

# Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a **vibraciones** mecánicas

Extracto de :  
Real Decreto 1311/2005. Norma UNE-EN ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1



**Título:**

Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas.  
Extracto de: Real Decreto 1311/2005. Norma UNE-EN ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

**Autores:**

***D. Miguel Arana Burgui***

Departamento de Física  
Universidad Pública de Navarra

***D. Javier Eransus Izquierdo***

Técnico de Prevención  
Instituto Navarro de Salud Laboral

***D. Fco. Javier Razquin Lizarraga***

Técnico de Prevención  
Instituto Navarro de Salud Laboral

© GOBIERNO DE NAVARRA  
Instituto Navarro de Salud Laboral  
Departamento de Salud

**Diseño gráfico:** ANA COBO  
**Impresión:** SPACE GRAFIC

**Depósito Legal:** NA-3.095/2005

**Promociona y distribuye:**

Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra  
Departamento de Presidencia e Interior  
c/ Navas de Tolosa, 21  
Tel.: 848 42 71 21  
Fax: 848 42 71 23  
e-mail: fpubli01@cfnavarra.es  
<http://www.navarra.es>  
31002 Pamplona

# ***Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas***

*Extracto de:*

*Real Decreto 1311/2005. Norma UNE-EN ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1*

## ***Introducción***

Son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas tanto transmitidas al sistema mano-brazo como al cuerpo entero. La conducción de vehículos de transporte, carretillas elevadoras, maquinaria agrícola o de obras públicas, así como el uso de herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras son las fuentes principales de la exposición laboral a vibraciones mecánicas.

A pesar de la numerosa población laboral expuesta, no es equivocado decir que es escasa la cultura preventiva frente a los riesgos por exposición a vibraciones mecánicas.

Al objeto de paliar esta carencia presentamos en este texto de manera simplificada el contenido del Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Se han incluido en este texto los aspectos relativos a la evaluación de la exposición mediante mediciones a que hace referencia el anexo del Real Decreto, incluyendo de la manera más sencilla posible los aspectos más relevantes de las Normas UNE-EN ISO 5349-1 e ISO 2631-1 citadas en el referido Anexo.

# ***Contenido básico del Real Decreto 1311/2005 sobre vibraciones***

## ***Introducción***

El Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre establece disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

## ***Disposiciones generales***

### **OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente Real Decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

Tales disposiciones se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

### **NORMAS TRANSITORIAS**

Cuando se utilicen equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores antes del 6 de julio de 2007 y que no permitan respetar los valores límite de exposición habida cuenta de los últimos avances de la técnica y/o de la puesta en práctica de medidas de organización, podrán superarse tales valores límite hasta el 6 de julio de 2008 y, en el caso particular de los equipos utilizados en los sectores agrícola y silvícola, hasta el 6 de julio de 2011.

### **DEFINICIONES**

#### **VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO-BRAZO**

Es la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.

## VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO

Es la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

### VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN

#### 1. Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- a. el valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas se fija en  $5 \text{ m/s}^2$ ;
- b. el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

#### 2. Para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- a. el valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas se fija en  $1,15 \text{ m/s}^2$ ;
- b. el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

## *Obligaciones de los empresarios*

### DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición, de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, 8 de noviembre, y en la sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, aprobado por el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

Esta evaluación y medición serán realizadas por el personal que cuente con la titulación superior en prevención de riesgos laborales con la especialidad de higiene industrial.

La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada.

**El empresario, al evaluar los riesgos, concederá particular atención a los siguientes aspectos:**

- a. el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas;
- b. los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el presente Real Decreto;
- c. todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles expuestos al riesgo, incluidas las trabajadoras embarazadas;
- d. todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo;
- e. la información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo;
- f. la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas;
- g. la prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario;
- h. condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas;
- i. la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores incluida la información científica-técnica publicada, en la medida en que sea posible.

En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse (técnicas, organizativas y de información y formación) y planificará su ejecución.

## MEDIDAS ENCAMINADAS A EVITAR O A REDUCIR LA EXPOSICIÓN

Teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen, los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible.

