INSTRUCTIVO GENERAL DE APLICACIÓN DE LA ORDENANZA METROPOLITANA No. 138

PARA

EVALUACIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE ESTABLECIMIENTOS DE ACTIVIDAD

SECRETARÍA DE AMBIENTE MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

2018

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL **2**
CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE **3**
1.1 OBJETIVO 3
1.1.1 OBJETIVO GENERAL 3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3
1.2 ALCANCE 3
CAPÍTULO 2. DEFINICIONES **4**
2 DEFINICIONES 4
CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES GENERALES **13**
3.1 CONSIDERACIONES GENERALES 13
3.2 CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS 16
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN **17**
4 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO 17
4.1 Determinación del ruido residual interno 17
4.2 Puntos internos y externos de medición para la evaluación de aislamiento acústico 18
4.3 Momentos en los que debe llevarse a cabo la medición 18
4.4 Consideraciones para el muestreo 19
4.5 Determinación del índice de insonorización 19
BIBLIOGRAFÍA ..... ¡Error! Marcador no definido.
ANEXO **23**
RECOMENDACIONES DE INSONORIZACIÓN 23

CAPÍTULO 1. OBJETIVO Y ALCANCE

1.1 OBJETIVO

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Este instructivo tiene por objeto el preservar la salud y bienestar de las personas y del medio ambiente en general, mediante especificaciones respecto a la aplicación de la medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la metodología de evaluación objetiva del aislamiento acústico de las fachadas de un establecimiento, sean estas abiertas o cerradas.
- Definir la información acústica necesaria que debe identificarse y entregarse a la Autoridad Ambiental Competente.
- Definir las condiciones de funcionamiento acústico de un establecimiento.

1.2 ALCANCE

Están sujetos a las disposiciones de este instructivo todas las actividades y emisores acústicos públicos o privados, fijos que se encuentren en el Distrito Metropolitano de Quito y que correspondan a establecimientos de actividad o establecimiento ruidoso (ver definición), salvo las siguientes exclusiones:

- Establecimientos cuyo nivel superior se encuentre por sobre los 5 metros y no sea posible realizar la evaluación a una altura menor o el nivel inferior se encuentre bajo los 5 metros desde un nivel accesible para la evaluación.
- Lugares abiertos que se constituyan como espacio público, siendo estos: parques, plazas, calles, carreteras, edificios públicos, escuelas, hospitales, estaciones, jardines y espacios naturales cuyo suelo es de propiedad pública.
- Establecimientos o recintos que por motivos de la organización de actos con especial proyección oficial, cultural, religiosa, o de naturaleza análoga realicen eventos temporales en un espacio público o privado.
- Establecimientos o recintos habitables (ver definición).
- Fuentes de ruido que no puedan detenerse o apagarse para la determinación del ruido residual.

CAPÍTULO 2. DEFINICIONES

2 DEFINICIONES

Para el propósito de este instructivo se consideran varias definiciones establecidas en la norma UNE-EN ISO 1996 1:2005, UNE–EN ISO 16283–3: 2016, UNE–EN ISO 717–2: 2013, entre otras, que a continuación se indican, sin dejar de lado las definiciones de la norma técnica de la resolución NT 003 la Ordenanza Metropolitana N° 138 para el Distrito Metropolitano de Quito:

2.1 Absorción acústica

En igualdad de circunstancias, mismas fuentes acústicas, volumen y aislamientos, el campo acústico en el interior de un establecimiento es función de la absorción acústica.
Bajo la denominación absorción acústica hay dos conceptos distintos que hay que distinguir ya que son causa de muchos errores en el diseño y de fracasos en la realización de soluciones a problemas específicos.
Un primer concepto es la absorción en el seno del aire, (en general en el seno de un fluido o de un sólido): la densidad de energía disminuye al propagarse la perturbación acústica debido a procesos viscoelásticos de degradación y moleculares, de relajación. Afecta por igual en todos los puntos del volumen. Al ser el medio homogéneo, y por tanto la velocidad constante, se puede admitir que la absorción acústica es función del tiempo o de la distancia recorrida. Es frecuente expresarla por medio de un coeficiente m, con dimensiones de m $^{-1}$, o en decibelios de reducción del nivel de intensidad por unidad de distancia recorrida. Es poco importante en establecimientos de pequeñas dimensiones: a las frecuencias de interés, en la acústica de edificios, prácticamente despreciable.

El segundo concepto, que es el que interesa en esta norma ya que está referido a la acústica de edificios, se refiere al coeficiente de absorción acústica, que es la fracción de energía no reflejada por una superficie (generalmente las paredes, suelo y techo) o por un objeto en relación a la energía incidente. (No hace pues mención de la disipación en el seno del material). Es un concepto relativo visto desde el interior del establecimiento o desde el seno del aire en relación a las fronteras que lo limitan, considerando como tales también los objetos interiores. Es importante señalar que los tratamientos superficiales tienen un comportamiento muy variable según el trasdós y cómo estén aplicados.
Un tablero perforado colocado directamente contra una pared densa es acústicamente neutro mientras que separado unos cuantos centímetros de la misma puede resultar un poderoso absorbente acústico a frecuencias medias (500 - 2000 Hz).

En la figura 1 aparecen dos medios 1 y 2 cuyas impedancias son, respectivamente, Z1 y Z2.
Consideramos una onda incidente «i» que va del medio 1 al 2. Al llegar al límite, parte de la energía sonora se refleja mediante una onda reflejada «r», y otra parte se transmite al medio 2 mediante una onda transmitida «t». Se define:

$$Factor\ o\ coeficiente\ de\ transmición: t = \frac{Pt}{Pi} = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$
$$Factor\ o\ coeficiente\ de\ absorción: t = \frac{Pr}{Pi} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

Esta última ecuación nos indica que cuanto mayor sea la diferencia entre Z1 y Z2, la reflexión será mayor y, por tanto, existirá una elevada amortiguación del sonido. Por ejemplo: si Z1 es pequeño, como en el caso del aire, se elegirá para una buena amortiguación un Z2 grande. Por el contrario, si Z1 es grande, como en el caso del agua y de los sólidos, se elegirá una materia de impedancia Z2 pequeña. Así,

siempre que se trata de lograr un gran factor de reflexión hay que interponer en el camino del sonido un medio cuya impedancia Z sea lo más diferente posible a la del medio que conduce el sonido. Por lo tanto, es lógico tratar por un lado el aislamiento del sonido en el aire u otro medio gaseoso (baja impedancia) y, por otro, el aislamiento en sólidos (alta impedancia).

Generalmente, en lugar del factor de reflexión r se emplea el grado de absorción α , que se define como la fracción de energía de onda incidente que no es reflejada. Como la energía es proporcional al cuadrado de la presión sonora, entonces se puede escribir:

$$\alpha = 1 - r^2$$

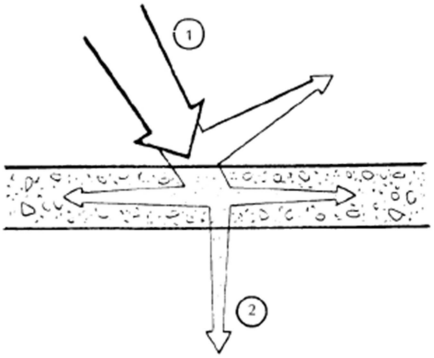

Figura 1. Reflexión y absorción del sonido

Para hacerse una idea, a continuación se describe un ejemplo: el grado de absorción de paredes sin revestir, empleando materiales de construcción usuales, es, en general, menor del 5% (α< 0.05) (imaginarse una habitación vacía). Además, si tenemos presente que con un grado de absorción del 10% (α = 0.1) son necesarias más de 20 reflexiones para que la energía de una señal sonora se reduzca en unos 10 dB, es decir, a una décima parte, está claro que la naturaleza de las paredes juega un papel decisivo en la intensidad del interior de un establecimiento.

