



VIBRACIONES MECÁNICAS. FACTORES RELACIONADOS CON LA FUENTE Y MEDIDAS DE CONTROL

Con la financiación de:



**FUNDACIÓN
PARA LA
PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES**

Título: Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

Autor: IDEARA, SL

Edita: Confederación de Empresarios de Pontevedra (CEP)

Con la financiación de: Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales. Exp. Nº IT 0171/2013

© 2014. Impreso en España.

Depósito Legal: VG 335-2014

PRESENTACIÓN	5
1. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA GUÍA	7
2. VIBRACIONES MECÁNICAS. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	9
2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	9
2.2. TIPOS DE VIBRACIONES	14
3. EQUIPOS EMISORES: FACTORES ASOCIADOS.....	17
3.1. HERRAMIENTAS PORTÁTILES MOTORIZADAS	19
3.2. MÁQUINAS O VEHÍCULOS DE TRABAJO	28
3.3. OTROS FACTORES A CONSIDERAR	34
4. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS.....	37
4.1. FACTORES	37
4.2. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS TRANSMITIDAS AL SISTEMA MANO BRAZO	38
4.3. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS EN CUERPO ENTERO	44
4.4. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS ATENDIENDO A LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN	50
4.5. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS EN TRABAJADORES/AS ESPECIALMENTE SENSIBLES	51
5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO	53
5.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES	53
5.2. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS POR ESTIMACIÓN	56
5.3. MEDICION DE VIBRACIONES MECÁNICAS. EQUIPOS DE MEDIDA	59
5.4. VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN	72

5.5. HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO O A VIBRACIONES MANO-BRAZO.	74
6. MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS	75
6.1. MEDIDAS TÉCNICAS Y DE CONTROL	77
6.2. MEDIDAS ORGANIZATIVAS	85
6.3. MEDIOS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL	89
6.4. MEDIDAS PREVENTIVAS EN TRABAJADORES/AS ESPECIALMENTE SENSIBLES	93
6.5. RECOMENDACIONES PARA TRABAJADORES/AS EXPUESTOS/AS	95
7. VIGILANCIA DE LA SALUD	97
8. LEGISLACIÓN E INFORMACIÓN DE REFERENCIA.....	99
9. BIBLIOGRAFÍA	103
10. ANEXOS	105
ANEXO I: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN DEL CALCULADOR DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS DEL INSHT	105
ANEXO II: CHECK-LIST DE IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS	110

Cuando las personas se encuentran en movimiento, ya sea por sus propios medios o cuando lo hacen sobre vehículos y utilizan ciertos equipos o herramientas, todos sus órganos están sometidos a cierto grado de vibración.

Generalmente, estas acciones no generan daño, ya sea por los mecanismos de atenuación que posee el cuerpo humano, o bien porque el nivel de vibraciones es lo suficientemente bajo para no producir trastornos.

No obstante, cuando las vibraciones mecánicas superan unos límites, tal y como ocurre en muchas ocasiones en ciertos puestos de trabajo, éstas pueden ser muy peligrosas para la salud de los trabajadores y trabajadoras.

La exposición a las vibraciones, no solo es algo molesto. Está demostrado, que cuando esta actividad es constante, puede ocasionar graves problemas médicos, tales como dolor de espalda, dolor de cabeza, mareos, síndrome del túnel carpiano, también cervicalgias o dorsolumbalgias, entre otras. El riesgo para la salud depende de la vía de ingreso al cuerpo humano, de la intensidad del efecto y de una repetición diaria de la exposición durante años.

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 y 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. Así, las lesiones relacionadas con las vibraciones mecánicas tienen gran incidencia y están muy presentes en ocupaciones laborales relacionadas con el sector forestal, agrícola, transporte, industria, construcción, etc. Sus riesgos potenciales dependerán del tiempo al que está sometido el cuerpo humano y de la frecuencia de la vibración.

A pesar de la numerosa población laboral expuesta, la escasa cultura preventiva frente a los riesgos por exposición a vibraciones mecánicas, es hoy en día una realidad. El efecto peligroso de herramientas o máquinas vibrantes se conoce desde hace mucho tiempo pero a menudo se subestima.



Al objeto de paliar esta carencia, y conscientes de la importancia de mejorar la protección de los trabajadores y trabajadoras en la exposición a vibraciones mecánicas, se presenta esta Guía.

