

Efectos de la exposición a vibraciones globales.

Medidas técnicas de prevención y vigilancia de la salud. Caso práctico

The overall effects of exposure to mechanical vibration.
Prevention measures and health vigilance. Practical case study

José Carlos Losilla Rayo. Ingeniero Técnico de Minas. Máster Oficial Universitario en Prevención de Riesgos Laborales. Perito Judicial en Investigación de Accidentes Laborales

RESUMEN

Las vibraciones son manifestaciones de energía de naturaleza esencialmente mecánica y de características análogas al sonido. En la práctica, el estudio de este agente físico se reduce a frecuencias por debajo de 1.400 Hz. Hay dos tipos de casos: vibraciones 'mano-brazo' y vibraciones 'globales' o de cuerpo completo. Este artículo trata de las vibraciones de cuerpo completo, es decir, las transmitidas globalmente al cuerpo entero que suponen riesgo para los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral (especialmente, en las posiciones verticales de pie y sentado). Generalmente, este riesgo se presenta en profesionales de la industria, operadores de maquinaria pesada, profesionales de la construcción, logística, transporte de mercancías, etc.

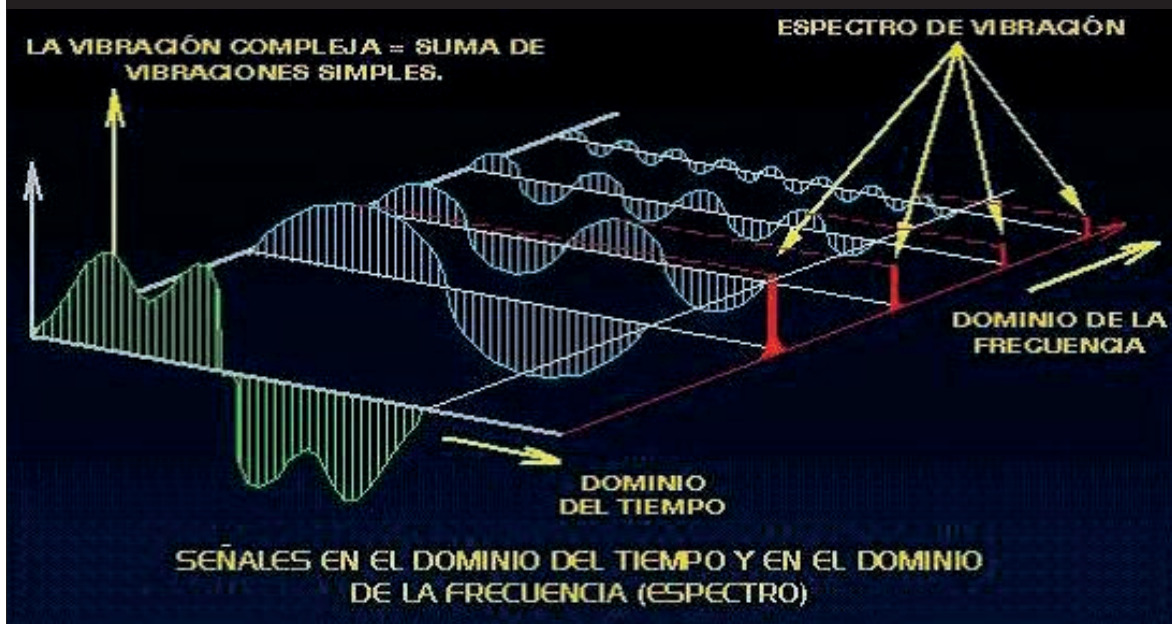
ABSTRACT

The vibrations are all manifestations of the energy of a plainly mechanical nature, whose characteristics are similar to sound. In practice, the study of the vibrations is reduced to frequencies below 1,400 Hz. There are two general types of cases: 'hand-arm system' (hand-arm vibrations) and 'entire body system' (whole-body vibrations). This article is about 'whole-body' vibration aspects and its adverse impact on human health, especially for industrial workers, heavy machinery operators, construction workers, logistics, freight transport, etc. Lower-back morbidity and trauma of the spine are the most prevalent workplace injuries.

