

EVALUACIÓN Y GESTIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

GUIAS DE BUENAS PRÁCTICAS

GUÍA PARA LA VALORACIÓN DE LAS AFECCIONES POR VIBRACIONES



CONSEJERIA DE MEDIOAMBIENTE
SERVICIO DE CALIDAD AMBIENTAL



Laboratorio de Ingeniería Acústica

Esta Guía ha sido realizada por:

José Luís Cueto Ancela
Ricardo Hernández Molina
Silvia Rivas Calvete
Belén Aranda

2007

Laboratorio de Ingeniería Acústica
Universidad de Cádiz
Departamento de Máquinas y motores Térmicos
Campus de Puerto Real: C.A.S.E.M.
Polígono Río San Pedro
11510 Puerto Real
CÁDIZ
ricardo.hernandez@uca.es

INDICE

1. **Criterios de medición y valoración de vibraciones**
2. **Criterios de valoración de las afecciones por vibraciones en el interior de los locales.**
3. **Límites admisibles de vibraciones**
4. **Métodos de evaluación para el índice de vibraciones. Conforme al Proyecto de real decreto**
5. **Valores límite de vibración aplicables a los emisores acústicos**
6. **Tabla: Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables al espacio interior habitable**
7. **Instrumentación:**
8. **Métodos de medición de vibraciones.**
 - i. **Con instrumentos con la ponderación frecuencial w_m .**
 - ii. **Método numérico para la obtención del indicador L_{aw} .**
 - iii. **Calculando la ponderación frecuencial w_m .**
9. **Procedimientos de medición de vibraciones**
10. **Normativa de referencia.**

Criterios de medición y valoración de vibraciones.

Criterios de medición de niveles de inmisión de vibraciones en el interior de los locales.

a) La determinación de la magnitud de las vibraciones será la aceleración, valorándose ésta en m/s^2

Se utilizará analizador espectral clase 1 o superior. Los equipos de medidas de vibraciones deben cumplir con la norma ISO-8041.

b) Las mediciones se realizarán en tercios de octava para valores de frecuencia comprendidos entre 1 y 80 Hz, cumpliendo los filtros de medida lo exigido para el grado de precisión 1 en la Norma UNE-EN-61260: 1997, determinándose para cada ancho de banda el valor eficaz de la aceleración en m/s^2

c) El número de determinaciones mínimas a realizar será de tres medidas de aceleración para cada valoración, seleccionando para ello la posición, hora y condiciones más desfavorables.

d) El tiempo de medición para cada determinación será al menos de un (1) minuto.

e) Para asegurar una medición correcta, además de las especificaciones establecidas por el fabricante de la instrumentación, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Elección de la ubicación del acelerómetro: El acelerómetro se debe colocar de forma que la dirección de medida deseada coincida con la de su máxima sensibilidad, generalmente en la dirección de su eje principal. Se buscará una ubicación del acelerómetro de manera que las vibraciones de la fuente lleguen al punto de medida por el camino más directo posible.

Como regla general, se ubicará siempre en el plano vibrante y en dirección perpendicular a él, ya sea suelo, techo o paredes.

- Colocación del acelerómetro: El acelerómetro se debe colocar de forma que la unión con la superficie de vibración sea lo más rígida posible, admitiéndose los siguientes sistemas de montaje: Mediante un vástago roscado, embutido en el punto de medida. Pegar el acelerómetro al punto de medida, mediante una capa de cera de abejas. Colocación de un imán permanente, como método de fijación, cuando exista una superficie magnética plana.

- Influencia del ruido en los cables: Se ha de evitar el movimiento del cable de conexión del acelerómetro al analizador de frecuencias, así como los efectos de doble pantalla en dicho cable de conexión producidos por la proximidad a campos electromagnéticos.

f) Todas las consideraciones que el responsable de la medición haya tenido en cuenta en la realización de la misma se harán constar en el informe.