La presente guía es el resultado del interés de la **Confederación de Empresarios de Pontevedra**, de proporcionar a las empresas y profesionales un instrumento útil y práctico para conseguir un trabajo seguro, dando con ello cumplimiento al *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.*

1. OBJETIVO Y ALCANCE DE LA GUÍA

• Objetivo:

Identificar la tipología de vibraciones mecánicas, sus principales características y los equipos emisores, con objeto de determinar los factores de exposición, efectos sobre la salud y seguridad de los trabajadores/as expuestos/as, y medidas preventivas para reducir o eliminar los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a este tipo de vibraciones.

• Alcance:

La presente guía se enfoca en la descripción y análisis, desde el punto de vista de la seguridad y salud laboral, de los diferentes tipos de vibraciones mecánicas generadas por equipos e instrumentos de trabajo en distintos campos y sectores de actividad.

El motivo de esta guía es dar a conocer los factores relacionados con los equipos emisores de vibraciones mecánicas y los efectos sobre la seguridad y la salud de los trabajadores/as como consecuencia de su exposición, así como las medidas preventivas y recomendaciones a tener en cuenta para reducirlos o evitarlos.

Esta publicación está dirigida a:

- Empresas cuyos trabajadores/as puedan quedar expuestos/as a vibraciones mecánicas (empresarios/as, delegados/as de prevención y personas trabajadoras).
- Técnicos/as de prevención de riesgos laborales y otros profesionales del ámbito de la seguridad y salud en el trabajo.
- Agentes económicos y sociales.
- Población en general.

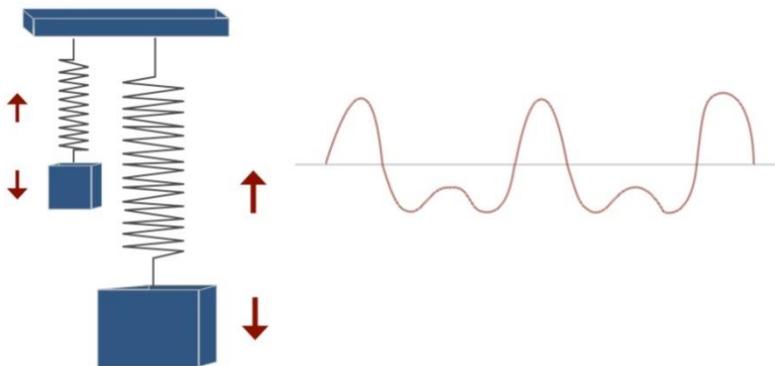
2. VIBRACIONES MECÁNICAS. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

2.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

DEFINICIÓN

Una **vibración mecánica** puede describirse como el *movimiento de un cuerpo sólido alrededor de una posición de equilibrio, sin que se produzca desplazamiento "neto" del mismo*. Si el objeto que vibra entra en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos, que dependen de las características de la vibración.

Figura 1. Vibración mecánica



Desde el punto de vista de la **Higiene Ocupacional**, la vibración puede definirse como *“cualquier movimiento o fuerza mecánica oscilante, continua o intermitente, que afecta al hombre en el trabajo a través de estructuras y receptores distintos al oído”*.

En el **Convenio 148 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)**, el término vibración se describe como *“toda vibración transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro”*.

CARACTERÍSTICAS DE LAS VIBRACIONES

Los efectos que producen las vibraciones mecánicas en el cuerpo humano, dependen fundamentalmente de las siguientes características: **magnitud, frecuencia, dirección, tiempo de exposición e impedancia.**

MAGNITUD DE LA VIBRACIÓN

La magnitud de una vibración puede medirse en función del **desplazamiento producido por dicha vibración.** Al tratarse de un movimiento, es posible determinarla en términos de velocidad o aceleración.

Teniendo en cuenta la facilidad de medición, generalmente se determina en términos de **aceleración** (variación de velocidad desde cero hasta el máximo en cada ciclo), siendo las unidades utilizadas los m/s^2 .

La aceleración es máxima cuando pasa por el punto de equilibrio hasta llegar a cero en el extremo.

FRECUENCIA

La frecuencia es el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en Hertz (Hz). La frecuencia indica el número de veces que el objeto o equipo vibra por segundo.

Las vibraciones producidas por las máquinas generalmente no tienen una frecuencia determinada, sino que son una mezcla de vibraciones de diversas frecuencias.