Cuando se rebasen los valores establecidos de exposición diaria normalizados para un periodo de 8 horas (tanto por vibraciones mano-brazo como de cuerpo entero), que den lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de la misma, tomando en consideración, especialmente:

- a. otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas;
- b. la elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado;
- c. el suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo;
- d. programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo;
- e. la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- f. la información y formación adecuadas, a los trabajadores sobre el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas;
- g. la limitación de la duración e intensidad de la exposición;
- h. una ordenación adecuada del tiempo de trabajo;
- i. la aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

Los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición (ver normas transitorias).

Si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario, se superase el valor límite de exposición, el empresario tomará de inmediato medidas para reducir

la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite. Determinará las causas por las que se ha superado el valor límite y modificará, en consecuencia, las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelva a sobrepasar.

En circunstancias debidamente justificadas y respetando los principios generales de la protección de los trabajadores, no serán de aplicación los valores límite de exposición en los sectores de la navegación marítima y aérea en lo que respecta a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero (previa consulta con los trabajadores y/o sus representantes y comunicación a la Autoridad Laboral).

El empresario adaptará estas medidas a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos.

## **INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES**

El empresario velará por que los trabajadores expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo y/o sus representantes reciban información y formación relativas al resultado de la evaluación de los riesgos, en particular sobre:

- a. las medidas tomadas con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica;
- b. los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción;
- c. los resultados de las evaluaciones y mediciones de la vibración mecánica efectuadas y los daños para la salud que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado;
- d. la conveniencia y el modo de detectar e informar sobre signos de daños para la salud
- e. las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de su salud;
- f. las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas.

## **CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES**

La consulta y participación de los trabajadores sobre las cuestiones previstas en el presente Real Decreto se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 y en el Capítulo V de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.



## *Vigilancia de la salud*

La vigilancia de la salud, cuyos resultados se tendrán en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto, tendrá como objetivo la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas.

Todo trabajador expuesto a niveles de vibraciones mecánicas superiores a los valores que dan lugar a una acción tendrá derecho a una vigilancia de la salud apropiada.

Cuando la vigilancia de la salud ponga de manifiesto que un trabajador padece una enfermedad o dolencia diagnosticable que, en opinión del médico responsable, sea consecuencia, en todo o en parte, de una exposición a vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo,

- a. El médico comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente; en particular, le informará y aconsejará sobre la vigilancia de la salud a que deberá someterse al final de la exposición.
- b. El empresario deberá recibir información obtenida a partir de la vigilancia de la salud, conforme a lo establecido en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre,
- c. por su parte, el empresario deberá:
  - revisar la evaluación de los riesgos,
  - revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos,
  - tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesaria para eliminar o reducir riesgos, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición, y
  - disponer un control continuado de la salud del trabajador afectado y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar. En tales casos, el médico responsable de la vigilancia de la salud podrá proponer que las personas expuestas se sometan a un reconocimiento médico.

## GUIA TÉCNICA

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo elaborará y mantendrá actualizada una guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas.

## Anexo

---



### VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL SISTEMA MANO-BRAZO

#### EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación de la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 8 horas,  $A(8)$ , expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales  $a_{hwX}$ ,  $a_{hwY}$  y  $a_{hwZ}$ , tal como se definen en en la **norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002)**

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

## NORMA UNE-EN ISO 5349-1 (2002)

**Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano** (parte 1. Requisitos generales).

### Objeto y campo de aplicación:

Especifica los requisitos generales para la medida e información de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano, en tres ejes ortogonales. Define una ponderación en frecuencia y los filtros de banda limitante para conseguir una comparación uniforme de las medidas. Los valores obtenidos pueden utilizarse para predecir los efectos adversos de las vibraciones transmitidas por la mano en el intervalo de frecuencia cubierto por las bandas de octava que van desde 8 Hz a 1 kHz.

Es aplicable a vibraciones periódicas y aleatorias. Provisionalmente, también se aplica a los choques repetidos tipo excitación (impactos).

