

## **A N E X O I V**

### **Métodos y procedimientos de evaluación para los índices acústicos**

#### **A. Métodos de evaluación para los índices de ruido**

##### 1. Introducción.

Los valores de los índices acústicos establecidos por este real decreto pueden determinarse bien mediante cálculos o mediante mediciones (en el punto de evaluación). Las predicciones sólo pueden obtenerse mediante cálculos.

A los efectos de la inspección de actividades por las administraciones públicas competentes, la valoración de los índices acústicos se determinara únicamente mediante mediciones.

## 2. Métodos de cálculo de los índices $L_d$ , $L_e$ y $L_n$ .

Los métodos de cálculo recomendados para la evaluación de los índices de ruido  $L_d$ ,  $L_e$  y  $L_n$ , son los establecidos en el apartado 2, del anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre.

## 3. Métodos y procedimientos de medición de ruido.

### 3.1. Adaptación de los métodos de medida.

Las administraciones competentes que opten por la evaluación de los índices de ruido mediante la medición in situ deberán adaptar los métodos de medida utilizados a las definiciones de los índices de ruido del anexo I, y cumplir los principios, aplicables a las mediciones para evaluar niveles de ruido en determinados periodos temporales de evaluación y para promedios a largo plazo, según corresponda, expuestos en las normas ISO 1996-2: 1987 e ISO 1996-1: 1982.

### 3.2. Corrección por reflexiones.

Los niveles de ruido obtenidos en la medición frente a una fachada u otro elemento reflectante deberán corregirse para excluir el efecto reflectante del mismo.

### 3.3. Corrección por componentes tonales ( $K_t$ ), impulsivas ( $K_i$ ) y bajas frecuencias ( $K_f$ ).

Cuando en el proceso de medición de un ruido se detecte la presencia de componentes tonales emergentes, o componentes de baja frecuencia, o sonidos de alto nivel de presión sonora y corta duración debidos a la presencia de componentes impulsivos, o de cualquier combinación de ellos, se procederá a realizar una evaluación detallada del ruido introduciendo las correcciones adecuadas.

El valor máximo de la corrección resultante de la suma  $K_t + K_f + K_i$  no será superior a 9 dB.

En la evaluación detallada del ruido, se tomarán como procedimientos de referencia los siguientes:

#### *Presencia de componentes tonales emergentes:*

Para la evaluación detallada del ruido por presencia de componentes tonales emergentes se tomará como procedimiento de referencia el siguiente:

- Se realizará el análisis espectral del ruido en 1/3 de octava, sin filtro de ponderación.
- Se calculará la diferencia:

$$L_t = L_f - L_s$$

Donde:

$L_f$ , es el nivel de presión sonora de la banda  $f$ , que contiene el tono emergente.

$L_s$ , es la media aritmética de los dos niveles siguientes, el de la banda situada inmediatamente por encima de  $f$  y el de la banda situada inmediatamente por debajo de  $f$ .

- Se determinará la presencia o la ausencia de componentes tonales y el valor del parámetro de corrección  $K_t$  aplicando la tabla siguiente:

Banda de frecuencia 1/3 de octava	$L_t$ en dB	Componente tonal $K_t$ en dB
De 20 a 125 Hz	Si $L_t < 8$	0
	Si $8 \leq L_t \leq 12$	3
	Si $L_t > 12$	6
De 160 a 400 Hz	Si $L_t < 5$	0
	Si $5 \leq L_t \leq 8$	3
	Si $L_t > 8$	6
De 500 a 10000 Hz	Si $L_t < 3$	0
	Si $3 \leq L_t \leq 5$	3
	Si $L_t > 5$	6

- En el supuesto de la presencia de más de una componente tonal emergente se adoptará como valor del parámetro  $K_t$ , el mayor de los correspondientes a cada una de ellas.