En Higiene Industrial tienen interés las vibraciones cuyas frecuencias están comprendidas entre 1 y 1.500 Hz.

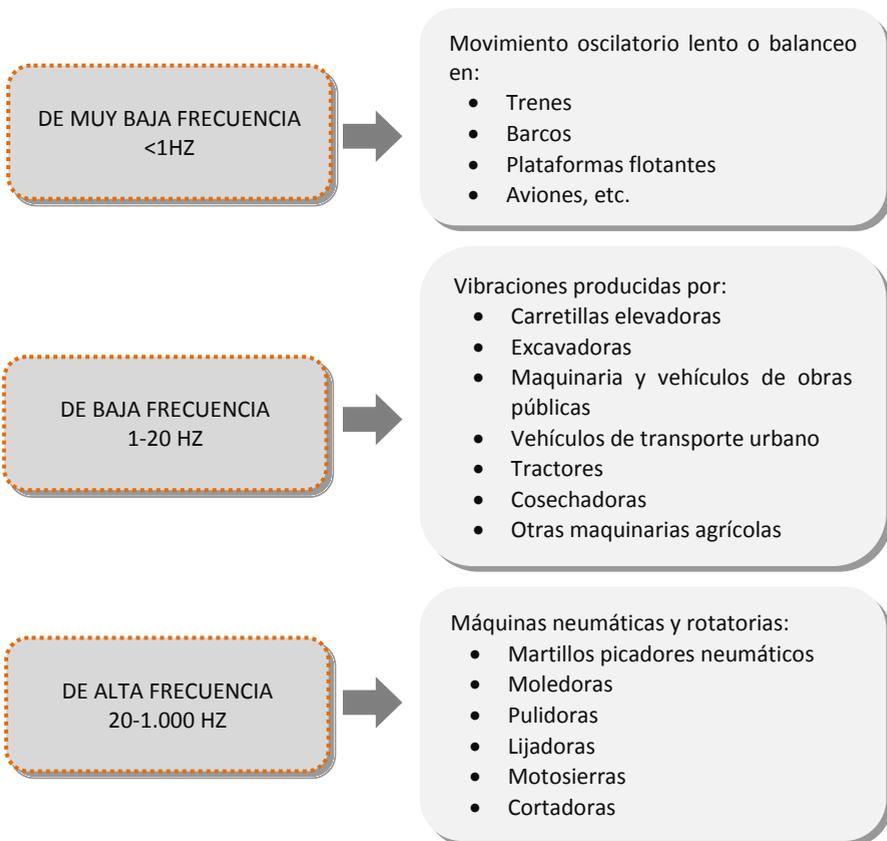
La vibración ocasiona movimientos y desplazamientos relativos en el organismo. Si la frecuencia de vibración es **inferior a 3 Hz**, el cuerpo se mueve como una unidad, y los efectos adversos experimentados van asociados a enfermedades de movimiento. A medida que aumenta la frecuencia de la vibración, varias partes del cuerpo tienden a responder en forma diferencial a las fuerzas fluctuantes.

Las frecuencias comprendidas en el rango de **4 a 12 Hz**, por ejemplo, harán que las caderas, hombros y partes abdominales comiencen a resonar produciendo

una amplificación de la respuesta a la vibración. La dirección de la vibración y la posición de la persona (sentada o parada), tendrán influencia sobre la cantidad, al igual que sobre las frecuencias específicas de la resonancia de estas partes del organismo.

Entre **20 y 30 Hz** el cráneo comenzará a resonar, lo que produce un deterioro de la agudeza visual. Una perturbación similar ocurriría entre los **60 y 90 Hz**, cuando los globos oculares muestran una tendencia a resonar con las fuerzas vibratorias.

Así pues, y atendiendo a su frecuencia, las vibraciones se clasifican en:



●--- DIRECCIÓN EN QUE INCIDE EN EL CUERPO HUMANO

Los efectos de la vibración sobre el cuerpo humano **dependen de la dirección de incidencia de la misma.**

Las vibraciones se pueden producir en tres ejes lineales (longitudinal, lateral y vertical) y tres rotacionales (balanceo, cabeceo y deriva).

La incidencia de la vibración se expresa en unos ejes ortogonales de transmisión al cuerpo humano. Por ello, se han fijado unos sistemas de coordenadas.