2.2 Acondicionamiento acústico

Es el tratamiento de las superficies de un establecimiento mediante materiales absorbentes o difusores con el fin de mejorar sus características acústicas. El objetivo del acondicionamiento acústico de un establecimiento es conseguir un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos del mismo, mejorando así las condiciones acústicas de sonoridad aumentando el confort acústico interno del local. Es gracias al profesor W. C. Sabine, quien fue pionero en 1895. Sabine definió entonces que las propiedades acústicas de un establecimiento están determinadas por la proporción de energía sonora absorbida por paredes, techos, suelos y objetos, y que la proporción de sonido absorbido está ligado al tiempo que un sonido emitido en el local desaparezca después de suprimir el foco sonoro.

2.3 Aislamiento acústico

El aislamiento está dirigido a controlar la transmisión del ruido y vibraciones entre un establecimiento y otro. De cierta manera el concepto de acondicionamiento acústico se tiende a confundir con el de aislamiento acústico, el aislamiento es un complemento del acondicionamiento acústico, esto no implica que el concepto sea el mismo (Carrión, 1998, p. 19).

El aislamiento del sonido consiste en impedir su propagación por medio de obstáculos reflectores. El sonido transmitido por el aire es lo que normalmente se denomina ruido aéreo. Los ruidos generados en el aire o transmitidos a éste por alguna superficie sólida se pueden tratar de la misma manera. El método más eficaz y natural de protección frente a estos ruidos consiste en la interposición de una barrera que además debe envolver completamente la zona a proteger, ya que en caso contrario y por difracción de las ondas acústicas, principalmente las de baja frecuencia, puede llegar una fracción importante de la energía acústica. Es por otra parte coincidente con la situación en que por múltiples causas se delimitan

espacios interiores separados entre sí y del exterior por paredes, forjados y cubiertas. Las fachadas y cubiertas protegen de los ruidos aéreos externos. Las paredes divisorias protegen de los ruidos internos a las edificaciones.

Se puede definir como aislamiento acústico a ruido aéreo de una pared, a la pérdida de energía que experimentan las ondas sonoras al atravesar la pared (Figura 2). Una partícula de aire infinitamente próxima a la superficie de una pared, se verá forzada a desplazarse al llegar la onda.

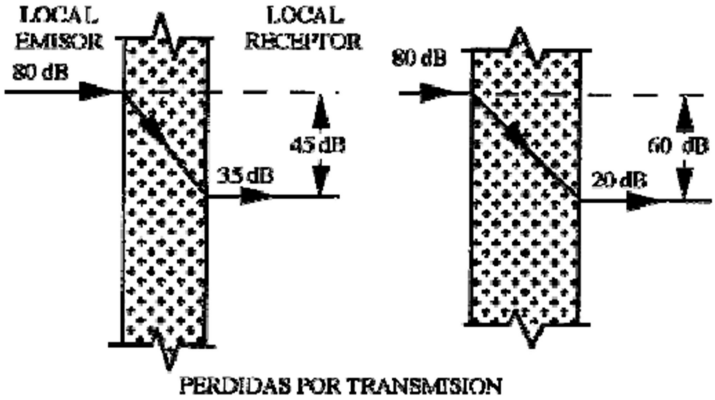

Figura 2. Aislamiento acústico especifico de un elemento constructivo

Esta energía que llega, hace vibrar a la superficie sólida y comprime el aire próximo a ella, en la dirección opuesta a dicha pared. Es decir, que una parte de la energía incidente sobre la pared se refleja mientras que otra se transmite.

La parte de energía transmitida, hace que se desplacen las partículas del sólido, mientras la perturbación se propaga, y otra parte se disipa absorbiéndola el material, por efecto de las fuerzas intermoleculares.

En su propagación por el interior del sólido, la perturbación alcanza la superficie de éste opuesta a la que recibe la onda inicialmente, y mediante un proceso análogo se radia nuevamente en forma de sonido aéreo. Es decir, al incidir sobre una pared una onda, se transmitirá parte de la energía de ésta, originándose una vibración mecánica en la pared, que a su vez se transformará en ondas sonoras, con una pérdida de energía debido a las reflexiones y a la absorción interna del material.
Es más difícil aislar los sonidos graves que los agudos, ya que para los sonidos de más de 1000 Hz de frecuencia, la longitud de onda será extremadamente pequeña, y va disminuyendo a medida que aumenta la frecuencia, por lo que la presión de aire generado por estas frecuencias que alcanza tanto al suelo como a las demás superficies, será muy pequeña. En cambio, para ondas cuya frecuencia sea del orden de 50 a 1000 Hz, su longitud de onda será grande y a medida que la frecuencia disminuye, la longitud de onda aumenta, y por tanto, la presión sonora ejercida para estas frecuencias sobre las superficies, será mucho mayor, por lo que será más fácil la transmisión de estas frecuencias por las paredes.

Se puede decir en general, que para un material dado, la pared aislante debe ser tanto más gruesa o densa, cuanto más bajas sean las frecuencias de la onda incidente.

2.4 Coeficiente de transmisión (τ)

Si se tiene en una pared una potencia acústica Pot1, del otro lado se radia una potencia Pot2, siempre menor que Pot1. El coeficiente de transmisión se definiría como (Miyara, 1999, pág. 258).

$$\tau = \frac{Pot\ 1}{Pot\ 2}$$

2.5 Contaminación acústica

La contaminación acústica es el exceso de ruido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Se trata de un problema que afecta a la sociedad en general, provocado como

consecuencia directa y no deseada de las actividades humanas (tráfico, actividades industriales, de ocio, etc.) y que tiene efectos negativos tanto en la salud de las personas como a nivel social y económico.

2.6 Establecimiento o recinto abierto:

Cualquier edificación cuyas fachadas que constituyan el límite de la superficie útil, sean áreas que permiten el paso libre de aire entre el interior y el exterior. Si estas áreas superan el 20% de la superficie total del establecimiento (excluyendo puertas abiertas) desde el límite inferior al superior (techo) de la fachada, incluyendo el techo y piso, se constituye en un establecimiento abierto.

2.7 Establecimiento o recinto cerrado:

Cualquier edificación cuyas fachadas que constituyan el límite de la superficie útil, sean paramentos cerrados en al menos el 80% de su superficie (excluyendo puertas abiertas) desde el límite inferior al superior (techo) de la fachada, incluyendo el techo y piso.

2.8 Evento temporal:

Acontecimiento que dura algún tiempo pero no es eterno o fijo.

2.9 Fachada:

Para efectos de esta norma, cualquier paramento exterior de un edificio.

2.10 Flanco:

Cada una de los lados o costados de un edificio o un arco.

2.11 Frecuencia de resonancia (Caída de aislamiento)

Se llama frecuencia de resonancia a la frecuencia natural de un cuerpo o un sistema que alcanza el grado máximo de oscilación. Todo cuerpo o sistema tiene una, o más, frecuencias naturales. Cuando un sistema es excitado en una de sus frecuencias naturales, su vibración es la máxima posible.

La resonancia acústica es un término que se utiliza para reducir la resonancia mecánica al rango de frecuencias audibles por el del oído humano, pero ya que la acústica se define en términos generales relativos a las ondas vibratorias en la materia resonancia acústica, puede ocurrir a frecuencias fuera del alcance del oído humano.

2.12 Horarios

Diurno: 7h01 a 21:00 Nocturno: 21:01 a 7:00 horas

2.13 Impedancia acústica

Cada medio, sólido, liquido o gaseoso, ofrece una facilidad más o menos grande para la propagación del sonido. Por analogía con la corriente eléctrica, se dice que el medio posee una impedancia acústica (Z). La impedancia se define como el cociente entre la presión acústica (P) y la velocidad propia del movimiento vibratorio (velocidad del sonido, c). Es decir:

$Z = \frac{P}{c}$, que para el caso de ondas planas se puede expresar como $Z = \rho c$, siendo ρ, la masa volumétrica (densidad), y (c) la velocidad de propagación. Se mide en ohmios acústicos, $\frac{g}{s\ cm^2}$, o en Rayls $\frac{Pa\ s}{m}$.

2.14 Intensidad acústica

Las dos sensaciones fundamentales que nos da el oído son el tono y la intensidad. El tono se puede determinar fácil y objetivamente midiendo la frecuencia.

La intensidad acústica o sonora es una magnitud, en parte subjetiva, y es la energía transportada por la onda que atraviesa, en la unidad de tiempo y de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

Está relacionada con la presión sonora, que es objetivamente medible. Sin embargo, dos sonidos de igual presión sonora y de distinta frecuencia no producen la misma sensación de intensidad. Se define como la energía por unidad de superficie y se mide en W^2/m.

