

El silencio busca al ruido por momentos. En poesía el silencio son los ojos entre líneas, la mirada entre palabras que buscan refugio. El ruido en poesía confunde al ritmo, pero finalmente con él marcha el mundo. Todo poeta debe ser sordo y cojo entre palabras y atreverse a bailar con los ojos cerrados. Todo poeta debe llevar su música por su cerebro. ¿Quieres un ejemplo? Imagina que estás desnuda en una pista de baile junto a un hombre y que tienes dos minutos para acercarte a él. ¿Quieres otro? Imagina que a punto de ser abandonado, cuando ella ha marchado, vuelve a sonar el timbre de la puerta y todavía tiembles. En ese momento el ruido recoge con naturalidad las ropas del suelo después de haberlo abrazado. En ese instante el silencio te marca el sonido reiterativo de tu corazón aguardando a escuchar su voz. El silencio se camufla de ruido y lo que aparenta descanso cae rendido en una mirada que con los ojos cerrados buscará en las palabras el sentido de lo que se dice o lo que se escribe como si nos jugaráramos la vida al intentarlo. El silencio toma la medida de las cosas y el ruido se convierte en tu aliado. ¿Quieres un último ejemplo? Imagina que estás sólo y que no tienes a nadie alrededor, ¿qué es lo que escuchas? ¿tienes miedo? La cabeza que no encuentra su música escucha su rechazo en un íntimo recelo.

Kepa Murua



INDICE

PRÓLOGO DEL AUTOR	5
INTRODUCCIÓN	7
DEFINICIONES ACÚSTICAS.....	11
CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SONIDO.....	33
El oído humano y la audición.....	33
Variaciones sonoras perceptibles	34
Nivel de presión sonora	34
Diferencias entre Presión y Potencia Acústica	34
El Decibelio.....	35
Frecuencias	35
El Hertzio.....	37
Clases de Decibelios. Nivel Sonoro con Ponderación A, B, C.....	38
Operaciones con dB	38
Materiales aislantes y absorbentes.....	39
Absorción acústica	40
EL RUIDO	41
Tipos de ruido	43
TRANSMISIÓN AÉREA DEL SONIDO	46
Más Definiciones	46
Aislamiento acústico al ruido aéreo	47
Aislamiento y transmisiones laterales.....	47
Acondicionamiento acústico de locales.....	49
Equilibrio de energía acústica.....	50
Mejora de la TL (pérdida de transmisión) o D de un cerramiento.....	50
Aislamiento de una pared simple.....	51
Ley de masa. Comportamiento real.....	53
Aislamiento de una pared doble	53
Comportamiento real de paredes múltiples	54
Influencia de un agujero acústico	54
Agujeros y fisuras de pequeñas dimensiones.....	55
Resultados gráficos del cálculo	56
Ecuación general de acústica	56
Los métodos de calculo acústico	58
METODO CATED-UNM.....	58
EL METODO CLASICO.....	59
EL METODO CEN UNE EN ISO 12354	59
Barreras acústicas. Zonas de sombra.....	61
Apantallamientos	61
Aislamiento acústico de diferentes sistemas	62
TRANSMISIÓN POR VÍA ESTRUCTURAL	65
Vibraciones y ruido de impacto.....	65
Vías de transmisión de ruido.....	66
El reparto de energía en las uniones	67
Ruido transmitido por una fuente.....	67
Nivel de ruido de impacto normalizado	69
Ejemplo de tratamiento completo de sala de máquinas	69
Mejora del ruido de impacto	69

TRATAMIENTOS ACÚSTICOS ESPECIALES	70
Máquinas e instalaciones domésticas	70
Canalizaciones de fontanería	70
Sistemas de desagüe	70
Ascensores	70
Conmutadores eléctrico	70
Instalaciones de calefacción central	70
Aire acondicionado	71
Máquinas giratorias	72
Ruido a través del aire y canalizaciones.....	73
Silenciadores y sistemas de ventilación	73
El silenciador de celdillas paralelas	74
Silenciador cilíndrico absorbente SNC.....	74
Silenciadores absorbentes SNN con núcleo	74
Silenciadores absorbentes SAP con núcleo.....	74
Silenciadores reactivos SRC	74
Silenciadores reactivos absorbentes SRA	75
Niveles de ruido permisibles y curvas NC	75
Ruido generado por velocidad de paso en silenciadores	77
Modificación de conductos	77
Atenuación de conductos rectilíneos	77
Atenuación en los codos	77
Aplicación de las curvas NC	77
Silenciadores en una red de conductos	78
OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA	78

PRÓLOGO DEL AUTOR

Éste es uno de los tres documentos que con fines divulgativos edita la empresa Acústica Arquitectónica para acercar el mundo de la acústica tanto a técnicos como a personas relacionadas con el mundo de la administración pública que estén o se hayan visto afectados por el ruido en cualquiera de sus diversas ramas, aunque en general puede servir a cualquier persona con inquietudes sobre el sonido y en particular sobre el ruido.

Obviamente, estos folletos no pretenden ser ni mucho menos un tratado de acústica, pero sí presentar una pequeña introducción a los términos, conocimientos básicos y problemática que muchos de ustedes pueden encontrarse. La documentación aquí aportada es un compendio de obras de autores reseñables en el mundo de la acústica, como puede constatarse en la bibliografía, así como de experiencias profesionales propias.

Iñigo López Cebrián
ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA S.A.

INTRODUCCIÓN

Desde las épocas más remotas de nuestra historia, la acústica ha formado parte del ambiente de la vida humana, como mínimo desde el punto de vista de la comunicación hablada o mediante rudimentarios instrumentos musicales.

La acústica como ciencia apareció en el momento en que se comenzaron a diferenciar los sonidos más o menos puros.

En el siglo VI antes de nuestra era, Pitágoras y sus discípulos observaron que el ruido de los martillos al golpear el yunque, variaba con el peso de los mismos. A partir de este fenómeno, descubrieron que existía una relación entre las cuerdas vibrantes y el tono de los sonidos que emitían. Alrededor del año 330, Aristóteles estudió el fenómeno del eco, explicándolo debido a la reflexión de los sonidos; más tarde, Heron de Alejandría enseñó que los sonidos son vibraciones longitudinales que se propagan a través del aire. Al principio de nuestra era, Lucio Anneo Séneca añadía que dicha propagación, sólo era posible gracias a la naturaleza elástica del aire; por último, en el siglo XI Claudio Ptolomeo reunía en sus "Armónicos", todos los conocimientos adquiridos hasta entonces sobre esta materia, explicando que los sonidos se producían principalmente como consecuencia de los choques y del rápido movimiento vibratorio que de ellos resultaba.

En el curso de los siglos posteriores, la Acústica apenas progresó, hasta que en 1638 Galileo Galilei le dio un nuevo impulso, poniendo de manifiesto que el tono depende de la frecuencia de las oscilaciones que originan los sonidos, de la masa de cuerpo vibrante, de la longitud y de la tensión a la que está sometido. Descubriendo también que las cuerdas pueden vibrar por resonancia, estudiando las ondas estacionarias. El Abad francés Pierre Gasseus observó que la velocidad de propagación de los sonidos, es siempre la misma, independientemente de que estos sean débiles o fuertes y cualquiera que sea su timbre. Por la misma época otro religioso francés, Marín Mersané, alumno de Galileo, determinó la frecuencia de las distintas notas, indicando las principales propiedades de los tubos sonoros, descubriendo a su vez que las cuerdas al vibrar a su propia frecuencia dan simultáneamente, armónicos superiores al fundamental. De forma análoga estudió el "eco", intentando medir la velocidad de propagación del sonido en el aire, determinando el tiempo transcurrido entre su emisión y la recepción del mismo, los resultados obtenidos fueron imprecisos, como lo fueron también los que obtuvo la Academia de Florencia en 1660.

En la segunda mitad del siglo XVII se aclararon los conocimientos sobre las ondas sonoras y su propagación, considerándolas como un movimiento ondulatorio, pero antes la Acústica se enriqueció con las valiosas aportaciones contenidas en la "Misurgia Universalis" publicada en 1650, y la "Phonurgia" en 1673, obras del jesuita alemán Atanasio Kirche. De esta forma llegamos al año 1683, en el que Newton se encuentra en posesión de los elementos que permiten calcular la velocidad del sonido en función de la densidad, y de otras características del medio a través del cual se propagan las ondas sonoras. Mientras tanto, Huygens explicó la base común entre los fenómenos luminosos y sonoros, en ambos casos explicó, que trata de vibraciones longitudinales del medio, éter en el caso de la luz y partículas elásticas en el caso del sonido. A su vez el físico alemán O.Von Guericke descubrió un hecho fundamental, agitando una campanilla en el interior de una campana neumática, demostrando que el sonido, contrariamente a lo que ocurre con la luz, no se propagaba por el vacío, escapándosele la conclusión lógica de este experimento, siendo Boyle quien posteriormente, atribuyó la propagación de los sonidos a la elasticidad del aire. En 1706 Stancari recurrió a una copia directa del invento de R. Hooke consistente en una rueda de una sierra rotativa, contra la que estaba aprisionada un junco, demostrando que la frecuencia se podía calcular a partir del número de Teeth y de la velocidad de rotación. Posteriormente, en 1830, L. Savart usó la rueda para determinar la frecuencia de un sonido.

La velocidad del sonido se estudió de nuevo por una comisión de la Academia Francesa en 1738, obteniendo unos resultados de 580,31 m/s a 0° C. La medida indirecta de la frecuencia se revisó por J. Robinson, quien construyó una sirena que producía tonos musicales de frecuencia variable.

En comparación con lo adelantado en el siglo XVIII, el avance del siglo XIX fue enorme, siendo apreciado todo esto por James Loudon en el año 1901. El profesor Loudon vio que el primer avance significativo fue el trabajo de Chladni en 1802 determinando el tipo de onda de los cuerpos vibrantes, para lo cual utilizó un experimento que consistía en hacer vibrar con un arco de violín unas placas espolvoreadas con arena fina, obteniendo unas Figs sonoras que indicaban la localización de los nodos y vientres, basándose en estas Figs para explicar la propagación de los sonidos en los sólidos, aunque no logrando sus propósitos por falta de conocimientos teóricos. También realizó experimentos sobre las vibraciones longitudinales y transversales de

varillas, barras y láminas. Estos estudios interesaron a Wheanstone, quien en 1833 obtuvo una teoría que explicaba las líneas nodales cuya existencia se debía a las superposiciones de vibraciones transversales. En 1807 T. Young registró las vibraciones de los sólidos, así como las de las cuerdas vibrantes, determinando con anticipación el principio del fonógrafo, mediante el cual se puede medir sin dificultad las frecuencias de las vibraciones de los cuerpos sonoros, estas vibraciones permiten también de una forma sencilla medir intervalos de tiempo.

En 1857 E. Scott obtuvo el fonógrafo, que consistía en un brazo terminado en un diafragma flexible, por medio de un medidor de nivel, mediante un punzón que se movía al unísono con un movimiento del diafragma, registrando el movimiento de vaivén en una superficie. Este fue el primer empleo de un diafragma para recoger el sonido, a partir de entonces, los diafragmas han jugado un papel importante, en todas las medidas acústicas.

Aproximadamente en este mismo año Leconte descubrió accidentalmente la "llama sensible", que daba un procedimiento no muy preciso para determinar la intensidad de las ondas sonoras. Una llama sonora sensible se produce al girar un chorro de gas, hasta que la llama está justo debajo del punto de inestabilidad, la perturbación del aire alrededor del chorro producido por una onda sonora rompe la línea de movimiento del aire, resultando una modificación en la forma de la llama que se ve afectada en gran medida por los cambios de intensidad en la onda. Durante la exposición que se celebró en Londres en 1862 R. Koenig presentó una colección de fonogramas que representaban sus trabajos de perfeccionamiento del fonógrafo de Scot. El Kaleidófono fue inventado por Wheanstone en 1827, que consistía en un método óptico para el estudio de los movimientos vibratorios mediante las curvas obtenidas al componer dos movimientos vibratorios perpendiculares, el que más contribuyó al desarrollo de este invento fue Lissanjous mediante su libro "Memoria sobre el estudio óptico de los movimientos vibratorios"; a través de este método se puede determinar con precisión la diferencia de fase de los dos movimientos vibratorios. El primer procedimiento óptico para determinar la resistencia de una onda sonora fue descrito por Biot en 1820 y desarrollado posteriormente por Kundt en 1864 y Mach en 1872. El segundo procedimiento, también óptico, se debe a Toepler y Boltzman, dado a conocer en 1870, este consistía en producir franjas de interferencias por combinación de dos rayas luminosas intermitentes, originadas por un sólo foco luminoso, una atravesaba el aire en estado normal y la otra a través de un punto nodal de una columna de aire en estado vibratorio.

El movimiento de las bandas de interferencia era un movimiento que se podía hacer lento o rápido, dependiendo de la longitud, pudiéndose medir el movimiento del aire en un punto nodal mediante un procedimiento estroboscópico. En 1819 se inventó la sirena de Cagniar de la Tour, mediante la cual se puede medir directamente el número de vibraciones de los sonidos. La forma actual de la sirena se debe en primer lugar a los trabajos de Seebek en 1841 y también a los de Koenig en 1867, quién publicó un estudio sobre sus experimentos en 1881. En 1882 Rayleigh dio a conocer un nuevo instrumento de precisión por el inventado y que permitía medir la resistencia de una onda sonora, el denominado disco de Rayleigh. Loudon hizo un resumen sobre los avances realizados en el siglo XIX, utilizándose todos estos instrumentos para medir la velocidad de las partículas, las cualidades del sonido, velocidad del sonido, etc. Loudon describió con detenimiento las investigaciones de Victor Regnault, quien entre 1860 y 1870 determinó la velocidad del sonido haciendo uso de procedimientos eléctricos y un método gráfico para medir los intervalos entre la emisión sonora y su recepción en un punto distante. La primera norma sobre el tono fundada por el Gobierno francés en 1859, como 435 Hz a 201C. Lissanjous preparó su norma así como Koenig quien construyó un tonómetro universal, que acabó en 1867, con una gama desde 16 Hz a 90 kHz. Koenig usó su tonómetro como fuente sonora para determinar los límites de audición en el aire, llegando a la conclusión de que los mismos estaban en función de la intensidad del sonido, situados alrededor de 13 Hz y 17,5 Hz. Hemholtz demostró que si la frecuencia de un sonido es muy baja (fundamental acompañado de una serie de armónicos), la frecuencia fundamental puede resultar inaudible por si misma, mientras que los armónicos se oyen distintamente.

En el siglo XIX W. H. Eccles de acuerdo con los avances de la electricidad y de la acústica, descubrió el micrófono, el tubo amplificador de vacío, la producción de ondas sonoras, los filtros y la teoría matemática de los circuitos eléctricos, así como la propagación de las ondas electromagnéticas, siendo esto la base de la acústica moderna. Hasta 1916 solo se habían utilizado cuatro métodos para determinar de una forma absoluta la intensidad acústica: 1) el método de las placas de Rayleigh, para determinar la velocidad vibratoria de una onda; 2) el método de medida del incremento de presión de una pared reflectante de acuerdo con la teoría de Rayleigh, y las técnicas experimentales de Altberg; 3) el método de medida de la presión acústica y 4) variaciones del método haciendo uso de la interferencia óptica. A pesar de que el teléfono se inventó en 1876, hasta 1908 no se publicó un informe sobre la medida relativa de la intensidad acústica por

equipos electrónicos. En 1913 H.O. Taylor en su búsqueda por encontrar un método de medida de la intensidad del sonido, estudió todos los trabajos, incluyendo los receptores telefónicos, los galvanómetros de campos fuertes y débiles, etc. Arnold y Crandall fueron los primeros que introdujeron los instrumentos de medida modernos dentro de la acústica en 1917, estos contribuyeron a su vez con el termófono, que es un transductor termoelectroacústico que sirve como norma para la presión acústica. Wente contribuyó con un micrófono electrostático con una ancha gama de frecuencias, buena estabilidad y la posibilidad de poder calibrarlo fácilmente con un termófono.

En el siglo XX se inventó el auricular, en 1920 los auriculares de alta fidelidad fueron constantes en su respuesta sobre los 4.000 Hz, el ajuste de estas unidades hizo que el altavoz y otros instrumentos fueran de gran valor para los experimentos acústicos. Al final del siglo XIX Sabine realizó el primer estudio del sonido en auditorios, introduciendo las medidas para determinar la absorción y transmisión del sonido en los límites de un recinto. En 1921 Kennelly y Kurokawa estudiaron un método para la medida de la impedancia acústica usando el principio de la reacción acústica de las vibraciones sobre un diafragma.

El desarrollo de los instrumentos de medida de ruido ha alcanzado un nivel muy alto, debido al serio problema que plantea en la sociedad moderna los elevados niveles de ruido que produce una sociedad tan tecnificada. Durante la segunda guerra mundial, la acústica submarina experimentó una gran actividad, apareciendo un gran número de laboratorios, protegidos por los gobiernos, para investigar los problemas acústicos asociados con operaciones militares submarinas.

Según se ha podido apreciar, la acústica ha sido precedida por grandes avances a través de observaciones empíricas, a lo largo del tiempo. La música, la arquitectura, la ingeniería, la medicina, la lingüística, etc. buscan la acústica como una herramienta de trabajo, por ejemplo para realizar: *a) proyectos de auditorios, b) estudios de grabación sonora, c) percepción subjetiva de sonidos, d) producción artificial de la voz, e) aislamiento contra el ruido, f) utilización de la acústica en la medicina, etc.*

La acústica incluye la *generación, transmisión, recepción, absorción, conversión, detección, reproducción y control del sonido.*

Como última nota de esta introducción, indicar que una de las posibles divisiones que se pueden hacer de la acústica, una es atendiendo al rango de frecuencias, de la siguiente forma:

- Infrasonidos ($0 \text{ Hz} < f < 20 \text{ Hz}$)
- Sonidos audibles ($20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$)
- Ultrasonidos ($f > 20 \text{ kHz}$)

DEFINICIONES ACÚSTICAS

A

Absorción del sonido:

Propiedad que poseen materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie o el proceso de disipación de la energía sonora.

Absorción sonora:

Ver coeficiente de absorción sonora.

Acústica:

Parte de la física, que trata de la producción, control, transmisión, recepción y audición de los sonidos, y también, por extensión, de los ultrasonidos.

Area de absorción sonora equivalente de un recinto

Area imaginaria de una superficie totalmente absorbente sin efectos de dirección que, si fuera el único elemento absorbente de una sala, daría el mismo tiempo de reverberación que el recinto considerado.

Aceleración de vibración:

Tasa de cambio de velocidad y dirección de una vibración, en una dirección especificada. Se ha de identificar la anchura de banda de frecuencia.

Aislamiento del sonido:

Capacidad de una estructura o material para impedir que el sonido llegue a una habitación receptora. La energía sonora no es necesariamente absorbida; ha menudo el principal mecanismo son las reflexiones de vuelta hacia la fuente.

Aislador de vibración:

Soporte flexible diseñado para reducir la vibración transmitida a la estructura de apoyo.

Amortiguación:

Disipación de la energía en un sistema oscilante, con el tiempo o a distancia.

Amortiguación viscosa:

Disipación de la energía que se produce cuando una parte de un sistema es resistido por una fuerza cuya magnitud es proporcional a la velocidad del elemento pero en dirección opuesta a la velocidad.

Amplitud:

Valor máximo de una cantidad sinusoidal.

Armónico:

Componente sinusoidal cuya frecuencia es un número entero múltiplo de la frecuencia fundamental.

Articulación (inteligibilidad):

Porcentaje de unidades del habla transmitida recibido correctamente por un oyente.

Audiograma de tono puro:

Gráfico que muestra el nivel auditivo en función de la frecuencia.

Audiograma:

Gráfico que muestra el nivel auditivo (umbral) en función de la frecuencia.

Audiómetro:

Aparato utilizado para medir la agudeza auditiva, específicamente el nivel auditivo.

Auricular:

Transductor electroacústico diseñado para ser estrechamente acoplado al oído, capaz de generar oscilaciones acústicas cuando es excitado por señales eléctricas.

Auricular circunaural:

Auricular que tiene una cavidad suficientemente grande como para cubrir la región de la cabeza incluyendo y rodeando al oído.

Auricular supraural:

Un auricular aplicado externamente al oído externo.

B

Banda:

Un segmento del espectro de frecuencia.

Banda auditiva crítica:

(1) La frecuencia de banda del sonido que contiene una potencia sonora igual a la de un tono puro centrado en la banda crítica y mínimamente audible en presencia del ruido de banda ancha.

(2) frecuencia de la banda dentro de la cual la sonoridad de un sonido distribuido continuamente de nivel de presión sonora constante es independiente de su anchura de banda.

Belio:

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades proporcionales a la potencia; el número de belios correspondiente a esta relación es el logaritmo de base 10 de la relación. [1 belio = 10 decibelios (dB).]

C

Cabina audiométrica:

Una cabina o habitación que se utiliza para el examen auditivo; está aislada contra el ruido exterior e incorpora algún absorbente del sonido.

Cámara anecoica:

(cámara de campo libre): Una habitación cuyos límites absorben prácticamente todo el sonido incidente sobre ellos, aportando por tanto esencialmente condiciones de campo libre.

Cámara de campo libre:

Véase cámara anecoica.

Cámara de reverberación:

Habitación que tiene un tiempo de reverberación largo, especialmente diseñada para hacer todas las superficies tan reflectantes del sonido como sea posible y para hacer el campo sonoro dentro de ella tan difuso como sea posible.

Cámara semiecoica:

Cámara de ensayo con un suelo duro, reflectante, pero en que las demás superficies absorben esencialmente todo el sonido que incide sobre ellas, aportando por tanto condiciones de campo libre por encima del plano reflectante.

Campo lejano:

La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que el nivel de presión sonora (debido a esta fuente) desciende en 6 dB por cada duplicación de la distancia desde la fuente.

Campo libre:

Campo sonoro en un medio isotrópico homogéneo cuyos límites ejercen una influencia insignificante sobre las ondas sonoras. En la práctica, es un campo en que los efectos de los límites son insignificantes para el rango de frecuencia de interés.

Campo próximo (campo sonoro próximo):

El campo sonoro próximo a una fuente de sonido (entre la fuente y el campo lejano) en que el nivel de presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas no están en fase.

Campo sonoro:

Una región de un medio elástico (como el aire) que contiene ondas sonoras.

Campo sonoro difuso (campo difuso):

Un campo sonoro que tiene densidad de energía estadísticamente uniforme y en que las direcciones de propagación de las ondas sonoras se distribuyen al azar.

Campo sonoro directo:

La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que la presión sonora (debida a esta fuente) no ha sufrido ninguna reflexión.

Campo sonoro reverberante (campo reverberante):

Un campo sonoro en un espacio total o parcialmente cerrado, una vez que la fuente ha cesado, en que las ondas sonoras se reflejan repetida o continuamente sobre los límites.

Cantidad periódica:

Una cantidad oscilatoria cuyos valores son recurrentes para determinados incrementos de la variable independiente.

Centava:

Una unidad de banda logarítmica de frecuencia entre dos sonidos con una relación básica de frecuencia de la raíz 1200 de 2; una octava es igual a 1200 centavas. ciclo: De una cantidad periódica, la secuencia completa de valores de una cantidad periódica que se produce durante un período. Ciclos por segundo (c.p.s.) : Una unidad de frecuencia, igual que el hertzio (Hz).

Clase de aislamiento de impacto:

Una valoración de número único que se utiliza para comparar la eficacia de los ensamblajes de techo-suelo para aportar reducción de los sonidos generados por impacto, tales como pisadas.

Clase de transmisión del sonido:

Una valoración de número único utilizada para comparar las propiedades de aislamiento del sonido de paredes, suelos, techos, ventanas o puertas. La clase de transmisión del sonido se obtiene de mediciones en 16 bandas de ensayo. Abreviatura: STC.

Clase de transmisión sonora de campo:

Valoración de número único parecida a la clase de transmisión del sonido, salvo que los valores de pérdida de transmisión utilizados para calcularla se miden en campo. Abreviatura: FSTC.

Clase normalizada de aislamiento del ruido:

Valoración de número único, parecida a la clase de aislamiento del ruido, salvo que los valores de reducción del ruido medidos están normalizados para un tiempo de reverberación de 0,5 segundos. Abreviatura: NNIC.