- ✓ **Para el sistema mano-brazo**, la respuesta a una vibración no depende de la dirección de la excitación, por lo que solo hay una gráfica para los ejes x, y, z.

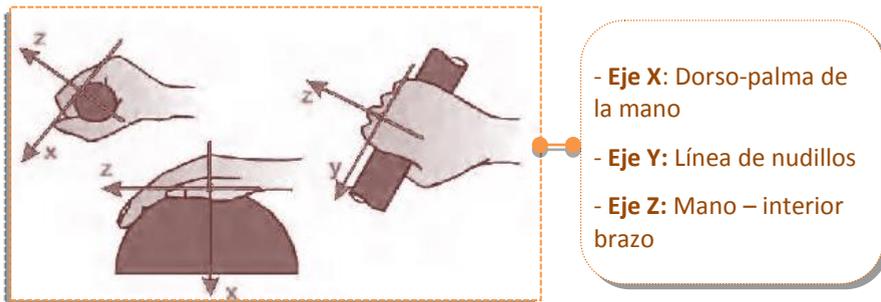
Este tipo de vibraciones se miden respecto a un sistema de ejes ortogonales, tal y como puede observarse en la Figura 2:

-Eje z: Dirección del eje longitudinal del tercer hueso metacarpiano

-Eje x: Dirección dorso -palma

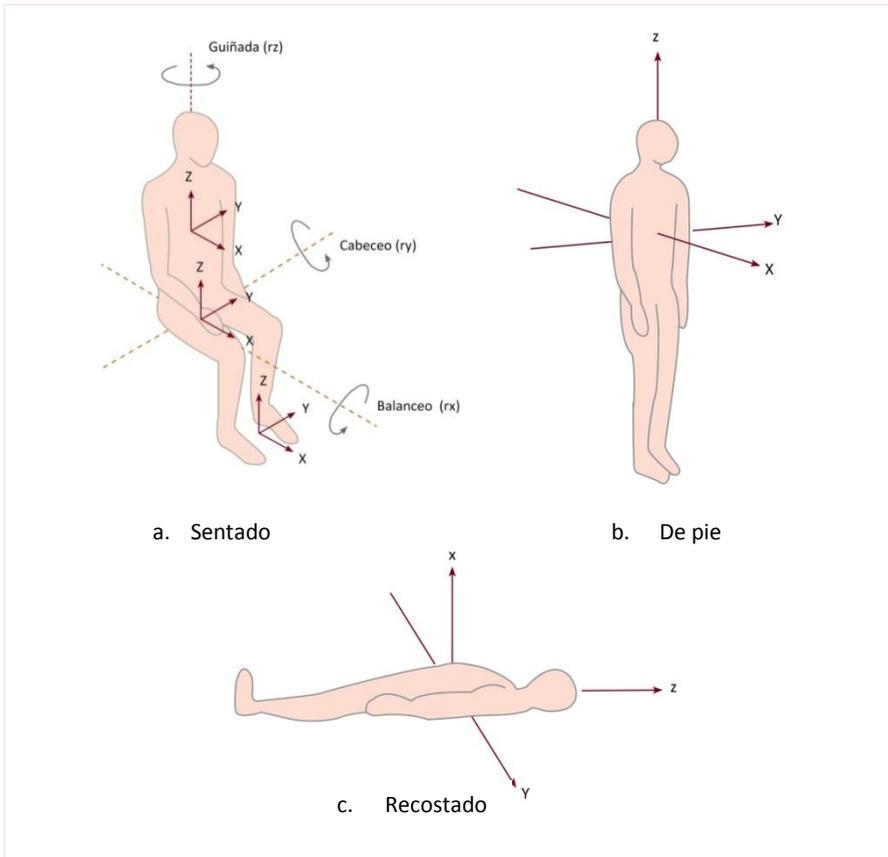
-Eje y: Dirección perpendicular a los otros dos.

Figura 2. Direcciones de los ejes de vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo



- ✓ **Para el cuerpo entero** las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como x (longitudinal), eje y (lateral) y eje z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y, z se designan como r_x (balanceo), r_y (cabeceo) y r_z (deriva), respectivamente. En la figura 3 se representan los ejes lineales para la posición sentada.

Figura 3. Direcciones de los ejes de vibraciones mecánicas transmitidas al cuerpo entero. (UNE-ISO 2631-1:2008)



●--- TIEMPO DE EXPOSICIÓN

El tiempo de exposición es el tiempo que el trabajador/a está sometido a la vibración durante la jornada laboral.