Es igual a la presión sonora (fuerza por unidad de área) por la velocidad de las partículas del medio:

$$I = pv$$

Para que el oído comience a percibir un sonido, la presión acústica debe ser, al menos, de $2 * 10^{-4} \mu bar$. Esto es lo que se denomina Umbral Auditivo. Cuando la presión acústica supera los $10^3\ \mu bar$, el oído puede sufrir lesiones irreversibles. Esto es lo que se denomina Umbral Doloroso. En la escala de intensidades, el umbral auditivo es $10^{-12}\ \frac{W}{m^2}$ y el umbral doloroso es 25 $\frac{W}{m^2}$.
Por otra parte, como las intensidades sonoras son proporcionales al cuadrado de las presiones, la formula anterior puede escribirse:

$$Li = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

Siendo: $I_o = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ la intensidad acústica del umbral auditivo.

2.15 Materiales absorbentes

El coeficiente de absorción acústica es función de la frecuencia, (también del ángulo de incidencia). Por ello conviene conocer los diferentes tipos de materiales y su eficacia absorbente, en función de la frecuencia, en el intervalo de frecuencias de interés en la edificación que comprende las bandas de octava, con frecuencias centrales de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz; usualmente los datos se suministran en los 18 tercios de octava correspondientes.

Adicionalmente y sólo con fines orientativos se puede especificar su valor a 500 Hz, o preferiblemente mediante el coeficiente de reducción de ruido: NRC, definido como la media aritmética de los coeficientes de absorción acústica a 250, 500, 1k y 2 kHz. Existe además una norma, la EN ISO 11654, que permite evaluar de forma global la absorción acústica expresándola como a. w, aunque hasta la fecha su uso es muy restringido.

Los tipos principales de materiales absorbentes están en consonancia con los procesos y mecanismos de degradación de la energía acústica y pueden observarse en el esquema siguiente:

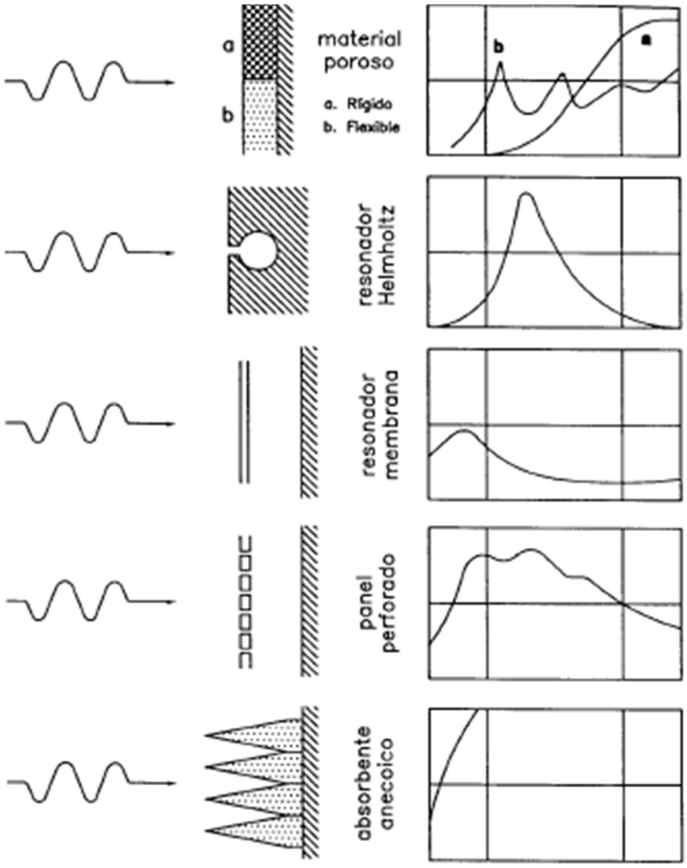

Figura 3. Absorbentes acústicos y curvas de absorción típicas

2.16 Paramento:

Un paramento es cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros.

2.17 Propagación del sonido

El medio común de propagación del sonido es el aire mismo que se comprime y descomprime para acarrear el sonido, existe miles de moléculas en un centímetro cubico de aire, el momento en el cual existen más moléculas juntas se le conoce como compresión, cuando existe una acumulación baja de moléculas de aire se le llama rarefacción (Everest y Pohlmann, 1981, p. 7).

2.18 Ruido

El ruido, desde un punto de vista físico, es primeramente un sonido, definido como una variación de la presión del aire, que puede ser detectada por el oído del ser humano, y que puede ser descrito por ciertos parámetros físicos, entre los principales, se tiene a la frecuencia e intensidad. Adicionalmente, el ruido es un sonido no deseable.

2.19 Ruido de impacto

Es el ruido que se transmite por medio de las estructuras, es generado por impactos en la superficie, estas estructuras al vibrar, generan cambios de presión en el aire del establecimiento receptor. Incluso un impacto breve puede generar una tremenda cantidad de energía en la estructura. La norma UNE-EN ISO 140-7 ayuda a encontrar un solo valor que puede cuantificar y calificar los ruidos de impactos entre el piso y el techo. Las medidas son realizadas en bandas de tercios de octava desde 100 Hz hasta 3,150 Hz, si el valor es menor implica que el aislamiento es mejor, y existe menor ruido recibido. La mejor forma de minimizar el ruido producido por impacto es instalar un recubrimiento en el piso. Ejemplo, alfombra,

vinil, piso flotante. Esto reduce el impacto, aunque la alfombra es menos eficiente en pisos de madera, aun así produce una mejora significativa (Everest & Pohlmann, 1981, p. 305).

2.20 Ruido aéreo

El ruido aéreo se genera por la perturbación de aire que rodea a una fuente sonora, las ondas chocan contra la superficie, la misma que entra en vibración provocando una nueva perturbación de las ondas que la rodean por lo que se genera un nuevo foco de emisión sonora en la sala adyacente. El aislamiento de ruido de aéreo es usado para comparar el aislamiento acústico de materiales dentro de la construcción o en laboratorio.

La medición de aislamiento de ruido aéreo comparan dos cuartos, cuarto emisor y cuarto receptor separados por una partición compuesta por el material a evaluar. Se asume que todo el ruido es trasmitido a través de la partición, por lo que no se toma en cuenta el ruido estructural. Las mediciones se realizan en base a la normativa UNE-EN ISO 140-4, estas mediciones pueden ser en laboratorio o “in situ” (Hopkins, 2007, pp. 239-240).

2.21 Ruido aéreo de fachada

El ruido aéreo de fachada variante del ruido aéreo, en edificaciones se clasifica de acuerdo con lo estipulado por la norma ISO 16283. La medición sirve para determinar, el aislamiento acústico de un elemento único de la edificación (puerta, ventana) o de toda la fachada.

Existen varios métodos para realizar éste tipo de mediciones entre los cuales están: método de altavoz, método de ruido de tráfico, método de ruido de aviones y ferrocarril (Hopkins, 2007, p. 262).

2.22 Reverberación

La reverberación es el resultado de varias reflexiones que ocasionan una persistencia del sonido una vez que la fuente deja de emitir ruido. La reverberación se compone de sonido directo, primeras reflexiones y reflexiones tardías. Este factor es importante para calificar a un establecimiento dependiendo el uso que se le vaya a dar al mismo (Everest & Pohlmann, 1981, p.p. 129-130).

2.23 Recinto o establecimiento

Espacio del edificio acotado con cerramientos, particiones o cualquier otro elemento de separación.

2.24 Establecimiento habitable

Establecimiento interior dedicado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia demanda unos requisitos acústicos, térmicos y de salubridad apropiados. Se consideran establecimientos habitables los siguientes:

a) Habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
b) Aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso educativo;
c) Quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario;
d) Oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
e) Cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso;
f) Cualquier otro con un uso parecido a los anteriores.

2.25 Establecimiento protegido

Establecimiento habitable con características superiores aislamiento acústico. Se consideran establecimientos protegidos los establecimientos habitables de los casos a), b), c), d).