Símbolos:

$a_{hw}(t)$	Valor de la aceleración instantánea de las vibraciones transmitidas por la mano, ponderadas en frecuencia, en el tiempo $t$ , en $m/s^2$
$a_{hw}$	Valor eficaz de la aceleración instantánea de las vibraciones transmitidas por la mano, ponderadas en frecuencia, en el tiempo $t$ , en $m/s^2$
$a_{hw_x}$	Valor de $a_{hw}$ , en $m/s^2$ , para el eje $x$
$a_{hw_y}$	Valor de $a_{hw}$ , en $m/s^2$ , para el eje $y$
$a_{hw_z}$	Valor de $a_{hw}$ , en $m/s^2$ , para el eje $z$
$a_{hv}$	Valor total de la aceleración eficaz de las vibraciones, ponderada en frecuencia. Conocida también como vector suma o suma de aceleraciones ponderadas en frecuencias. Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores de $a_{hw}$ para los tres ejes de medida de las vibraciones, en $m/s^2$
$A(8)$	Exposición diaria a las vibraciones (valor total de la energía equivalente de las vibraciones para 8 horas), en $m/s^2$ . También denominado $a_{hv(eq,8h)}$ o, abreviadamente, $a_{hv}$
$T$	Duración total diaria de la exposición a las vibraciones
$T_0$	Duración de referencia de 8 horas (28 800 s)
$W_h$	Característica de ponderación en frecuencia para las vibraciones transmitidas por la mano

## Medida y evaluación de las vibraciones transmitidas por la mano:

La exposición diaria a las vibraciones se evalúa mediante:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

donde:

**T** es la duración total diaria de la exposición a las vibraciones

**T<sub>0</sub>** es la duración de referencia de 8 horas (28.800 s)

Si el trabajo es tal que la exposición diaria total a las vibraciones consta de varias operaciones con diferentes magnitudes de las vibraciones, entonces:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}$$

donde:

**a<sub>hvi</sub>** es la magnitud (vector suma) de las vibraciones de la operación *i*

**n** es el número de exposiciones individuales a las vibraciones

**T<sub>i</sub>** es la duración de la operación *i*

*Ejemplo:*

Si los valores totales de las vibraciones para tiempos de exposición de 2 h, 1'5 h y 1 h (en el mismo día de trabajo) son 1 m/s<sup>2</sup>, 4 m/s<sup>2</sup> y 8 m/s<sup>2</sup>, respectivamente, entonces:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8h} \left[ (1\text{m/s}^2)^2 \times 2h + (4\text{m/s}^2)^2 \times 1,5h + (8\text{m/s}^2)^2 \times 1h \right]} = 3,4\text{m/s}^2$$

### **Información a registrar de una evaluación:**

Cuando se realice una evaluación de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano, debe registrarse la siguiente información:

1. El sujeto de la evaluación de la exposición.
2. Las operaciones que causan las exposiciones a las vibraciones.
3. Las herramientas guiadas a motor, herramientas insertadas y/o piezas de trabajo implicadas.
4. Localización y orientación de los transductores.
5. Raíz cuadrática media individual y las aceleraciones medidas en un solo eje ponderadas en frecuencia.
6. Valor total de las vibraciones por cada operación.
7. Duración diaria total para cada operación.
8. Exposición diaria a las vibraciones.
9. Cuando no se realicen mediciones en todos los ejes, debe registrarse el factor de multiplicación empleado para estimar el valor total de las vibraciones y la justificación para esta selección.

### **Filtros de ponderación en frecuencia:**

Las medidas de  $a_{hv}$  requieren la aplicación de filtros de ponderación en frecuencia y de banda limitante. La ponderación en frecuencia  $W_h$  refleja la importancia asumida de las diferentes frecuencias que pueden causar daño a la mano. El intervalo de aplicación de los valores medidos para la predicción de los daños de las vibraciones está restringido al intervalo de frecuencia de trabajo cubierto por las bandas de octava que van desde 8 Hz a 1 kHz. La dependencia de la frecuencia de las respuestas a las vibraciones no tiene por qué ser la misma en todos los ejes. Sin embargo, en la actualidad, no están disponibles diferentes ponderaciones para los diferentes ejes.