Coefficiente de absorción del sonido:

- (1) De forma ideal, la fracción de la potencia sonora incidente al azar que es absorbida (o reflejada) por un material.
- (2) Una medida de la propiedad absorbente del sonido de un material. Símbolo: α

Coefficiente de amortiguación crítica:

El valor mínimo de amortiguación que permitirá la vuelta de un sistema desplazado a su posición inicial sin oscilación.

Coefficiente de reducción del ruido:

Una valoración de número único de las propiedades de absorción del sonido de un material; es la media aritmética de los coeficientes de absorción del sonido a 250, 500, 1000 y 2000 Hz, redondeado hasta el múltiplo más próximo de 0,05. Abreviatura: NRC.

Conducción del aire:

El proceso por el cual el sonido viaja hacia el oído interno a través de una vía en el aire en el canal del oído externo, utilizando entonces la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos.

Conducción ósea:

La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

Contorno de igual sonoridad:

Para un sonido especificado que se escucha de una manera concreta, una curva que muestra los valores relacionados de presión sonora y frecuencia requerida para conseguir un nivel de sonoridad determinado para un oyente normal.

Curvas Isofónicas:

Son unas curvas que delimitan zonas que tienen igual nivel de presión sonora.

Curvas NC (curvas de ruido criterio):

Una serie de curvas de los espectros de sonido de banda de octava en un sistema para evaluar el ruido de un espacio interior ocupado; se compara un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel NC del espacio.

Curvas RC (curvas de criterio de habitación):

Una serie de curvas de espectros de sonido de banda de octava en un sistema para valorar el ruido de un espacio interior ocupado; se compara un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel RC del espacio.

D

Decibelio:

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia; el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. En muchos campos sonoros, las relaciones de presión sonora no son proporcionales a las correspondientes relaciones de potencia, pero es una práctica habitual ampliar el uso de la unidad a tales casos. Un decibelio es un décimo de un belio. Símbolo de la unidad: dB.

Decibelio A (dBA)

Es el nivel de presión sonora medido con el filtro de ponderación A.

Densidad de potencia espectral:

El límite, a medida que la anchura de banda se aproxima a cero, de la potencia sonora dividido entre la anchura de banda establecida.

Descenso logarítmico:

En el descenso de la oscilación de frecuencia única, el logaritmo natural de la proporción entre dos amplitudes sucesivas cualesquiera del mismo signo.

Desplazamiento de umbral:

Un aumento en el umbral de audición para una frecuencia determinada; por ejemplo, como resultado de la exposición al ruido.

Desplazamiento de umbral transitorio:

El componente del cambio de umbral que muestra una reducción progresiva con el paso del tiempo, cuando se retira la causa del cambio.

Desplazamiento permanente de umbral inducido por el ruido:

Pérdida auditiva permanente que resulta de la exposición al ruido.

Difusión sonora:

Existente cuando la densidad de energía es uniforme en la región considerada, y cuando todas las direcciones del flujo de energía y todas las partes de la región son igualmente probables.

Difracción:

El proceso que produce una onda difractada.

Dispersión:

La difracción irregular del sonido y la reflexión de las ondas sonoras en varias direcciones.

Distorsión:

En un sistema transmisor o reproductor de sonido es cuando se realiza la transmisión o reproducción con variación en la forma de la onda. Existen varios tipos de distorsión, por ejemplo la distorsión de amplitud del sonido o aquella que afecta a su frecuencia.

Divergencia:

La propagación de las ondas sonoras desde una fuente en campo libre, dando como resultado una disminución en el nivel de presión sonora al aumentar la distancia desde la fuente.

E

Eco:

Un sonido que ha sido reflejado con la suficiente magnitud, pero con un tiempo de descenso tal que puede distinguirse como una repetición del sonido directo.

Eco de oscilación del sonido:

Una rápida, pero regular, sucesión de ecos que se origina a partir de la misma fuente sonora.

Efecto de coincidencia:

De un panel o partición, un fenómeno que se produce cuando la longitud de onda de una onda de flexión en un panel es igual a la de la onda de la misma frecuencia viajando en el aire.

Efecto Doppler :

Variación aparente de la frecuencia de una onda, que se debe a una variación de la distancia entre la fuente y el observador.

Energía sonora:

Energía total en esta zona menos la energía que existiría en la misma zona del medio sin ondas sonoras presentes. Unidad: julio.

Toda onda sonora va acompañada de un flujo de energía mecánica. El valor promedio de dicha energía acústica por unidad de tiempo se conoce como Potencia Acústica, W , y se mide en watts. Ahora, si esta energía por unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie normal a la dirección de propagación nos referimos a la Intensidad Acústica, I .

Enmascaramiento:

- (1) El proceso mediante el cual se eleva el umbral de audición para un sonido mediante la presencia de otro sonido.
- (2) La cantidad en que se aumenta el umbral de audición de un sonido en presencia de otro sonido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

Espectro:

Una descripción de una cantidad en función de la frecuencia; el término puede utilizarse para significar un rango continuo de componentes, habitualmente amplio en extensión, que poseen algunas características comunes, como el espectro de frecuencias auditivas.

Espectro continuo:

El espectro sonoro cuyos componentes están distribuidos continuamente sobre un rango de frecuencia especificado. (El ruido aleatorio tiene un espectro continuo porque contiene un número muy grande de componentes de frecuencia.)

Espectro de banda de octava:

Un espectro que tiene una octava de anchura.

Espectro del sonido:

Una representación de la magnitud (p. ej., amplitud y fase) de los componentes de un sonido complejo en función de la frecuencia.

Espectro lineal:

Un espectro que contiene sólo componentes de frecuencia discreta.

Exposición sonora:

La integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación A sobre un intervalo de tiempo igual o mayor al de un suceso. La ponderación de frecuencia puede ser distinta de A si así se indica. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación de frecuencia A. En el sistema internacional de unidades (S.I.), la unidad fundamental de exposición sonora se expresa en pascales al cuadrado por segundo, si el tiempo es en segundos, y en pascales al cuadrado por hora, si el tiempo es en horas.

Exposición sonora día-noche:

La exposición sonora de un día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 22:00 horas) a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Exposición sonora día-tarde-noche:

La exposición sonora de una día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 19:00 horas) a 3 veces la exposición sonora vespertina (19:00 a 22:00 horas) y a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

F

Factor cresta (pico):

De una cantidad oscilante, la proporción entre el valor pico y el valor rms.

Factor de directividad:

De un micrófono, la proporción entre el cuadrado de la sensibilidad del campo libre y las ondas sonoras que llegan a lo largo del eje principal, respecto a la sensibilidad media al cuadrado de una sucesión de ondas sonoras que llegan al transductor con igual probabilidad desde todas las direcciones.

Fase de una cantidad periódica:

Para un valor particular de la variable independiente, la parte fraccional de un período a través del cual ha avanzado la variable independiente, medida a partir de una referencia arbitraria.

Filtro:

Un aparato para separar los componentes de una señal sobre la base de su frecuencia.

Filtro de paso de banda:

Un filtro con una banda única de transmisión que se extiende desde el borde de una banda de frecuencia inferior mayor que cero hasta una frecuencia de corte superior finita.

Frecuencia:

(1) De una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo (v.g., número de ciclos por segundo).

(2) El recíproco del período. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Ejemplo: Notas musicales y su correspondiente frecuencia expresadas en Hertz.

NOTA MUSICAL	FRECUENCIA [Hz]
DO	261,63
DO#	277,18
RE	293,66
RE#	311,13
MI	329,63
FA	349,23
FA#	369,99
SOL	392,00
SOL#	415,30
LA	440,00
LA#	466,16
SI	493,88
DO	523,25

Frecuencia angular:

De una cantidad periódica, en radianes por unidad de tiempo, la frecuencia f multiplicada por la cantidad 2π ; un movimiento tal que el desplazamiento es una función sinusoidal del tiempo.

Frecuencia armónica:

Es una frecuencia de una componente de la cantidad periódica y es múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Una componente cuya frecuencia es doble que la fundamental se llama segundo armónico (de esta frecuencia).

Frecuencia crítica:

De un panel o partición, la frecuencia más baja a que se produce el efecto de coincidencia. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia de resonancia:

La frecuencia a que se produce la resonancia. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia fundamental:

- (1) La frecuencia natural más baja de un sistema oscilatorio.
- (2) La frecuencia de un componente sinusoidal de una cantidad periódica que tiene el mismo período que la cantidad periódica. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia natural:

De un sistema, la frecuencia de oscilación libre. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia natural amortiguada:

De un sistema mecánico, la frecuencia de oscilación libre de un sistema lineal amortiguado. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia normal:

Llamada también natural, es la frecuencia de un modo normal de vibración.

Frente de onda:

De una onda progresiva en el espacio, una superficie continua en que la fase es la misma para un instante determinado.

Fuente Emisora de Ruido:

Toda actividad, proceso, operación o dispositivo que genere, o pueda generar, emisiones de ruido hacia la comunidad.

Fuente puntual:

Una fuente que irradia sonido como si lo hiciera un punto único.

Fuente sonora simple (fuente monopolar):

Una fuente que irradia sonido por igual en todas las direcciones bajo condiciones de campo libre.

G

Grados de libertad:

De un sistema mecánico, el número mínimo de coordenadas independientes generalizadas que se requieren para definir completamente la configuración del sistema en cualquier instante de tiempo.

H

Habitación fuente:

Una habitación que contiene una o varias fuentes de ruido.

Habitación muerta:

Una habitación que se caracteriza por una cantidad inusualmente grande de absorción sonora.

Habitación viva:

Una habitación caracterizada por una cantidad relativamente pequeña de absorción del sonido.

I

Impacto:

Una colisión única de una masa en movimiento con una segunda masa que puede estar en descanso o en movimiento.

Impedancia acústica:

De un medio acústico en una superficie dada, y para un frente de onda, es el cociente complejo de la presión acústica (fuerza por unidad de superficie) sobre dicha superficie, por el flujo (velocidad volumétrica o lineal, multiplicada por la superficie) que pasa por ella. Si se consideran las impedancias en un punto de transmisión y no las generales, la impedancia de ese punto se define por el cociente complejo de la diferencia de presión eficaz sobre dicho punto por el flujo (velocidad volumétrica), entonces se habla de impedancia acústica específica intrínseca. La impedancia acústica puede expresarse como una impedancia mecánica, que sea igual a la impedancia dividida por el cuadrado de la superficie considerada.

Impedancia acústica específica:

En un punto de un campo sonoro, la relación compleja entre la presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas. Unidad: pascal segundo por metro.

Impulso:

La integración temporal de una fuerza a lo largo del intervalo de tiempo durante el que es aplicada la fuerza.

Índice de articulación:

Un número (entre 0 y 1) que es una medida de la inteligibilidad del habla; cuanto más alto es el número, mayor es la inteligibilidad.

Índice de directividad:

(ganancia direccional):

(1) De un transductor, 10 veces el logaritmo de base 10 del factor de directividad.

(2) En campo libre, la diferencia entre el nivel de presión sonora en una dirección determinada (en el campo alejado de una fuente) y el nivel medio de presión sonora en ese campo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

Índice de reducción sonora:

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre la potencia sonora incidente (W_1) en una superficie en ensayo, y la potencia sonora (W_2) transmitida a través de la muestra: $R=10 \log (W_1/W_2)$ dB.

Índice de transmisión del habla:

Un índice para evaluar la inteligibilidad del habla que tiene en cuenta tanto el ruido como la reverberación. Abreviatura: STI.

Infrasonido:

Ondas sonoras con una frecuencia inferior a la que produce la sensación auditiva habitual en los seres humanos, generalmente por debajo de 16 Hz.

Intensidad del sonido:

En un punto para una dirección especificada, la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado.

L

Longitud de onda:

Distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase en dos ondas consecutivas, o bien, la distancia que recorre una onda sonora en un ciclo completo. La velocidad de una onda, c , es constante para unas condiciones de presión atmosférica y temperatura dadas, dependiendo únicamente del medio en que se propaga.

M

Máquina de impacto:

Un aparato utilizado para valorar las distintas construcciones de suelo contra los impactos; produce una serie de impactos sobre el suelo que se examina, 10 veces por segundo.

Melio:

Una unidad de tono. Un tono puro, presentado frontalmente, con una frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB re 20 micropascales produce un tono de 1000 melios.

Micrófono:

Es un transductor electroacústico que recibe una señal acústica (a su entrada) y proporciona a la salida oscilaciones eléctricas equivalentes.

Micrófono de presión:

Es un micrófono dependiente para su operación de la acción de la presión sonora en una sola cara del diafragma. No es direccional si sus dimensiones son pequeñas con relación a la longitud de onda.

Micrófono de gradiente de presión:

Micrófono cuya energía eléctrica de salida corresponde al gradiente de la presión acústica, aplicándose ésta a las dos caras de la membrana (micrófono bidireccional) que es lo suficientemente pequeña para ofrecer una pequeña oposición al paso de la onda sonora.

Micrófono direccional:

Un micrófono cuya respuesta depende de la dirección del sonido incidente sobre el micrófono.

Micrófono omnidireccional:

Un micrófono cuya respuesta es esencialmente independiente de la dirección del sonido incidente.

Modo normal de vibración:

Es uno de los posibles caminos en los cuales el sistema puede vibrar si es espontáneamente perturbado como resultado de una perturbación de un sistema. Puede tener una frecuencia solamente dependiente de las propiedades del sistema.

N

Nivel de aceleración de vibración:

Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre el cuadrado de una aceleración de vibración determinada y el cuadrado de la aceleración de referencia. Habitualmente, la aceleración de referencia es 1 m/s².

Nivel de emisión de potencia de ruido:

El logaritmo de base diez de la relación entre la potencia sonora con ponderación A y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio (pW), habitualmente expresado en belios.

Nivel de exposición al ruido de un suceso único:

El nivel de exposición sonora de un suceso de ruido único (como un avión que sobrevuela o un camión que pasa), medido sobre el intervalo, entre los tiempos inicial y final, en que el nivel sonoro del suceso supera el nivel del ruido de fondo.

Nivel de exposición sonora:

(1) Para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales por la duración de referencia de 1 segundo (seg.). En decibelios, 10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación; se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario.

(2) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre la exposición y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de exposición sonora día-noche:

Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la exposición sonora día-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de exposición sonora día-tarde-noche:

Diez veces el logaritmo común (logaritmo de base 10) de la relación entre la exposición sonora día-tarde-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de intensidad sonora:

Diez veces el logaritmo común (de base 10) de una intensidad sonora determinada con respecto a la intensidad sonora de referencia de 1 picovatio por metro cuadrado.

Nivel de interferencia del habla:

Un índice para evaluar los efectos de interferencia del ruido sobre la inteligibilidad del habla, derivado de la medida del nivel del ruido de fondo de bandas de octava contiguas; v.g., la media aritmética de los niveles sonoros de bandas de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz (Método de las cuatro bandas), o la media correspondiente a las bandas centradas en 500, 1000 y 2000 Hz (Método de las tres bandas). Si se utilizan otras bandas de octava, ha de especificarse.

Nivel de potencia sonora:

Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una potencia sonora determinada y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio.

Nivel de potencia sonora con ponderación A:

Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre una potencia sonora con ponderación A determinada y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio (pW).

Nivel de presión sonora:

En el aire, 20 veces el logaritmo (de base 10) de una presión sonora determinada con respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

Nivel de presión sonora de banda:

El nivel de presión sonora dentro de una banda especificada de frecuencia. La banda suele estar especificada por su frecuencia central geométrica y anchura de banda, pero también puede especificarse por su frecuencias de corte inferior y superior. La anchura de la banda de frecuencia puede indicarse mediante un modificador, como el nivel (de presión sonora) de banda de octava, el nivel de banda de tercio de octava, etc.

Nivel de presión sonora de banda de octava:

(Nivel sonoro de banda de octava o nivel de banda de octava): Para una frecuencia de banda de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda.

Nivel de presión sonora de banda de tercio de octava

(Nivel sonoro de banda de tercio de octava o nivel de banda de tercio de octava): Para una frecuencia de banda de tercio de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda.

Nivel de presión sonora de impacto:

El nivel medio de presión sonora en una banda de frecuencia especificada en la habitación receptora cuando el suelo (por encima de la habitación receptora) que se examina es excitado mediante una fuente normalizada de sonido de impacto (v.g., la máquina de golpeo).

Nivel de presión sonora de pico a rms:

El nivel pico de presión sonora menos la raíz cuadrática media del nivel de presión durante el período de tiempo establecido.

Nivel de presión sonora promediado en el tiempo

(nivel sonoro de presión sonora continuo equivalente):

Durante un período de tiempo establecido, el logaritmo de la relación entre la raíz cuadrática media de la presión sonora y la presión sonora de referencia. Para sonido transmitido por el aire, salvo que se especifique de otra manera, el nivel de presión sonora promediado en el tiempo en decibelios es 20 veces el logaritmo de base 10 del nivel de presión sonora durante el tiempo establecido respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

Nivel de presión sonora instantánea:

Diez veces el logaritmo común del cuadrado de la relación entre la presión sonora instantánea y la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P_A}{P_0} \right]^2 dt$$

Nivel de presión sonora pico:

Diez veces el logaritmo común de la relación entre la presión sonora pico y la presión sonora de referencia de 20 micropascales; el máximo nivel de presión sonora instantánea durante un período de tiempo o acontecimiento establecido.

Nivel de ruido:

Igual que nivel sonoro. Habitualmente utilizado para describir el sonido no deseado.

Nivel de ruido percibido de tono corregido:

El nivel de presión sonora obtenido al añadir un ajuste al nivel de ruido percibido, que está relacionado con el grado de irregularidad que puede producirse entre bandas de tercio de octava contiguas.

Nivel de ruido percibido efectivo:

El nivel de la integración temporal del antilogaritmo de un décimo del nivel de ruido percibido de tono corregido de un avión que sobrevuela, con una duración de referencia de 10 segundos.

Nivel de sensación:

Para un oyente individual y un sonido especificado, la cantidad en que un nivel de presión sonora supera el umbral de audición para ese sonido. Unidad: decibelio.

Nivel de señal a ruido:

El nivel de la señal menos el nivel de ruido, habitualmente en decibelios.

Nivel de sonoridad:

De un sonido, el nivel de presión sonora de una onda libre progresiva plana con una frecuencia de 1000 Hz que se juzga como igualmente sonora que el sonido desconocido, cuando se presentan a oyentes con audición normal situados frente a la fuente.

Nivel del espectro de presión:

De un sonido a una frecuencia especificada, el nivel de presión sonora efectiva de la potencia sonora contenida dentro de una banda de 1 Hz de anchura, centrada en una frecuencia determinada.

Nivel del umbral auditivo:

Para una señal especificada, la cantidad en que el umbral de audición de cualquiera de los oídos supera un umbral de audición estandarizado especificado.

Nivel equivalente de ruido comunitario:

(1) Diez veces el logaritmo común (de base 10) del cuadrado de la presión sonora media día-tarde-noche a la presión sonora de referencia de 20 micropascales. (2) El nivel sonoro equivalente con ponderación A de 24 horas, de medianoche a medianoche, obtenido después de añadir 5 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 19:00 y las 22:00 horas y 10 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 0:00 y las 7:00 horas y las 22:00 y las 24:00 horas.

Nivel medio de presión sonora (en una habitación):

Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el espacio y el tiempo medio de la presión sonora al cuadrado y la presión sonora al cuadrado de referencia; se toma el espacio medio de toda la habitación, con excepción de aquellas partes en que la radiación directa de cualquier fuente sonora o campo próximo de los límites tiene una influencia significativa.

Nivel de presión sonora de impacto:

El nivel de presión sonora de impacto en la habitación receptora menos diez veces el logaritmo (de base 10) del tiempo de reverberación en la habitación receptora, dividido entre el tiempo de reverberación de referencia.

Nivel normalizado de presión sonora de impacto:

Para una banda de frecuencia especificada, el nivel medio de presión sonora en una habitación receptora debido a una fuente normalizada de impacto, menos diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una absorción de referencia y la absorción total del sonido en la habitación receptora. La absorción del sonido de referencia son 10 sabinos métricos.

Nivel percentil:

Para una duración establecida del período total de medición, el nivel sonoro o nivel sonoro promediado en el tiempo que es superado el x por 100 del período total de medición. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A. Si se utilizan niveles sonoros, hay que especificar la ponderación temporal; si se utilizan niveles sonoros equivalentes, hay que especificar el período de medición de cada muestra.

Nivel sonoro (nivel ponderado de presión sonora):

Diez veces el logaritmo común (de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora con ponderación de frecuencia (y promedio temporal) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales; 20 veces el logaritmo común (de base 10) de la relación entre una presión sonora determinada (obtenida con ponderaciones normalizadas de frecuencia y exponencial de tiempo promedio) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales. Hay que especificar las ponderaciones de tiempo y frecuencia utilizadas; de no ser así, se sobreentienden las ponderaciones de frecuencia A y de tiempo rápido (fast).

Nivel sonoro con ponderación A:

El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación A. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra A entre paréntesis, v.g. dB(A), para indicar que se ha utilizado la ponderación A.

Nivel sonoro con ponderación C:

El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación C. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra C entre paréntesis, v.g., dB (C), para indicar que se ha utilizado la ponderación C.

Nivel sonoro continuo equivalente (nivel sonoro promediado en el tiempo):

El nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

Nivel sonoro corregido día-noche:

Diez veces el logaritmo común logaritmo de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora corregida día-noche y la presión sonora de referencia de 20 micropascales nos sonora corregida do para todo el año.

Nivel sonoro de 8 horas:

El nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A para un período de tiempo de 8 horas.

Nivel sonoro diurno medio:

Nivel sonoro continuo equivalente para un periodo de 12 horas de las 7:00 a las 19:00.

Nivel sonoro máximo con ponderación A:

El mayor nivel sonoro medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (fast).

Nivel sonoro medio horario:

El nivel sonoro continuo equivalente para un período de tiempo de 1 hora, habitualmente calculado entre horas enteras. Puede identificarse por las horas de principio y final, o sólo por la hora final.

Nivel sonoro medio nocturno:

El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro promediado en el tiempo con ponderación A, para un período de 9 horas dividido, de las 0:00 a las 7:00 horas y de las 22:00 a las 24:00 horas.

Nivel sonoro percibido:

Una valoración del «ruido» del sonido de un avión; el nivel de presión sonora con ponderación de frecuencia obtenido mediante un procedimiento establecido, que combina los niveles de presión sonora en las 24 bandas de tercio de octava centradas entre 50 Hz y 10 kHz.

Nivel sonoro pico:

El valor instantáneo más alto de un nivel de presión sonora normalizado con ponderación de frecuencia, dentro de un intervalo de tiempo establecido.

Nivel sonoro pico con ponderación A:

El máximo nivel sonoro instantáneo con ponderación A durante un período de tiempo o suceso establecido.

Nivel sonoro promediado en el tiempo (nivel sonoro continuo equivalente):

Diez veces el logaritmo común (de base 10) de la relación entre el cuadrado de la presión sonora de tiempo medio (con ponderación de frecuencia) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales. Unidad: decibelio. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Nivel sonoro superado por el percentil x:

El nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A igualado o superado por un nivel sonoro fluctuante el x por 100 del período de tiempo establecido. Por ejemplo, la letra del símbolo L10 representa el nivel sonoro que es superado un 10 por 100 del período de tiempo establecido.

Nivel sonoro vespertino:

El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro con ponderación A de tiempo medio para un período de tiempo de 3 horas, de las 19:00 a las 22:00.

Nivel de intensidad (LI):

El nivel de intensidad de un sonido, en decibelios, es igual a 10 veces el logaritmo decimal de la razón entre la intensidad de dicho sonido y la intensidad de referencia.

Nivel de potencia acústica (LW):

Su unidad es el dB, y corresponde a la energía total por unidad de tiempo que produce un foco de ruido, siendo, por tanto, independiente de las características del ambiente de propagación y de la distancia al foco del ruido. Se expresa como diez veces el logaritmo en base 10 de la relación de una potencia acústica determinada con la potencia acústica de referencia.

Nivel de Presión Sonora (NPS ó SPL):

Se expresa en decibelios (dB) y se define por la siguiente relación matemática: $NPS = 20 \text{ Log } (P1/P)$, en que P1 es el valor efectivo de la presión sonora medida, y P es el valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijado en 2×10^{-5} [N/m²].