2.26 Establecimiento de actividad

Aquellos establecimientos, en los edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una función distinta a la realizada en el resto de los establecimientos del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del establecimiento sea mayor que 70 dBA. A partir de 80dBA se estima como establecimiento ruidoso (Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 2009, págs. 55-56).

2.27 Ruido residual del establecimiento

Se llama ruido residual del establecimiento al que se percibe en un establecimiento cuando no se está realizando ningún tipo de actividad en él. Este ruido puede provenir de las mismas instalaciones del edificio.

2.28 Ruido blanco

El 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.

2.29 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. Este ruido se puede definir como el que tiene igual energía por octava dentro del rango de frecuencias audibles.

2.30 Sonido

Existe sonido al momento que un disturbio se propaga por un material elástico causando desplazamiento o alteraciones en las partículas del material mismas que pueden ser receptadas por una persona o un instrumento de medición (Beranek, 1961, p. 3).

2.31 Superficie útil

Es la superficie del suelo utilizado para el desarrollo de la actividad económica. Delimitada por el perímetro, el cual es definido por la cara exterior de los cerramientos externos de un edificio o de un elemento del establecimiento. Se incluyen las superficies del suelo de los espacios exteriores de uso privativo (tales como terrazas, balcones y tendederos, porches, muelles de carga, voladizos, etc.).

2.32 Superficie construida

La superficie construida es el área que queda delimitada por la línea perimetral que rodea la fachada por el exterior de un edificio o establecimiento.

2.33 Transmisión sonora

La transmisión sonora entre dos establecimientos, donde uno de ellos es el establecimiento emisor, en el que se encuentra una determinada generación sonora y el otro es el establecimiento receptor, tiene lugar a través de un lindero que los separa o a través de la estructura o el flanco (pisos, techos y demás paredes)

2.34 Techo

Elemento constructivo horizontal que cubre los límites superiores arquitectónicos de un recinto o establecimiento.

2.35 Terraza

La terraza es la zona de una edificación abierta al aire libre, provisto de barandillas o paramentos bajos.

2.36 Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación (TR) es una medida que califica la caída del sonido. Se trata del tiempo en segundos que se demora el sonido original en caer 60 dB una vez interrumpida la fuente. La medida de 60 dB se establece de la disminución de la millonésima de la intensidad de un sonido de su valor original (Everest & Pohlmann, 1981, p.p. 135-136).

Para establecimientos altamente difusos en que la absorción acústica varía poco de unas superficies a otras y no es excesivamente elevada, una buena aproximación del tiempo de reverberación viene dada por la fórmula de Sabine.

2.37 Tiempo de reverberación T_{30} y T_{20}

Cuando existe dificultad para medir el tiempo de reverberación tal como se lo define, ya que en ciertas frecuencias el nivel de presión sonora no alcanza a decaer 60 dB debido a que antes se alcanza el nivel de ruido ambiente. Dicha dificultad se resuelve usando el tiempo requerido para bajar 30 o 20 dB (respectivamente, T30 y T20) en lugar de 60 dB (Miyara, 1999, p. 232).

$$T_{60} = 3T_{20} = 2T_{30}$$

2.38 Velocidad del sonido

La velocidad del sonido en el aire es de 344 m/s (1,240 km/h) en condiciones normales de temperatura y presión. La velocidad del sonido cambia drásticamente dependiendo del medio en cual se transmite, cuando existe una mayor densidad de moléculas, la velocidad del sonido aumenta. Por ejemplo, velocidad del sonido en el acero es de 5090 m/s (Everest & Pohlmann, 1981, p.p. 5-6).

2.39 Vestíbulo acústico:

Espacio cerrado en cada acceso del establecimiento de ocio que aísla el ruido generado en el interior y su proyección al exterior.

CAPÍTULO 3. CONSIDERACIONES GENERALES

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

3.1.1 Los procedimientos normalizados bajo las Normas UNE EN ISO para la medida del aislamiento acústico pueden dividirse en dos grandes grupos: procedimientos de laboratorio y procedimientos *in situ*. En la aplicación de este instructivo, deben realizarse únicamente procedimientos *in situ.*

3.1.2 El procedimiento descrito en este instructivo permite obtener resultados sobre el aislamiento acústico entre un local y el exterior del mismo, de acuerdo con los lineamientos establecidos en las normas de referencia que se describen a continuación:

- *ISO 16283-3:2016 Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción*
- *ISO 717-1: 2013 Acústica, Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte1: Aislamiento a ruido aéreo.*
- *ISO 3382-2: 2008, Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.*
- *NTE INEN 2897: 2014 Ocio nocturno. Requisitos de los establecimientos de ocio para la prestación del servicio*

3.1.3 La evaluación de la incertidumbre de medición en la medición en la acústica de edificios, será determinada principalmente con los lineamientos establecidos en la norma "*ISO 12999-1:2014, Acústica. Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico",* sin perjuicio de utilizar otros lineamientos establecidos en otras normas y guías.

3.1.4 Para establecimientos de un volumen menor a 10 m^3 no será necesario realizar una evaluación acústica de aislamiento en alguna de sus fachadas. Para volúmenes mayores de 250 m^3, se considerará que no son objeto de evaluación de aislamiento de alguna de sus fachadas y se utilizará la medición con la metodología de la normativa nacional y los lineamientos de las normas ISO 1996 parte 1 y 2.

3.1.5 El aislamiento acústico al ruido aéreo depende de la frecuencia y se convierte en una magnitud de un solo número que caracteriza el rendimiento acústico haciendo uso de los procedimientos de calificación de la norma ISO 717-1.

3.1.6 Todos los equipos de medición deberán permitir obtener el espectro de frecuencias en el rango establecido en la norma de referencia, siendo inaceptable los valores sin esta presentación.

3.1.7 Si bien la medición en los rangos de bajas frecuencias es opcional en la normativa de referencia, para el ámbito de aplicación de este instructivo, es de gran interés el comportamiento de los establecimientos en esto rangos de frecuencia, por lo que se debe evaluar de manera obligatoria.

3.1.8 Las fuentes externas y sus especificaciones utilizadas para el ensayo serán las descritas en la norma de referencia, con la particularidad que no podrán ser tráfico rodado y altavoces a la vez, ya que la variación del nivel de presión sonora sobre la muestra de ensayo debe ser mínima.
Los establecimientos típicos (amueblados o sin amueblar) deben colocar su mobiliario tal y como se ubican en horarios de funcionamiento de la actividad que se lleve a cabo en el mismo. Tampoco se modificará para propósitos del ensayo con mobiliario temporal o adicional bajo ningún concepto. Los difusores o mobiliario significativo son aquellos que cubran al menos 1 m^2.

3.1.9 Si bien la normativa ISO 16283-3 describe un método global y otro por elementos constructivos de cada fachada, es de interés para la Autoridad Ambiental Distrital y el correspondiente control, la

reducción acústica global de cada fachada, sin perjuicio de solicitar en algún caso en particular la evaluación acústica de un elemento en particular como una ventana, puerta, balcón, entre otros.

3.1.10 Si en algún caso existe más de una fachada susceptible de evaluación, se reportarán los resultados para cada una de ellas.

3.1.11 La evaluación de una fachada en común de entre dos edificaciones o establecimientos se podrá realizar para edificaciones continuas, únicamente con el método de altavoz, siempre y cuando se cumplan las distancias mínimas para la ubicación de los equipos sin alterar las mismas. Adicionalmente, se debe considerar la ausencia de superficies reflectantes u objetos que puedan interferir en el campo acústico generado por la fuente externa como se muestra en la figura 1. Adicionalmente, el límite de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos se aplican tanto a recintos colindantes verticalmente como a recintos colindantes horizontalmente.