La aceleración eficaz ponderada en frecuencia  $a_{hw}$  se calcula mediante la expresión:

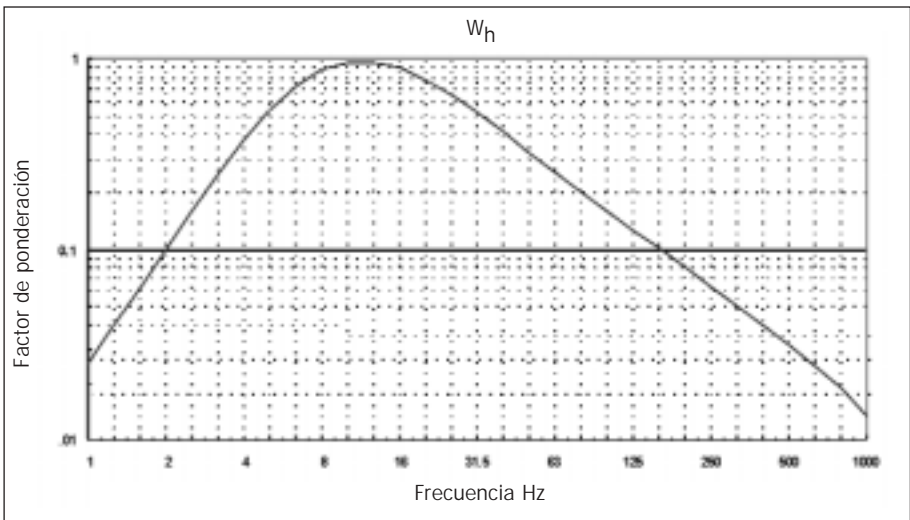
$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2}$$

donde:

$W_{hi}$  es el factor de ponderación para la banda de tercio de octava  $i$

$a_{hi}$  es la aceleración eficaz en la banda de tercio de octava  $i$

La curva de ponderación se muestra en la figura n° 1.



**Fig. 1.** Curva de ponderación en frecuencias  $W_h$  para las vibraciones transmitidas por la mano.

## MEDICIÓN

Cuando se proceda a la medición de los niveles de vibración a que están expuestos los trabajadores:

- a. los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma UNE-EN ISO 5349-2 (2002);
- b. cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.

## INTERFERENCIAS

Las disposiciones relativas a "todos los efectos indirectos" para evaluar los riesgos se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

## RIESGOS INDIRECTOS

Las disposiciones relativas a "todos los efectos indirectos" para evaluar los riesgos se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudique la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas encaminadas a evitar o reducir las exposiciones en que se rebasen los niveles de acción.



## VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO

### EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación de la vibración transmitida al cuerpo entero se basa en el cálculo del valor de exposición diaria,  $A(8)$ , expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ( $1,4 a_{wx}$ ,  $1,4 a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con la norma **ISO 2631-1:1997**.

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

Se podrán tener en cuenta únicamente, en lo que respecta a la navegación marítima, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

### NORMA ISO-2631-1

***Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones globales del cuerpo.*** (Parte 1. Requisitos generales)

#### ***Objeto y campo de aplicación:***

*Define los métodos para la medida de vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo humano, bien sean vibraciones periódicas, aleatorias o transitorias. Indica los principales factores que influyen para determinar el grado para el que una exposición a las vibraciones será aceptable. El rango de frecuencias considerado es:*

*0,5 Hz – 80 Hz para seguridad, confort y percepción  
0,1 Hz – 0,5 Hz para mareos*



Es aplicable para las transmisiones a través de las superficies soportantes: por el pie para persona erguida, nalgas, espalda y pié para persona sentada o área soportante para persona acostada. Tal tipo de vibración se encuentra en vehículos, maquinaria y edificios.