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq, ó Leq):

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibelios A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

Nodos:

Son puntos, líneas o superficies (de presión, velocidad, o desplazamiento) de un sistema de ondas estacionarias, en los cuales una magnitud dada tiene una amplitud nula.

O

Octava:

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre dos valores, siendo el segundo el doble del primero.

Oído artificial:

Un aparato usado para calibrar los auriculares; el oído artificial incorpora un micrófono calibrado para medir la presión sonora y un acoplador acústico, de manera que la impedancia acústica global sea parecida a la del oído humano medio normal, en una banda de frecuencia determinada. Está equipado con un micrófono para la medición de la presión sonora desarrollada por el auricular. Onda: Una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

Omnidireccional:

Características de elementos electroacústicos que no privilegian ninguna dirección por sobre otra. Por ejemplo, una fuente de sonido omnidireccional es aquella que radía la misma energía sonora en todas las direcciones y frecuencias.

Onda difractada:

Una onda cuyo frente ha sido cambiado de dirección, por un obstáculo u otra inhomogeneidad en el medio, de forma distinta a la producida por la reflexión o la refracción.

Onda libre progresiva:

Una onda que se propaga en un medio libre de los efectos de sus límites.

Ondas esféricas:

Ondas cuyos frentes son círculos concéntricos.

Ondas estables:

Ondas en que el flujo neto de energía es cero en todos los puntos.

Ondas estacionarias:

Ondas periódicas con una distribución fija de amplitud en el espacio, que resultan de la interferencia de ondas progresivas de la misma frecuencia y tipo.

Sistema de ondas que resulta de la interferencia de ondas de igual naturaleza y de la misma frecuencia, caracterizado por la existencia de nodos, nodos imperfectos o seminodos (ondas semiestacionarias) y vientres. Para obtener ondas estacionarias las ondas interferidas deben tener componentes viajando en direcciones opuestas.

Ondas planas:

Ondas que tienen frentes planos; la dirección del desplazamiento de las partículas en cada punto del medio es normal al frente de onda.

Oscilación del sonido:

Cualquier desviación de la frecuencia en el sonido reproducido que resulta de un movimiento no uniforme del medio de grabación durante el registro, duplicación o reproducción.

P

Pantalla antiviento:

Una cubierta porosa para un micrófono, diseñada para reducir la señal eléctrica producida por el micrófono, como resultado del ruido generado por el paso del viento sobre el micrófono.

Patrón direccional:

De un transductor eléctrico a una frecuencia determinada en un plano especificado, la descripción del nivel de sensibilidad en función de la dirección de propagación del sonido irradiado o incidente. Esta descripción suele darse gráficamente en coordenadas polares. (Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende que el eje de referencia es el eje principal.)

Pérdida por inserción:

De un atenuador del sonido, barrera del sonido u otro elemento diseñado para aportar reducción del sonido en una banda de frecuencia especificada, el descenso en el nivel de potencia sonora medido en el lugar del receptor cuando este elemento es insertado en la vía de transmisión entre la fuente de sonido y el receptor.

Pérdida por transmisión:

De una partición, para una banda de frecuencia especificada, la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de la habitación reverberante fuente y la habitación receptora (expresada en decibelios), más diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el área de la partición común y la absorción total en sabinos en la habitación receptora.

Período:

De una cantidad periódica, el menor incremento de la variable independiente para una función que se repite a sí misma.

Pistófono:

Un aparato, utilizado en la calibración de micrófonos, que produce una presión sonora conocida dentro de una cavidad cerrada mediante el movimiento de pistones; el micrófono que se calibra es insertado en la cavidad.

Ponderación:

Una respuesta de frecuencia normalizada que aporta un sonómetro.

Potencia de habla punta:

El valor máximo de la potencia instantánea del habla dentro del intervalo de tiempo considerado.

Potencia instantánea del habla:

La tasa a que se irradia la energía sonora por una fuente de habla en un momento determinado.

Potencia media del habla:

Para un intervalo de tiempo establecido, la media aritmética de la potencia sonora instantánea durante ese intervalo.

Potencia sonora (de una fuente):

En una banda de frecuencia determinada, la tasa por unidad de tiempo en que la energía sonora es irradiada.

Potencia sonora de referencia:

La potencia sonora de referencia seleccionada por convenio; igual a 1 picovatio.

Presión estática:

En un punto de un medio, la presión que existiría en ausencia de ondas sonoras. Es la presión para la cual no existe perturbación del medio.

Presión sonora:

La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea durante un intervalo de tiempo especificado en una banda de frecuencia determinada, salvo que se indique otro proceso de promedio temporal.

Presión sonora con ponderación de frecuencia:

La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea que es ponderada para frecuencia con una carac-

terística normalizada de frecuencia (p. ej., A o C) y ponderada exponencialmente para tiempo de acuerdo con las características normalizadas lenta (slow, S), rápida (fast, F), impulso (I) o pico. Hay que especificar tanto la ponderación de frecuencia como la de tiempo. Si no se presenta la ponderación de frecuencia, se sobreentiende la ponderación A.

Presión sonora de referencia:

La presión sonora de referencia seleccionada por convenio; para aire, igual a 20 micropascales.

Presión sonora de tiempo medio: (con ponderación de frecuencia):

(1) La raíz cuadrada del cociente entre la integración temporal de las presiones sonoras instantáneas al cuadrado con ponderación de frecuencia y el período del tiempo de integración en segundos, para un período de tiempo de integración establecido.

(2) La raíz cuadrada del cociente entre la exposición sonora, en pascales-segundos, en un período de tiempo especificado, y el período de tiempo (establecido) de integración en segundos. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Presión sonora efectiva:

En un punto, el valor de la raíz cuadrática media (rms) de las presiones sonoras instantáneas sobre un intervalo de tiempo seleccionado. En el caso de presiones sonoras periódicas, el intervalo seleccionado ha de ser:

(1) largo en comparación con el período.

(2) un número integral de períodos. En el caso de presiones no periódicas, el intervalo debe ser lo suficientemente largo como para hacer que el valor obtenido sea esencialmente independiente de los pequeños cambios en la longitud del intervalo de tiempo. presión sonora instantánea: En un punto en un medio, la diferencia entre la presión existente en un instante especificado y la presión atmosférica.

Presión sonora máxima:

En un ciclo determinado de una oscilación periódica, el valor máximo absoluto de la presión sonora instantánea que se produce durante ese ciclo.

Presión sonora media día-noche:

La raíz cuadrada del cociente de la exposición sonora día-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día).

Presión sonora media día-tarde-noche:

La raíz cuadrada del cociente de 1a exposición sonora día-tarde-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día).

Presión sonora pico:

En un intervalo de tiempo especificado, el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea, en una banda de frecuencia establecida.

En cualquier intervalo de tiempo dado, es el máximo valor absoluto de la presión acústica instantánea en un punto, durante dicho intervalo (sin contar el signo).

Prueba de inteligibilidad del habla:

Un procedimiento que mide la proporción de elementos de prueba (como sílabas, palabras monosilábicas o frases) que se oyen correctamente.

R

Rayos sonoros:

Líneas que emanan de una fuente de sonido, que se dibujan perpendiculares al frente de onda, indicando la dirección de propagación del sonido.

Reactancia acústica:

Parte imaginaria de la impedancia acústica.

Receptor:

¡Una persona (o personas) o equipamiento que se ve afectado por el ruido.

Recorrido libre medio:

Es la distancia media recorrida por una onda acústica en un recinto entre dos reflexiones sucesivas.

Reducción del ruido:

La diferencia en el nivel de presión sonora entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una vía de propagación del sonido.

Resistencia acústica:

De un medio sonoro es el componente real de la impedancia, esto es, la componente de la impedancia que es responsable de la disipación de energía.

Resistencia de flujo:

La proporción entre la diferencia de la presión del aire a través de una lámina de material poroso y el volumen del flujo de aire a través de la lámina.

Resonancia:

De un sistema en oscilación forzada, un fenómeno tal que cualquier cambio, por pequeño que sea, en la frecuencia de excitación da como resultado un descenso en la respuesta del sistema.

Respuesta:

Expresión cuantitativa del cociente de una magnitud determinada, medida a la salida de un transductor por otra magnitud determinada, medida a su entrada. La respuesta frecuentemente se traduce por, curva de respuesta, dándola en función de alguna variable independiente como la frecuencia. La relación entre la respuesta en condiciones dadas y una respuesta de referencia se llama respuesta relativa.

Respuesta Lenta:

Es la respuesta del instrumento de medición (como un sonómetros) que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Reverberación:

La persistencia del sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado; la persistencia es el resultado del reflejo repetido y/o la dispersión.

Rigidez:

En un medio acústico, es el coeficiente que dividido por $2\rho c$, da la parte imaginaria de la impedancia acústica resultante de la elasticidad del medio o del desplazamiento volumétrico por unidad de presión.

Ruido:

(1) Sonido u otra alteración desagradable o no deseada; sonido no deseado. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión.

(2) Sonido con naturaleza general aleatorio, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencia claramente definidos.

Ruido aéreo:

Es el ruido emitido por una fuente de ruido directamente hacia el aire, el cual pasa a ser el medio principal de propagación hacia el receptor.

Ruido aleatorio :

(1) El ruido cuya magnitud no puede predecirse con precisión en un momento determinado.

(2) Oscilaciones debidas a la agregación de un gran número de alteraciones elementales con ocurrencia al azar en el tiempo. (Un ruido aleatorio cuyas magnitudes instantáneas se producen de acuerdo con una distribución gaussiana se denomina ruido gaussiano aleatorio.)

Ruido ambiente:

El ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas; ningún sonido en particular es dominante.

Ruido blanco:

Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia. (El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

Ruido de fondo:

El ruido total de todas las fuentes distintas al sonido de interés (p. ej., otro que el sonido que se está midiendo u otra que el habla o la música que se está escuchando).

Ruido de impacto:

El ruido que se produce cuando colisionan dos masas.

Es el ruido originado por golpes o vibraciones sobre una estructura sólida como medio principal de propagación y luego emitido hacia el aire por ésta.

Ruido ocasional:

Es aquel ruido que genera una fuente emisora de ruido distinta de aquella que se va a medir, y que no es habitual en el ruido de fondo.

Ruido rosa:

El ruido que tiene un espectro continuo de frecuencia y una potencia constante dentro de una anchura de banda proporcional a la frecuencia central de la banda.

S

Sabino:

Una unidad de medida de la absorción del sonido; una medida de la absorción del sonido de una superficie. Es equivalente a un ft^2 de una superficie perfectamente absorbente; un sabino métrico es el equivalente a $1 m^2$ de una superficie perfectamente absorbente.

Sacudida (de un sistema mecánico):

Una excitación no periódica de un sistema mecánico que está caracterizada por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

Sacudida acústica:

Una lesión en el oído producida por un ruido repentino e intenso, como el producido por una explosión o un estallido cerca de la cabeza, que produce cierto grado de pérdida auditiva permanente o transitoria.

Sacudida mecánica:

Una excitación no periódica (p. ej., un movimiento de la base o una fuerza aplicada) de un sistema mecánico que se caracteriza por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

Sala viva:

Es una sala que da la impresión subjetiva de tener una considerable reverberación.

Sala muerta:

Es una sala que da la impresión subjetiva de que no tiene reverberación.

Sensibilidad axial:

De un micrófono para una frecuencia especificada, la sensibilidad de campo libre a las ondas sonoras de plano progresivo cuya dirección de propagación es hacia el micrófono y a lo largo del eje principal.

Sensibilidad de presión:

De un transductor electroacústico a una frecuencia especificada, la proporción entre el voltaje del circuito abierto y la presión sonora real existente sobre la región del transductor diseñada para recibir el sonido.

Sistema de grado de libertad único:

Un sistema mecánico en que sólo es precisa una coordenada para definir completamente su configuración en cualquier instante.

Sonido:

- (1) Una alteración física en un medio (p. ej., aire) que puede ser detectada por el oído humano.
- (2) Sensación auditiva excitada por una alteración física en un medio.

Sonido ambiente:

El sonido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, incluida(s) la(s) fuente(s) de interés específico.

Sonido audible:

- (1) Oscilaciones acústicas de tal carácter que pueden excitar la sensación de audición.
- (2) Sensación de audición excitada por las ondas sonoras.

Sonido directo:

El sonido que llega a una localización determinada en línea directa desde la fuente, sin ninguna reflexión.

Sonido reflejado:

El sonido que persiste en un espacio cerrado como resultado de reflexiones repetidas o dispersión; no incluye el sonido que se transmite directamente de la fuente sin reflexiones.

Sonido residual:

El sonido envolvente, en un momento especificado, habitualmente compuesto de los sonidos de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, que permanece en una posición determinada y una situación concreta, cuando se eliminan, se hacen insignificantes o no se incluyen todas las fuentes discretas de sonido identificables.

Sonido transmitido por la estructura:

Sonido que llega al punto de interés mediante la propagación a través de una estructura sólida.

Sonio: Unidad de sonoridad. Un sonio es la sonoridad de un tono puro, presentado frontalmente, como ondas planas progresivas de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB, re 20 micropascales.

Sonómetro:

Un instrumento que es utilizado para la medición del nivel sonoro, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas.

Instrumento destinado a efectuar medidas acústicas. Debe cumplir con lo indicado en las normas IEC 651, y en el caso de ser sonómetro integrador, con la norma IEC 804.

Sonoridad:

El atributo de la sensación auditiva en términos mediante los que los sonidos pueden ordenarse sobre una escala que se extiende de bajo a alto.

T

Tapón auditivo:

Un aparato de protección auditiva que se lleva dentro del canal auditivo externo.

Tasa de descenso:

A una frecuencia determinada, la tasa de tiempo a la que el nivel de presión sonora desciende en una habitación.

Tiempo de ascenso del pulso:

El intervalo de tiempo requerido para que el borde conductor de un pulso se eleve desde una fracción pequeña especificada hasta una fracción mayor determinada del valor máximo.

Tiempo de reverberación:

De un espacio cerrado, para un sonido de una frecuencia o banda de frecuencia determinada, el tiempo que se requiere para que el nivel de presión sonora dentro de él decrezca 60 dB, después de haber cesado la fuente.

El tiempo de reverberación se puede expresar, según Sabine, como: $T = 0,16 V/A$, en que V es el Volumen de la sala, en m³, y A es la absorción acústica media de la sala, en m².

Tipos de ruido:

Una clasificación que puede resultar útil a la hora de medir y evaluar un ruido es clasificarlo según el siguiente esquema:

- Ruido Estable es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Fluctuante es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Imprevisto es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Tono:

- (1) Una oscilación (física) del sonido capaz de elicitar una sensación auditiva que tenga un tono.
- (2) Una sensación auditiva que resulta de una oscilación del sonido.
- (3) El atributo de la sensación auditiva en términos del cual pueden ordenarse los sonidos sobre una escala que va de bajo a alto. (El tono de un sonido complejo depende fundamentalmente del contenido de frecuencia del sonido, así como de la presión sonora y de la forma de onda.)

Tono complejo:

Ondas sonoras que contienen componentes sinusoidales de distintas frecuencias.

Tono puro:

Una onda sonora que es una función sinusoidal simple del tiempo .

Transductor:

Un aparato diseñado para recibir una señal de entrada de determinado tipo y aportar una señal de salida de distinto tipo, de tal manera que la característica deseada de la señal de entrada aparece en la señal de salida.

Transductor de vibración:

Un aparato que convierte la sacudida o movimiento vibratorio en una señal eléctrica (óptica o mecánica) que es proporcional a un parámetro del movimiento experimentado.

Transductor electroacústico:

Un transductor diseñado para recibir señales eléctricas de entrada y aportar señales acústicas de salida, o viceversa.

Transmisión lateral del sonido:

La transmisión del sonido desde una habitación fuente (v.g., una habitación en que se localiza una fuente sonora) hacia una habitación receptora adyacente mediante vías distintas a la partición común.

Tono:

Es un sonido que da una sensación definida de frecuencia, está comprendido dentro del margen audible entre 20 y 20.000 Hertz.

Tono puro:

Sonido que caracteriza una onda, cuya presión acústica instantánea es una función sinusoidal simple del tiempo y que por tanto tiene una frecuencia única.

U

Ultrasonido:

Oscilaciones acústicas con una frecuencia por encima del límite superior de frecuencia del sonido audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 Hz.

Umbral de audición (umbral de audibilidad):

Para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante. (Hay que especificar las condiciones generales de medición, por ejemplo, oír con un oído, dos oídos, en campo libre o con auriculares.)

Umbral de audición normalizado:

El valor modal de los umbrales de audición para un gran número de oyentes, con edades entre 18 y 30 años, que poseen oídos otológicamente normales.

Umbral de dolor:

Para un oyente determinado, el nivel mínimo de presión sonora de un sonido especificado que producirá una sensación definitiva de dolor en el oído.

Umbral de inteligibilidad del habla:

El nivel de presión sonora del habla en una banda de frecuencia establecida a la que pueden reconocerse con claridad el 50 por 100 de las palabras relativamente fáciles.

Umbral del dolor normal:

Valor modal del umbral para el dolor de un gran número de oyentes otológicamente normales, con edades entre 18 y 30 años.

V

Velocidad de partícula:

En un campo sonoro durante un intervalo de tiempo especificado, la raíz cuadrática media de las velocidades instantáneas de las partículas, salvo que se establezca de otra manera.

Vibración:

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento del sistema mecánico.

Vibración ambiente:

La vibración envolvente asociada con un ambiente determinado, compuesta habitualmente de la vibración de muchas fuentes próximas y lejanas.

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SONIDO

El oído humano y la audición

El oído humano se comporta como un filtro inteligente frente a las variaciones de presión acústica externas. Permite el paso sin dificultad de las medias frecuencias (cercasas a la voz humana), y es menos sensible a bajas y altas frecuencias (de ahí el típico botón de loudness de un equipo estéreo o el control activo de bajos y agudos).

Así, la respuesta de nuestro oído es igual a la de un filtro que atenúa las bajas frecuencias, no afecta a las medias frecuencias e introduce una muy ligera variación en altas frecuencias.

De este modo, si tenemos el espectro de ruido de una máquina, ventilador, etc, y corregimos la forma del mismo según la misma ley que lo hace el oído humano, obtendremos un espectro que llamaremos ponderado y que es equivalente al espectro que excita las células o cilios de nuestro oído interno, esto es, es el espectro que capta el cerebro.

Se denomina pues, al espectro externo al oído, espectro sin filtrar, y al espectro corregido se le llama espectro ponderado A.

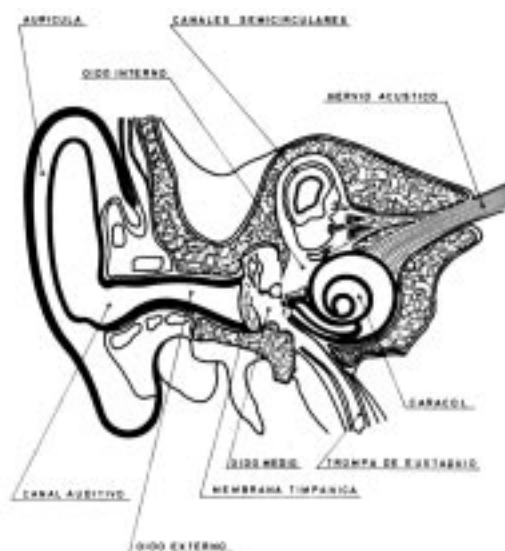


Fig. 1. Fisiología del oído

La suma de los niveles de presión sonora nos dará un nivel global que podremos expresar en decibelios o dB en el primer caso, mientras que en segundo caso se tratará de decibelios A ó dBA.

Dado que el oído humano es más sensible a unas frecuencias que a otras y su respuesta depende también del nivel o presión sonora, existen unas zonas definidas como de mayor percepción o sensibilidad.

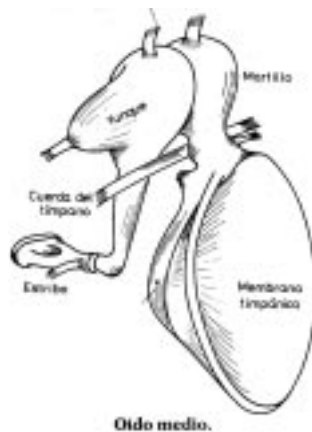


Fig 2. Fisiología del oído.

Variaciones sonoras perceptibles

Dado un nivel de ruido estable, la variación del mismo debido a un incremento negativo o positivo de éste genera sensaciones distintas en función de dicha variación. La tabla cuantifica este concepto.

Sin embargo, es necesario especificar que el hecho de que una variación sonora sea perceptible no indica el grado de mejora o molestia que pueda provocar, ya que estas dos "apreciaciones" son subjetivas.

Variación del nivel sonoro	Descripción de la sensación	Observación
0-2 dB	Imperceptible.	Se encuentra generalmente en la tolerancia de la medición
2-5 dB	Apenas perceptible.	Ligera variación
5-10 dB	Variación netamente perceptible	
10-20 dB	Variación notable	
> 20 dB	Variación muy fuerte	

Nivel de presión sonora

El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000, ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica. Llamando P_{ref} (presión de referencia) a la presión de un tono apenas audible (es decir 20 μ Pa) y P a la presión sonora, podemos definir el nivel de presión sonora (NPS) L_p como:

$$L_p = 20 \log (P / P_{ref})$$

La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el decibelio, abreviado dB. El nivel de presión sonora (N.P.S.) de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas.

Diferencias entre Presión y Potencia Acústica

El sonido es una sensación auditiva provocada por las vibraciones y ondas acústicas de frecuencia entre 20 Hz y 20.000 Hz, que se propaga en un medio sólido, líquido o gaseoso. Cuando las frecuencias de excitación del fenómeno acústico son inferiores a 20 Hz se habla de infrasonidos. Cuando son superiores a 20.000 Hz, de ultrasonidos.

La magnitud que normalmente se mide con un micrófono es la presión acústica eficaz. A partir de la presión, se pueden deducir todas las otras magnitudes, pero como que el campo de valores de la presión acústica es muy grande, se ha introducido como magnitud práctica el nivel de presión sonora en decibelios ó dB, respecto de una presión de referencia

$$SPL(dB) = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{ef}^2}{P_{ref}^2} \right) = 20 \cdot \log \left(\frac{P_{ef}}{P_{ref}} \right)$$

correspondiente al umbral de presión auditiva e igual a 20 μ Pa.

Nota: S.P.L. significa Sound pressure level, por lo que también suele indicarse como N.P.S. en castellano.

Para caracterizar la emisión sonora de una fuente de ruido, generalmente se da su potencia. Se corresponde con la cantidad de energía radiada por unidad de tiempo y se expresa en Watios.

La potencia es un parámetro intrínseco de la fuente de ruido al igual que lo es la potencia eléctrica de una bombilla. El valor de la potencia de la bombilla no es variable según el color de las paredes de la habitación donde se encuentre, en cambio, la iluminación será mayor en una habitación con las paredes pintadas de blanco que en una habitación con las paredes pintadas de negro. Lo mismo sucede con la presión, dependiendo si la fuente de ruido se encuentra en campo libre o bien se encuentra en campo reverberante.

Como el campo de los valores de la potencia acústica es muy grande, se ha introducido como magnitud práctica el nivel de potencia sonora en dB, respecto de una potencia de referencia de 1 pW, o lo que es lo mismo:

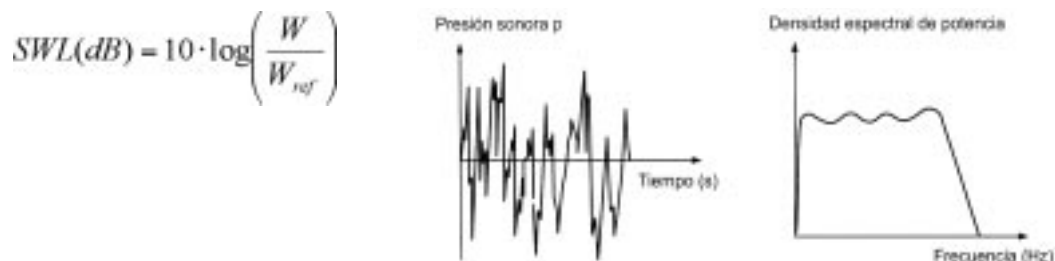


Fig 3. Sonido aleatorio y densidad espectral de potencia.