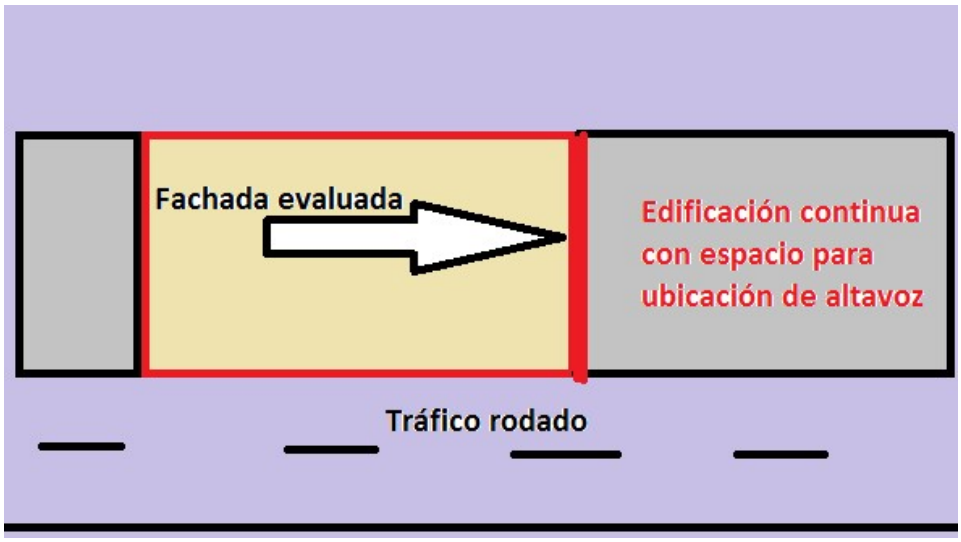

Figura 1. Evaluación de fachada lateral, común a dos establecimientos

3.1.12 No son de aplicación de este instructivo, ni de las normas de referencia descritas, la evaluación del aislamiento de elementos de construcción verticales u horizontales que separen dos establecimientos en los cuales (ver figura 2), el considerado como afectado, no cumpla con los requisitos mínimos para la evaluación acústica mediante el ensayo descrito en la ISO 16283-3.

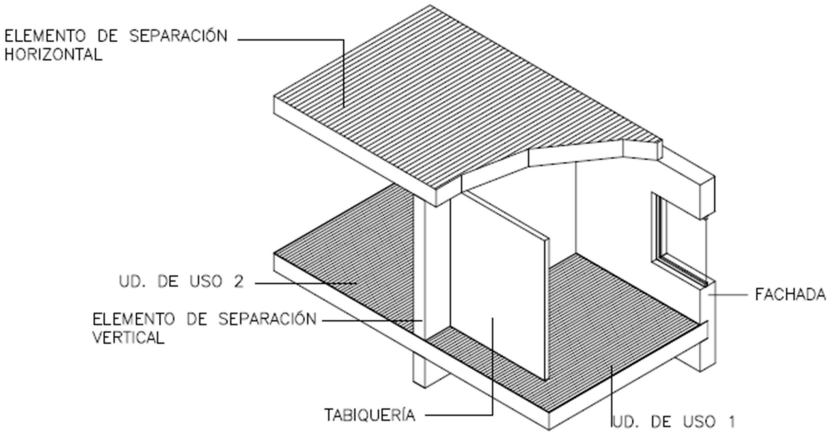

Figura 1. Esquema de dos establecimientos de uso distinto, con un elemento de separación vertical que no es objeto de evaluación

3.1.13 Cuando la fachada exterior esté constituida únicamente por puertas y ventanas, se evaluará el aislamiento en condiciones normales de funcionamiento del establecimiento siendo abierto o cerrado, según sea su declaración. Si la fachada consta de ventanas, puertas y otros elementos constructivos se deberá evaluar la fachada en condiciones normales de funcionamiento, sin perjuicio de reportar los resultados de ambas condiciones (puertas y ventanas cerradas y abiertas)

3.1.14 El mal diseño de los elementos constructivos deben ser subsanados previos a la medición; como por ejemplo la presencia de rozas sin retacar en los elementos de fábrica, la falta de estanqueidad en la puesta en obra de las carpinterías, discontinuidades del material aislante a ruido de impactos, etc. Además, la existencia de puentes acústicos: como por ejemplo, los debidos a encuentros mal diseñados o ejecutados incorrectamente, o a conductos de instalaciones que no se han tratado convenientemente, entre otros.

3.1.15 Entre las fuentes de ruido aéreo externas se encuentra el ruido de tráfico o un altavoz, mientras que internas pueden ser producidas, entre otros, por personas, radio, TV, electrodomésticos, ruido de maquinaria, equipos de audio y vídeo, entre otros, que por motivos del ensayo, no son objeto de estudio. Por esta razón, no deberán ser incluidos en las medidas internas.

3.1.16 Las fuentes de ruido de impacto pueden ser pisadas, arrastre de sillas o caídas de objetos, entre otras. Las vibraciones pueden ser producidas por maquinaria e instalaciones del edificio, como aparatos de aire acondicionado, grupos de presión, ascensor o puerta de garaje, entre otros, que no son objeto de estudio.

3.1.17 Para la medición se pueden utilizar micrófonos móviles o fijos, siendo los criterios de medición distintos para ambos casos.

3.1.18 El presente instructivo no fija niveles de inmisión en el espacio interior de los edificios. Los valores normados son la diferencia de los niveles de inmisión exteriores y los objetivos de calidad acústica interior para distintos tipos de establecimientos de actividad. Por ello, en la verificación *in situ* debe comprobarse exclusivamente el nivel real de aislamiento de la solución constructiva adoptada y no el nivel de inmisión interior que depende del nivel de inmisión exterior que haya en el momento de realizar la medida.

3.1.19 Los valores obtenidos de aislamiento acústico descritos en el presente instructivo no contienen la contribución de la transmisión sonora por flancos, es decir, la parte de sonido que llega de la sala emisora al exterior o salas receptoras adyacentes por caminos alternativos distintos del camino directo a través del elemento separador común o fachada según corresponda.

3.1.20 Los valores de aislamiento acústico obtenidos por la metodología descrita en las normas de referencia, no reflejan el comportamiento global del establecimiento, ya que no es posible determinar el aislamiento parcial de cada componente del establecimiento por una solo metodología o que contribución tiene cada elemento al aislamiento de forma separada. Sin embargo, el valor final obtenido representa el acondicionamiento acústico de la fachada del establecimiento cuya afectación podría considerarse como la de mayor impacto al ambiente.

3.1.21 Si en algún caso, el establecimiento o recinto de actividad realiza un evento temporal de carácter artístico y requiere de la utilización de fuentes emisoras ajenas al establecimiento o que no son de uso regular de este, deberá garantizar y demostrar que las condiciones en las cuales se lleva a cabo el evento temporal cumple con el aislamiento acústico para el que está diseñado el establecimiento, por ejemplo: pruebas de sonido o medidas continuas internas de sonido, entre otros.

3.1.22 La superficie útil y la superficie construida no siempre podrán ser consideradas como la misma área por la definición asociada a cada uno de estos términos para efectos de la aplicación de este instructivo.

3.1.23 Se prohíbe la instalación de equipos de audio de cualquier denominación en el exterior del establecimiento.

3.1.24 En el caso de espacios abiertos sin ninguna condición de insonorización, se prohíbe la instalación de equipos de audio de cualquier denominación en los límites del establecimiento.

3.1.25 Se prohíbe la instalación temporal o permanente de equipos de audio que no hayan sido declarados.

3.1.26 El establecimiento de ocio debe disponer de las infraestructuras que garanticen el aislamiento acústico de las actividades realizadas dentro del local como son: doble puerta, vestíbulo acústico, material acústico aislante, entre otros. El uso de la doble puerta o del vestíbulo acústico será el

correcto al momento de evaluar el aislamiento acústico, siendo prohibido su mal uso al momento de ejercer la actividad económica determinado establecimiento.

3.1.27 Las normas ISO 140-4 e ISO 140-5 han sido anuladas y sustituidas por las normas ISO 16283-1 y e ISO 16283-3. No obstante, cuando se cita una norma ISO en alguno de los ítems de este instructivo debe entenderse que se hace referencia a la versión que se indica, o a una versión posterior, en el caso de que existiera.