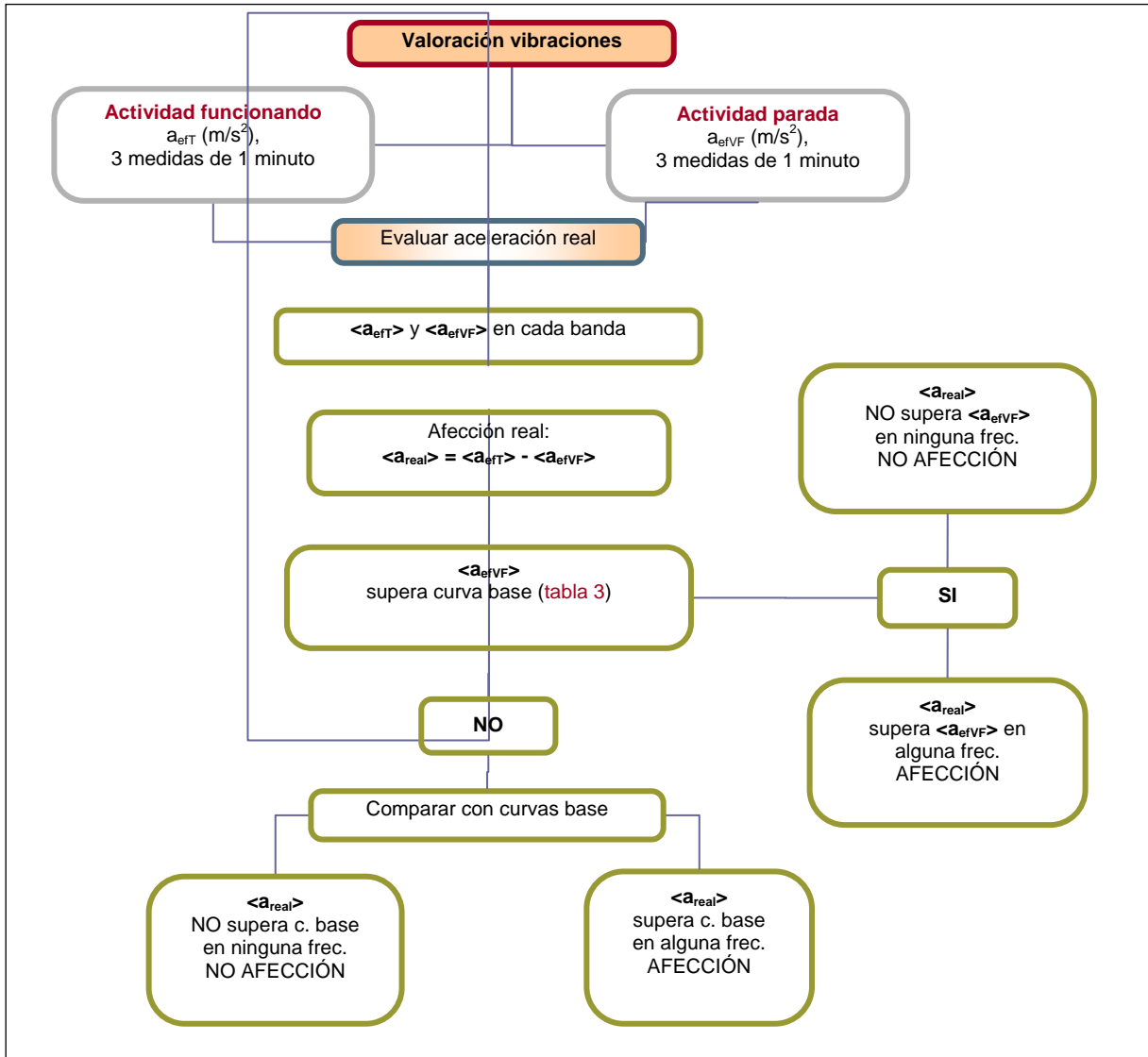
Criterios de valoración de las afecciones por vibraciones en el interior de los locales.