El Decibelio

El Sonido es una variación de presión.

Presión atmosférica: presión del aire ambiental en ausencia de sonido.

Presión sonora: diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica. La presión sonora tiene en general valores muchísimo menores que el correspondiente a la presión atmosférica.

Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un dolor auditivo agudo corresponden a unos 20 Pa, mientras que los apenas audibles están cerca de 20 μ Pa.

Frecuencias

La presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo o hertzios (Hz). Para reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en kilohertzios (kHz).

Cuando dos sonidos tienen como frecuencias respectivas f_1 y f_2 , se dice que se encuentran separados por el intervalo f_2/f_1 , y que definen la banda de frecuencias de anchura $Df = f_2 - f_1$ ($f_2 > f_1$).

Los filtros utilizados para analizar el ruido eliminan los componentes cuyas frecuencias están por debajo y por encima de unos límites o frecuencias de corte propias de cada filtro (filtro paso banda). Las componentes cuyas frecuencias están comprendidas entre ambas frecuencias de corte, pasan a través del filtro; esta banda de frecuencia permitida se llama banda de paso, y la diferencia entre ambas frecuencias de corte es el ancho de banda.

Los filtros empleados para medidas de ruido, tienen unas bandas de paso de acuerdo a normas internacionales ISO-R. 266, y la española UNE 74002/78 sobre frecuencias preferentes en medidas acústicas DIN 45401, ANSI S1.6 - 1.967. En todos los casos la relación de frecuencias es de 2/1, que define el intervalo denominado "octava" en el que una frecuencia es el doble de la otra, llamándose bandas de paso en octavas. En estos filtros, el ancho de banda aumenta con la frecuencia.

Por definición, la frecuencia central de una octava, que se extiende de f_1 a f_2 , es la frecuencia f_c , que divide a la octava en dos intervalos iguales en la escala logarítmica, es decir:

que en el caso de una octava $f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$, siendo su ancho de banda $Df = 0,707 f_c$, por consiguiente vemos que la anchura de octava es proporcional a la frecuencia central de la misma. Las frecuencias centrales normalizadas de octavas son: (Norma UNE 74.002-78 entre 100 Hz y 5.000 Hz):

125 250 500 1.000 2.000 4.000 Hz

El nivel de presión en cualquier octava es el nivel de presión de octava o brevemente nivel de octava.

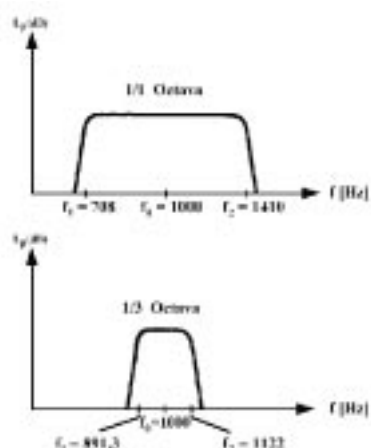


Fig 4. Representación de un filtro paso banda de octava y en tercio de octava.

Cuando se necesita más información del espectro del ruido que la obtenida con las octavas, se emplean las bandas de media octava, que tienen un ancho de banda más pequeño, con lo que las medidas realizadas son más exactas, pudiendo conocer las frecuencias más perjudiciales de la señal y actuar sobre ellas, en ese caso se define

$$f_2 = 2 \cdot \sqrt{f_1} \quad \text{y} \quad f_c = 4 \cdot 2 \cdot \sqrt{f_1}$$

Se utilizan bandas de un tercio de octava, cuando se desea una información mucho más detallada. Estas bandas se definen normalmente, como de un ancho de un tercio de octava. Es evidente que para que diez bandas sucesivas sean exactamente contiguas, su anchura debe de estar representada por la relación de frecuencias de $10^{1/10}$ de valor 1,2589. En la práctica esta relación apenas se distingue de la relación correspondiente a una verdadera división de un tercio de octava, es decir $2^{1/3}$ de valor 1,2599. Además, la distribución de las bandas se basa exactamente en $10^{1/10}$, cada diez bandas, la frecuencia aumenta 10 veces. Luego estas bandas tienen la ventaja de que las frecuencias centrales son múltiplos por 10 de los números básicos, sea cual sea la extensión del margen de frecuencias. En este caso la frecuencia central está dotada por $f_c = 6$.

Las frecuencias centrales normalizadas son (Norma UNE 74.002-78 entre 100 Hz y 8.000 Hz):

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000 Hz	

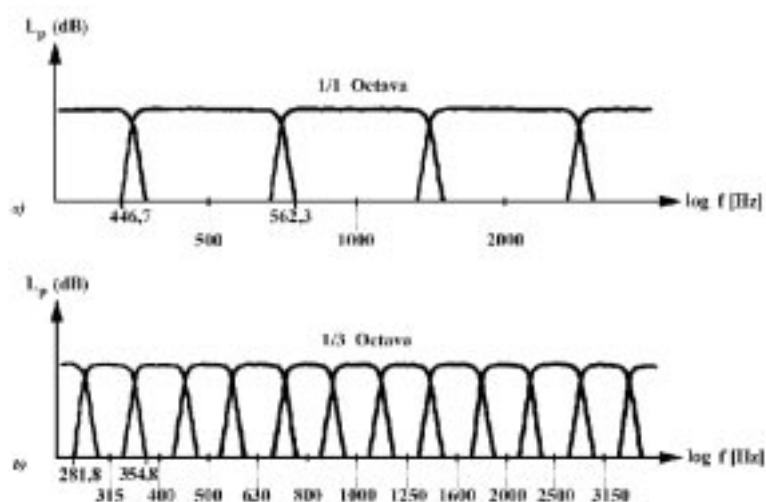


Fig 5. Ejemplo de un espectro de octava y 1/3 de octava.

Muchos ruidos tienen tales características, que la señal se distribuye de una forma continua en todo el margen de frecuencias dentro de una banda de paso dada, si se reduce la banda de paso, el nivel medio de presión disminuye. Es decir una banda de paso estrecha deja pasar menos ruido que una ancha.

Puesto que muchos análisis de ruido se dan en bandas de octava a veces es conveniente calcular los niveles de presión de octava, añadiendo 3 dB a los niveles de presión obtenidos en media octava. De forma análoga se podrían calcular añadiendo 5 dB a los niveles de presión obtenidos en bandas de tercio de octava.

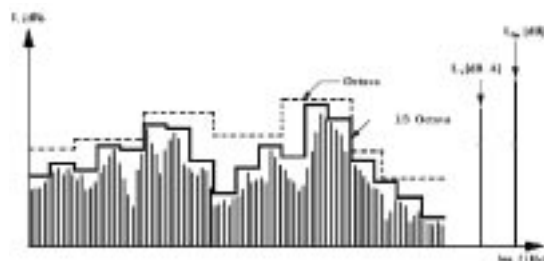


Fig 6. Representación de filtro paso banda.

a) banda de octava. b) banda de 1/3 de octava.

Otro tipo de filtros, se caracteriza porque su ancho de banda es constante ($Df = cte$), y no muy amplio (alrededor de 20 Hz). Esta banda de paso puede desplazarse a lo largo del margen de frecuencias, mediante el movimiento de un dial, a este analizador se le llama de banda constante. Este filtro es más selectivo a las altas frecuencias que a las bajas.

Como resumen, veamos a continuación la siguiente tabla:

Para mayor claridad, a continuación se indican a modo de tabla, las frecuencias centrales más utilizadas:

Octavas	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz							
1/3 de Octava.	25	31	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000			

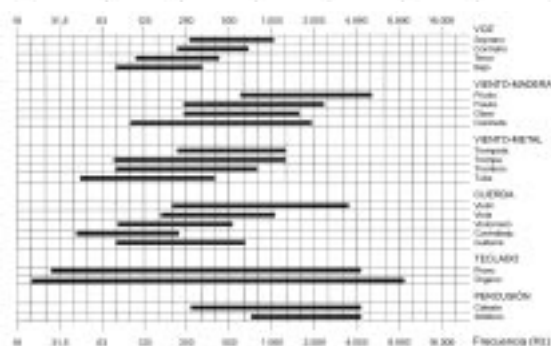


Fig 7. Bandas de frecuencias de instrumentos musicales y voz.

El Hertzio

La presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo.

Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo (c.p.s) o hertzios (Hz).

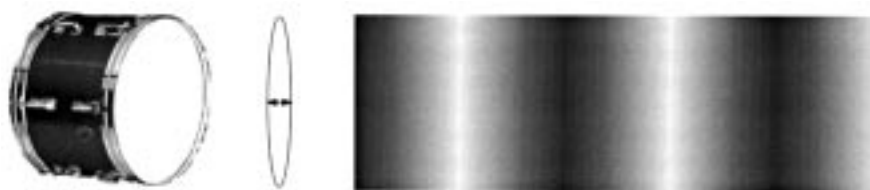


Fig 8. Visualización de un frente de onda.

Clases de Decibelios. Nivel Sonoro con Ponderación A, B, C.

El nivel de presión sonora es una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. Esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida por Fletcher y Munson, en 1933, (ver gráfica). Se pensaba que utilizando una red de filtrado (o ponderación de frecuencia) adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva.

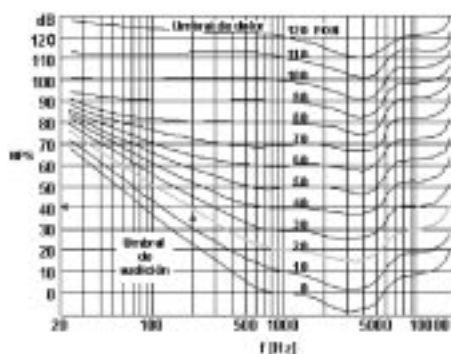


Fig 9. Curvas isofónicas.

Una forma de entender la gráfica sería la siguiente: Si seguimos la línea de 20 Fones, se necesita un nivel de presión sonora de 40 dB a 200 Hz para obtener la misma "sensación" sonora que un nivel de 20 dB a 1000 Hz.

El oído se comporta de diferente manera con respecto a la dependencia de la frecuencia *para diferentes niveles físicos del sonido*.

Por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a niveles altos, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Por lo tanto parecía razonable diseñar tres redes de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente.

La red de ponderación A se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la red B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado. (El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibelios A, abreviados dBA y análogamente para las otras.

El uso del condicional en el párrafo anterior es debido a que el uso del dBA se ha extendido para su uso en todo tipo de situaciones, independientemente de su nivel de presión sonora lo que hace que en ciertas ocasiones el objetivo por el que se diseñaron las diferentes ponderaciones se haya perdido, fundamentalmente es su aplicación para objetivos legales.

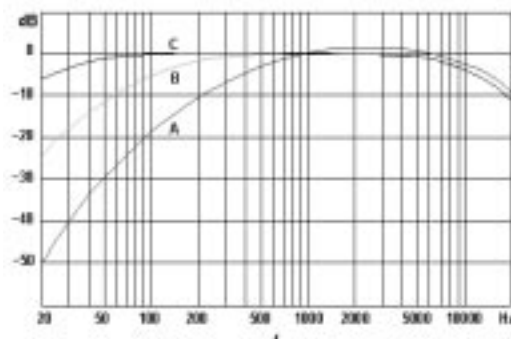


Fig 10. Filtros de ponderación A, B y C.

Operaciones con dB

Además de conocer diferentes tipos de decibelios, es fundamental saber operar con ellos, ya que al apli-

car en su definición un logaritmo, hace que tanto la suma como la resta de niveles sonoros no sea la convencional. Como regla fundamental para el ruido producido por dos fuentes sonoras de igual nivel de presión sonora en un punto equidistante de ambas y suponiendo que el entorno no influye en el campo sonoro, el nivel de presión sonora será el de una de ellas (medido en el mismo unto) más 3 dB.

Mediante formulación esta operación es:

$$L_1 + L_2 = 10 \cdot \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}).$$

De forma gráfica puede comprobarse mediante:

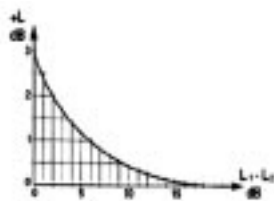


Fig 11. Suma de dB.

Para el caso de la resta de niveles , el cálculo es análogo:

$$L_1 - L_2 = 10 \cdot \log(10^{L_1/10} - 10^{L_2/10}).$$

A continuación se muestra un ejemplo, en el que se muestra la suma de decibelios aplicada a la conversión de niveles por frecuencias (ver más adelante octavas y tercios de octava) en un solo nivel global:

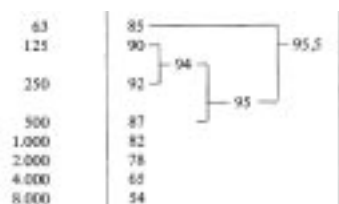


Fig 12. Ejemplo.

Frecuencias continuas	Frecuencias inferiores de octava		Frecuencias superiores de octava		Frecuencias apuntadas	
	1/2 octava	1/3 octava	1/3 octava	1/2 octava	1/2 octava	1/3 octava
63						
125						
250						
500						
1.000						
2.000						
4.000						
8.000						
31,5	22,1			44,2	X	X
63	44,2			88,4	X	X
125	88,4	80,1	122,8	177	X	X
250				354	X	X
500				707	X	X
1.000				1.414	X	X
2.000	1.414			2.828	X	X
4.000	2.828			5.657	X	X
8.000	5.657			11.314	X	X

a) En todos los niveles de octava, los niveles de frecuencia se obtienen multiplicando la frecuencia central por 0,707 o por 1,414.
 b) En todos los niveles de tercio de octava, multiplicar por 0,691 o por 1,323.

Fig 13. Octavas y tercios de octava.

Materiales aislantes y absorbentes

Existe una gran diferencia entre el material aislante y el material absorbente. Ambos son empleados corrientemente en acústica, en cambio, deben aplicarse con un cierto criterio.

El hecho de aislar es el de impedir la propagación de la energía acústica incidente mientras que el de absorber es el de transformar parte de esa energía.

El aislante refleja prácticamente toda la energía incidente y el absorbente disipa parte de esa energía en forma de energía de calorífica.

Absorción acústica

La característica fundamental de los materiales absorbentes es transformar gran parte de la energía sonora que la atraviesa. Su misión, por tanto, que se refleje la mínima cantidad de sonido, de forma que la mayor energía sonora posible sea susceptible de ser transformada en calor por efecto Joule.

No hay reglas fáciles para definir su comportamiento. Lo que se puede afirmar es que: "Todo material absorbente debe ser POROSO". Esto quiere decir que debe permitir el paso del aire, para que el material pueda disipar las ondas sonoras en sus choques contra las paredes de las cavidades. Los materiales con celdas interiores de superficie cerrada, no pueden ser buenos absorbentes en ningún caso.

El espesor del material es importante para determinar la absorción máxima. La energía sonora penetra en el material sólo hasta determinada profundidad, a partir de la cual no sería necesario dar mayor espesor, pero si el espesor no es el adecuado se perderán posibilidades de absorción.

Los parámetros más importantes que rigen el comportamiento de un material absorbente son:

- Densidad
- Porosidad
- Geometría estadística de las celdillas
- Rigidez de su estructura
- Distancia del montaje de las superficies.

La velocidad con que se mueve el aire debido a una onda sonora, es máxima a una distancia fija de las superficies rígidas, distinta para cada frecuencia. Para la velocidad máxima, también es máximo el rozamiento y por tanto la absorción.

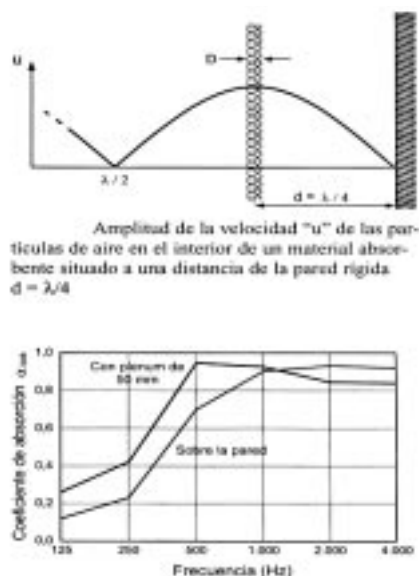


Fig. 14. Coeficientes de absorción sonora de una lana de roca de 30 mm. De espesor y 46 kg/m³ de densidad sobre: 1. pared de hormigón. 2. a 50 mm. De la pared.

EL RUIDO

Los sonidos se pueden clasificar por su respuesta subjetiva. Así los más usuales, como por ejemplo la palabra, pueden considerarse como sonidos, siempre que los niveles de presión sonora que producen no sean excesivos, ya que en este caso se tendrían que denominar ruidos, entendiéndose por tal, *todo sonido no deseado*. Ciertos sonidos agradables se clasifican generalmente como musicales, aunque pueden convertirse en ruido, de acuerdo con la definición anterior. *Por tanto, vemos que la diferencia entre sonido agradable y sonido molesto, depende tanto del nivel de presión sonora, como de la respuesta subjetiva*. El grado de molestia de un ruido depende principalmente de su nivel de presión sonora, siendo la respuesta subjetiva, dependiente de la naturaleza del sonido. Esta respuesta subjetiva puede llevarnos incluso a una definición de ruido menos técnica pero probablemente más realista: *Ruido es lo que hacen los demás*.

En cualquier lugar, existe ruido procedente de diferentes fuentes, unas próximas y otras lejanas, puede venir reflejado por las superficies, e incluso una parte de él, puede proceder de todas las direcciones. De acuerdo con lo expuesto, el ruido total asociado con un determinado entorno, se llama "*ruido ambiental*".

El ruido se puede clasificar de diferentes formas:

Por ejemplo, en función del nivel de presión sonora: (Ver Fig 13.1)

de elevado nivel de intensidad (nivel de ruido >90 fonos), produce dolor y pérdida de audición, debiendo de eliminarse;

de nivel de intensidad intermedia (40 fonos < nivel de ruido < 90 fonos), estos ruidos se pueden soportar, aunque son molestos;

de pequeño nivel de intensidad (nivel de ruido < 40 fonos), no producen trastornos físicos, aunque sí pueden ser molestos psicológicamente.

El cero absoluto no se obtendrá nunca, y además se debe de evitar, puesto que afecta al sistema nervioso humano.

El mecanismo de generación y transmisión del ruido se describe de forma simple a continuación:

Los ruidos se *producen en unos focos sonoros o fuentes* (calle, televisor, discoteca, etc), se transmiten a través de un medio (cuerpos sólidos, líquidos, aire), y por último *llegan al receptor* (un individuo, una comunidad, etc). Se puede decir, que cuando la salida de un foco sonoro se ve influenciada por el medio o el receptor, la impedancia de radiación del foco, ha sido alterada por su entorno. De forma análoga la reacción del receptor depende de las características del medio y de la fuente.

Se puede suponer que muchos ruidos complejos, están formados por una gran número de componentes, distribuidas continuamente en el espectro de frecuencias. Es conveniente a veces, emplear el nivel del espectro de presión acústica L_{ps} , que es el nivel de presión acústica en una banda de 1 Hz de ancho. El nivel de presión en la banda L_{band} , es el nivel de presión acústica dentro de una banda limitada por dos frecuencias, f_2 y f_1 , siendo su ancho $f_2 - f_1$.

En general, la conversión de un nivel de presión en una banda, al correspondiente en otra, se realiza restando del primer nivel, diez veces el logaritmo del cociente de los respectivos anchos de banda. Por ejemplo, un nivel de presión en banda L_{50} , se ha medido con un ancho de banda $Df = f_2 - f_1 = 50$ Hz, y si se desea saber el nivel de presión en una banda de 25 Hz de ancho, centrada geoméricamente dentro de la banda de 50 Hz, su valor será:

De una forma similar, se puede calcular el nivel de presión acústica en una banda de 1 Hz, o nivel de espectro de presión acústica L_{ps} , a partir de un nivel de presión acústica en banda L_{band} , medido en una banda de ancho $Df = f_2 - f_1$:

Para efectuar medidas de ruido se utilizan medidores de nivel de presión sonora (sonómetros), en los que la presión se transforma en tensión por medio de un micrófono, un voltímetro asociado al aparato proporciona la lectura en una escala graduada en dB.

Como ya hemos visto anteriormente, los factores que determinan el nivel de sonoridad de un sonido son tan complejos que son necesarios grandes estudios, ya que el oído no presenta la misma sensibilidad a todas las frecuencias (máxima entre 2.000 y 5.000 Hz) este fenómeno es más acusado para los niveles de presión

bajos que altos. Es lógico pensar que es relativamente sencillo diseñar un circuito electrónico, cuya sensibilidad con la frecuencia fuera análoga a la del oído humano, la ya mencionadas curvas de ponderación A,B,C.

Los sonidos cuyo espectro de frecuencias es amplio, como el de un reactor, parecen más fuertes que tonos puros o bandas estrechas de ruido, aunque ambas tengan el mismo nivel de presión. Las pruebas que se realizan para comprobar este hecho, empiezan por someter al oyente a la audición de una banda estrecha de ruido centrada en una frecuencia determinada f_0 . Se va aumentando progresivamente el ancho de banda mientras se reduce la intensidad acústica, con el fin de mantener el mismo nivel de presión. Existe un cierto punto a partir del cual se siente mayor sonoridad, este punto define el llamado ancho de banda crítico. Para anchos de banda menores del crítico, la sonoridad es la misma, para los mayores la sonoridad aumenta proporcionalmente con el ancho de banda. Para cada frecuencia central se define un ancho de banda crítico diferente, que se determina en forma empírica. No obstante, se ha comprobado que cada ancho de banda viene a ser un intervalo de frecuencia de 100 mel, es decir 1 bark, luego 1 bark, es la anchura de una banda crítica.

Aunque la energía en casi todos los tipos de ruido de fondo tienen una distribución continua sobre un ancho de banda de frecuencias, esta distribución no es uniforme. La forma de variación de la intensidad con la frecuencia se representa mediante un gráfico que muestra el espectro sonoro de ruido. En abscisas tenemos frecuencias y en ordenadas el nivel espectral del sonido para cada frecuencia. Para una frecuencia específica f , el nivel del espectro de intensidad se define como el nivel de intensidad del sonido contenido en una banda de ancho de frecuencia de 1 Hz, centrada a la frecuencia f , viniendo dado por la expresión:

$$L_{15} = 10 \lg (I/I_{re} Df) \text{ dB}$$

donde $I_{re} = 10^{-12} \text{ w/m}^2$ y $Df =$ ancho de banda del filtro en Hz.

Como L_1 es el nivel de intensidad sonora, la expresión (13.1) podemos escribirla:

$$L_{15} = L_1 - 10 \lg Df \text{ dB}$$

Cuando el nivel del espectro de ruido es relativamente constante, la intensidad de una banda estrecha de este ruido, es directamente proporcional al ancho de banda, y por tanto, el enmascaramiento expresado en dB aumenta directamente con $10 \lg Df$. Se conoce como ancho de banda crítica, a un ancho de banda extendido que incluye todas las frecuencias del ruido que excitan la misma región de la membrana basilar, para enmascarar un tono puro. El ancho de banda crítico es función de la frecuencia del tono puro que enmascara. El ancho de banda crítico Df_c y el espectro medio del nivel L_{ab} están relacionados por la expresión:

$$L_{cb} = L_{pb} + 10 \lg Df_c \text{ dB}$$

Para tratar de efectuar medidas de ruido que tengan en cuenta el enmascaramiento se siguen diversos métodos, como los de Zwicker y Stevens, en éste último se utilizan una familia de curvas (Fig 13.1), en combinación con medidas de ruido efectuadas a través de un filtro de un tercio, media o una octava. En cada banda, una vez determinado el nivel de presión sonora, se halla la sonoridad parcial; estas sonoridades parciales se llaman índices de sonoridad y su valor es:

$$S_t = S_m + 0,3 (S - S_m)$$

donde: S_m es el índice de sonoridad máximo; S es la suma de todos los índices de sonoridad; S_t es el nivel de sonoridad en sonos.