3.2 CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS

3.2.1 Requerimiento de información

Para la evaluación efectiva de establecimientos que utilicen fuentes emisoras de ruido, es necesario el levantamiento de la siguiente información para el establecimiento de los sitios estratégicos de muestreo en la evaluación acústica antes de realizarla. Esta información debe estar disponible para el personal que vaya a realizar la evaluación:

- Número de parlantes funcionales o fuentes emisoras de ruido del establecimiento especificando el tipo (p.e.: parlante ambiental, parlante normal, bajo, ventilador, entre otros)
- Número de parlantes totales del establecimiento (p.e.: parlante ambiental, parlante normal, bajo, entre otros)
- Número de serie o una identificación equivalente y única que garantice el uso de los equipos declarados.
- Ubicación de los equipos dentro de la vista superior del establecimiento (mapa) indicando, hacia donde está dirigido el sonido.
- Predios con los que colinda el establecimiento (norte, sur, este y oeste).
- Número de entradas y puertas útiles incluido salida de emergencia.
- Número de puertas no útiles.
- Número de ventanales o aperturas con vidrio o algún aislamiento similar y sus dimensiones (vista en elevación, si fuera necesario).
- Número de ventanales o aperturas SIN vidrio o algún aislamiento similar y sus dimensiones (vista en elevación, si fuera necesario).
- Número de ventiladores funcionales y no funcionales.
- Personal encargado del sistema de audio.
- Nivel máximo de presión sonora o una medida equivalente del sonido interno que maneje el establecimiento de acuerdo a consolas de audio (p.e.: volumen 10).
- Horario de funcionamiento. Si el establecimiento posee dos plantas o más, indicar el horario y días de funcionamiento para cada planta.
- Declaración de la condición de todas las puertas de acceso (incluyendo puertas de emergencia) al momento de la atención al público (abierto o cerrado)
- Declaración de la superficie útil para el desarrollo de la actividad económica.
- Condiciones de insonorización que haya tomado el establecimiento, según la lista que se enumera a continuación:
    1. Cámara de aire en ventanales
    2. Cámara de aire en paredes
    3. Aislante acústico en paredes o ventanales (especificar)
    4. otro (especificar)
    5. Ninguno

  Vista en planta (layout) del establecimiento y vista en elevación en formato digital (formato .cad)

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

4 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

4.1 Determinación del ruido residual interno

- Si bien la norma de referencia señala como requisito de ensayo de la medición exterior el uso de tráfico rodado con al menos 50 pasadas de vehículos en un intervalo de tiempo definido, se considerará como criterio preponderante que el nivel de ruido en el interior del establecimiento sea 10 dB en cada banda de frecuencia por encima del ruido existente en ausencia de las fuentes exteriores (tráfico rodado o altavoz) por ser una medida comprobable sobre la base de resultados.
- Se aceptará como máximo, un nivel de ruido de al menos 6 dB por debajo del ruido del nivel de señal y el ruido de fondo combinado, para cada banda de frecuencia, siempre que se apliquen las correcciones respectivas señaladas en la norma ISO 16283-3.
- Si en algún caso, no es posible alcanzar el valor mínimo de 6dB, se efectuará la medición de ruido residual en otro horario siempre que se haya descartado la factibilidad de realizar el ensayo con la máxima potencia acústica de la fuente externa, especialmente con el uso de altavoz.
- La medición debe llevarse a cabo en un horario en el que no exista influencia alguna de otro establecimiento de similares características como ruido de impacto o aéreo según sea el caso. El horario de preferencia es el diurno, sin descartar el nocturno siempre y cuando en el momento de la medición no se encuentre funcionando el establecimiento más que para la medición y sus fuentes emisoras de ruido puedan ser apagadas o detenidas.
- La medida puede ser pausada, sin necesidad de reiniciar el muestreo cuando existan ruidos atípicos que puedan alterar significativamente el muestreo. Dichos ruidos incluyen:
    - Artillería liviana, artillería pesada, bombas, aeronaves, cohetes, explosiones.
    - Pequeñas armas de fuego, martilleo en metal o en madera, pistolas de clavos, pistolas neumáticas, fraccionamiento de pavimento, impactos en metal, trabajos de carpintería o albañilería.
    - Cierre de puertas, campanas de iglesia, aviones.
    - Alarmas, pitos o sirenas permanentes con una duración de más de 10 segundos
    - Motocicletas prendidas y estáticas en un sitio o una caravana de estas.
    - Vehículos pesados prendidos y estáticos en un sitio o una caravana de estos.
    - Sistemas de altavoces en vehículos de cualquier tipo.
    - Circos, ferias y juegos mecánicos o cualquier otra fuente fija de ruido que pudiese ser considerada como de “permanencia temporal” en sitios colindantes de la fuente de estudio.
    - Sonidos de fauna urbana intermitentes.
    - Manifestaciones, marchas, protestas de personas.
    - Variaciones bruscas en el tránsito normal de personas.
    - Trabajos en la vía pública o en establecimientos aledaños que incluyan el uso de maquinaria pesada, eléctrica, entre otros.
- Si la fuente de estudio tiene una extensión superficial tal que el ruido residual es distinto en diferentes puntos del interior, se tomarán las previsiones del caso para garantizar que el nivel de ruido de fondo promediado haya considerado este aspecto.
- Si la fuente exterior considerada es el tráfico rodado, se considerará ausencia de este a un valor de cero pasadas de vehículos en los tiempos establecidos en la norma ISO 16283-3. Si no fuera posible la ausencia de flujo vehicular, se realizará la medición en un horario que lo permita o tomando las previsiones del caso como: cierre de calles, parada del tránsito vehicular, entre otros. También se pueden considerar periodos más largos de monitoreo de al menos 10 minutos con pausas en los periodos de medición que correspondan.

- El valor del ruido residual interno, es un valor que permite corroborar la validez del ensayo, ya que de no alcanzar valores que estén por debajo del criterio establecido, se considerará que no se ha realizado el ensayo en las condiciones exigidas por este instructivo.

4.2 Puntos internos y externos de medición para la evaluación de aislamiento acústico

- Se determinarán puntos internos y externos con la finalidad de garantizar una intensidad del nivel de presión sonora del ruido generado por la fuente externa, así como de todas las fachadas susceptibles de evaluación.
- Las posiciones de los micrófonos de los sonómetros entre los puntos de medición internos o externos deben ser conforme se establecen en la normativa de referencia ISO 16283-3.
- Cuando el establecimiento evaluado tenga una superficie construida constituida por varias salas de distintos volúmenes, se realizarán las mediciones internas en la sala de mayor volumen y que contenga a la fachada de evaluación. Si en algún caso, el área de la sala que contenga la fachada no sea la de mayor volumen, se evaluarán las salas que sean necesarias para alcanzar un volumen de al menos 25 m^3 y que sean próximas a la fachada de evaluación.
- Las posiciones del micrófono no deben estar muy próximas. De lo contrario, el número de posiciones independientes es inferior al número real de posiciones de medición.
- En establecimientos de geometría complicada, se deben utilizar más posiciones de medición. Se debe escoger una distribución de posiciones de micrófono que tengan en cuenta las principales influencias susceptibles de ser el origen de las diferencias de aislamiento acústico a lo largo del establecimiento. Entiéndase por geometría complicada a establecimientos de dos plantas, establecimientos con divisiones internas (cuartos), establecimientos mixtos con terrazas y cuartos cerrados, entre otros. De ser necesario, se remitirá el aislamiento acústico de la fachada del primer piso y segundo piso.
- El punto exterior debe ser en espacio abierto y bajo ninguna circunstancia podrá ser otro establecimiento, a menos que éste presente un espacio al aire libre sin superficies reflectantes en un área de al menos 25 m^2. El punto externo puede ser la terraza de otro establecimiento habitable o de actividad, siempre y cuando cumpla el criterio antes mencionado. Adicionalmente, para este caso se requeriría un altavoz como fuente externa, por lo que también se debe tener las condiciones técnicas establecidas en la ISO 16283-3 para instalar el equipo y efectuar los ensayos sin alteraciones.
- El punto externo puede estar ubicado por encima del nivel de referencia más bajo del establecimiento de estudio, siempre que no supere los 5 metros. Esta situación puede darse en establecimientos subterráneos o en establecimientos cuyo punto externo se encuentre por encima del establecimiento de estudio. Esta misma situación puede aplicarse para el caso en que el punto externo se localice por debajo del establecimiento evaluado, pero los 5 metros se calculan desde el techo.
- Para establecimientos de varias plantas, se evaluarán en lo posible cada planta. De no ser posible, se realiza una evaluación global con la mayor cantidad de puntos muestreados (internos o externos), siendo posibles puntos externos a un mismo nivel e internos a distinto nivel.

