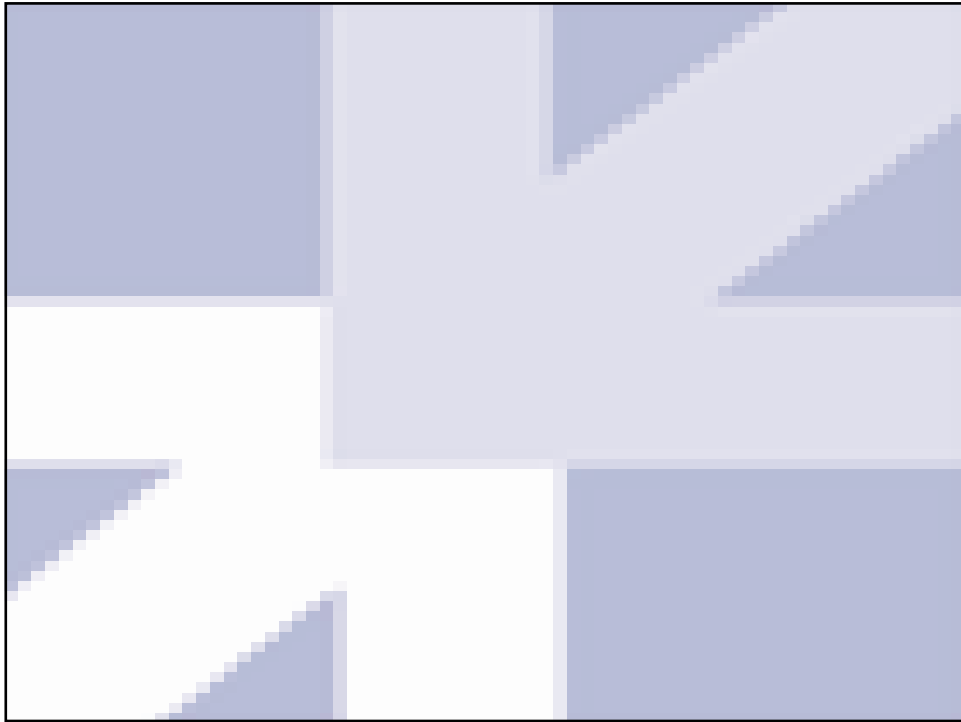
5. ATENUACIÓN GLOBAL

Considerando el valor global de la fuente y el valor global a 1 m de conducto, restando se obtiene la atenuación global:

$$\Delta L = L_{\text{wfuente}} - L_{w1m}$$

ATENUACIÓN GLOBAL	
EMISION VENTILADOR Lw (dB)	86
$\Delta L = L_{\text{wfuente}} - L_{w1m}$	
REDUCCIÓN CHAPA SIN AISLAR (dB/m)	≅ 0
REDUCCIÓN CHAPA + INTRAVER 15 (Db/m)	2
REDUCCIÓN CLIMAVER PLUS R (dB/ m)	2,3
REDUCCIÓN CLIMAVER NETO (dB/ m)	5,1





EXIGENCIA ACÚSTICA, CTE

(1 de 2)

AIRE ACONDICIONADO

1. Los **conductos** de aire acondicionado deben llevarse por conductos **independientes** y aislados de los recintos protegidos y los recintos habitables.
2. Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante **sistemas antivibratorios**, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas.
3. En **conductos** vistos, se usarán **recubrimientos con aislamiento acústico** a ruido aéreo adecuado.

EXIGENCIA ACÚSTICA, CTE

(2 de 2)

AIRE ACONDICIONADO

4. Los **conductos** de aire acondicionado deben revestirse de un **material absorbente** y deben utilizarse **silenciadores** específicos de tal manera que la atenuación del ruido generado por la maquinaria de impulsión o por la circulación del aire sea tal que en las rejillas y difusores en los recintos protegidos el nivel sea como máximo de 40 dB.
5. Se usarán **rejillas y difusores** terminales cuyo nivel de potencia generado por el paso de aire acondicionado cumpla la condición:

$$L_w \leq L_{eqA,T} + 10 \lg V - 10 \lg T - 14$$

L_w nivel de potencia acústica de la rejilla (dB)
 $L_{eqA,T}$ valor del nivel de ruido continuo equivalente estandarizado, ponderado A, establecido en la tabla D.1, según uso del edificio, tipo de recinto y tramo horario
T Tiempo de reverberación del recinto
V Volumen del recinto