PALABRAS CLAVE: Vibraciones mecánicas, sistema mano-brazo, sistema cuerpo completo, medidas de prevención, vigilancia de la salud, lesión de columna vertebral, lumbalgia.

KEYWORDS: Mechanical vibration, 'hand-arm' system, 'whole-body' system, prevention measures, health vigilance, trauma of the spine, lower-back injuries.





Fuente: Universidad Nacional del Sur, Argentina

INTRODUCCIÓN

La generación de las vibraciones y la del sonido es semejante: un movimiento vibratorio de la fuente. Sin embargo, su propagación es diferente, como también el intervalo de frecuencias. En general, los trabajadores pueden estar expuestos de manera simultánea a vibraciones en varias direcciones, con distintas frecuencias y amplitudes o aceleraciones eficaces. Sin embargo, en la gran mayoría de casos, no es necesario un análisis detallado de las distintas vibraciones para conocer y evaluar el riesgo por vibraciones de un trabajador, reduciéndose en la práctica a dos tipos de casos: el sistema de vibraciones mano-brazo y el sistema de vibraciones globales o de cuerpo completo. En ambos casos interesa medir la aceleración eficaz de las vibraciones en un intervalo de frecuencias. En virtud de la diferente sensibilidad de las personas según sean las frecuencias, se utiliza una ponderación de frecuencias, que los equipos actuales (más avanzados) de medida de vibraciones realizan mediante filtros electrónicos.

Para las vibraciones transmitidas globalmente al cuerpo entero, se establece un valor límite para una exposición promedio de 8 horas en $1,15 \text{ m/s}^2$ y el nivel de acción en $0,5 \text{ m/s}^2$.

Los trabajadores no deben estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición. Cuando, de modo habitual, la exposición sea inferior a los valores diarios señalados, pero varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente y pueda sobrepasar oca-

sionalmente el valor límite correspondiente, el cálculo del valor medio de exposición puede hacerse sobre la base de un período de referencia de 40 horas, en lugar de 8 horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometido el trabajador son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

La evaluación del riesgo por exposición, para el sistema de cuerpo entero, debe atenerse a lo dispuesto en la norma UNE ISO 2631-1:2008 y la norma equivalente UNE EN 14253:2004+A1:2009 (Guía práctica que amplía la anterior).

Para llevar a cabo la evaluación para el sistema de cuerpo entero, se calcula el valor de $A(8)$ para cada uno de los tres ejes mediante la expresión:

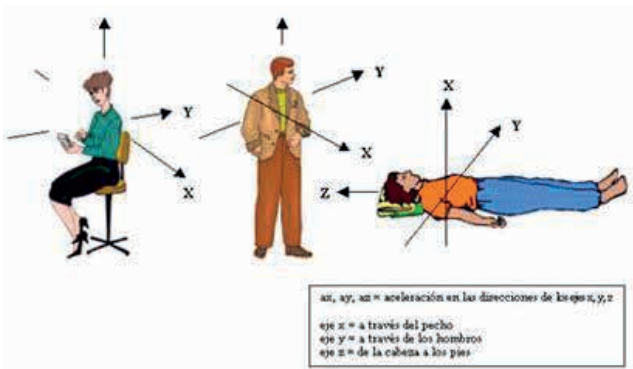
$$A_i(8) = k_i a_{w,T} \sqrt{\frac{T}{8}}$$

Donde k_i = factor de ponderación para cada eje; $a_{w,T}$ = aceleración eficaz ponderada en frecuencia durante el tiempo T (m/s^2); $A(8)$ = aceleración eficaz ponderada en frecuencia referida a 8 horas (m/s^2) y T = duración diaria de la exposición (h).