Símbolos:

**a** Valor eficaz de la aceleración, en  $m/s^2$ .

**W** Ponderación frecuencial.

La evaluación se realizará mediante la medida de la aceleración eficaz ponderada:

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$$

donde:

**a<sub>w</sub>(t)** es el valor instantáneo de la aceleración ponderada en frecuencia.

**T** es la duración de la medida, es segundos.

### Respuesta humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero:

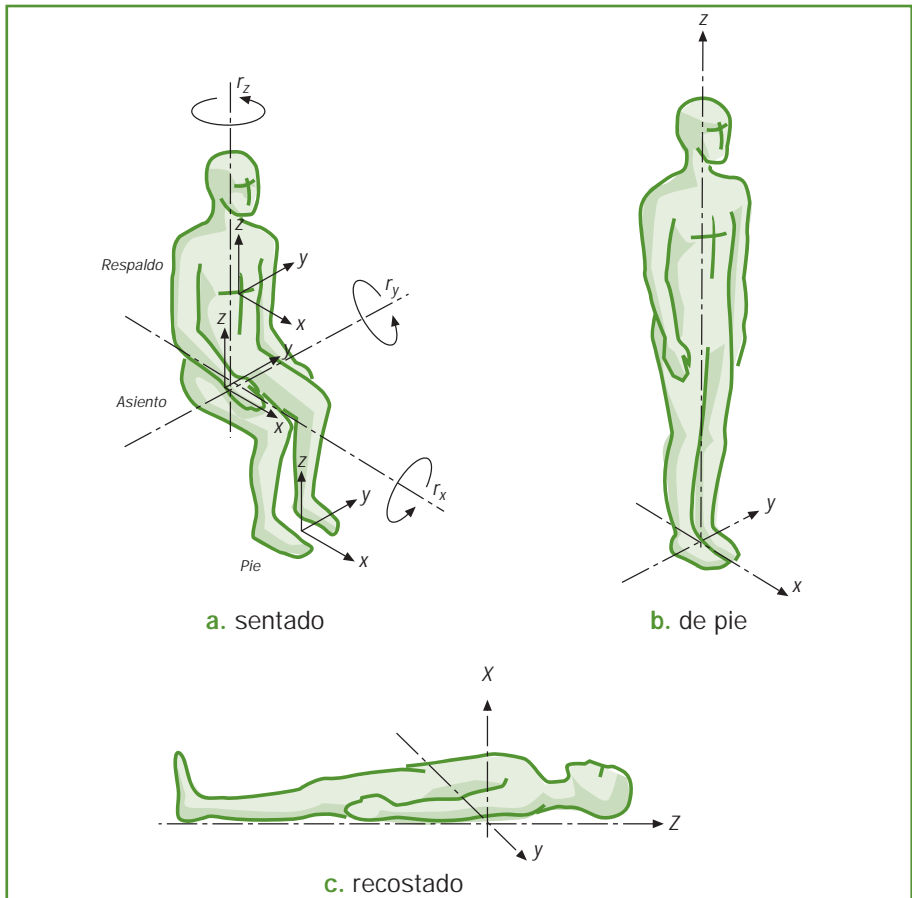
La respuesta humana a este tipo de vibraciones depende tanto del criterio de afección (salud, confort, percepción o mareo) como de la parte del cuerpo en contacto y dirección de la vibración. Se utilizan, por ello, diferentes filtros. Las siguientes tablas son una guía de aplicación de los mismos (ver la figura 2 para la definición de los ejes basicéntricos del cuerpo humano).

Ponderación Frecuencial	Salud	Confort	Percepción	Mareos
$W_k$	eje- z; asiento	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical Ejes x-y-z; pie (sentado)	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical	
$W_d$	eje- x; asiento eje- y; asiento	eje- x; asiento eje- y; asiento ejes x-y; de pie Recostado horizontal ejes x-y espalda sentado	eje- x; asiento eje- y; asiento ejes x-y; de pie Recostado horizontal	
$W_f$				vertical

**Tabla 1.** Guía para la aplicación de las curvas de ponderación frecuencial para las principales ponderaciones.

Ponderación Frecuencial	Salud	Confort	Percepción	Mareos
$W_c$	eje- x; espalda sentado	eje- x; espalda sentado	eje- x; espalda sentado	
$W_e$		Ejes rx-ry-rz; asiento	Ejes rx-ry-rz; asiento	
$W_j$		Recostado vertical	Recostado vertical	