- a) Se llevarán a efecto dos evaluaciones diferenciadas, una primera con al menos tres medidas funcionando la fuente vibratoria origen del problema, y otra valoración de tres mediciones en los mismos lugares de valoración con la fuente vibratoria sin funcionar.
- b) Se calculará el valor medio de la aceleración en cada uno de los anchos de banda medidos para cada una de las determinaciones, esto es, funcionando la fuente vibratoria y sin funcionar ésta.
- c) Se determinará la afección real en cada ancho de banda que la fuente vibratoria produce en el receptor. Para ello se realizará una sustracción aritmética de los valores obtenidos para cada valoración.
- d) Se procederá a comparar, en cada una de las bandas de tercios de octava, el valor de la aceleración obtenido en m/s^2 con respecto a las curvas de estándares limitadores definidas en la Tabla núm. 4 y Gráfico 1 del Anexo I del presente Reglamento, según el uso del recinto afectado y el período de evaluación.
- e) Si el valor corregido de la aceleración, obtenido en m/s^2 para uno o más de los tercios de octava, supera el valor de la curva estándar seleccionada, existirá afección por vibración, salvo en el caso de que los valores de la curva correspondiente a las mediciones con la máquina o fuente vibratoria sin funcionar fuesen superiores a la curva estándar aplicable, en cuyo caso se considerarán aquéllos como circunstancia máxima admisible.

Criterios para la medición de vibraciones (interior).

- Magnitud: aceleración eficaz m/s^2 .
- Analizador espectral clase 1
- Medir en bandas de 1/3 octava
- $1 < f < 80$ Hz
- Tres medidas de 1 minuto para cada evaluación
- Posición-hora de máxima afección
- Ubicación acelerómetros:
 - Unión rígida, vástago roscado
 - Pegado cera abejas
 - Imán permanente
 - Evitar movimiento cables
 - Efecto campos electromagnéticos
- Otras consideraciones del técnico

Criterios para la valoración de las afecciones por vibraciones (interior).



Límites admisibles de vibraciones

Límites admisibles de transmisión de vibraciones de equipos e instalaciones. Ningún equipo o instalación podrá transmitir a los elementos sólidos que componen la compartimentación del recinto receptor, niveles de vibraciones superiores a los señalados en la Tabla núm. 1 y Gráfico núm. 1

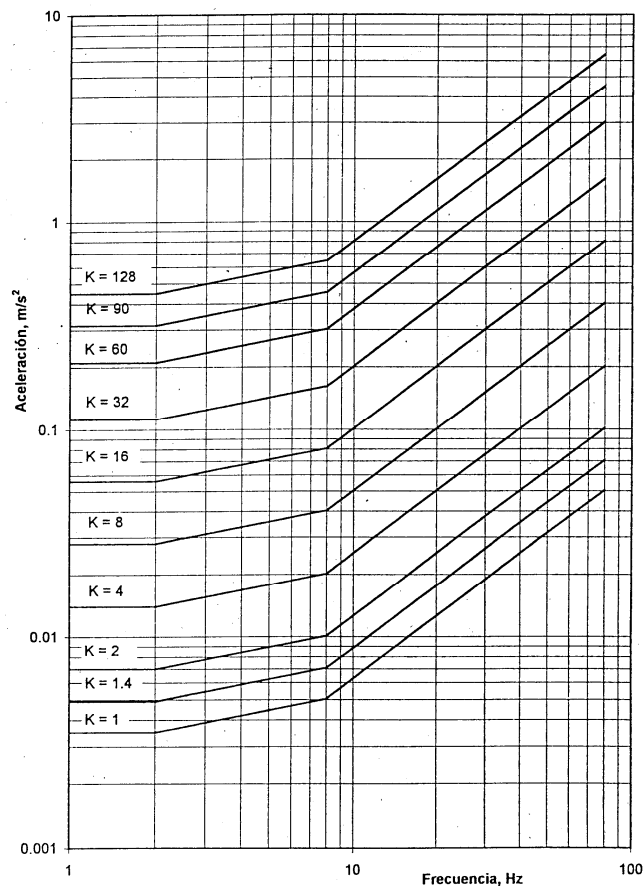
- A los cerramientos del recinto receptor
- Expresado en m/s^2
- Corregir por vibración de fondo
- Límites Tabla 1

TABLA 1. CURVAS BASE LIMITE DE INMISION DE VIBRACIONES EN EL INTERIOR DE LAS EDIFICACIONES

Límites de inmisión por vibraciones

ESTÁNDARES LIMITADORES PARA LA TRANSMISIÓN DE VIBRACIONES		
Uso del recinto afectado	Curva base período diurno	Curva base período nocturno
SANITARIO	1	1
RESIDENCIAL, HOSPEDAJE, DOCENTE Y CULTURAL	2	1,4
OFICINAS	4	4
ALMACÉN Y COMERCIAL	8	8

FACTOR K PARA LA DETERMINACIÓN DE LA MOLESTIA PRODUCIDA POR VIBRACIONES EN LOS EDIFICIOS



Métodos de evaluación para el índice de vibraciones.