#### *Presencia de componentes de baja frecuencia:*

Para la evaluación detallada del ruido por presencia de componentes de baja frecuencia se tomará como procedimiento de referencia el siguiente:

a) Se medirá, preferiblemente de forma simultánea, los niveles de presión sonora con las ponderaciones frecuenciales A y C.

b) Se calculará la diferencia entre los valores obtenidos, debidamente corregidos por ruido de fondo:

$$Lf = L_{Ceq,Ti} - L_{Aeq,Ti}$$

c) Se determina la presencia o la ausencia de componentes de baja frecuencia y el valor del parámetro de corrección  $K_f$  aplicando la tabla siguiente:

$Lf$ en dB	Componente de baja frecuencia $K_f$ en dB
Si $Lf \leq 10$	0
Si $10 > Lf \leq 15$	3
Si $Lf > 15$	6

#### *Presencia de componentes impulsivos.*

Para la evaluación detallada del ruido por presencia de componentes impulsivos se tomará como procedimiento de referencia el siguiente:

a) Se medirá, preferiblemente de forma simultánea, los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderado A, en una determinada fase de ruido de duración  $T_i$  segundos, en la cual se percibe el ruido impulsivo,  $L_{Aeq,Ti}$ , y con la constante temporal impulso (I) del equipo de medida,  $L_{Aeq,Ti}$

b) Se calculará la diferencia entre los valores obtenidos, debidamente corregidos por ruido de fondo:

$$Li = L_{Aeq,Ti} - L_{Aeq,Ti}$$

c) Se determinará la presencia o la ausencia de componente impulsiva y el valor del parámetro de corrección  $K_i$  aplicando la tabla siguiente:

$Li$ en dB	Componente impulsiva $K_i$ en dB
Si $Li \leq 10$	0
Si $10 > Li \leq 15$	3
Si $Li > 15$	6

### 3.4. Procedimientos de medición.

Los procedimientos de medición in situ utilizados para la evaluación de los índices de ruido que establece este real decreto se adecuarán a las prescripciones siguientes:

a) Las mediciones se pueden realizar en continuo durante el periodo temporal de evaluación completo, o aplicando métodos de muestreo del nivel de presión sonora en intervalos temporales de medida seleccionados dentro del periodo temporal de evaluación.

b) Cuando en la medición se apliquen métodos de muestreo del nivel de presión sonora, para cada periodo temporal de evaluación, día, tarde, noche, se seleccionarán, atendiendo a las características del ruido que se esté evaluando, el intervalo temporal de cada medida  $T_i$ , el número de medidas a realizar  $n$  y los intervalos temporales entre medidas, de forma que el resultado de la medida sea representativo de la valoración del índice que se está evaluando en el periodo temporal de evaluación.

c) Para la determinación de los niveles sonoros promedios a largo plazo se deben obtener suficientes muestras independientes para obtener una estimación representativa del nivel sonoro promediado de largo plazo.

d) Las mediciones en el espacio interior de los edificios se realizarán con puertas y ventanas cerradas, y las posiciones preferentes del punto de evaluación cumplirán las especificaciones del apartado 3.b), del anexo I A, realizando como mínimo tres posiciones. Cuando estas posiciones no sean posibles las mediciones se realizarán en el centro del recinto.

e) Atendiendo a la finalidad, la evaluación por medición de los índices de ruido que se establecen en este real decreto se adecuará además de lo indicado en los apartados anteriores a las normas específicas de los apartados siguientes:

#### 3.4.1. Evaluación de los índices de ruido referentes a objetivos de calidad acústica en áreas acústicas.

a) Se realizará una evaluación preliminar mediante mediciones en continuo durante al menos 24 horas, correspondientes a los episodios acústicamente más significativos, atendiendo a la fuente sonora que tenga mayor contribución en los ambientes sonoros del área acústica.

b) Se determinará el número de puntos necesarios para la caracterización acústica de la zona atendiendo a las dimensiones del área acústica, y a la variación espacial de los niveles sonoros.

c) El micrófono se situara preferentemente a 4 metros sobre el nivel del suelo, fijado a un elemento portante estable y separado al menos 1,20 metros de cualquier fachada o paramento que pueda introducir distorsiones por reflexiones en la medida. Para la medición se podrán escoger otras alturas, si bien éstas no deberán ser inferiores a 1,5 m sobre el nivel del suelo, y los resultados deberán corregirse de conformidad con una altura equivalente de 4 m. En estos casos se justificaran técnicamente los criterios de corrección aplicados.