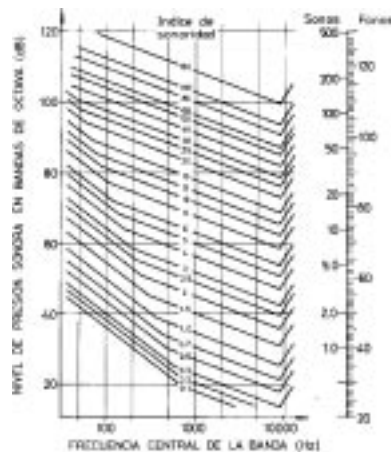


Fig. 15. Curvas para el cálculo de la sonoridad total de acuerdo con Stevens.

Para realizar el estudio de diferentes sonidos, en personas jóvenes, el campo de frecuencias audibles se puede descomponer en tres zonas:

- a) *sonidos graves (20-360 Hz),*
- b) *sonidos medios (360-1.400 Hz) y*
- c) *sonidos agudos (1.400-20.000 Hz).*

Tipos de ruido

Todo ruido se puede considerar como una señal deseada cuando se va a medir, aunque esto sólo sea momentáneamente.

Para que las medidas sean significativas, el nivel de ruido de fondo deberá ser al menos, 10 dB inferior al nivel de la señal. La relación entre el nivel de la señal y el nivel de ruido de fondo se llama relación señal/ruido.

Veamos seguidamente algunos tipos de ruidos:

Ruido de fondo

Es el ruido circundante, asociado con un entorno dado siendo generalmente una composición de sonidos de muchas fuentes cercanas o lejanas.

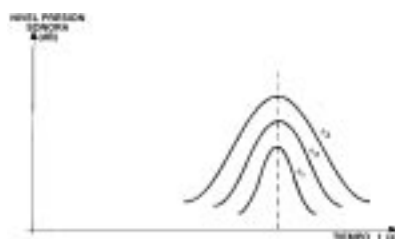


Fig. 16. Representación gráfica del ruido aleatorio.
El ruido de fondo y las Curvas NC, PNC y NR .

NC corresponde a la frase inglesa "Noise Criteria", que en castellano sería "Criterio de Ruido" por lo que en algunos casos, aunque no es normal, aparece como curvas CR.

Estas curvas definen el nivel de ruido existente en un ambiente dado mediante un número simple y están basadas en la interferencia de dicho nivel de ruido en las conversaciones. Suministran información sobre el contenido espectral que debe exigirse a un ruido de fondo para que pueda desarrollarse una actividad.

Cuando se utiliza una NC para definir cierto ambiente, se entiende que en ninguna de las bandas de frecuencia el ruido ambiente sobrepasará el nivel definido por dicha curva.

Las curvas PNC corresponden a "Preferred Noise Criteria". Se usan para medidas de ruido de fondo como las NC y son prácticamente las mismas salvo pequeñas modificaciones.

Las curvas NR corresponden a "Noise Rating Numbers" y son de la norma ISO. Marcan un valor que no supera en ningún punto la curva isofónica de ese valor.

Esta forma permite asignar en un estudio del espectro de ruido, analizado en bandas de octava, un solo valor del índice NR que es el que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los valores de niveles obtenidos en cada banda de ruido. La forma de estas curvas refleja el incremento de la sensibilidad del oído en el aumento de la frecuencia.

Tienen contorno parecido al de las NC pero desplazada aproximadamente 3 dB hacia abajo en niveles SPL bajos.

De forma aproximada puede indicarse que el número de la NR es igual a su valor global en dBA menos 5 dB.

$$NR = dBA (NR) - 5 \text{ dB.}$$

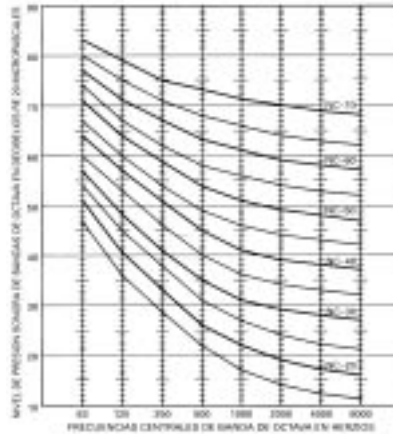


Fig. 17 Curvas NC

Ruido aleatorio

Es una cantidad fluctuante, cuyas amplitudes instantáneas aparecen, como función del tiempo, de acuerdo con una distribución (gaussiana).

Ruido blanco

Es de naturaleza estadísticamente aleatoria, es decir que tiene igual energía por ancho de banda de frecuencia, sobre una banda total específica. Es decir, si el nivel de presión sonora medido con un analizador, es constante en un amplio margen de frecuencias, se dice que el espectro sonoro es plano, llamando al ruido blanco.

Dicho de otra forma, un ruido de este tipo es aquel cuya presión sonora cuadrática media es uniforme y continua con la frecuencia.

Un ruido blanco puede ser también aleatorio, caracterizado porque las amplitudes instantáneas de sus componentes se distribuyen en el tiempo según la curva de gauss (también llamada distribución normal). Sin embargo el ruido aleatorio, no contiene necesariamente, un espectro plano.



Fig 18. Ruido Blanco

Ruido continuo constante

Es aquel cuyo nivel de presión sonora medido en bandas de octava, no fluctúa a lo largo del tiempo.



Fig 19. Representación gráfica del ruido continuo constante.

Ruido constante pero intermitente

Es análogo al continuo, pero fluctuando en un margen moderado a lo largo del tiempo.

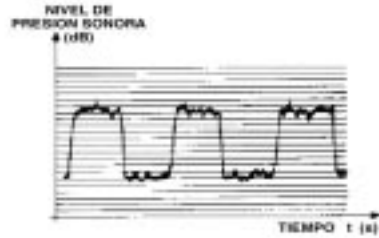


Fig 20. Representación gráfica del ruido constante pero intermitente.

Ruido fluctuante periódicamente

Es análogo al continuo, pero fluctuando periódicamente con el tiempo.

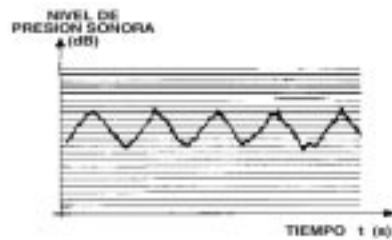


Fig 21. Representación gráfica del ruido fluctuante periódico.

Ruido fluctuante no periódico

De características análogas a los anteriores, pero con largas fluctuaciones irregulares no periódicas.

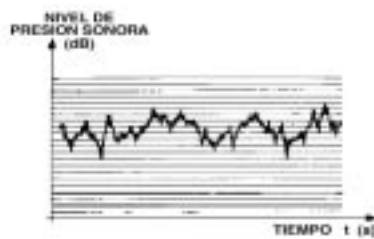


Fig 22. Representación gráfica del ruido fluctuante no periódico.

Ruido impulsivo repetitivo

Es aquel que presenta impulsos repetidos análogos.

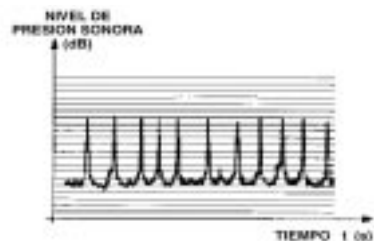


Fig 23 Representación gráfica del ruido impulsivo repetitivo.

Ruido impulsivo simple

Es el que presenta *impulsos aislados*.

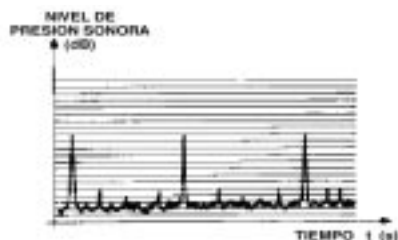


Fig 24 Representación gráfica del ruido impulsivo simple.

Ruido rosa

Es en el que todas las componentes nos dan el mismo nivel subjetivo, es decir es el *ruido blanco* pero con una pendiente de -3 dB .

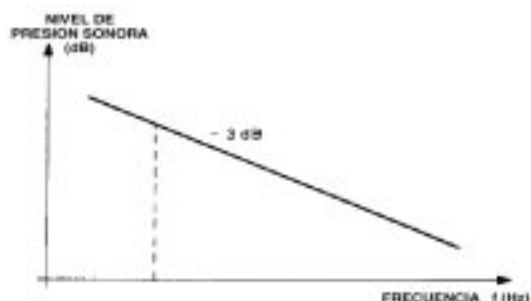


Fig 25 Ruido Rosa

TRANSMISIÓN AÉREA DEL SONIDO

Más Definiciones

-Aislamiento acústico aislamiento bruto "D"

El aislamiento acústico bruto entre dos locales se define como la diferencia de nivel sonoro entre dos locales uno considerado emisor y otro considerado receptor.

El aislamiento bruto corresponde realmente a la sensación percibida por los usuarios.

Se le suele representar por el símbolo D y se expresa en dB(A) con un único valor o mediante un espectro de aislamiento en dB para cada una de las frecuencias fundamentales.

$$D = L_{\text{emisor}} - L_{\text{receptor}}$$

-Aislamiento normalizado "Dn"

El aislamiento acústico normalizado se obtiene al corregir el aislamiento bruto en función del tiempo de reverberación del local receptor en relación a un tiempo de reverberación de referencia (normalmente 0,5 s) y considerar las condiciones geométricas del local receptor.

El aislamiento normalizado elimina el impacto de las condiciones acústicas del local receptor permitiendo comparar configuraciones arquitectónicas independientemente de las condiciones particulares y de uso de los locales receptores.

Se suele representar por el símbolo Dn y se expresa en dB(A) mediante un único valor global o mediante un espectro de aislamiento en dB para cada una de las frecuencias fundamentales.

$$D_n = D + 10 \text{ Log} (T/T_0)$$

- Índice de aislamiento acústico de un elemento constructivo R

Se define el Índice de Aislamiento Acústico de un elemento constructivo como la diferencia de nivel acústico obtenida en laboratorio entre la sala emisora y la sala receptora incluyendo la corrección debida a las condiciones de absorción acústica de la sala receptora.

Se trata pues en este caso de considerar únicamente la transmisión acústica a través del elemento constructivo ya que las cámaras de laboratorio imposibilitan las transmisiones laterales.

Se suele representar con el símbolo R y se expresa en dB(A) mediante un único valor global o mediante un espectro de aislamiento en dB para cada una de las frecuencias fundamentales.

$$R = L_{\text{emisor}} - L_{\text{receptor}} + 10 \text{ Log (S/A)}.$$

Aislamiento acústico al ruido aéreo

Si se coloca una barrera entre dos locales para obtener un aislamiento al ruido aéreo, la transmisión del ruido, de un local a otro, se puede realizar por dos caminos: por la vía directa, debido bien a la porosidad, fisuras o intersticios, o bien por el llamado "efecto diafragma o de membrana".

El ruido puede transmitirse también por otras vías que no sea la vía directa: el paso a través de caminos secundarios da origen a las llamadas vías secundarias, que permiten el paso de un punto a otro a través de caminos intermedios tales como conductos de ventilación, rejillas, etc.

Así, al analizar un tema de ruido, es fundamental conocer el tipo de problema al que nos enfrentamos, es fundamental conocer si se trata de transmisión por vía aérea o no, en cuyo caso se hablaría de transmisión estructural o de vía sólida, donde el medio transmisor ya no es el aire sino las propias paredes adyacentes, los forjados, los pilares, etc.

De este modo, para conseguir un aislamiento acústico a ruido aéreo, lo que debe evitarse es que el medio transmisor del ruido (en este caso el aire) circule libremente.

Principalmente debe evitarse el camino de visión directa entre emisor y receptor mediante barreras, pantallas, paredes, etc.

Para conseguir grandes aislamientos es importante incrementar la masa del paramento o pared de separación. A mayor masa, mayor aislamiento se conseguirá. Tal como indica la ley de masa simple: el aislamiento de una pared simple es diez veces el logaritmo decimal del cuadrado del cociente entre el producto de la densidad superficial de masa por la pulsación, dividido por el doble de la impedancia característica del medio (en el aire la velocidad es $c=345$ m/s y la densidad volumétrica $=1.19$ kg/m³).

De aquí se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6 dB cuando se duplica la masa. Análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia. Aunque esta ley es experimental y por tanto aproximada, se cumple en un margen de frecuencias conocido como Zona de Control por Masa.

La mayoría de las veces no es suficiente con sustituir las paredes más delgadas por otras de mayor espesor. Esto se debe principalmente a la existencia del comportamiento que presentan las paredes a la flexión. A menor frecuencia, mayor longitud de onda y, por tanto, mayor "efecto diafragma".

Aislamiento y transmisiones laterales

Un problema acústico común en todo recinto, es la transmisión hacia el interior del sonido procedente hacia el exterior. En la práctica, esta transmisión es el resultado de vibraciones diafragmáticas de las paredes del recinto.

Son las pérdidas de transmisión las que van a determinar el aislamiento acústico que proporciona la partición.

La medición del aislamiento acústico de un cerramiento TL (Transmisión Loss) o bien el parámetro R ha de realizarse mediante ensayos de laboratorio.

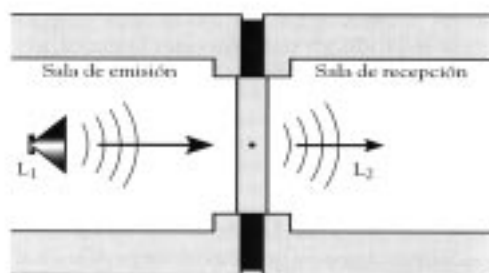


Fig 26 Representación de medida de aislamiento en laboratorio.

Para determinar el aislamiento acústico de un paramento divisorio entre dos locales, se requiere establecer un nivel de presión sonora L_2 (dB) que se produce en el espacio receptor. Asimismo, se deben determinar las unidades de absorción A que tiene el local receptor. Con esto, el aislamiento acústico normalizado de la pared es:

$$L_N = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{10}{A}$$

Siendo:

A = Absorción de la sala receptora en m^2 (Sabios métricos)

Las cámaras de ensayo de los laboratorios especializados se construyen de forma que se eliminan todas las transmisiones indirectas, por lo que el sonido entre salas sólo puede transmitirse a través de la pared divisoria que se ensaya.

A la diferencia de niveles de presión sonora $L_1 - L_2$ se le denomina Aislamiento bruto entre locales y se designa NR, o D en el caso nacional.

Veamos a continuación la influencia de las transmisiones laterales:

El problema del aislamiento acústico "in situ":

Cuando la pared divisoria entre locales se halla conectada a los cerramientos adyacentes, como es normal en cualquier edificación, la presión sonora pone en excitación no sólo dicha pared divisoria, sino simultáneamente a todas las superficies del local. Dado que están conectadas a ella, provoca múltiples caminos de conexión acústica.

Este estado de excitación de las paredes adyacentes produce un incremento del nivel de presión sonora L'_2 del local receptor.

De este modo, si en el caso de las pruebas de laboratorio el valor medido es L_2 , en las pruebas in situ, donde se producen transmisiones laterales, el valor medido sería L'_2 .

Obteniéndose siempre que: $L'_2 > L_2$.

Por lo que el aislamiento bruto NR' o D' en este caso siempre será inferior al aislamiento bruto NR o D del ensayo de laboratorio, a igualdad de área S y de absorción A .

Esto explica la decepción de algunos proyectistas que, impresionados por las altas prestaciones acústicas de algunos sistemas deciden tratar exclusivamente esta parte del recinto, descubriendo más tarde, a la hora de la medición, que el aislamiento obtenido en los locales receptores es muy inferior al valor esperado. ¿Acaso le han engañado los fabricantes?. No, la partición tratada acústicamente (si esta bien realizada en obra) funciona adecuadamente, son las transmisiones laterales las que arruina el comportamiento acústico global del local. No se debe olvidar que el tratamiento acústico de un recinto, o de un edificio ha de englobar todos los mecanismos de transmisión, lo que engloba paredes, suelos y techos. Sin tener esto en cuenta no puede llegarse a un correcto aislamiento acústico.

¿Cómo podemos predecir la pérdida debida a transmisiones indirectas?. Mediante herramientas de cálculo que desarrollaremos en más adelante.

Acondicionamiento acústico de locales

¿Qué diferencia hay entre aislar y acondicionar?

La principal es que cuando se aísla, la intención es proteger una zona adyacente y separada de la fuente mediante divisorios, pero, ¿qué ocurre con las personas que han de compartir el recinto con la fuente ruidosa?, la única manera posible de mejorar su situación acústica sin recurrir a protectores auditivos, apantallamientos o métodos de control activo, es "acondicionar" el local mediante materiales absorbentes. Consideramos un foco sonoro emisor en un espacio abierto y un receptor situado a una distancia dada. Éste percibe un nivel sonoro que es función de la potencia acústica de emisión y de la distancia, puesto que el nivel sonoro disminuye con el alejamiento de la fuente.

En este caso, diremos que el nivel percibido corresponde a un "sonido directo" o de "campo directo". En cambio, si el conjunto emisor + receptor se encierra en un local y se repite la experiencia, el nivel sonoro percibido por el receptor es más elevado.

Este aumento de nivel sonoro tiene una explicación sencilla: el observador percibe un nivel de "campo directo" igual que en el primer caso. Además percibe otro nivel suplementario debido a las múltiples reflexiones de las ondas sonoras en la superficie interna del cerramiento.

El fenómeno físico del nivel acústico suplementario se denomina "reverberación" y en la mayor parte del local tiene un carácter difuso, constituyendo el "campo reverberante".

Es evidente que el campo reverberante disminuirá cuanto mayor sean las unidades de absorción instaladas en la sala.

Pero, ¿cómo cuantificar este fenómeno del que se está hablando?.
Mediante el tiempo de Reverberación :

Durante sus primeras investigaciones, Sabine establecía un sonido en una sala, lo interrumpía, y el tiempo en segundos que dicho sonido tardaba en extinguirse sensorialmente lo denominó Tiempo de Reverberación.

El Tiempo de Reverberación es el tiempo, medido en segundos, que tarda el nivel sonoro en disminuir 60 dB después de interrumpir la emisión de la fuente sonora. Es representativo del tiempo que tarda en extinguirse el sonido en la sala.

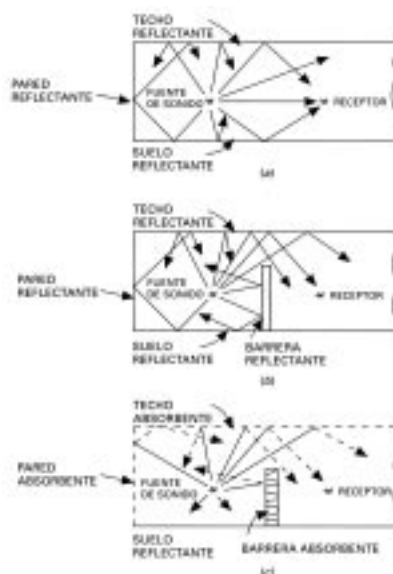


Fig. 27 Reflexiones sucesivas en un recinto con y sin apantallamiento.

De acuerdo con los resultados empíricos de Sabine, el tiempo de reverberación TR, el volumen de la sala y las unidades de absorción instaladas están relacionadas por la conocida fórmula:

$$TR = \frac{0.163 \cdot V}{\sum S_i \cdot \alpha_i}$$

Siendo:

V = Volumen del local en metros cúbicos.

S_i = Cada una de las distintas superficies del local.

A_y = Coeficiente de absorción Sabine de cada superficie.

El valor del sumatorio se simboliza o presenta habitualmente como A y sus unidades son metros cuadrados.

Acondicionamiento acústico de locales:

El objetivo de alcanzar un nivel de percepción sonora aceptable en todos los puntos de un local constituye la técnica del acondicionamiento acústico.

Las actuaciones posibles se centran en modificar ambos campos: directo y reverberado.

Existen otras fórmulas para calcular el tiempo de reverberación, pero la más extendida es la de Sabine, debido fundamentalmente a su sencillez de cálculo.

Equilibrio de energía acústica

Todo efecto aislante sobre una fuente de ruido en el exterior provoca un incremento del nivel reverberante interior, consiguiendo incrementar el nivel de ruido transmitido hacia el exterior en la misma proporción que lo hace en su interior. No hay que olvidar que la reducción de energía se deberá conseguir mediante absorbente, disipándose por efecto Joule (fricción) en el interior de los poros, desgraciadamente, no puede esperarse una disminución del nivel de presión sonora por este método superior a 6 dB.

Lo mismo sucede con una fuente de ruido que se encuentra ubicada en el interior de una nave industrial. Es más sencillo reducir el efecto de la fuente tratada mediante una alta absorción en el interior del cerramiento que la contiene, que no en la totalidad de la nave.

Siempre existirá un trasvase de energías del interior hacia el exterior del cerramiento y desde el interior de la nave hacia el cerramiento, y así sucesivamente hasta que se alcance el estado de reposo o de equilibrio energético, y es que no hay que olvidar que el sonido es una forma de transmisión de energía, y como tal, ésta ha de conservarse.



Fig. 28 Excitación energética de un paramento por una onda acústica.

Mejora de la TL (pérdida de transmisión) o D de un cerramiento

Para mejorar la efectividad de un recinto aislado acústicamente, es importante eliminar el campo reverberante interior. Para ello se requiere un tratamiento absorbente. Pero, ¿Con qué criterio debemos colocar dicho material?. ¿Cuál debe ser su espesor?.

La teoría estadística responde a la primera pregunta. Dado que dicha teoría justifica la distribución homogénea del campo reverberante, la ubicación de dicho material es irrelevante en tratamientos industriales, aunque si lo es en locales de cierta calidad acústica como pueden ser los cines, teatros, estudios de grabación, etc.

En ellos debe cuidarse tanto el campo directo como el campo reverberante y la distribución de material absorbente no tiene como misión eliminar el máximo nivel de ruido reverberante, sino que su ubicación se basa en la corrección acústica o lo que se denomina "acústica interior".

En cuanto al espesor del material, hay que tener en cuenta que la velocidad de onda justo encima de una pared del local es prácticamente cero. A partir de ese punto y en sentido interior al local, la función velocidad se incrementa y alcanza su máximo en un punto tal que la distancia de éste hasta la pared es igual a un cuarto de la longitud de onda del sonido. Si se recubre la pared con un material cuyo espesor es inferior a un cuarto de la longitud de onda, es evidente que no se está absorbiendo de la forma más eficaz (puesto que el espesor no alcanza el máximo de velocidad, donde la disipación por rozamiento sería máxima).

Así pues, para realizar un buen tratamiento absorbente en el interior de un local aislado, la eficacia será tanto mayor (el rendimiento del material será tanto mayor) cuanto más se aproxime el espesor del material a un cuarto de la longitud de onda del ruido generado –opción (a)-. Puesto que dicha longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia del sonido, significa que el máximo espesor del material se determinará por la frecuencia más baja del espectro del ruido.

Para alta absorción, digamos un 90% a 200 Hz, sería preciso colocar un material absorbente cuyo espesor fuese de 430 mm. Desafortunadamente esto es así, pero existe otra opción posiblemente más útil, que conseguiría el mismo rendimiento pero con tan solo 130 mm. de espesor.

Consistiría en colocar el material de 130 mm. de espesor separado 300 mm. de la pared. Así, como norma general, para una determinada distancia de la pared, el tratamiento absorbente tiene el mismo efecto si se cubre totalmente dicha distancia que si se aplica una lámina más estrecha separada de la pared dejando así que el resto sea cámara de aire.

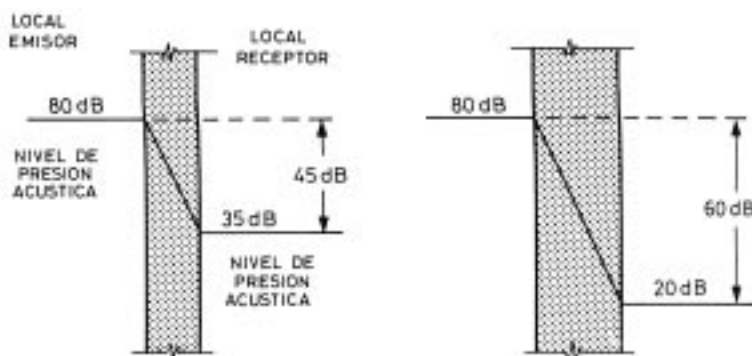


Fig. 29 T.L. o D de dos paramentos.