La respuesta humana a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las mismas. Si sus características no varían en el tiempo, el valor eficaz de la vibración, proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio.

El tiempo de exposición del trabajador/a puede ser:

- a) **Constante.** En tal caso un cronómetro puede ser suficiente para evaluar la duración de la exposición.
- b) **Variable.** Su medición es más compleja existiendo distintos métodos dependiendo de si además de tratarse de una exposición intermitente, se añade una diferencia de intensidad.

Muchas exposiciones profesionales son intermitentes, tienen una magnitud variable en cada momento o contienen choques esporádicos. La intensidad de tales movimientos complejos puede acumularse de manera que dé un peso apropiado a, por ejemplo, períodos cortos de vibración de alta magnitud y períodos largos de vibración de baja magnitud.

Para la determinación de este parámetro y evaluar el riesgo, es preciso prestar especial atención, debido a que no necesariamente coincide con el tiempo durante el cual se utiliza una máquina, pues con una misma máquina pueden realizarse diferentes operaciones que suponen un nivel de vibraciones diferente.

●--- IMPEDANCIA

La impedancia mecánica del cuerpo es la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia, dependiendo fundamentalmente de la masa corporal del individuo. Se mide en Hertzios.

Normalmente esta impedancia suele generar resonancia cuando alcanza los 5 Hz.

2.2. TIPOS DE VIBRACIONES

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales se toman en consideración **dos tipos de vibraciones mecánicas**, que aparecen definidas en el artículo 2 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*:

Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo



Vibraciones transmitidas al cuerpo entero



Esta distinción entre vibraciones, también es de gran importancia desde el punto de vista legal, ya que determinan los diferentes valores límite de exposición y valores de exposición, que dan lugar al desarrollo de ciertas acciones de obligado cumplimiento. En el apartado 5 del presente documento se describirán dichos valores límite.

◆ **Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo**

Estas vibraciones son aquellas que transmiten su energía al cuerpo humano a través del sistema mano-brazo.

La exposición a este tipo de vibraciones se da en condiciones de trabajo donde la intensidad de la vibración es transmitida a las manos y brazos del trabajador/a como consecuencia del trabajo con máquinas y equipos manuales, la manipulación de piezas que están siendo mecanizadas, o el manejo de elementos de control sometidos a vibración. En estos casos, el cuerpo humano puede estar expuesto a niveles vibratoriales susceptibles de causar daños de diversa naturaleza a medio y a largo plazo.

El R.D. 1311/2005, define estas vibraciones como:

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

Cuando el punto de contacto es la mano, la vibración se amortigua por el conjunto mano-brazo-hombro, de forma que puede considerarse de forma aproximada, como un sistema independiente y aislado del resto del cuerpo. Esto no debe generalizarse y suponer que todos los efectos de las vibraciones mano-brazo se limitan siempre a los miembros superiores.

Algunas comprobaciones biomecánicas han determinado que las vibraciones por debajo de 50 Hz se transmiten con poca atenuación a lo largo de la mano y el antebrazo. La atenuación en el codo dependerá del ángulo de flexión del mismo, de modo que a mayor ángulo, disminuye la transmisión.

A frecuencias altas, por encima de 50 Hz, la transmisibilidad disminuye progresivamente, y al superar los 150 a 200 Hz, la mayor parte de la energía de vibración se disipa en los tejidos de la mano y dedos.

◆ **Vibración transmitida al cuerpo entero**

Las vibraciones del cuerpo completo son aquellas que el cuerpo recibe cuando gran parte de su peso descansa sobre una superficie vibrante (asiento o respaldo del puesto de conducción de una máquina móvil, plataforma vibrante, etc.).

Según el artículo 2 del R.D. 1311/2005 se define como:

“Vibración mecánica que cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores/as, en particular lumbalgias y lesiones de la columna vertebral”.

La transmisión de vibraciones al cuerpo y sus efectos dependen en gran medida de la postura, y de la propia sensibilidad del individuo en particular. De este modo, la exposición a vibraciones puede no tener las mismas consecuencias y efectos en todas las situaciones.

El rango de frecuencias de interés para evaluar los efectos a la salud derivados de la exposición a vibraciones de cuerpo entero, se encuentra entre 0,5 Hz a 100 Hz, excepto en el sector de navegación marítima que sería por encima de 1 Hz.