Proyecto de real decreto, por el que se completa el desarrollo de la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido. Octubre de 2006. Ministerio de Medio Ambiente

Con objeto de verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior de las edificaciones, en la evaluación de las vibraciones se aplicará el índice acústico L_{aw} , este índice es un indicativo de la molestia y los niveles de vibración máximos, durante el periodo temporal de evaluación, en el espacio interior de edificios.

Valores límite de vibración aplicables a los emisores acústicos.

Los nuevos emisores acústicos, de los relacionados en el artículo 12.2 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, deberán adoptar las medidas necesarias para no transmitir al espacio interior de las edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales, vibraciones que contribuyan a superar los objetivos de calidad acústica para vibraciones que les sean de aplicación de acuerdo con los objetivos de calidad acústica aplicables al espacio interior, evaluadas conforme al procedimiento establecido en el anexo IV.

Tabla: Objetivos de calidad acústica para vibraciones aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales.

Uso del edificio	Índice de vibración L_{aw}
Vivienda o uso residencial	75
Hospitalario	72
Educativo o cultural	72

Instrumentación:

Para la medición de vibraciones se emplearan sonómetros o analizadores de tipo 1/clase 1 con análisis espectral para medidas en bandas de tercios de octava, que cumplan las exigencias establecidas en las normas:

(UNE 21328 para filtros de octava, de media octava y tercios de octava en análisis de ruido y vibraciones),
UNE-EN ISO 8041:2006. "Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida".

Recogiendo en el informe o certificado de medición el modelo de éstos, su número de serie y la fecha y certificado de su última calibración.

Métodos de medición de vibraciones.

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

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.

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).

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 1/3 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 la normativa 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)

$$\sqrt{\frac{f_3^2}{f^2 + f_3^2}}$$

Donde:

f es la frecuencia en Hercios

$f_3 = 5,68$ Hz

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 octava de 1 Hz a 80 Hz.

Frecuencia Hz	w_m	
	factor	dB
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
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

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

Procedimientos de medición de vibraciones.

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

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

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

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

- 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.
- 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.

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.

- 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 .
- 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 aplicación en la medición se deberá distinguir entre los periodos diurno y nocturno, contabilizando el número de eventos máximo esperable.

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.

En la medición de la vibración producida por un emisor acústico a efectos de comprobar el cumplimiento de la normativa, se procederá a la corrección de la medida por la vibración de fondo (vibración con el emisor parado).

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.

Normativa de referencia.

1. Ley 7/1994, de 18 de mayo, de Protección Ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA 31 de Mayo)
2. ORDEN de 16 de diciembre de 1998 por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible. BOE n. 311 de 29/12/1998
3. Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía. BOJA núm. 243 de 18 de diciembre 2003
4. Orden de 29 de junio de 2004, por la que se regulan los técnicos acreditados y la actuación subsidiaria de la Consejería en materia de Contaminación Acústica. BOJA 133/2004, de 8 de julio
5. ORDEN de 26 de julio de 2005, por la que se aprueba el modelo tipo de ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica. BOJA n.m. 158 16 de agosto 2005
6. ORDEN de 18 de enero de 2006, por la que se desarrolla el contenido del sistema de calidad para la acreditación en materia de contaminación acústica. BOJA nº. 24 Sevilla, 6 de febrero 2006
7. Proyecto de real decreto, por el que se completa el desarrollo de la ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido. Octubre de 2006. Ministerio de Medio Ambiente



**CONSEJERIA DE MEDIOAMBIENTE
SERVICIO DE CALIDAD AMBIENTAL**



Laboratorio de Ingeniería Acústica