3.4.2. Evaluación de los índices de ruido referentes a los niveles sonoros producidos por los emisores acústicos.

a) Infraestructuras viarias, ferroviarias y aeroportuarias.

- Se deberán realizar al menos 3 series de mediciones del  $L_{Aeq,Ti}$ , con tres mediciones en cada serie, de una duración mínima de 5 minutos ( $Ti = 300$  segundos), con intervalos temporales mínimos de 5 minutos, entre cada una de las series.
- La evaluación del nivel sonoro en el periodo temporal de evaluación se determinará a partir de los valores de los índices  $L_{Aeq,Ti}$  de cada una de las medidas realizadas, aplicando la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{Aeq,Ti}} \right)$$

Donde:

$T$ , es el tiempo en segundos correspondiente al periodo temporal de evaluación considerado.

$Ti$ , intervalo de tiempo de la medida  $i$ .

$n$ , es el número de mediciones del conjunto de las series de mediciones realizadas en el periodo de tiempo de referencia  $T$ .

El valor del nivel sonoro resultante, se redondeará incrementándolo en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante.

b) Infraestructuras portuarias y actividades.

- Cuando la finalidad de las mediciones sea la inspección de actividades, los titulares o usuarios de aparatos generadores de ruidos, tanto al aire libre como en establecimientos o locales, facilitarán a los inspectores el acceso a sus instalaciones o focos de emisión de ruidos y dispondrán su funcionamiento a las distintas velocidades, cargas o marchas que les indiquen dichos inspectores, pudiendo presenciar aquellos todo el proceso operativo.
- La medición, tanto para los ruidos emitidos como para los transmitidos por los emisores acústicos, se llevará a cabo en el lugar en que su valor sea más alto.
- La medición, tanto de los ruidos emitidos al ambiente exterior de las áreas acústicas, como de los transmitidos al ambiente interior de las edificaciones por los emisores acústicos, se llevará a cabo en el punto de evaluación, en que su valor sea más alto.
- Cuando, por las características del emisor acústico, se comprueben variaciones significativas de sus niveles de emisión sonora durante el periodo temporal de evaluación, se dividirá éste, en intervalos de tiempo,  $Ti$ , o fases de ruido ( $i$ ) en los cuales el nivel de presión sonora en el punto de evaluación se perciba de manera uniforme.
- En cada fase de ruido se realizarán al menos tres mediciones del  $L_{K_{eq},Ti}$  de una duración mínima de 5 segundos, con intervalos de tiempo mínimos de 3 minutos, entre cada una de las medidas.
- Las medidas se considerarán válidas, cuando la diferencia entre los valores extremos obtenidos, es menor o igual a 6 dBA.
- Si la diferencia fuese mayor, se deberá proceder a la obtención de una nueva serie de tres mediciones.
- De reproducirse un valor muy diferenciado del resto, se investigará su origen. Si se localiza, se deberá repetir hasta cinco veces las mediciones, de forma que el foco origen de dicho valor entre en funcionamiento durante los cinco segundos de duración de cada medida.
- Se tomará como resultado de la medición el valor más alto de los obtenidos.
- En la determinación del  $L_{K_{eq},Ti}$  se tendrá en cuenta la corrección por ruido de fondo. Para la determinación del ruido de fondo, se procederá de forma análoga a la descrita en el punto anterior, con el emisor acústico que se está evaluando parado.
- Cuando se determinen fases de ruido, la evaluación del nivel sonoro en el periodo temporal de evaluación se determinará a partir de los valores de los índices  $L_{K_{eq},Ti}$  de cada fase de ruido medida, aplicando la siguiente expresión:

$$L_{K_{eq},T} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n Ti 10^{0.1 L_{K_{eq},Ti}} \right)$$

Donde:

$T$ , es el tiempo en segundos correspondiente al periodo temporal de evaluación considerado ( $\geq Ti$ ).

$Ti$ , es el intervalo de tiempo asociado a la fase de ruido  $i$ . La suma de los  $Ti = T$ .

$n$ , es el número de fases de ruido en que se descompone el periodo temporal de referencia  $T$ .

El valor del nivel sonoro resultante, se redondeará incrementándolo en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante.