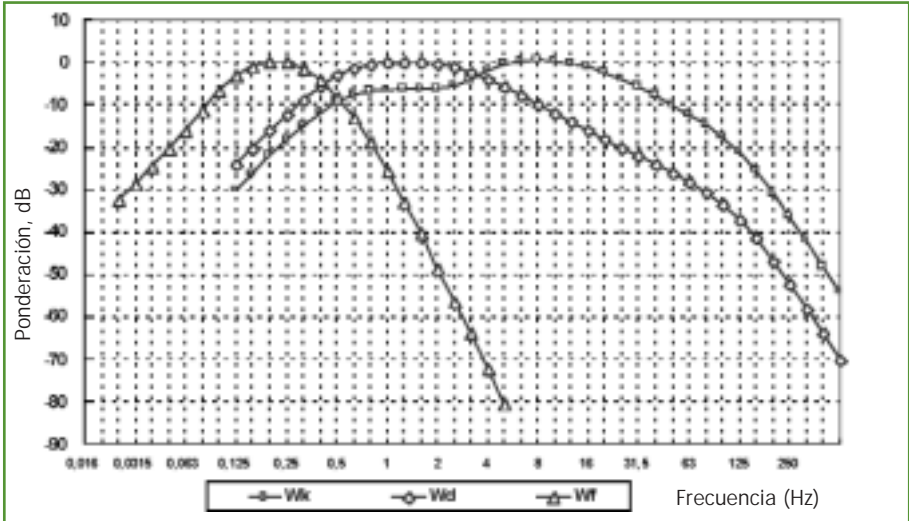
**Tabla 2.** Guía para la aplicación de las curvas de ponderación frecuencial para factores de ponderación adicional.



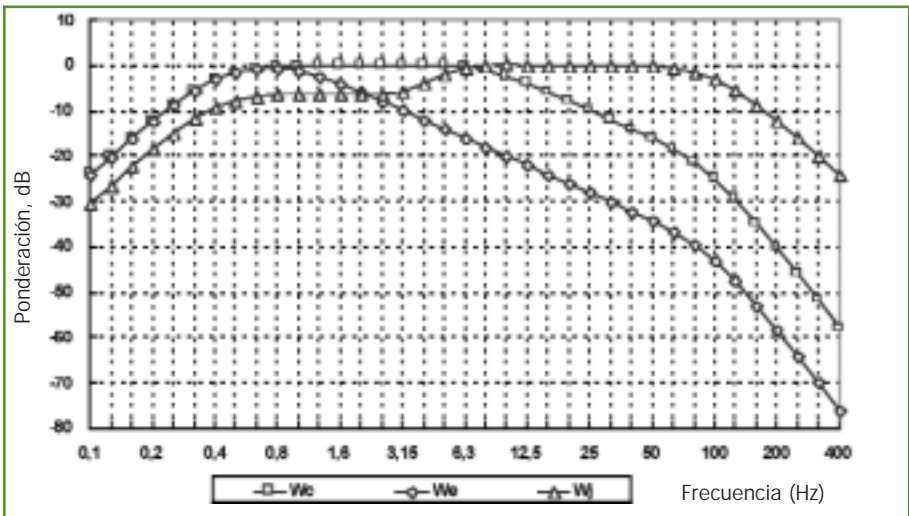
**Fig. 2.** Ejes basicéntricos del cuerpo humano.

### Filtros de ponderación:

Las figuras 3 y 4 muestran los filtros de ponderación principales y adicionales para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero (ISO 2631-1:1997)



**Fig. 3.** Curvas de ponderación en frecuencia ( $W_k$ ,  $W_d$  y  $W_f$ ) para las principales ponderaciones en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.