4.3 Momentos en los que debe llevarse a cabo la medición

- La medición debe llevarse a cabo sin que el establecimiento se encuentre realizando la actividad a la que se dedique. La medición es exclusivamente de acondicionamiento acústico del ruido aéreo de la(s) fachada(s) que den al exterior.
- La medición debe llevarse a cabo en un horario en el que no exista influencia alguna de otro establecimiento de similares características como ruido de impacto o aéreo según sea el caso. El horario de preferencia es el diurno, sin descartar el nocturno siempre y cuando el momento de la medición no se encuentre funcionando el establecimiento más que para la medición. Tomar en

cuenta que en el horario diurno, el flujo vehicular podría ser elevado pero no el suficiente como para ser considerado una fuente externa.

- La medida interna o externa con fuente externa o con tráfico rodado, no es válida en ningún caso siempre y cuando existan las siguientes situaciones o ruidos originados en el transcurso de la evaluación:
    - Artillería liviana, artillería pesada, bombas, aeronaves, cohetes, explosiones.
    - Pequeñas armas de fuego, martilleo en metal o en madera, pistolas de clavos, pistolas neumáticas, fraccionamiento de pavimento, impactos en metal, trabajos de carpintería o albañilería.
    - Cierre de puertas, campanas de iglesia, aviones.
    - Alarmas, pitos o sirenas permanentes con una duración de más de 10 segundos
    - Motocicletas prendidas y estáticas en un sitio o una caravana de estas.
    - Vehículos pesados prendidos y estáticos en un sitio o una caravana de estos.
    - Sistemas de altavoces en vehículos de cualquier tipo.
    - Circos, ferias y juegos mecánicos o cualquier otra fuente fija de ruido que pudiese ser considerada como de “permanencia temporal” en sitios colindantes de la fuente de estudio.
    - Sonidos de fauna urbana permanentes o intermitentes.
    - Manifestaciones, marchas, protestas de personas.
    - Variaciones bruscas en el tránsito normal de personas.
    - Trabajos en la vía pública o en establecimientos aledaños que incluyan el uso de maquinaria pesada, eléctrica, entre otros.
- En muchos establecimientos, la presencia excesiva de personas puede influir en la propagación de las ondas acústicas, por lo que la evaluación debe hacerse en un establecimiento sin personas. Sin embargo, se puede permitir el personal que labora en el establecimiento y los técnicos de medición que no sobre pasen las 2 personas.
- Las mediciones no deben efectuarse en condiciones adversas que puedan afectar el proceso de medición, por ejemplo: presencia de lluvias, truenos, etc. El micrófono debe ser protegido con una pantalla protectora contra el viento durante las mediciones. Las mediciones deben llevarse a cabo, solamente, cuando la velocidad del viento sea igual o menor a 5m/s.
- Variaciones de temperatura de más de 10 °C, podrían afectar la medida externa, especialmente si esta se realiza en distintos niveles de referencia.

4.4 Consideraciones para el muestreo

- El número mínimo de medidas serán de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 16283-3, sin perjuicio de más puntos de muestreo que permitan mejorar la calidad de los resultados.
- Cada una de las medidas, tienen una duración establecida en la norma ISO 16283-3, sin perjuicio de incrementar el tiempo de muestreo que permita mejorar la calidad de los resultados.
- La evaluación del tiempo de reverberación ser lo realizará de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma ISO 16283-3, ISO 3382-2 e ISO 18233
- Las fuentes emisoras internas deben suspender su operación para todos los puntos internos de muestreo.

4.5 Determinación del índice de insonorización

El índice de insonorización, en forma general, se basa en las pérdidas por transmisión a través de la envolvente estructural de un establecimiento o del ambiente del mismo. La determinación de un número único de aislamiento acústico correspondiente al índice de insonorización se realizará conforme lo establecido en la norma ISO 717-1 indicando claramente la metodología de evaluación en campo que se

ha establecido en este instructivo sobre la base de los lineamientos de la norma ISO 16283-3. Además, el informe de resultados deberá incluir la incertidumbre de la evaluación como un número único.

El formulario recomendado para la expresión de resultados se encuentra en el anexo F de la norma ISO 16283-3.

4.5.1 Determinación de establecimiento cerrado o abierto

Siendo S_T el área del elemento de separación en m^2, se debe calcular S_T incluyendo techo, piso y fachadas del establecimiento. Si el establecimiento cuenta con una terraza abierta, se contará como parte de la superficie total el suelo, techo y paredes (si los dispone) para el cálculo. En el caso de establecimientos contiguos o superpuestos, se incluye dentro de S_T el área de la partición común.

En general, la superficie total (S_T) es el área común y no común que cubre el volumen del establecimiento incluyendo piso, techo y fachadas.

La superficie abierta (S_A) la constituye todas aquellas áreas límites de un establecimiento que permiten el paso libre de aire entre el interior y el exterior y que se encuentren dentro de la superficie útil del establecimiento.

El porcentaje de apertura de un establecimiento queda definido por la expresión indicada a continuación:

$$Porcentaje\ de\ apertura = \frac{S_A}{S_T} * 100\%$$

Si el porcentaje de apertura supera el 20%, se considera un establecimiento abierto, caso contrario se constituye en un establecimiento cerrado. Dicho de otro modo, si un establecimiento se encuentra cubierto en un 80% de su superficie total incluyendo paredes

4.5.2 Índice de insonorización para establecimientos abiertos y cerrados

El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{ls,2m,nT,A}$ o $D_{tr,2m,nT,A}$, entre un establecimiento y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 1, en función del uso del tipo de establecimiento y de los valores del índice de ruido día, Ld, de la zona donde se ubica el establecimiento.

Las exigencias de aislamiento acústico del exterior solo se aplican a establecimientos de actividad. En el caso de otros recintos, tales como recintos habitables, estos niveles no aplican.

Para establecimientos o establecimientos abiertos y cerrados, el índice de insonorización será comparable con la siguiente tabla 1, de acuerdo al ruido residual presente en el lugar de medición. Los establecimientos deben cumplir un aislamiento mínimo mostrado en la tabla 1.

Tabla 1. Índice de insonorización $D_{ls,2m,nT,A}$ o $D_{tr,2m,nT,A}$ de la fachada externa según la norma ISO 717-1 para establecimientos abiertos y cerrados en función del índice de ruido día, Ld, de la zona donde se ubica el establecimiento

RANGO DEL RUIDO RESIDUAL	ÍNDICE DE INSONORIZACIÓN PARA UN ESTABLECIMIENTO DE ACTVIDAD ABIERTO (D_T)	ÍNDICE DE INSONORIZACIÓN PARA UN ESTABLECIMIENTO DE ACTIVIDAD CERRADO (D_T)
≤ 60 dB	16 dB	20dB
60 < x ≤ 65 dB	21 dB	25 dB
65 < x ≤ 70 dB	26 dB	30 dB
70 < x ≤ 75 dB	31dB	35dB
>75 dB*	36 dB	40dB

*Para un ruido residual >70 dB la medida interna debe sobre pasar los 90 dB

Fuente: - Unidad de Investigación Análisis y Monitoreo (IAM-Q) de la Secretaría de Ambiente.
- NCH 352/1. OF 2000: Aislación Acústica Parte 1: Construcciones de uso habitacional. Requisitos mínimos y ensayos.

El valor del índice de ruido día, Ld, puede obtenerse en la Secretaría de Ambiente o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido expedidos por esta misma dependencia. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de Ld, como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptara el mayor valor.

Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, Ld, se aplicara el valor de 60 d_{BA} para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial.

Si uno de los puntos muestreados corresponde a una terraza o fachada abierta pero el establecimiento se encuentra cerrado en más del 80% del área común, se considera un establecimiento cerrado.

El tiempo de reverberación, el aislamiento acústico y/o coeficiente de aislamiento acústico de cada paramento puede ser diferente para cada fachada, sin embargo se realiza la estimación global del establecimiento mediante un muestreo representativo que determine un índice de insonorización aproximado considerándolo como cerrado o abierto.