Entre los tres valores obtenidos, se toma el mayor de ellos para compararlo con el valor límite y con el valor que da lugar a una acción, que se han establecido respectivamente en $1,15 \text{ m/s}^2$ y $0,5 \text{ m/s}^2$, es decir:

$$A(8) = \max[A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$

Se consideran las frecuencias comprendidas entre 0,5 y 80 Hz.



Direcciones de los ejes x, y, z
Fuente: estrucplan

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO

Las vibraciones de cuerpo entero pueden producir efectos físicos, reacciones de comportamiento y aumento del riesgo de que se produzcan daños para la salud.

Los efectos físicos de las vibraciones de cuerpo entero están relacionados con trastornos respiratorios, músculo-esqueléticos, sensoriales, cardiovasculares, efectos sobre el sistema nervioso, sobre el sistema circulatorio o sobre el sistema digestivo.

Con relación a las reacciones de comportamiento, las vibraciones de cuerpo entero pueden afectar al rendimiento durante la exposición, interfiriendo con las funciones periféricas motoras o sensoriales (visión borrosa, movimientos corporales involuntarios, por ejemplo) y, de igual manera, interfiriendo en los procesos cognitivos que afectan al rendimiento de las tareas, tales como motivación, ansiedad o nivel de activación.

En cuanto al aumento del riesgo de que se produzcan daños para la salud, las vibraciones de cuerpo entero representan un riesgo importante cuando van asociadas a factores laborales (posturas fijas o incorrectas, con torsiones frecuentes, limitaciones en la movilidad del trabajador, etc.) y factores personales (condiciones previas de salud) que pueden agravar los efectos de la exposición a vibraciones.

Especial atención merece la situación de embarazo, aconsejándose organizar el trabajo de modo que las mujeres embarazadas no realicen actividades que conlleven un riesgo derivado de vibraciones incómodas en cuerpo entero, por posible incidencia en abortos, parto pre-término, complicaciones durante el parto y bajo peso al nacer.



Lesiones traumáticas en la columna vertebral
Fuente: Formación Alcalá

ALTERACIONES DE LA SALUD QUE PUEDEN AUMENTAR EL RIESGO DE DAÑOS POR EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO

Las vibraciones transmitidas globalmente al cuerpo entero, suponen riesgos para los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral, especialmente, en las posiciones verticales de pie y sentado.

No obstante, cualquier alteración de la salud puede aumentar el riesgo de daños por exposición de cuerpo entero.

General	Específicas
	Cambios degenerativos prematuros no relacionados con la edad. Lesiones del disco intervertebral con o sin síndrome radicular. Inflamaciones agudas.
Columna vertebral	Deformaciones vertebrales adquiridas o congénitas. Cirugía vertebral. Lesiones previas con fractura vertebral. Lumbalgia crónica.
Otras condiciones	Alteraciones de cuello y hombro. Gastritis crónica y/o úlceras gastroduodenales. Embarazo.





*Radiografía lumbal crónica
Fuente: Infoespalda*

3. Medidas de protección individual: para las vibraciones transmitidas a los pies, calzado con suelas absorbentes (no muy útiles).
4. Limitación de la duración e intensidad de la exposición y una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
5. Exámenes médicos apropiados.
6. Información y formación específicas a los trabajadores.



*Señal peligro vibraciones
Fuente: Iberley*

MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE A VIBRACIONES GLOBALES

Las vibraciones de tipo global se suelen producir a bordo de los vehículos de transporte o maquinaria móvil, donde las vibraciones del vehículo se transmiten al cuerpo de los conductores a través del asiento. Los efectos sobre el organismo humano son diversos y dependen de la postura, con una variabilidad enorme entre unas personas y otras y según qué ambientes.