**Fig. 4.** Curvas de ponderación en frecuencia ( $W_c$ ,  $W_e$  y  $W_j$ ) para las ponderaciones adicionales en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

### Evaluación:

El resultado final de una evaluación se obtiene ponderando los resultados obtenidos para cada banda de tercio de octava por los factores de ponderación de los filtros mostrados en las figuras anteriores, mediante la expresión:

$$a_w = \left[ \sum_i (W_i a_i)^2 \right]^{1/2}$$

donde:

- $a_w$**  es la aceleración ponderada en frecuencia
- $W_i$**  es el factor de ponderación para la banda de tercio de octava  $i$ .
- $a_i$**  es el valor eficaz de la aceleración para la banda de tercio de octava  $i$ .

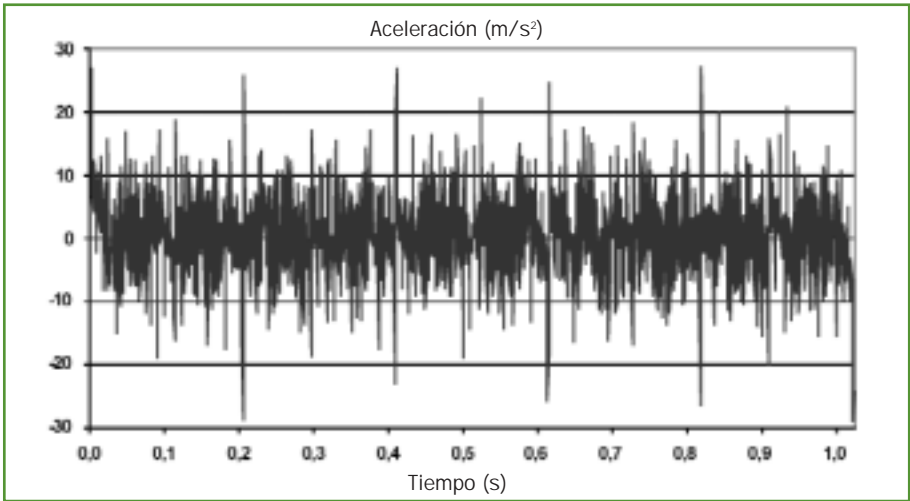
La expresión anterior está expresada en el dominio de la frecuencia. La expresión equivalente, en el dominio del tiempo es:

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$$

Ejemplo:

Mostraremos, mediante un ejemplo, el proceso de cálculo para la evaluación y valoración de la vibración. Mostraremos el caso de vibración transmitida al cuerpo entero y donde la vibración predominante es la correspondiente al eje vertical en el asiento.

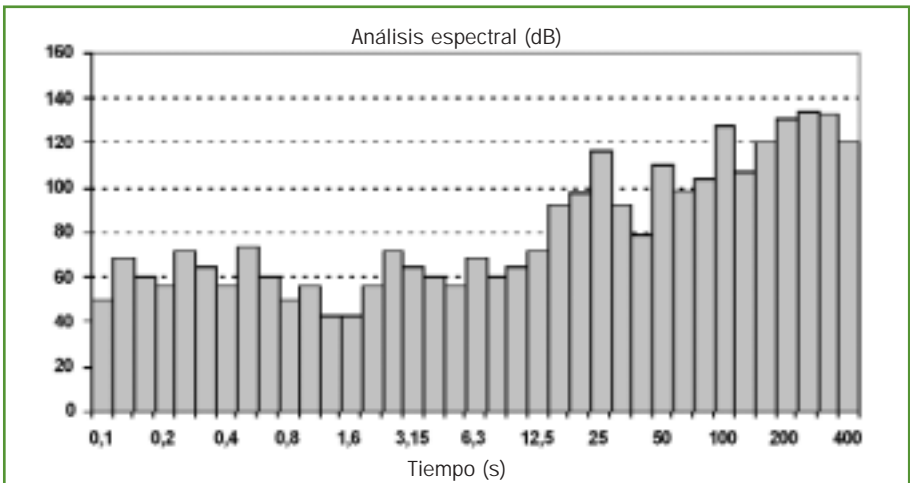
Supongamos que hemos medido la aceleración vertical (eje  $z$ ) en el asiento de un vehículo con operario conduciendo dicho vehículo. La figura 5 muestra en valor instantáneo de tal aceleración durante el tiempo de un segundo.