Aislamiento de una pared simple

Se entiende por pared simple la no formada por unidades independientes. Basta con que sea homogénea o si no lo es, basta con que cumpla que los puntos situados sobre una misma normal, no modifiquen su distancia mutua cuando la pared entre en estado vibratorio.

Para obtener un buen aislamiento acústico, las paredes deben construirse de acuerdo con los siguientes puntos:

- que sean suficientemente pesadas
- débilmente rígidas
- estancas al paso del aire

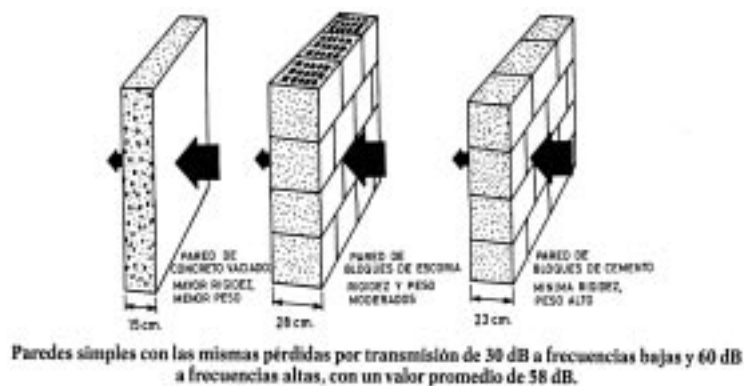


Fig. 30 Paredes simples con las mismas pérdidas de transmisión con un valor promedio de 58 dB.

El comportamiento aislante de una pared simple, una vez superadas las resonancias propias de la placa (resonancias geométricas más que de composición), sigue la Ley de Masa. La ecuación que rige esta ley es la siguiente:

$$D = 20 \cdot \log \frac{M \cdot \omega}{2Z} = 20 \cdot \log \frac{M\omega}{2\rho \cdot c}$$

Siendo:

M = Densidad superficial de masa de la pared (Kg/m^2).

Z = Impedancia característica del aire (aproximadamente igual a $411 \text{ Kg/m}^2\text{s}$).

w = Pulsación (igual a $2\pi f$ siendo f la frecuencia considerada)

r = Densidad volumétrica del aire (1.19 Kg/m^3).

c = Velocidad del sonido en el aire (345 m/s).

El debilitamiento del sonido, al atravesar un medio, es pues, proporcional al logaritmo de la frecuencia del sonido, por una constante que depende de la masa (en kg/cm^2).

La máxima pérdida de transmisión sonora con cualquier barrera sólida sencilla, aumenta en 6 dB cada vez que se duplica el espesor, ya que con ello, como es lógico, se duplica su masa.

Indica la ley que el aislamiento acústico es mayor cuanto mayor sea su masa superficial y también es mayor cuanto más altas son las frecuencias.

Obsérvese en la gráfica 1.21. la forma de la curva en función de la frecuencia. Esta ley no es experimental, por lo tanto no es absoluta, sino aproximada, si bien es la comúnmente utilizada para obtener una buena aproximación analítica del comportamiento acústico de una pared simple.

Nótese además, que por encima de la frecuencia de coincidencia la pendiente pasa de 6 dB/octava a 10 dB/octava, pero el agujero presentado en f_c es suficiente para llevar al traste todo el aislamiento propio de una pared, haciendo que el valor global de aislamiento sea bajo.

Así, para conseguir que cualquier elemento aproveche al máximo sus propias características aislantes a la presión sonora, es conveniente trabajar con espesores y densidades superficiales de masa que consigan es una frecuencia de coincidencia lo más elevada posible, aprovechando de esta forma todos los recursos que ofrece el control por masa.



Fig. 31 Aislamiento de una pared simple.

Ley de masa. Comportamiento real

Partiendo del conocimiento de los resultados teóricos de una pared simple y usando métodos empíricos y estadísticos, se consigue definir una curva en la que se relaciona el nivel de aislamiento global de una pared en función de la densidad superficial de masa.

Aislamiento de una pared doble

Mientras que la mejora del aislamiento acústico que se consigue al duplicar el peso de las paredes simples (6 dB según la ley de masa) compensa el gasto en el caso de paredes ligeras, para paredes pesadas ya no es tan rentable.

Para una frecuencia dada, una pared simple de 10 Kg/m², según la ley de masa, tiene un aislamiento de 40 dB. Prescindiendo que a menudo no es aceptable una duplicación del peso por razones de carga, los 6 dB de mejora se pagan caros con la sobrecarga que esto supone. Si se colocara separada de la primera una segunda pared de 100 Kg/m², se obtendría un aislamiento medio de 60 dB en lugar de los 46 dB.

Desgraciadamente esta separación completa no se puede realizar, y los elementos están más o menos "acoplados". Hay fundamentalmente tres factores que pueden influir sobre el acoplamiento en paredes múltiples.

- La resonancia de las paredes.
- Las ondas estacionarias de cavidad.
- Los acoplamientos rígidos entre paredes.

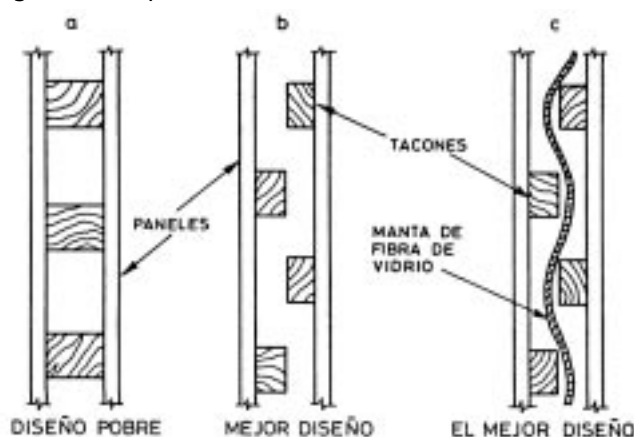


Fig.32. Paredes dobles.

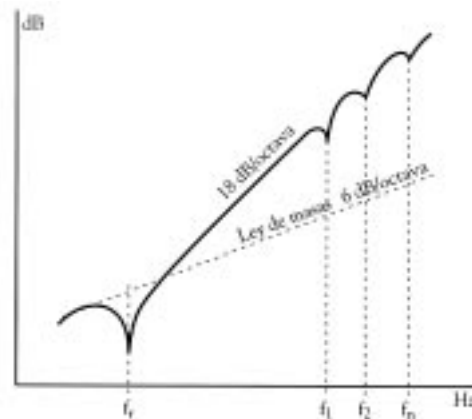


Fig.33 Aislamiento de paredes dobles.

Una pared doble presenta a bajas frecuencias un sistema masa-muelle-masa, en donde las masas son las dos capas de la pared y el muelle la cámara de aire que las separa. Un sistema así, es capaz de vibrar y posee una frecuencia propia de resonancia definida por la siguiente expresión:

$$f_r = \frac{615}{\sqrt{d}} \cdot \sqrt{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}}$$

Siendo:

d = distancia entre paredes en cm.

m_1 y m_2 = masas superficiales de las paredes en Kg/m².

Esta frecuencia será tanto más baja cuanto mayores sean las masas y/o mayor sea la distancia entre ellas.

Para esta frecuencia, el aislamiento acústico es muy bajo (prácticamente nulo), por lo que se deberá conseguir que esta frecuencia sea lo más baja posible.

Algunos estudios aconsejan que esta frecuencia sea menor de 75 Hz y otros, más exigentes, recomiendan que sea menor de 60 Hz. Para estos dos casos se obtienen las relaciones prácticas siguientes:ç

$$f_r < 75\text{Hz}; d > 105 \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) (\text{cm})$$

$$f_r < 75\text{Hz}; d > 67 \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) (\text{cm})$$

Comportamiento real de paredes múltiples

Partiendo del conocimiento de los resultados teóricos de diferentes paredes múltiples y usando métodos empíricos y estadísticos, se consigue definir una curva en la que se relaciona el nivel de aislamiento global de diferentes paredes múltiples en función de la densidad superficial de masa del conjunto.

Influencia de un agujero acústico

La influencia de los agujeros y de las fisuras en las paredes es muy importante y se traduce en una disminución del aislamiento acústico, que en ciertos casos, puede ser considerable. Dependiendo de sus dimensiones y de las frecuencias consideradas, la superficie eficaz del agujero puede ser, por cuanto respecto a la transmisión del ruido, superior a su superficie real.

Con respecto a sus superficies, éstas pueden transmitir más energía de la que aparentemente reciben, funcionando en este caso como amplificadores. Este efecto puede ser representado mediante un índice de atenuación R negativo. En la Fig se muestra un ábaco en el que se representa la relación de superficies (S_1 es la pared y S_2 el agujero) en función de la diferencia de aislamiento de ambas R .

Aunque no estrictamente agujeros, un paramento mixto formado por albañilería y un cerramiento (puerta o ventana) tiene un aislamiento inferior al de la pared sin estos elementos, que de forma similar puede calcularse siguiendo los pasos indicados en la norma NBE CA pertinente o próximamente con el nuevo código técnico de la edificación. Su comportamiento es similar al del caso de un agujero acústico.

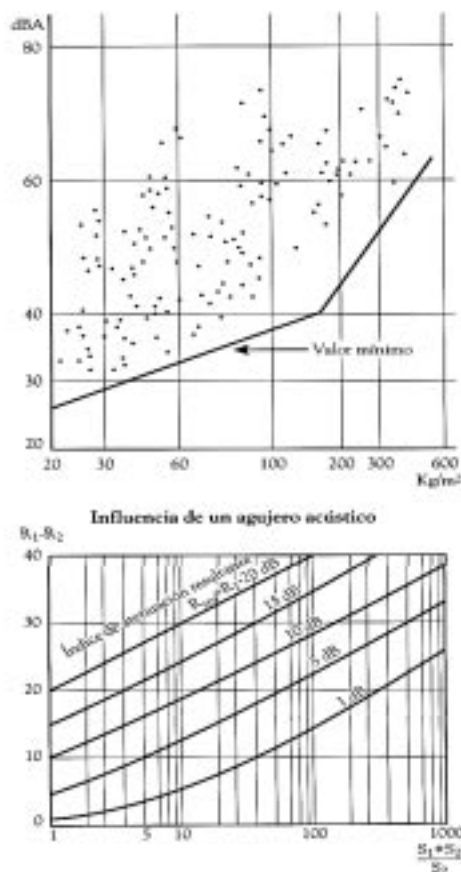


Fig. 34. Valor mínimo experimental de un paramento e influencia de un agujero.

Agujeros y fisuras de pequeñas dimensiones

En general las fisuras y agujeros pequeños limitan en mucho el nivel de aislamiento. Las frecuencias cuyas longitudes de onda son del mismo orden o inferiores a las dimensiones de la misma, pasan a través sin producirse una difracción envolvente, sino que el paso es directo.

Normalmente, sea en medias o bajas frecuencias, la existencia de un agujero físico es nefasto en cuanto al aislamiento acústico se refiere. Por lo tanto deben evitarse todo tipo de fisuras o agujeros con el fin de conseguir que el aislamiento sea el máximo ofrecido por el propio material empleado en la instalación.

Este hecho es especialmente importante en el caso de puertas y ventanas, cuyos aislamientos pueden verse debilitados incluso en 8 dB, de ahí la importancia de conseguir la estanqueidad de estos elementos, que es lo que realmente proporciona el completo aprovechamiento de sus características físicas. Cabe destacar que para conseguir cerramientos con un índice de reducción sonora superior a 35 dB, ha de optarse por elementos especiales, como puertas acústicas.



Fig. 35. Puntos críticos para asegurar la estanqueidad acústica.

Resultados gráficos del cálculo

Es de total importancia el hecho de obtener en un resultado, al menos el espectro en bandas de octava así como el nivel global.

Para la obtención del nivel global deberán tenerse en cuenta distintos tipos de evaluación según se trate de niveles de ruido SPL o niveles de aislamiento TL o D.

A efectos prácticos será importante disponer tanto del resultado gráfico como del resultado numérico, con el fin de utilizar resultados intermedios para la obtención de otro resultado intermedio o bien del resultado final.

Ecuación general de acústica

Se presenta aquí la ecuación general de acústica, a partir de la cual se podrá realizar cualquier tipo de cálculo, tanto en el exterior como en el interior de un recinto cerrado, partiendo del conocimiento de la potencia acústica de la fuente de ruido.

1. En el interior:

Partiendo de la energía por unidad de volumen del medio de transmisión (o densidad de energía) y en relación a la presión sonora se tiene:

$$D = \frac{p^2}{\rho \cdot c^2}$$

Por definición, la densidad de energía en un campo difuso es prácticamente constante. Así el nivel promedio de energía reverberante en el interior de un recinto será:

$$D \cdot V = \frac{P^2}{\rho \cdot c^2} \cdot V$$

Donde V es el volumen del recinto.

Cada vez que el sonido se refleja en una superficie, hay una fracción de la energía incidente que se refleja y otra que se absorbe. La cantidad de energía absorbida será:

$$\alpha \cdot \frac{p^2}{\rho \cdot c^2} \cdot V$$

Si somos capaces de calcular el número de veces que esto ocurre en un segundo, sabremos la cantidad de potencia que se está disipando en el recinto.

Se introduce ahora el concepto de "recorrido libre medio" de una onda. De forma experimental y estadística se obtiene que la distancia media que recorre un frente de onda entre reflexiones sucesivas es igual al cociente $4V/S$, donde V es el volumen de la sala, y S el área total de las superficies reflectoras. De este modo, el tiempo medio que una onda precisa para "viajar" a través del recorrido libre medio es $4V/cS$, donde c es la velocidad del sonido en el aire. Así el número de caminos recorridos en un segundo (es decir, el número de reflexiones ocurridas en un segundo) es su inverso $cS/4V$.

De este modo, la cantidad de energía que se absorbe en las reflexiones en el interior del recinto en un segundo es:

$$\frac{c \cdot S}{4V} \cdot \alpha \cdot \frac{p^2}{\rho \cdot c^2} \cdot V$$

Correspondiendo a la potencia disipada en el recinto.

Puesto que la potencia inyectada en campo reverberante es:

$$W_{REV} = W(1 - \alpha)$$

y siendo ambas energías idénticas, se tiene que:

$$\frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{4W \cdot (1 - \alpha)}{\alpha \cdot S}$$

Al cociente $\alpha S / (1 - \alpha)$ se le llama "Constante de la sala", denominado comúnmente como R , donde α es el coeficiente de absorción, quedando:

$$\frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{4W}{R}$$

La ecuación anterior representa pues, la energía reverberante la cual es totalmente independiente de la posición del receptor en el interior del local.

2. En el exterior:

Se define el índice de directividad como: $DI(\theta) = 10 \log Q_\theta$ (dB), donde Q_θ es el "factor de directividad" definido como la relación de la intensidad sonora en la dirección θ , respecto a la intensidad sonora en la misma desde la fuente, promediado sobre todos los ángulos q . La intensidad promedio es la que se produciría a esa distancia por una fuente esférica radiando la misma potencia.

Entonces, si la presión sonora en un punto situado a una distancia r de la fuente y ángulo θ respecto del eje es $p(\theta)$, el factor de directividad en la dirección θ es:

$$Q_\theta = \frac{p(\theta)^2}{\rho \cdot c} \cdot \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{W}$$

Siendo W la potencia acústica de la fuente.

Así la intensidad de la energía directa de la fuente al receptor (situado a una distancia r) se puede expresar como:

$$\frac{p^2}{\rho \cdot c} = W \cdot \frac{Q_\theta}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

3. En el interior y en el exterior:

Si sumamos las intensidades de energía directa y reverberante, se obtendrá la intensidad de energía total, esto es:

$$\frac{p^2}{\rho \cdot c} = W \cdot \left[\frac{Q_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R} \right]$$

Donde tomando logaritmos en ambos lados, se obtiene:

$$SPL = SWL + 10 \cdot \log \left[\frac{Q_0}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4}{R} \right]$$

Expresión conocida como "Ecuación general de acústica", donde:

Q_0 = factor de directividad de la fuente en la dirección de r.

R = constante de la sala.

El valor Q_0 depende de las características de la fuente considerada y también de la posición relativa a las paredes del recinto. Las características direccionales de fuentes concretas (un equipo eléctrico, un elemento de una planta mecánica, etc.) deben obtenerse directamente del fabricante, el cual debería poseer esta información, extraída directamente de ensayos de laboratorio.

En términos generales puede asumirse cualquier fuente como omnidireccional, tomando los valores de Q_0 que se muestran a continuación:

Posición de la fuente	Factor de directividad Q_0
En el centro geométrico del local.	1
En el centro de una pared, suelo o techo.	2
En una arista.	4
En una esquina.	8

Los métodos de calculo acústico

La caracterización acústica de los elementos constructivos en laboratorio parte de unas circunstancias concretas (superficie normalizada de la probeta, ausencia de transmisiones laterales y volúmenes prefijados de las salas receptoras) la homogeneización de estos parámetros permite hacer comparativos los diferentes ensayos acústicos y caracterizar de forma coherente los diferentes elementos constructivos.

En la realidad arquitectónica los elementos constructivos se encuentran en entornos considerablemente diferentes a las mediciones de laboratorio.

Existen transmisiones laterales, las dimensiones de los cerramientos y las características acústicas de los locales son sumamente variables todo ello plantea la imposibilidad en la fase de proyecto de utilizar sola y directamente los valores de índice de aislamiento medido en laboratorio para evaluar la calidad acústica.

El objetivo de los métodos de calculo acústico es partiendo de los datos de características acústicas de los elementos constructivos y de la configuración arquitectónica de los locales llegar a efectuar una estimación lo mas precisa posible del aislamiento bruto o normalizado que los usuarios llegaran a percibir.

La particularidad de cada método es la forma que toma en consideración la intervención de cada una de las variables.

METODO CATED-UNM

Elementos considerados:

- El peso de la pared que actúa como elemento de separación.
- El numero de paredes ligeras y rígidas (cerramientos de ladrillo) directamente unidas a la pared que actúa de separación.

- La profundidad del local receptor en relación a la pared de separación.

Descripción del método:

Se trata simplemente de entrar en un “normograma” con el peso de la pared de separación, ascender verticalmente hasta las curvas que indican el número de paredes rígidas, desplazarse horizontalmente hasta encontrar la línea de la profundidad del local correspondiente y descender verticalmente hasta leer en el eje horizontal el aislamiento normalizado evaluado.

Limitaciones del método:

Este método solo es utilizable cuando la configuración arquitectónica está formada por paredes simples (que respondan a la ley de masa).

No permite evaluar la eficacia acústica de los elementos de alta eficacia acústica como las paredes dobles, los trasdosados, etc.

Ventajas e Inconvenientes:

La principal ventaja es la enorme simplicidad y la nula caracterización acústica de los elementos constructivos.

El principal inconveniente es la propia limitación del método lo que no permite evaluar el uso de sistemas de alta eficacia acústica.

Es un método que hoy por hoy sólo se utiliza en fases muy iniciales del proyecto con el fin de determinar si la opción de elementos de mayor eficacia acústica es necesaria.

Conclusiones:

Una conclusión importante de la aplicación de este método es que permite poner en evidencia el gran deterioro de la calidad acústica que proporcionan los elementos ligeros y rígidos (tabiques de ladrillo o escayola) y el impacto de la profundidad del local receptor sobre el aislamiento conseguido.

EL METODO CLASICO

Elementos considerados:

- El índice de aislamiento acústico de la pared de separación.(R)
- La superficie de las paredes laterales rígidas unidas a la de separación (Sr)
- El número de paredes laterales en las que existe trasdosado con Lanas Minerales (N)
- La superficie de la pared de separación (S) y el volumen del local receptor (V).

Descripción del método.

El método se fundamenta en un cálculo simple según la fórmula siguiente:

$$D_n = R + 10 \log (0,32 V/S) - 5 + N - (S_r/10)$$

Limitaciones del método:

Se exige para poder aplicar este método (y obtener resultados fiables)

que los entornos sean relativamente homogéneos desde un punto de vista acústico, es decir que sus índices de aislamiento R no sean excesivamente desproporcionados los unos en relación a los otros.

Ventajas e Inconvenientes:

Es un método ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos (la asociación Qualitel lo reconoce como método de evaluación) y está suficientemente contrastado en la práctica.

Permite introducir bastante bien elementos eficientes como son los trasdosados con Lanas Minerales tanto en las paredes de separación (mediante mejora del índice R) como en las paredes laterales (disminución o eliminación de Sr y aumento de N).

El principal inconveniente es que el método no admite el cálculo por frecuencias ni permite determinar las vías preponderantes de transmisión acústica.

Es un método recomendable para los proyectos habituales de edificación tanto por su simpleza como por el grado de aproximación a la realidad que proporciona (debe utilizarse con precaución en entornos muy heterogéneos o en locales con exigencias de aislamiento muy concretas a ciertas frecuencias)

Conclusiones:

Se pone de manifiesto que cuando se substituyen paredes laterales ligeras y rígidas por paredes blandas a la flexión con inclusión de Lanas minerales se obtienen ganancias de aislamiento relevantes.

EL METODO CEN UNE EN ISO 12354

Elementos considerados:

- Índice de aislamiento de los cerramientos (separación y laterales) (R)
- Eficacia aportada por los trasdosados (ganancia cuando se usan trasdosados con lanas minerales y pérdidas cuando son con espumas plásticas) (D R)

- Coeficientes de acoplamiento entre la pared de separación y las laterales (Kij)
- Longitudes de las uniones pared lateral con la de separación (Li)
- Superficie de la pared de separación (S)
- Volumen del Local receptor (V)

Descripción del método:

Se trata de determinar para cada vía de transmisión la cantidad de energía acústica transmitida y efectuar finalmente la integración en el local receptor de la energía transmitida por todas las vías de transmisión.

Para la transmisión directa se considera:

$$RD = R_d + D_{Rd}$$

Para cada una de las doce transmisiones indirectas se considera:

$$R_{ij} = 0,5(R_i + R_j) + D_{Rij} + K_{ij} + 10 \log (S/L)$$

Finalmente se adicionan todas las transmisiones acústicas

$$R' = -10 \log (10^{-0,1RD} + S \cdot 10^{-0,1 R_{ij}})$$

$$D_n = R' + 10 \log (0,32 V/S)$$

$$D = R' + 10 \log (0,16 V / (S Tr))$$

Limitaciones del método:

El grado de incertidumbre y de desconocimiento de los coeficientes Kij introduce ciertas dificultades y errores en la apreciación del aislamiento entre los locales.

La dificultad práctica (por el elevado número de ensayos precisos) de conocer la eficacia de los trasdosados sobre diferentes muros soporte dificulta la utilización más generalizada del método.

Ventajas e Inconvenientes:

Cabe destacar que el método permite determinar con precisión cual es la vía determinante de transmisión acústica y por tanto facilita la identificación y elección rápida de las opciones de mejora más efectivas.

Es posible trabajar tanto en valores globales como en valores por frecuencias lo que permite adoptar la complejidad que el trabajo requiera.

Se puede admitir una mayor heterogeneidad de los entornos que con los otros métodos.

Una cierta farragosidad de los cálculos (aunque no su complejidad) hace prácticamente imprescindible recurrir a procedimientos informáticos que faciliten los cálculos repetitivos.

Es un método que puede considerarse adecuado para estudios detallados, en entornos heterogéneos o cuando sea preciso el cálculo por frecuencias.

Conclusiones:

Los coeficientes Kij determinan el impacto de las transmisiones laterales y el análisis de los que están contenidos en la UNE EN ISO 12354 permiten poner de manifiesto que los elementos ligeros y rígidos actúan como elementos degradantes de la calidad acústica mientras que los que contienen elementos blandos a la flexión con relleno de lanas minerales resultan ser beneficiosos.

La inclusión de trasdosados con lanas minerales tanto en las paredes de separación como en las laterales mejora la calidad acústica de los locales.

Comparación de los diferentes métodos

La comparación de los métodos lleva a las conclusiones:

- Cuando los tres métodos están dentro del ámbito de aplicación las diferencias entre ellos son relativamente pequeñas (como máximo 3 ó 4 dB(A)).
- Para una misma pared de separación la influencia del entorno arquitectónico puede conducir a valores que se diferencian del orden de 18 dB(A) lo que pone en evidencia la necesidad de tomarlo en consideración en las fases de proyecto (viceversa la única consideración de la pared de separación conlleva un fracaso seguro en la previsión del aislamiento).
- La presencia de elementos laterales ligeros y rígidos supone una pérdida de aislamiento importante con relación a los elementos laterales que contienen lanas minerales que ofrecen las mejores prestaciones.