Las medidas técnicas de prevención a aplicar son:

1. Reducción de la vibración en la fuente: elección o selección adecuada del vehículo o máquina en relación con el terreno y las tareas a ejecutar; elección o eliminación, a ser posible, de las masas rotatorias desequilibradas.
2. Reducción de la transmisión de las vibraciones: introducción de mecanismos de suspensión entre el operador y la fuente; mejora del diseño de los asientos y del resto del puesto de trabajo; programas adecuados de mantenimiento de los equipos y lugares de trabajo.

CASO PRÁCTICO

Se dispone de los siguientes datos de las vibraciones a las que está sometido un conductor, obtenidas en el asiento y en dirección vertical. El tiempo de exposición es de 8 horas diarias en una explotación minera a cielo abierto.

El vehículo es un camión minero Caterpillar, modelo 795F AC, de 3.400 caballos de fuerza y una capacidad de carga de 345 toneladas por viaje, con una antigüedad de ocho años.

Se ha utilizado un vibrómetro modelo 4447, marca Brüel & Kjaer, un transductor 4315-B-002 y software "Vibration Explorer" de la misma marca.

La duración mínima recomendada de las mediciones es de 3 minutos, habiéndose realizado una única medición representativa de toda la jornada de 20 minutos de duración.

Se ha evaluado la exposición a vibraciones según la norma UNE ISO 2631-1:2008, así como UNE EN 14253:2004+A1:2009.

Los datos obtenidos han sido los siguientes:

Frecuencia central banda (Hz)	Aceleración (eje z) (m/s ²)	Factor ponderación (eje z)	(a _i w _i) ²
0,50	0,035	0,418	0,000214
0,63	0,042	0,459	0,000372
0,80	0,048	0,477	0,000524
1,00	0,055	0,482	0,000703
1,25	0,070	0,484	0,001148
1,60	0,085	0,494	0,001763
2,00	0,11	0,531	0,003412
2,50	0,14	0,631	0,007804
3,15	0,18	0,804	0,020944
4,00	0,22	0,967	0,045258
5,00	0,29	1,039	0,090788
6,30	0,35	1,054	0,136087
8,00	0,50	1,036	0,268324
10,00	0,65	0,988	0,412421
12,50	0,90	0,902	0,659019
16,00	1,50	0,768	1,327104
20,00	2,70	0,636	2,948776
25,00	5,50	0,513	7,960862
31,50	2,50	0,405	1,025156
40,00	1,50	0,314	0,221841
50,00	1,00	0,246	0,060516
63,00	0,75	0,186	0,01946
80,00	0,70	0,132	0,008538
		Suma	15,22103

La aceleración ponderada total se calcula según la expresión: $a_w = [S (w_i a_i)^2]^{1/2}$.

Por tanto, la aceleración ponderada (eje z) es la siguiente: $a_w = (15,22103)^{1/2} = 3,901 \text{ m/s}^2$.

Es decir, la aceleración ponderada referida a 8 horas es: $A(8) = a_w,8 = 3,901 \text{ m/s}^2$.

Si el valor límite de exposición queda establecido en $1,15 \text{ m/s}^2$, el valor obtenido supera dicho valor y, por consiguiente, se deberán adoptar medidas correctoras. ■



*Camión Caterpillar modelo 795F AC.
Fuente: Caterpillar*



*Vibrómetro Brüel & Kjær, modelo 4447 y transductor 4315-B-002
Fuente: Brüel & Kjær*



BIBLIOGRAFÍA

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 899/2015, de 9 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- 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.
- Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el 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.
- Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
- Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con las Vibraciones Mecánicas.
- NTP 839: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo.
- NTP 963: Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos.
- VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2011. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. 2015 6ªEWCS. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Aspectos Ergonómicos de las Vibraciones. 2014. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control. 2014. Confederación de Empresarios de Pontevedra (CEP). Financiado por la Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales (FPRL).
- GRIFFIN, M. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo. Capítulo 50. Vibraciones. Año 1998.
- Memento Prevención Riesgos Laborales 2020-2021. Editorial Francis Lefebvre.
- UNE ISO 2631-1:2008
- UNE EN 14253:2004+A1:2009