BIBLIOGRAFÍA

- ISO 140, Acústica - Medida del aislamiento acústico de edificios y elementos de construcción:
  - Parte 1: Especificaciones relativas a los laboratorios sin transmisiones laterales.
  - Parte 3: Medida en laboratorio del poder de aislamiento acústico a ruido aéreo de los elementos de construcción.
  - Parte 6: Medida en laboratorio de la reducción de los ruidos de choque por los forjados.
  - Parte 8: Medida en laboratorio de la reducción de la transmisión de ruido de impactos de los revestimientos de suelos sobre un forjado normalizado.
- ISO 16283, Acústica - Medida del aislamiento acústico de edificios y elementos de construcción:
  - Parte 3. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción
- ISO 354, Acústica - Medida de la absorción acústica en cámara reverberante.
- EN ISO 717, Acústica - Evaluación del aislamiento acústico de los edificios y del poder de aislamiento acústico de los elementos de construcción:
  - Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
  - Parte 2: Protección contra el ruido de impactos.
- NBE CA 88 - Norma Básica de Edificación, Condiciones Acústicas en los Edificios. Asociación Española de Normalización y Certificación. (1997). *UNE-EN ISO 717-2*. Madrid.
- NCH 352/1. OF 2000: Aislación Acústica Parte 1: Construcciones de uso habitacional. Requisitos mínimos y ensayos.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2008). *UNE-EN ISO 3382-2*. Madrid.
- Ballast, D. (2009). *ARCHITECT'S HANDBOOK of Construction Detailing*. New Jersey.
- Beranek. (1961). *Acustica*.
- Carrión, A. (1998). *Diseño acústico de espacios aquitectonicos*. Barcelona.
- Everest, A., & Pohlmann, K. (1981). *Master Handbook of Acoustic*.
- Gerges, S. (2004). *Fundamentos de control de ruido y vibraciones*.
- Hopkins, C. (2007). *Sound Insulation*. Oxford.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (2009). *Codigo técnico de edificación, Documento Básico HR Protección frente al ruido*.
- Merritt, F., & Ricketts, J. (2000). *Building Desing And Construction Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Miyara, F. (1999). *Control de ruido*.
- Marin L. Calidad acústica en viviendas. Reglamentos, normativas y certificaciones acústicas en Iberoamérica. Escuela de construcción Civil. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Av. Vicuña Mackena 4860, Macul. Santiago. Chile

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Nombre: Rody Estrella Cargo: Técnico analista de Laboratorio Firma:	Nombre: Valeria Díaz Cargo: Responsable Investigación Análisis y Monitoreo Firma:	Nombre: Santiago Andrade Cargo: Director DGCA Firma:

ANEXO

RECOMENDACIONES DE INSONORIZACIÓN

El diseño de salas destinadas a la interpretación musical es, sin lugar a dudas, el más complejo desde el punto de vista acústico. Por una parte no existen fórmulas magistrales que puedan garantizar a priori la calidad acústica de una sala y por otra parte cada tipo de música requiere un establecimiento con unas características acústicas específicas y diferenciadas. Sin embargo, a continuación se presentan unos lineamientos generales que podrían servir de guía para los establecimientos dedicados a actividades como esta.

- **ESPACIOS ABIERTOS**

Tener una terraza, en ocasiones puede presentar algún que otro problema propio de una zona que está en el exterior, como por ejemplo las molestias ocasionadas por los ruidos. Por eso, considerar insonorizar una terraza es algo a tener en cuenta.

Insonorizar un habitáculo en el interior al 100% solo se consigue si hacemos un aislamiento integral de paredes, suelo y techo, si la instalación es correcta y se utiliza los materiales adecuados. En cambio, insonorizar un establecimiento exterior es, por concepto, imposible, aunque si se disponen de distintas soluciones que atenúen en cierta medida el ruido procedente de la calle o el que se produzca desde el establecimiento abierto.

En el interior de un establecimiento se aísla la totalidad del establecimiento en cuestión para que no existan filtraciones de la onda acústica por ningún lugar, pero en el exterior esto no es planteable a menos que se haga un cerramiento hermético. Por eso se buscan soluciones que impidan la transmisión del grueso de dichas ondas y el sonido deje de ser un problema aunque no desaparezca en su totalidad.

La recomendación general conlleva a levantar una barrera al sonido de no menos de 2 m o 2,5 m, que puede lograrse levantando un simple paramento o incluyendo en el interior del establecimiento distintos materiales insonorizantes. Otra forma más idónea, según el tipo de terraza, es hacer esa barrera acústica a base de vegetación con bastante densidad, con plantas o árboles que adquieran cierta altura. También están las pantallas acústicas, aunque es un material muy específico que se suele utilizar en carreteras y junto a las vías de tren de países desarrollados, para atenuar el gran volumen del ruido que se produce en las mismas. En Ecuador, ya existen proveedores que se distribuyen este tipo de pantallas.

Los cerramientos son estructuras que se pueden combinar con cualquier tipo de carpintería tradicional, combinadas en cristal, aluminio o PVC. Existen varios tipos de cerramientos, que permiten adaptarse a cada terraza, tales como:

- Techos fijos y móviles, generalmente de policarbonato o cristal, suelen ser auto portantes. Ofrecen diversas posibilidades en aperturas y accionamientos, ya sea manuales o motorizadas.
- Cerramiento de hojas correderas convencionales, mediante carpintería metálica o de PVC que van desde correderas de 2 hojas hasta 6 hojas, permiten una apertura parcial de hasta un 80%.
- Cerramiento de hojas plegables, permite la apertura parcial y total así con sólo plegar las hojas de vidrio.
- Cerramientos a media altura, suelen realizarse en terrazas o balcones y van de barandilla o muro a techo, generalmente son correderas.
- Cortinas de cristal, sistema con hojas correderas-batientes de vidrio templado sobre carriles de aluminio, sin perfilería vertical entre vidrios. Es un cerramiento totalmente abatible y plegable.

El aislamiento acústico de un establecimiento depende del conjunto, y no sólo del elemento de separación entre el establecimiento y el exterior u otros establecimientos, por lo que en algunas ocasiones, cuando existan flancos de menor aislamiento, la mejora del elemento de separación puede no suponer una mejora sensible del aislamiento, si no se elimina o mejora la vía de transmisión indirecta que está penalizando el aislamiento acústico.

- **ESPACIOS CERRADOS**

El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de establecimiento, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimientos del mismo con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos. Cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones. Además, según el tipo de uso, resulta necesario potenciar la aparición de primeras reflexiones y/o conseguir una buena difusión del sonido. La absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre distintos materiales absorbentes utilizados como revestimientos de las superficies límite del establecimiento, así como su dependencia en función de la frecuencia, varía considerablemente de un material a otro.

Los materiales absorbentes se utilizan generalmente para conseguir la obtención de los tiempos de reverberación más adecuados según la funcionalidad de la sala, prevenir ecos indeseados y reducir el nivel de campo reverberante en espacios ruidosos. Esto se determina mediante el coeficiente de absorción de los materiales. Si lo que se necesita es crear el efecto contrario, es decir, superficies reflectoras se tiene que escoger la colocación de elementos difusores, que distribuyan el sonido uniformemente en todas las direcciones de reflexión. Es por ello, que en el caso de materiales absorbentes la energía reflejada es mínima, mientras que los elementos reflectores, la energía reflejada es mucho mayor y está concentrada alrededor de la dirección especular.

La absorción acústica de un material depende de la frecuencia del sonido. Podemos representar por lo tanto el coeficiente α como una función de la frecuencia o dar un índice global. En la tabla 2 siguiente recogemos valores típicos (en bandas de octava) del coeficiente de absorción de algunos materiales usuales:

Tabla 2. Coeficientes de absorción de algunos materiales en función de la frecuencia

Material	**Frecuencia (Hz)**					
	125	**250**	**500**	**1.000**	**2.000**	**4.000**
Hormigón	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
Suelo entablado	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08
Moqueta	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6
25mm de lana de vidrio	0,1	0,3	0,7	0,8	0,9	1,0

Como se observa en la tabla 2, las bajas frecuencias son más difíciles de absorber que las altas, por lo tanto, si bien existen lineamientos generales acerca de materiales absorbentes y sus coeficientes de absorción globales, estos dependen exclusivamente del sonido que se maneja en el establecimiento y debe realizarse una evaluación acústica para mejorar la calidad acústica del mismo así como su aislamiento al exterior.