CONCLUSIONES

- Los métodos de calculo permiten en las fases de proyecto evaluar la calidad acústica.
- Los métodos de calculo acústico son lo suficientemente simples como para que no se justifique la escasa atención que se dedica a ellos en los proyectos de arquitectura.
- Los métodos de calculo permiten determinar en el momento de la concepción del edificio el impacto que cada solución aporta al edificio por lo que pueden utilizarse como herramienta de evaluación de los proyectos desde un punto de vista acústico
- La influencia del entorno arquitectónico es determinante de la calidad acústica.
- Los diferentes métodos de calculo proporcionan resultados coherentes (siempre que se respete el ámbito de validez del método)
- Ninguna Norma, Reglamentación u Ordenanza que sólo fije exigencias sobre en el Índice de Aislamiento medido en laboratorio (como la NBE-CA/88) puede ofrecer garantías de confort real a los usuarios.
- Las Normas y reglamentaciones deben establecer las exigencias en términos de aislamiento normalizado entre locales (D_n) y establecer tiempos de reverberación (T_r) máximos para cada tipo o uso de local, este criterio es medible a posteriori y evaluable en la fase de proyecto.
- Los elementos ligeros y rígidos (tabiques de ladrillo o escayola) son elementos que empobrecen la calidad acústica y por tanto deberían reducirse o eliminarse siempre que sea posible.
- Los elementos formados por hojas blandas a la flexión rellenos de Lanás Minerales ya sea como trasdosados o como elementos de distribución son los mejores aliados para aumentar la calidad acústica de los edificios.

Barreras acústicas. Zonas de sombra

Conocido el fenómeno de la reflexión del sonido en superficies no porosas, es preciso introducir aquí una de las consecuencias directas del principio de Huygens: la difracción. La utilización de barreras acústicas, hace que los distintos frentes de onda se conviertan en centros emisores en los puntos que son interceptados por el obstáculo, por lo que se ciñen al mismo, envolviéndolo, sobre todo si su tamaño es parecido o inferior al de la longitud de onda del sonido en cuestión.

Ante el obstáculo, la propagación del sonido queda mediatizada por el valor relativo entre la magnitud H del obstáculo y la longitud de onda del sonido. Lo mismo ocurre con el avance del sonido a través de un orificio o agujero acústico. Se entiende por sombra acústica la zona a la que no llega el sonido. Evidentemente dependerá de las dimensiones y, por tanto, de la frecuencia.

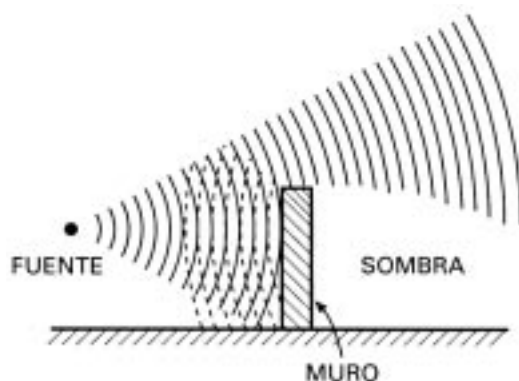


Fig. 36 . Apantallamiento y zona de sombra.

Apantallamientos

- a) Supongamos que tenemos una máquina en funcionamiento y se conoce su espectro de ruido.
- b) Se ha dotado a la máquina de unos soportes elásticos correctamente dimensionados. Es espectro sonoro se ve reduciendo en bajas frecuencias, quedando igual al resto del espectro.

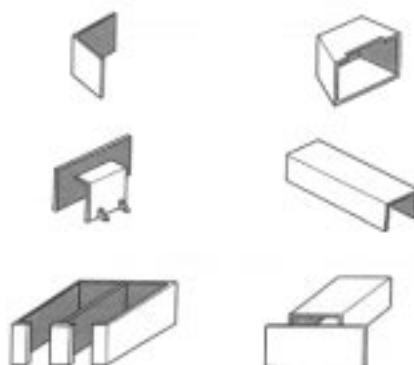


Fig 37. Apantallamientos utilizados en industria.

c) La colocación de una pantalla o barrera acústica hace disminuir el espectro de ruido en medias y altas frecuencias, manteniéndose invariable la banda de bajas frecuencias.

d) En el caso siguiente puede observarse como el tratamiento envolvente de material absorbente actúa de la misma forma que lo hace la barrera pero con algo más de efectividad en altas frecuencias.

e) En cambio, tal como se muestra en este caso, un encapsulamiento aislante hace que el espectro de ruido se reduzca notablemente en medias y altas frecuencias, manteniéndose prácticamente invariable la forma de las bajas frecuencias.

f) Se añaden a la máquina los soportes elásticos del caso a). Se observa como respecto al caso anterior.

e) las medias y altas frecuencias no varían prácticamente, mientras que la situación mejora en bajas.

g) Seguidamente se recubre el interior con absorbente y la curva resultante es inferior a la inicial en toda la banda de frecuencias.

h) Pero como a todo cerramiento o carcasa, se le debe dotar de ventilación. En este caso se muestra la pérdida de eficacia del cerramiento.

i) Por lo tanto, no queda más solución que silenciar el paso del aire. El espectro resultante mejora ligeramente y será tanto mejor, cuanto mejor sea el tratamiento silenciador.

Aislamiento acústico de diferentes sistemas

AISLAMIENTO DE RUIDO AÉREO DE PUERTAS (dB)										
Descripción	Espesor (mm)	Masa unitaria (kg/m ²)	Frecuencia central de banda (Hz)						Aislamiento medio	
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	dB	dB (A)
Puerta de acero sencilla	6	47,5	25	27	31	36	32	-	30,2	32,0
Puerta de madera	75	35,0	31	32	33	29	37	41	33,8	33,3
Puerta de roble	44	34,0	12	15	20	22	26	-	19	21,5

AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE VENTANAS (dB)

Ventanas con hojas de vidrio separadas 0,24 cm separadas 0,7 cm	11,8	15,0	22	16	20	29	31	27	24,2	24,8
Ventana con una hoja de vidrio de 0,35 cm	3,5	10,0	18	19	25	25	30	27	24	25,9
Ventana con una hoja de vidrio de 0,8 cm	8,0	20,0	18	25	31	32	28	36	28,3	30,0
 AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE PARAMENTOS VERTICALES SIMPLES (dB)										
Ladrillo cerámico macizo	300,0	590,5	45	44	53	59	60	61	53,7	55,1
Ladrillo hueco con enlucido de yeso por ambas caras de 1,5 cm	87,5	154,2	-	40	37	49	59	59	48,8	45,0
	93,7	230,0	30	35	40	49	49	43	41	42,9
Ladrillo gresificado										
Ladrillo tabicón doble guarnecido	130,0	115,0	31	31	36	47	50	58	42,2	41,4

 AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE PARAMENTOS VERTICALES COMPUESTOS (dB)										
Descripción	Espesor (mm)	Masa unitaria (kg/m ²)	Frecuencia central de banda (Hz)						Aislamiento medio	
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	dB	dB (A)

Dos placas de cartón yeso de 1,5 cm con una cavidad de 3 cm rellena de lana mineral de 20 kg/m ³	90,0	55,0	28	41	42,5	47	43	45	41,1	43,2
Placa cartón yeso de 1,3 cm más una capa de Arkobel de 4 cm y 80 kg/m ³	53,0	14,0	35	37	45	52	52	48	44,8	46,7
Panel de fibra enlucido con una capa de 1,25 cm sobre muros de 11,2 cm y enlucidos en ambas caras	187,0	287,0	29	34	46	51	61	63	47,3	45,6
Bloques hormigón de 5 cm con una cámara de 5 cm y caras enlucidas con una capa de 1,25 cm	175,0	161,0	40	43	46	48	57	61	49,2	50,0
Ladrillo 28 cm más cámara de aire de 5,6 cm y enlucido en ambas caras de 1,2 cm	300,0	380,0	27	43	55	66	77	85	58,8	48,5
Dos tabiques de ladrillo hueco sencillo, más 2,5 cm de fibra, más 2,5 de cámara de aire	160,0	244,0	-	55	51	66	66	73	59,2	55,1
 AISLAMIENTO ASUMIDO AÉREO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS (dB) 										
Bloques de hormigón con enlucido por ambos lados de 1,6 cm	106,2	157,1	34	36	42	51	54	64	46,8	46,5
Bloques de hormigón ligero	100,0	175,0	30	34	40	50	50	52	42,7	44,0
Bloques de hormigón	200,0	273,0	39	52	53	57	58	50	51,5	52,6
Plancha dura aluminio	0,9	2,5	11	10	10	18	23	25	16,2	16,5
Ladrillo tabicón	100,0	70,0	8	5	9	14	19	17	12,0	13,3
Lámina acero galvanizada	1,2	9,5	13	20	24	29	23	39	26,3	27,9
Lámina aluminio	0,6	1,6	-	18	13	18	23	25	19,4	18,9
Láminas dobles acero más relleno de fibra de vidrio	50,0	43,0	17	25	37	44	47	49	36,5	35,5
Luna de vidrio pulida	100,0	25,0	23	21	26,5	27,5	23	-	24,2	24,4
	25,0	49,0	27	31	33	35	37	40	33,8	35,7
Madera de pino	300,0	990,0	47	51	57	61	67	71	59,0	60,3
Piedra	3,0	34,0	30	31	27	38	44	33	33,8	33,2
Plancha de plomo	10,0	9,3	16	20	27	34	31	-	25,6	28,0
Capa de yeso de 1 cm										

AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE PARAMENTOS HORIZONTALES SIMPLES (dB)										
Descripción	Espesor (mm)	Masa unitaria (kg/m²)	Frecuencia central de banda (Hz)						Aislamiento medio	
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	dB	dB (A)
Suelo hormigón armado	100,0	230	37	36	45	52	59	62	48,5	47,8
	300,0	690	40	45	52	59	63	67	54,3	55,2
Suelo hormigón armado										
AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE PARAMENTOS HORIZONTALES COMPUESTOS (dB)										
Losa de hormigón armado más pavimento de tela asfáltica de 3cm	130,0	312,0	38	40	49	56	66	72	53,5	51,6
Forjado de 1000 kg/m ² más arkobel de 80kg/m ³ y 10 cm de espesor, más dos placas de pladur de 1 cm y 1,3 cm	426,0	997,0	55	70	80	85	85	95	78,3	75,9

TRANSMISIÓN POR VÍA ESTRUCTURAL

Vibraciones y ruido de impacto.

Así como el ruido se transmite por el aire, el medio de transmisión de las vibraciones es el medio sólido o estructural. De aquí que a este tipo de perturbación se le denomine comúnmente en acústica como vía sólida.

Toda perturbación directa sobre un paramento, vertical u horizontal, se traduce en una transformación energética. Como consecuencia del impacto o choque, la energía cinética del movimiento se convierte en energía vibratoria, energía acústica y disipación térmica.

Así pues, como su nombre indica, los ruidos de impacto son los originados por golpes y choques sobre superficies o elementos que transmiten el ruido en forma de vibración. El golpe se manifiesta de inmediato por el ruido de impacto propiamente dicho, produciendo la vibración del elemento receptor del golpe, que así genera un ruido aéreo.

Muchas actividades mecánicas llevan asociadas un ruido de impacto, de mayor o menor intensidad.

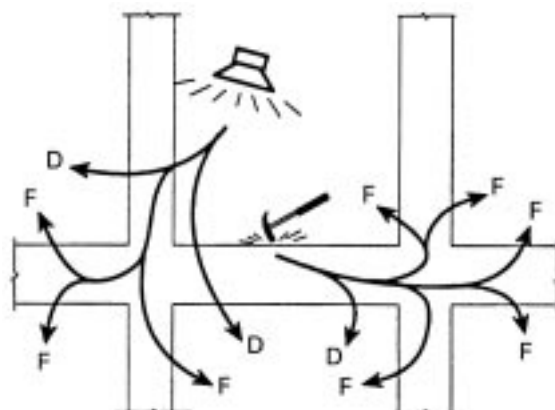


Fig. 38. Vías de transmisión de un ruido de impacto.

El aislamiento al ruido de impacto se basará, como en las vibraciones, en suprimir toda unión rígida entre el elemento que recibe el impacto y el elemento a aislar.

Como primera medida existe la posibilidad de tratar el elemento percutor reduciendo así la importancia del impacto.

Cualquier precaución dirigida a una reducción de los ruidos de impacto, complementará y reforzará los antivibratorios y viceversa.

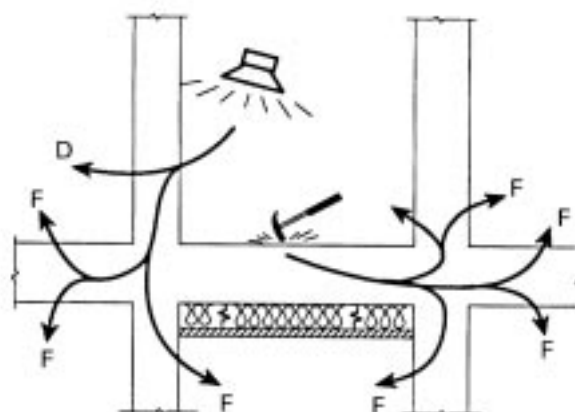


Fig. 39. Vías de transmisión de un ruido de impacto con un techo aislante instalado.

Vías de transmisión de ruido

La emisión de ruido aéreo que impacta contra las paredes o forjados de una estructura, genera múltiples caminos o vías de transmisión directa o indirecta de la vibración generada.

Lo mismo ocurre con un impacto directo de alguno de los parámetros. La vibración generada se transmitirá por la vía o vías que presenten menor oposición a su paso.

El conocimiento de esas vías o caminos de transmisión es básico para dictaminar una solución de aislamiento completa.

La aplicación de métodos estadísticos "in situ" para su determinación ya ha pasado la fase de puesta a punto y experimentación, pudiéndose evaluar actualmente el valor del aislamiento estructural de cada parámetro por separado.

El procesado posterior de las mediciones realizadas permiten obtener un modelo matemático que facilita el conocimiento del comportamiento resultante antes de la instalación real, pudiendo acceder a resultados intermedios que justifiquen si una solución es mejor o peor que otra equivalente.

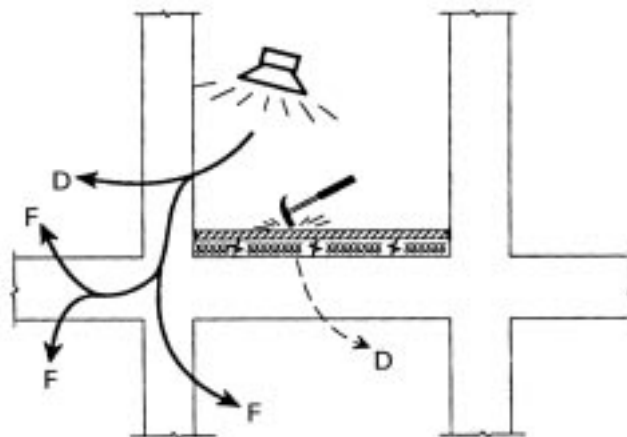


Fig. 40. Vías de transmisión de un ruido de impacto con un suelo flotante instalado.

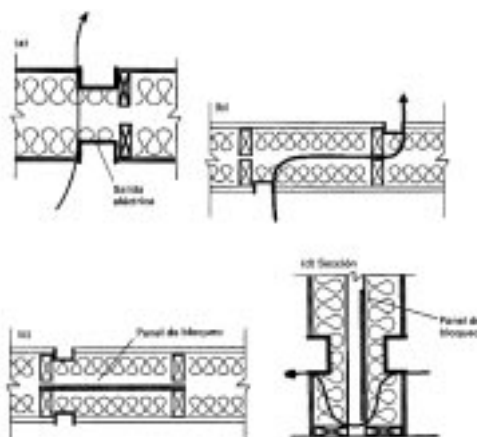


Fig. 41. Vías de transmisión por un tratamiento defectuoso.

El reparto de energía en las uniones

En toda unión estructural vibrante existe un reparto energético de equilibrio. Este es el caso de un parámetro vertical en el encuentro con el forjado y viceversa.

Ruido transmitido por una fuente

En edificación, las fuentes de ruido derivadas de la ocupación y utilización por los servicios e instalaciones, se denominan fuentes de ruido internas. Aparte del ruido aéreo, muchas fuentes internas, dependiendo de su ligazón a elementos estructurales, pueden comunicar a éstos buena parte de su energía, que se propaga sin atenuaciones apreciables produciendo niveles importantes de ruido en lugares del edificio muy alejados de la fuente.

A estos efectos, deben tenerse en cuenta las fuentes internas en el planteamiento de la distribución de planta y alzado de los recintos, e incluso en la distribución general de volúmenes.

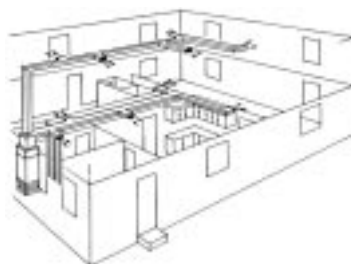


Fig. 42. Fuentes potenciales de ruido en una instalación de aire acondicionado.

Al evaluar los ruidos de origen interno es importante distinguir entre fuentes propias y ajenas, ya que el efecto de molestia de una misma fuente es distinto, según el caso, no sólo por su mayor o menor aceptación subjetiva sino también por el control de su ocurrencia y modo de utilización.

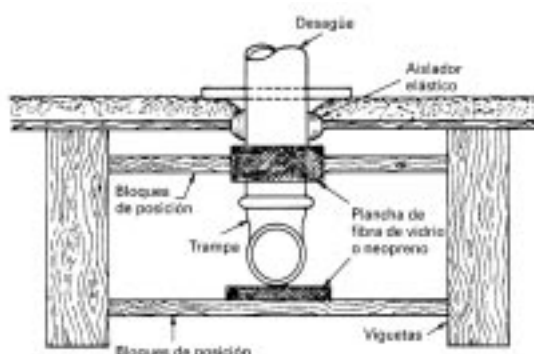


Fig. 43 Aislamiento acústico de un sistema de fontanería.

Pueden describirse como fuentes internas principales:

- Instalaciones de fontanería: con niveles de ruido comprendidos entre 75 y 90 dBA.
- Instalaciones de salubridad:
- Saneamiento: bajantes con niveles de ruido entorno a los 65 dBA.
- Vertido de basuras: niveles de hasta 80 dBA.
- Instalaciones de calefacción: entre 70 y 90 dBA predominado bajas frecuencias.
- Instalaciones de ventilación: típicos agujeros acústicos.
- Instalaciones de climatización: generación propia de ruido entre 40 y 50 dBA.
- Instalaciones eléctricas: ruido aéreo hasta 60 dBA y de impacto hasta 75 dBA.
- Instalaciones de transporte vertical: ruido aéreo y estructural de nivel variable.
- Electrodomésticos: típicamente ruido aéreo desde 35 hasta 90 dBA según el caso.
- Pisadas: ruido estructural de baja frecuencia de hasta 55 dBA.
- Conversación: entre 70 dBA en conversación y 100 dBA gritando.
- Equipos de reproducción sonora: niveles de hasta 100 dBA en baja frecuencia.
- Instrumentos musicales: niveles de hasta 100 dBA en baja frecuencia.
- Obras de acondicionamiento y reforma: variable según el caso.
- Otros ruidos domésticos: entre 60 y 80 dBA.

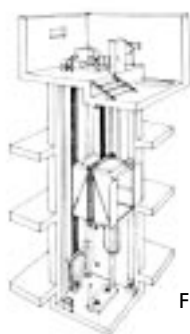


Fig 44. Fuente potencial de ruido: instalación de aparatos elevadores.

Nivel de ruido de impacto normalizado

El nivel de ruido que se produce en el local de recepción inmediatamente inferior a un forjado por excitación del mismo mediante una máquina de impactos normalizada, se denomina nivel de ruido de impacto L_n normalizado.

$$L_n = L_i + 10 \cdot \log \frac{A}{A_0}$$

Siendo:

L_i = nivel de ruido producido por el impacto en el local receptor (dB).

A = absorción del local receptor (m^2).

A_0 = absorción de referencia ($10 m^2$).

Ejemplo de tratamiento completo de sala de máquinas

La importancia de las instalaciones en los edificios modernos ha dado lugar a instalaciones de salas de máquinas complejas, en las que se instalan equipos muy diversos: ventiladores, bombas, compresores, etc., que generan ruido y vibraciones y que pueden ser transmitidos al resto del edificio, ocasionando molestias y perturbaciones a los ocupantes y usuarios e incluso en la vecindad, como es el caso de las torres de refrigeración en las cubiertas o terrazas.

En la Fig se presenta un complejo donde se muestran los puntos de ubicación de sustentaciones elásticas y el uso de una losa flotante. Un tratamiento adicional tipo cerramiento o barrera solucionaría la transmisión aérea, dándose por finalizada la insonorización una vez colocados silenciadores, visores, puerta acústica de acceso, "pasacables", juntas de neopreno y revestimientos absorbentes, etc. según el caso.

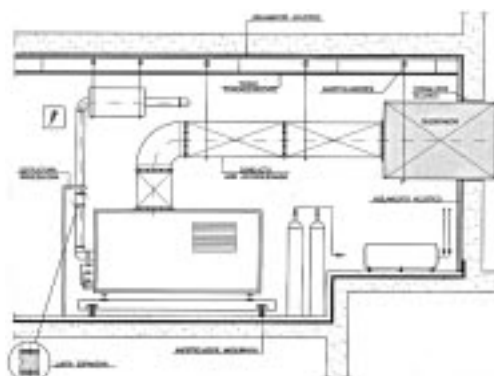


Fig.45. Aislamiento de una sala de máquinas

Mejora del ruido de impacto

Para evitar la propagación de este tipo de ruidos se debe realizar un "corte elástico" entre el revestimiento del suelo y el forjado. La mejor solución actual, es realizar un suelo flotante sobre mantas o paneles elásticos de fibras minerales.

La tabla muestra diversas soluciones acústicas para reducir el efecto del ruido de impacto.

Elemento	Espesor	Indice de mejora L_n
Poliestireno expandido flexibilizado	15 mm	18 dBA
	20 mm	26 dBA
Lana mineral	25 mm	25 dBA
	30 mm	28 dBA
Filtro textil	25 mm	26 dBA
	14 mm	28 dBA
	23 mm	29 dBA

TRATAMIENTOS ACÚSTICOS ESPECIALES

Máquinas e instalaciones domésticas

En este punto se va a tratar cómo aislar del ruido diversos locales según sus destinos, equipos (máquinas, aire acondicionado, etc.) según su función, y el cálculo de algunos elementos usados (silenciadores), así como su forma de usarlos e instalarlos.

Canalizaciones de fontanería.

Se debe:

- Controlar la velocidad (1,5 m/s) y la presión (2 Kg/cm²) del fluido circulante, de forma que no superen unos ciertos límites.
- Evitar los codos y cambios de sección bruscos.
- Colocar todas las tuberías aisladas en la estructura mediante abrazaderas aislantes y manguitos elásticos.

Sistemas de desagüe

Las lavadoras, bañeras e inodoros que producen ruidos por sí mismos o que aparecen en ellos fuentes de ruido de llenado y vaciado, sólo deben conectarse a los elementos de construcción intercalando sustancias aislantes del ruido estructural.

Ascensores

Se debe colocar la maquinaria sobre dispositivos antivibratorios. La sala hay que tratarla con materiales de una alta absorción. La caja de ascensores con un elevado aislamiento.

Conmutadores eléctricos

Los relés se deben colocar o suspender de elementos metaloplásticos aislados de vibraciones y del sonido corpóreo. Los conmutadores de tiempo deben llevar un buen blindaje o colocarlos en el sótano.

Instalaciones de calefacción central

Dependiendo de cada caso, las soluciones estriban en:

- Un buen aislamiento de la sala de calderas.
- Aislamiento de las bancadas, para evitar vibraciones, así como una buena realización de las mismas utilizando suficiente masa.
- Dispositivos elásticos y/o silenciosos para los conductos y tuberías.