Por debajo de los 0,5 Hz se sitúan las vibraciones causantes de efectos tales como el mareo.

3. EQUIPOS EMISORES: FACTORES ASOCIADOS

Son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas, tanto transmitidas al sistema mano-brazo como al cuerpo entero, siendo muy frecuente dicha exposición en sectores como la construcción, industria, transporte, agrícola, forestal, metal-mecánico, limpieza, talleres de reparación de vehículos, etc.



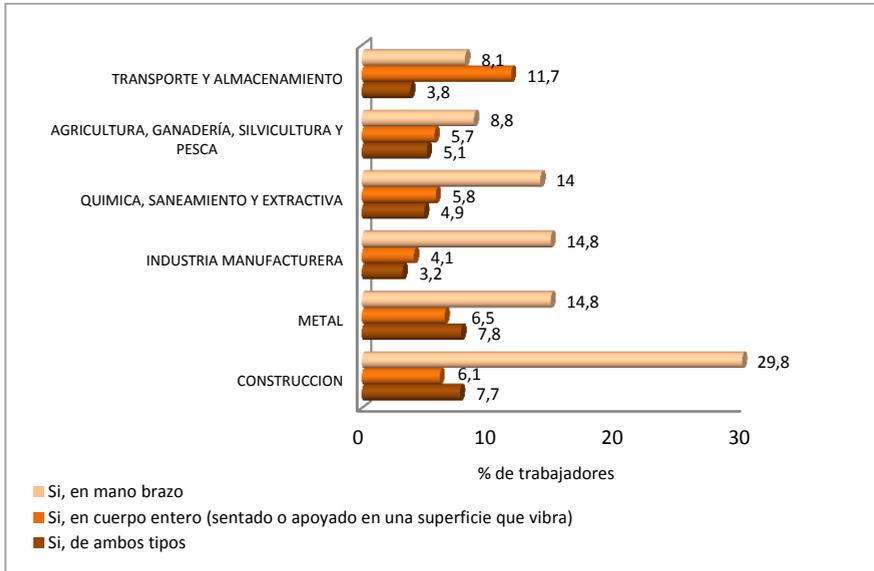
En el caso que nos ocupa, el foco generador de energía vibratoria va a ser la máquina, vehículo o herramienta que en cada caso maneje el trabajador/a. La existencia de movimientos rotativos y percutores en las herramientas, los propios motores y especialmente las superficies irregulares sobre las que se desplazan las máquinas móviles, dan lugar a movimientos oscilatorios que se traducen finalmente en vibración.

Esta vibración llega hasta la persona a través de las superficies más o menos resilientes y el cuerpo recibe la vibración desde los agarres, en el caso de herramientas manuales, o del asiento, en los vehículos y máquinas automóviles.

Según datos extraídos de la “VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, año 2011), son los trabajadores/as del sector de la construcción los que están en mayor porcentaje, expuestos a vibraciones (29,8% en mano o brazo, 6,1% en cuerpo entero y 7,7% de ambos tipos), seguidos por los del sector industria (16,4% en mano o brazo, 5,3% en cuerpo entero y 5,2% de ambos tipos).

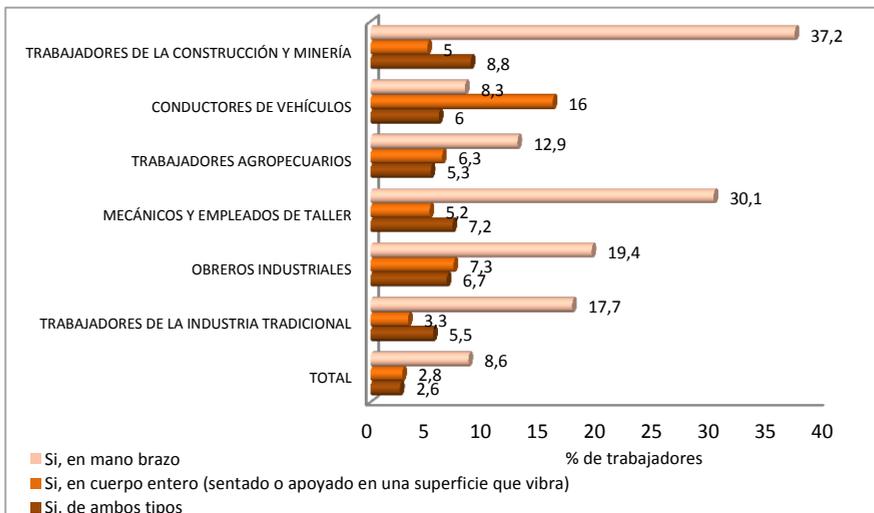
En el siguiente gráfico se muestran las ramas de actividad en las que los trabajadores señalan con mayor frecuencia, la presencia de vibraciones en su puesto de trabajo. En el siguiente gráfico se puede observar que, después de la construcción, son los trabajadores del sector metal los que más indican la existencia de vibraciones, y dentro del sector servicios destaca la rama de transporte y almacenamiento (11,7% en cuerpo entero, el mayor porcentaje de todas las actividades).