### 3.5. Condiciones de medición.

En la realización de las mediciones para la evaluación de los niveles sonoros, se deberán guardar las siguientes precauciones:

a) Las condiciones de humedad y temperatura deberán ser compatibles con las especificaciones del fabricante del equipo de medida.

b) En la evaluación del ruido transmitido por un determinado emisor acústico no serán válidas las mediciones realizadas en el exterior con lluvia, teniéndose en cuenta para las mediciones en el interior, la influencia de la misma a la hora de determinar su validez en función de la diferencia entre los niveles a medir y el ruido de fondo, incluido en éste, el generado por la lluvia.

c) Será preceptivo que antes y después de cada medición, se realice una verificación acústica de la cadena de medición mediante calibrador sonoro, que garantice un margen de desviación no superior a 0,3 dB respecto el valor de referencia inicial.

d) Las mediciones en el medio ambiente exterior se realizarán usando equipos de medida con pantalla antiviento. Así mismo, cuando en el punto de evaluación la velocidad del viento sea superior a 5 metros por segundo se desistirá de la medición.

## B. Métodos de evaluación para el índice de vibraciones.

### 1. Métodos de medición de vibraciones.

Los métodos de medición recomendados para la evaluación del índice de vibración  $L_{aw}$ , son los siguientes:

a) *Con instrumentos con la ponderación frecuencial  $w_m$ .*

Este método se utilizará para evaluaciones de precisión y requiere de un instrumento que disponga de ponderación frecuencial  $w_m$ , de conformidad con la definición de la norma ISO 2631-2:2003.

Se medirá el valor eficaz máximo obtenido con un detector de media exponencial de constante de tiempo 1s (slow) durante la medición. Este valor corresponderá al parámetro  $a_w$ , Maximum Transient Vibration Value, (MTVV), según se recoge en la norma ISO 2631-1:1997.

b) *Método numérico para la obtención del indicador  $L_{aw}$*

Cuando los instrumentos de medición no posean ponderación frecuencial y/o detector de media exponencial, o como alternativa a los procedimientos descritos en los apartados a) y c), se podrá recurrir a la grabación de la señal sin ponderación y posterior tratamiento de los datos de conformidad con las normas ISO descritas en el apartado a).

c) *Calculando la ponderación frecuencial  $w_m$ .*

Teniendo en cuenta que este procedimiento no es adecuado cuando se miden vibraciones transitorias (*a causa de la respuesta lenta de los filtros de tercio octava de más baja frecuencia (108 s) respecto a la respuesta "slow"*) su uso queda limitado a vibraciones de tipo estacionario.

Cuando los instrumentos no dispongan de la ponderación frecuencial  $w_m$  se podrá realizar un análisis espectral, con resolución mínima de banda de tercio de octava de acuerdo con la metodología que se indica a continuación.

El análisis consiste en obtener la evolución temporal de los valores eficaces de la aceleración con un detector de media exponencial de constante de tiempo 1s (slow) para cada una de las bandas de tercio de octava especificadas en la norma ISO 2631-2:2003 (1 a 80 Hz) y con una periodicidad de cómo mínimo un segundo para toda la duración de la medición.

A continuación se multiplicará cada uno de los espectros obtenidos por el valor de la ponderación frecuencial  $w_m$  (ISO 2631-2:2003)

En la siguiente tabla se detallan los valores de la ponderación  $w_m$  (ISO 2631-2:2003) para las frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava de 1 Hz a 80 Hz.

Frecuencia	$w_m$	
	factor	dB
Hz		
1	0,833	-1,59
1,25	0,907	-0,85
1,6	0,934	-0,59
2	0,932	-0,61
2,5	0,910	-0,82

Frecuencia	$w_m$	
	factor	dB
3,15	0,872	-1,19
4	0,818	-1,74
5	0,750	-2,50
6,3	0,669	-3,49
8	0,582	-4,70
10	0,494	-6,12
12,5	0,411	-7,71
16	0,337	-9,44
20	0,274	-11,25
25	0,220	-13,14
31,5	0,176	-15,09
40	0,140	-17,10
50	0,109	-19,23
63	0,0834	-21,58
80	0,0604	-24,38