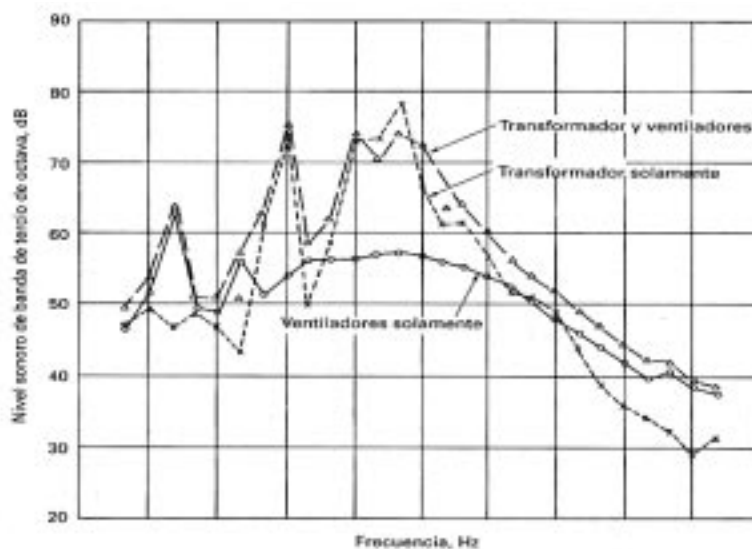


Fig.46 espectro de ruido de un transformador.

Aire acondicionado

En las instalaciones de ventilación, el ruido se puede producir por

VIBRACIONES

- Bancadas
- Soportes elásticos
- Juntas flexibles

RUIDO EN LOS CONDUCTOS

- Silenciosos o silenciadores
- Conductos absorbentes
- Cámaras de absorción o Cámaras de expansión (silenciador reactivo).
- Conexiones cónicas

Las condiciones a tener en cuenta en la fase de ingeniería preliminar y de proyectos son:

a) Comprobar la distribución del edificio en lo concerniente al aislamiento acústico.

Se deben separar las zonas sensibles al ruido, de las ruidosas.

b) Comprobar que está previsto un aislamiento acústico adecuado en los recintos en base al criterio de ruido NC.

c) Comprobar que existe suficiente espacio previsto para la instalación de los conductos y silenciadores. Aproximadamente un 15 % del suelo destinado a las instalaciones, será concedido al local técnico (lo ideal es de 20 %), una de las cotas será al menos de 1 0 m, sea cual sea el tamaño de la instalación. Además se deberá reservar un 1 % de la superficie del suelo para el paso de conductos de impulsión y extracción.

d) Comprobar que el emplazamiento del local técnico, así como la constitución constructiva, son los adecuados.

e) Comprobar los niveles de ruido del entorno.

f) Tamaño aproximado de silenciosos, ventiladores, etc.

En el sistema de conductos se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

a) Evitar las obstrucciones en los conductos particularmente si las velocidades son elevadas.

Si existen obstáculos, hay que salvarlos con perfiles aerodinámicos, bien desviándose de él o bien englobándolo.

b) Los accesorios del conducto que claramente provocan turbulencias (compuertas, registros, etc.), No se colocarán nunca cerca de los codos a de otros elementos que también crean turbulencias. Se debe dejar un intervalo entre ellos de al menos 6 veces el diámetro del conducto.

c) El empleo de compuertas para equilibrar el sistema, se debe reducir al mínimo. De todas formas se situarán lo más lejos de los locales o de las bocas. Es mejor instalar dos compuertas con un estrangulamiento del 30 % cada una que una sola estrangulada al 60%.

El ruido en el primer caso será menor.

d) Analizar el ruido engendrado por la velocidad. Debe encontrarse dentro de los límites marcados. Si no es así se debe reducir el caudal o aumentar la sección de los conductores.

e) Análisis del ruido que se propaga hacia el exterior. Es necesario asegurar unos niveles de ruido aceptables en el entorno de los equipos técnicos:

- Ruido aéreo de la salida del ventilador hacia la atmósfera.
- Ruido de las instalaciones exteriores como son los condensadores de aire y las torres de refrigeración.
- Ruido que sale a través de paredes y techos del local técnico.

a) Eliminación de puentes fónicos:

Es necesario efectuar el cálculo para la selección del silenciador adecuado que elimine las transmisiones

de voces y ruidos entre locales por el conducto que les une, pero de forma que él no se convierta en un puente fónico secundario.

g) Eliminación de vibraciones:

Todas las máquinas giratorias y oscilantes deben montarse sobre amortiguadores y estar provistas de conexiones flexibles en las salidas de fluidos (aire, líquido, agua, etc.)

Máquinas giratorias

Se entiende, por este tipo de máquinas, los motores, grupos electrógenos, frigoríficas, compresores, ventiladores, climatizadores, etc.

DATOS A CONOCER:

a) Para aplicaciones "terrestres" los datos indispensables son:

- Velocidad de rotación (r.p.m.) - Masa total suspendida (kg)
- Posición del centro de gravedad del ensamblaje suspendido o de los principales subensamblajes.

Si la definición es más compleja, se podrá tener necesidad de un cierto número de datos complementarios.

- Las inercias principales de los diferentes subensamblajes.
- Fuerzas y momentos libres, primarios y secundarios.
- Acoplamientos armónicos de orden 1/2.

b) Para aplicaciones "embarcadas" además de los anteriores, se deberán conocer :

- Tipo de vehículo portador, su velocidad, sus aceleraciones máximas,
- Frecuencia primaria de] vehículo y la masa del chasis suspendido.
- Eventualmente, la frecuencia propia de] suelo debido a la fijación de] motor
- Los niveles vibratorios y choques a tener en consideración.
- Las deflexiones máximas autorizadas sobre choques dados en los puntos críticos.
- Las aceleraciones máximas admisibles por la máquina.

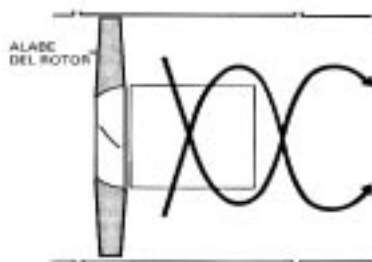


Fig. 47 Movimiento de aire producido por el álabe de una máquina giratoria.

PRINCIPIOS DE LA SUSPENSION

Se utiliza, para estas aplicaciones normalmente una suspensión activa, destinada a " filtrar" la transmisión de las vibraciones de la máquina a la fundación " o al suelo. En la mayor parte de los casos, NO es obligatorio, generalmente, fijar los amortiguadores al suelo, es suficiente montarlos y posarlos. En el caso de una fijación necesaria sobre la fundación ", una suspensión sobre amortiguadores permite., en general, un aligeramiento de las estructuras (aligeramiento o supresión pura y simple de las masas), obteniendo una economía apreciable sobre la obra civil.

ELECCION DE LA FRECUENCIA DE LA SUSPENSION

Se basa esencialmente en:

- Velocidad de rotación de la máquina.
- Tasa de atenuación de las vibraciones que se quiere obtener.

En la mayor parte de los casos, la atenuación del 90% es suficiente y se puede preferir un amortiguador que dé este rendimiento frente a otro con rendimiento mayor, para asegurar una mayor estabilidad en régimen transitorio.

Ruido a través del aire y canalizaciones

El recubrimiento de las tuberías o conductos, es un efecto combinado de aislamiento y absorción. Consiste en aplicar directamente sobre las superficies una capa de material absorbente. Se consiguen atenuaciones adicionales con el uso de silenciadores, mediante la introducción de un núcleo central o paneles intermedios de material absorbente.

Otra forma de atenuar el ruido es reducir la velocidad mediante un aumento de sección. Los codos son otra forma de atenuarlo, debido a que el sonido se refleja hacia su origen; se consigue mayor atenuación incorporando aislamiento acústico antes y después del cambio de dirección.

Silenciadores y sistemas de ventilación

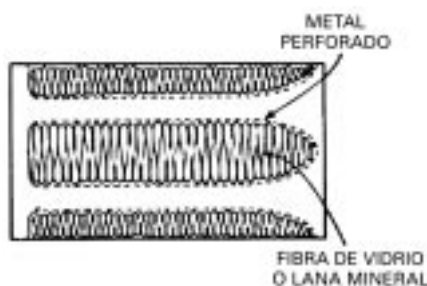


Fig 48. Estructura de un silenciador típico.

El silenciador de celdillas paralelas

Los silenciadores son elementos que se intercalan en los conductos por donde fluye un gas y su misión es la de reducir al máximo el ruido transmitido por ellos. Un silenciador debe escogerse en base a cumplir cinco requisitos, que son:

- 1- La atenuación acústica introducida debe ser la mayor posible no solo en nivel sino espectralmente.
- 2- La velocidad del gas exigirá unas condiciones aerodinámicas importantes cuando ésta sea elevada.
- 3- El material que forma el silenciador es importante cuando el gas tiene grandes temperaturas y presiones. Además está la durabilidad del sistema que dependerá de la calidad y de la elección del tipo de material.
- 4- El costo económico es siempre un factor a tener en cuenta en un nuevo diseño.
- 5- La geometría y el volumen del silenciador en caso de ser excesivos pueden hacer prohibitiva su utilización. Hay situaciones en que el volumen está muy limitado, por ejemplo en el caso de las motocicletas.

Existen dos clases de silenciadores:

Silenciadores absorbentes y silenciadores reactivos.

El primer tipo de silenciadores, los absorbentes, se caracterizan por estar formados de material absorbente que se ubica en su interior. Existen dos tipos, los cilíndricos y los rectangulares. Dentro de los silenciadores de absorción, los rectangulares son los más utilizados tanto en conductos de ventilación como en cerramientos y cabinas. Se caracterizan por contener en su interior celdillas de material absorbente dispuestas en forma paralela. Por los canales de paso así formados fluye el gas y por rozamiento en las paredes, se produce la disipación de energía y por consiguiente la reducción de la energía acústica o ruido.

La atenuación que presenta este tipo de silenciadores depende de su longitud así como del ancho de las celdillas y de los canales de paso. La superficie libre del silenciador será función del caudal de fluido necesario así como de la pérdida de carga.

En la gráfica se presentan las curvas de atenuación de un silenciador de celdillas paralelas de 100 mm. de canal, para diferentes longitudes. Puede apreciarse como para una banda de frecuencias constante, a mayor longitud, mayor atenuación.

En general, las atenuaciones conseguidas suelen ser de entre 5 y 15 dB/m a bajas frecuencias, de entre 15 y 20 dB/m a medias frecuencias y de entre 20 y 25 dB/m a altas frecuencias. Según el modelo, existe la posibilidad de obtener valores de atenuación de hasta 35 dB/m a medias frecuencias.

Silenciador cilíndrico absorbente SNC

El otro tipo de silenciadores absorbentes, son los silenciadores cilíndricos. Se caracterizan también por el material absorbente existente en su interior así como por el tipo de protección que la rodea y que generalmente suele ser de chapa perforada.

Su comportamiento reductor del ruido depende en este caso del diámetro así como de su longitud y el espesor del material absorbente interior.

A mayor diámetro, mayor atenuación a bajas frecuencias pero menor caudal y mayor pérdida de carga y a mayor longitud mejor comportamiento a medias y altas frecuencias. El espesor del material absorbente interior introduce una mejora global en todo el espectro de ruido interior al silenciador. Los valores típicos de atenuación oscilan entre 5 y 20 dB/m en bajas frecuencias, entre 10 y 25 dB/m a medias frecuencias y entre 20 y 35 dB /m altas frecuencias, evidentemente siempre dependiendo del diámetro del silenciador.

Silenciadores absorbentes SNN con núcleo

Una variante del silenciador cilíndrico absorbente, es el del silenciador cilíndrico absorbente con núcleo. Consiste en la introducción de un núcleo central compuesto por una envolvente de chapa perforada y un alma de material absorbente.

La mejora introducida respecto al clásico se debe justamente al comportamiento difusor que presenta el núcleo central.

Cuando se precisa algo más de atenuación a medias y bajas frecuencias, este sistema difunde el chorro de entrada en multitud de chorros de menor caudal, modificándose el espectro sonoro en el que aumentan las componentes de alta frecuencia y por tanto se incrementa la efectividad del material absorbente interior.

Los valores típicos de atenuación oscilan entre 6 y 25 dB/m en bajas frecuencias, entre 15 y 30 dB/m a medias frecuencias y entre 25 y 40 dB/m a altas frecuencias, evidentemente siempre dependiendo del diámetro del silenciador.

Silenciadores absorbentes SAP con núcleo

La mejora introducida respecto al anterior se debe a la cámara expansora y al comportamiento difusor que presenta el núcleo central. Este sistema canaliza el chorro de entrada hacia el núcleo central previo paso por una cámara expansora. El paso posterior a través de las perforaciones favorece la difusión posterior. En el espectro sonoro aumentan las componentes de alta frecuencia y por tanto se incrementa también la efectividad del material absorbente interior.

Los valores típicos de atenuación oscilan entre 10 y 25 dB/m en bajas frecuencias, entre 15 y 30 dB/m a medias frecuencias y entre 25 y 40 dB/m a altas frecuencias, evidentemente siempre dependiendo del diámetro del silenciador.

Silenciadores reactivos SRC

Las prestaciones de los silenciadores reactivos dependen de sus formas geométricas. Pueden ser de una o más cámaras que proporcionan una cierta impedancia para la energía que se transmite. Esta impedancia es la que provoca que una parte de la energía acústica vuelva hacia atrás, de manera que no sea radiada por el silenciador.

Así como los silenciadores de absorción tienen un resultado más o menos efectivo en toda la banda de frecuencias, los silenciadores reactivos trabajan en una banda determinada del espectro, por lo que su aplicación es específica de determinadas instalaciones. El silenciador reactivo consiste básicamente en un filtro "notch" ó "rechazabanda". Se sintoniza a la frecuencia fundamental del espectro de ruido, reduciendo notablemente su influencia y, dejando prácticamente invariable el resto del espectro.

Este tipo de silenciadores consiguen una gran reducción del ruido aún con poco absorbente en su interior, sin embargo esta reducción está acompañada de una respuesta frecuencial con máximos y mínimos muy acusados.

El tipo más sencillo de silenciador reactivo es el de cámara expandida. Para este silenciador el parámetro más importante es la relación m , que se define como el cociente entre la superficie S_1 y S_2 , siendo S_1 la sección del conducto y S_2 la de la cámara de expansión ($m > 1$).

Los valores típicos de atenuación oscilan entre 25 y 30 dB en la banda de frecuencias sintonizada. En el resto de la banda la atenuación es prácticamente nula.

Silenciadores reactivos absorbentes SRA

Una variante de los silenciadores reactivos, son los silenciadores reactivos absorbentes. Este tipo de silenciadores utiliza el recurso del cambio de impedancias del silenciador reactivo, atacando únicamente a la banda de frecuencias a la cual se haya sintonizado, pero, al mismo tiempo, lleva incorporada una cámara de expansión constituida de paredes absorbentes y dotada de núcleo central en la mayoría de los casos. La gran ventaja de este silenciador es la posibilidad de atenuar el pico del espectro de una forma muy efectiva y, por otro lado, reducir el nivel de ruido de toda la banda de frecuencias.

En la Fig puede apreciarse la cámara de entrada en la cual se aprecia la compresión y la expansión, seguido de la cámara absorbente, próxima a la zona de descarga.

Los valores típicos de atenuación oscilan entre 25 y 30 dB en la banda de frecuencias sintonizada. En el resto de la banda la atenuación es prácticamente igual a la del silenciador absorbente con núcleo central tipo SNN.

Niveles de ruido permisibles y curvas NC

Siguiendo los estándares de aplicación de las curvas NC, se presenta a continuación una tabla de los niveles de ruido permisibles, expresando el margen de nivel acústico en dBA así como su correspondencia con las ya conocidas curvas NC.

En la tabla se expresan los márgenes de niveles de ruido aceptables como ruidos de fondo válidos para una instalación de las características indicadas en cada fila.

Dichos márgenes se expresan en nivel global en dBA. Los márgenes expresados como curvas NC corresponden con los índices de las curvas referenciadas en la Fig. Así para cada tipo de actividad le corresponde una curva NC la cual define el nivel de ruido de fondo máximo aceptable para cada una de las actividades descritas.

A modo de recordatorio, el nombre de una curva NC, se corresponde aproximadamente con un nivel de ruido de tantos dBA como expresa el número del índice de la curva más 10 dB. Por ejemplo, la curva NC-15 tendría un valor de ruido asociado de 25 dBA (en realidad en este caso es de 27.2 dBA).

Cabe decir también que en determinadas instalaciones el nivel de fondo es irrelevante, como podría ser el caso de salas de cocktail, clubes nocturnos, restaurantes (según el caso), lavabos y aseos (también según el caso), etc. y siempre dependiendo del confort auditivo del local al que pertenecen así como de su clasificación dentro de los de su categoría.

El conocimiento y la puesta en práctica de estos estándares sobre proyecto, facilitan la realización del diseño final, tanto a nivel de configuración de la red de climatización como a nivel de ubicación de las zonas nobles respecto a la de las zonas ruidosas (cuartos de máquinas, etc.)

TIPO DE INTERIOR	Margen dBA	Margen NC
IGLESIAS Y ESCUELAS		
Santuarios	25-35	20-30
Bibliotecas, aulas	35-45	30-40
Salas de recreo, vestíbulos	40-55	35-50
Laboratorios	40-50	35-45
Cocinas	45-55	40-50
EDIFICIOS PÚBLICOS		
Bibliotecas y museos	35-45	30-40
Oficinas públicas, bancos	40-50	35-45
Lavabos y aseos	45-55	40-50
RESTAURANTES		
Restaurantes	40-50	35-45
Salones de cocktails	40-55	35-50
Clubes nocturnos	40-55	35-45
Cafeterías	45-55	40-50
TIENDAS		
Grandes almacenes	40-50	35-45
Supermercados	45-55	40-50
Pequeñas tiendas	45-55	40-50
DEPORTES		
Coliseos	35-45	30-40
Boleras, gimnasios	40-50	35-45
Piscinas	45-60	40-55
TRANSPORTES		
Oficinas de venta de billetes	35-45	30-40
Vestíbulos y salas de espera	40-55	35-50
RESIDENCIAS		
Viviendas privadas suburbanas	25-35	20-30
Viviendas privadas urbanas	30-40	25-35
HOTELES		
Habitaciones	35-45	30-40
Salas de baile	35-45	30-40
Vestíbulos y pasillos	40-50	35-45
Garajes	45-55	40-50
Cocinas y lavanderías	45-55	40-50
HOSPITALES Y CLÍNICAS		
Habitaciones privadas	30-40	25-35
Quirófanos	35-45	30-40
Laboratorios	40-50	35-45
Lavabos y aseos	45-55	40-50
OFICINAS		
Salas de consejos	25-35	20-30
Salas de conferencias	30-40	25-35
Oficinas de directivos	35-45	30-40
Salas de recepción	35-50	30-45
Oficinas generales	40-55	35-50
Vestíbulos	40-55	35-50
Salas de informática	45-65	40-60
AUDITORIOS		
Salas de concierto y ópera	25-35	20-25
Estudios de grabación	25-35	20-25
Teatros	30-40	25-30
Cines, estudios TV	35-45	30-35
Anfiteatros	35-45	30-35
Salas de conferencias	35-45	30-35
Vestíbulos	40-50	35-45

Ruido generado por velocidad de paso en silenciadores

Un factor a tener en cuenta cuando se trata de diseñar un sistema de ventilación, y sobretodo, si se han considerado las curvas NC como definición del nivel de ruido permisible en función del tipo de local, es el de la generación de ruido creado por la velocidad de paso en el interior de los conductos.

A mayor velocidad de paso, mayor es el ruido generado por turbulencias en el interior del conducto, y por lo tanto, mayor será el nivel de ruido radiado hacia el exterior, por lo que el confort auditivo marcado en la fase de diseño por las curvas NC, puede ser de difícil cumplimiento.

Modificación de conductos

El ruido generado por turbulencias en el interior de los conductos puede ser un factor importante a tener en cuenta, en el proceso de diseño de una instalación.

Es recomendable pues, el hecho de tomar precauciones antes de encontrarse con problemas de generación de ruido.

Una de las soluciones más recomendables es el hecho de conseguir eliminar los ángulos rectos en las ramas de una red de conductos.

También es aconsejable el uso de canales-guía en caso de ser inevitable la presencia de codos a 90°. Otras soluciones específicas son aconsejables en descarga como son el uso de difusores, el uso de prolongadores curvos de salida, etc.

Atenuación de conductos rectilíneos

Otro detalle a tener en cuenta en el diseño de redes de ventilación es el factor atenuante de ruido que presentan los conductos de fibra o que poseen fibra en el interior.

La existencia de la fibra favorece el aislamiento térmico así como reduce el efecto amplificador acústico del propio conducto. Tiene una función similar a la fibra existente en el interior de los silenciadores de absorción. También hace que sea más difícil la creación de ondas estacionarias en el interior.

La atenuación de la fibra es función de la frecuencia y, dependiendo del tipo de conducto (rectangular, circular, rígido, flexible, etc.), tiene mayor o menor eficacia. Los valores de absorción van desde 0.1 dB/m a baja frecuencia, hasta 7 dB/m a medias frecuencias y de hasta 12 dB/m a altas frecuencias.

Atenuación en los codos

En una red de conductos, la misma disipación o atenuación acústica que presenta un conducto rectilíneo en función de su longitud, presentan los codos.

El cambio de dirección del fluido así como el cambio de impedancias hace que en los codos se disipe, además de la energía liberada por rozamiento, energía disipada por el choque.

Generalmente el nivel de atenuación que se consigue por este medio es prácticamente nulo a bajas frecuencias. Las atenuaciones se consiguen generalmente a medias y altas frecuencias.

La colocación de material absorbente adicional en el interior del conducto y ubicado en la zona de escape o de abandono del codo (zona de alta generación de reflexiones) mejora notablemente este efecto.

Aplicación de las curvas NC

A efectos prácticos es necesario conocer el valor de los límites fijados por las curvas NC. En la tabla siguiente se muestran, expresados en dB sin ponderar, los valores de cada una de las bandas de octava de las curvas NC-35 a la NC-50.

Bandas	63	125	250	500	1 K	2 K	4 K
NC-35	60	52	45	40	36	34	33
NC-40	64	57	50	45	41	39	38
NC-45	67	60	54	49	46	44	43
NC-50	71	64	58	54	51	49	48

Silenciadores en una red de conductos

Tanto en el caso del ejemplo, donde uno de los conductos de mayor velocidad de paso atravesaba una de las zonas más protegidas acústicamente, como en cualquier otro caso de generación de ruido en el interior de un conducto de ventilación, será necesaria la instalación de silenciadores.

Y no sólo por la generación interna, sino por conseguir mantener un determinado nivel de aislamiento acústico entre locales que, debido justamente al sistema de ventilación, disponen de un agujero físico por el que, además de circular el aire, circulan las variaciones de presión sonora, esto es, el ruido. Habitualmente suele pasar que determinados paramentos son tratados acústicamente con el fin de aumentar la intimidad en salas de reunión, despachos, etc., pero por otra parte son dotados de un sistema de ventilación que, desgraciadamente, reducen el aislamiento de la misma forma que lo hace un agujero físico.

OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

1.Libros y autores:

- 1.1.Manual de medidas acústicas y control del Ruido (M-C. Harris)
- 1.2.Ingeniería acústica (Manuel Recuero López)
- 1.3.Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Antoni Carrión Isbert)
- 1.4.Acústica arquitectónica básica (Andrés Marqués y Juan Fco. Sánchez)
- 1.5.Conceptos de acústica (Jordi Rodríguez Trillas).
- 1.6.Instalaciones elctracústicas (Alberto Bandini)
- 1.7.Fundamentos del control del ruido y vibraciones (Atecyr)
- 1.8.Acústica Físico Musical (Antonio Calvo Manzano)
- 1.9.Fundamentos de acústica (Lawrence E. Kinsler)
- 1.10.El manual de audio en los medios de comunicación (Stanley R. Alten)
- 1.11.Manual del aislamiento en la construcción. (Isover)
- 1.12.Acustica Arquitectónica. (Higini Arau)

2.Ponencias.

- 2.1.Los métodos de cálculo como de aislamiento acústico como herramienta de diseño acústico.
(D. Josep Solé Bonet)
- 2.2.El aislamiento acústico desde la realidad de los consumidores
(D. José Múgica y D. Luis miguel Pérez)