**Fig. 5.** Aceleración vertical (eje z) medida en asiento de conductor.

A continuación, realizamos el análisis espectral de esta señal, en bandas de tercio de octava. Expresado en dB, con referencia  $10^{-6} \text{m/s}^2$  (es decir, una aceleración de  $1 \text{m/s}^2$  se expresa como 120 dB, utilizando la conversión:

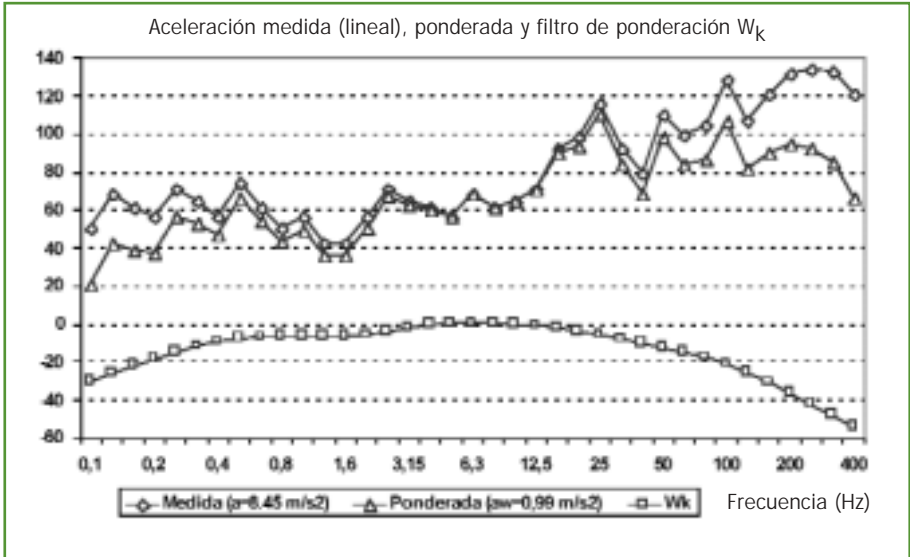
$a(\text{dB}) = 20 \log \frac{a(\text{m/s}^2)}{10^{-6} \text{m/s}^2}$ ), obtenemos como análisis espectral de la señal medida, el mostrado en la figura 6.



**Fig. 6.** Análisis espectral, en tercios de octava, de la señal de vibración de la figura 5.

Tanto para los criterios de salud como de confort y percepción, en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, el filtro de ponderación en frecuencias utilizado para la aceleración vertical, es el filtro  $W_k$ , definido en la norma ISO 2631-1:1997 y mostrado en la figura 3.

La figura 7 muestra el resultado de aplicar el filtro de ponderación a la señal medida.



**Fig. 7.** Aceleración medida, ponderada y filtro de ponderación  $W_k$

Así, de una aceleración lineal de  $8,45 \text{ m/s}^2$ , hemos pasado a una aceleración ponderada de  $0,99 \text{ m/s}^2$ . Como puede comprobarse, el filtro no atenúa las frecuencias comprendidas entre 4 y 10 Hz (frecuencias a las que el cuerpo humano es más sensible) y atenúa considerablemente las muy bajas y, especialmente, las muy altas frecuencias.

El proceso descrito se repite para todo el tiempo de medida durante el cual el operario está sometido a vibraciones. Con el resultado obtenido, se lleva a cabo el cálculo del valor de exposición diaria,  $A(8)$ , expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas.

## **MEDICIÓN**

Cuando se proceda a la medición del nivel de las vibraciones mecánicas, los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.

## **INTERFERENCIAS**

Las disposiciones relativas a "todos los efectos indirectos" para evaluar los riesgos se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

## **RIESGOS INDIRECTOS**

Las disposiciones relativas a "todos los efectos indirectos" para evaluar los riesgos se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

## **PROLONGACIÓN DE LA EXPOSICIÓN**

Las disposiciones relativas a "la prolongación de la exposición de cuerpo entero después del horario de trabajo" para evaluar los riesgos se aplicarán, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de los trabajadores de locales de descanso bajo responsabilidad del empresario; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.