Seguidamente se obtendrán los valores de aceleración global ponderada para los distintos instantes de tiempo (para cada espectro) mediante la siguiente fórmula:

$$a_{w,i} = \sqrt{\sum_j (w_{m,j} a_{w,i,j})^2}$$

Donde:

- $a_{w,i,j}$ : el valor eficaz (RMS, slow) de la señal de aceleración expresado en  $m/s^2$ , para cada una de las bandas de tercio de octava (j) y para los distintos instantes de la medición (i).
- $w_{m,j}$ : el valor de la ponderación frecuencial  $w_m$  para cada una de las bandas de tercio de octava (j).
- $a_{w,i}$ : el valor eficaz (RMS, slow) de la señal de aceleración global ponderada para los distintos instantes de la medición.

Finalmente, para encontrar el valor de  $a_w$  (MTVV) debe escogerse el valor máximo de las distintas aceleraciones globales ponderadas, para los distintos instantes de medición

$$a_w = \max \{ a_{w,i} \}_i$$

## 2. Procedimientos de medición de vibraciones.

Los procedimientos de medición in situ utilizados para la evaluación del índice de vibración que establece este real decreto se adecuarán a las prescripciones siguientes:

a) Previamente a la realización de las mediciones es preciso identificar los posibles focos de vibración, las direcciones dominantes y sus características temporales.

b) Las mediciones se realizarán sobre el suelo en el lugar y momento de mayor molestia y en la dirección dominante de la vibración si esta existe y es claramente identificable. Si la dirección dominante no está definida se medirá en tres direcciones ortogonales simultáneamente, obteniendo el valor eficaz  $a_{w,i}(t)$  en cada una de ellas y el índice de evaluación como suma cuadrática, en el tiempo  $t$ , aplicando la expresión:

$$a_w(t) = \sqrt{a_{w,x}^2(t) + a_{w,y}^2(t) + a_{w,z}^2(t)}$$

c) Para la medición de vibraciones generadas por actividades, se distinguirá entre vibraciones de tipo estacionario o transitorio.

i) Tipo estacionario: se deberá realizar la medición al menos en un minuto en el periodo de tiempo en el que se establezca el régimen de funcionamiento más desfavorable; si este no es identificable se medirá al menos un minuto para los distintos regímenes de funcionamiento.

ii) Tipo transitorio: se deberán tener en cuenta los posibles escenarios diferentes que puedan modificar la percepción de la vibración (foco, intensidad, posición, etc.). A efectos de la aplicación de los criterios señalados en el

artículo 17, apartado 1.b), en la medición se deberá distinguir entre los periodos diurno y nocturno, contabilizando el número de eventos máximo esperable.

d) En la medición de vibraciones generadas por las infraestructuras igualmente se deberá distinguir entre las de carácter estacionario y transitorio. A tal efecto el tráfico rodado en vías de elevada circulación puede considerarse estacionario.

i) Tipo estacionario: se deberá realizar la medición al menos en cinco minutos dentro del periodo de tiempo de mayor intensidad (principalmente de vehículos pesados) de circulación. En caso de desconocerse datos del tráfico de la vía se realizarán mediciones durante un día completo evaluando el valor eficaz  $a_w$ .

ii) Tipo transitorio: se deberán tener en cuenta los posibles escenarios diferentes que puedan modificar la percepción de la vibración (p.e: en el caso de los trenes se tendrá en cuenta los diferentes tipos de vehículos por cada vía y su velocidad si la diferencia es apreciable). A efectos de la aplicación de los criterios señalados en el artículo 17, apartado 1.b), en la medición se deberá distinguir entre los periodos diurno y nocturno, contabilizando el número de eventos máximo esperable.

e) De tratarse de episodios reiterativos, se realizará la medición al menos tres veces, dándose como resultado el valor más alto de los obtenidos; si se repite la medición con seis o más eventos se permite caracterizar la vibración por el valor medio más una desviación típica.

f) En la medición de la vibración producida por un emisor acústico a efectos de comprobar el cumplimiento de lo estipulado en el artículo 26 se procederá a la corrección de la medida por la vibración de fondo (vibración con el emisor parado).

g) Será preceptivo que antes y después de cada medición, se realice una verificación de la cadena de medición con un calibrador de vibraciones, que garantice su buen funcionamiento.