Gráfico 1. Ramas de actividad en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo.



Fuente: VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. Año 2011. Autor: INSHT.

Gráfico 2. Ocupaciones en las que son más frecuentes las vibraciones en el puesto de trabajo.



Fuente: VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. Año 2011. Autor: INSHT.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

Por ocupación, los trabajadores/as que indican en mayor medida la percepción de vibraciones en su puesto de trabajo son: los trabajadores/as de la construcción y la minería y los obreros/as industriales.

Las ocupaciones más expuestas a vibraciones que afectan al cuerpo entero son: conductores/as de vehículos y obreros/as industriales. Por su parte, las que destacan en mano brazo y de ambos tipos son: trabajadores/as de la construcción y la minería, mecánicos/as y empleados de taller.

A efectos de la presente guía, se diferenciarán dos fuentes principales de generación de vibración mecánica en la actividad laboral, según tenga lugar la transmisión de la vibración al sistema mano-brazo, o al cuerpo entero:



Herramientas portátiles motorizadas



Máquinas o vehículos de trabajo

3.1. HERRAMIENTAS PORTÁTILES MOTORIZADAS

Las principales fuentes de exposición laboral a **vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo**, vienen determinadas por máquinas o herramientas portátiles motorizadas (eléctricas, neumáticas o por motor de combustión).

◆ Aplicaciones:

Son muchas las actividades laborales y los sectores en las que es habitual la utilización de herramientas que transmiten vibraciones al sistema mano-brazo del trabajador/a.

A continuación, se expone de forma resumida las principales herramientas y máquinas que son fuente principal de exposición laboral a **vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo**, en aquellos sectores de mayor incidencia y de uso más frecuente.

Nota: En esta guía se representa una pequeña muestra de las herramientas y máquinas existentes, que pueden dar origen a la exposición a vibraciones mecánicas del sistema mano-brazo. Son numerosos los sectores que utilizan equipos y máquinas de este tipo, y que requerirían de un estudio específico para cada uno de ellos.

- **Sector de la construcción:**

En este sector se emplean gran variedad de máquinas, tanto manuales como autopropulsadas, con alimentación eléctrica, por motor de combustión y en menor medida neumáticas. Las aplicaciones de estas máquinas son variadas.



Algunos de los equipos y herramientas emisores de vibraciones mecánicas empleados en este sector son:

Martillo eléctrico	Mesa de corte	Vibrador de hormigón
Martillo neumático	Pisón	Regla vibrante
Apisonadora	Placa vibratoria	Taladro percutor
Atornillador de impacto	Radial	Fresadora de disco
Cortadora de asfalto	Rozadora	Abujardadora
Escarificador	Taladro de diamante	Fratasadora de disco

- **Sector agrícola-forestal:**

La mecanización de las tareas en este sector, ha desembocado en la utilización de un gran número de máquinas manuales con motor de combustión, para trabajos de pequeña envergadura y grandes máquinas autopropulsadas, para aquellos de mayor envergadura.



Algunos de los equipos y herramientas emisores de vibraciones mecánicas empleados en este sector son:

Desbrozadora	Motosierra	Motocultor	Motoazada
Cortacésped	Segadora	Escarificador	Motopértiga

- **Sector metal-mecánico:**

Se caracteriza por el empleo preferente de grandes máquinas de bancadas fijas para la mecanización de materiales metálicos, quedando la utilización de las estrictamente manuales para trabajos puntuales y de menor duración en general. Se emplean equipos de accionamiento eléctrico y con movimiento de corte rotativo, destacando en número las radiales.



Algunas de las máquinas empleadas en el sector y susceptibles de ocasionar vibraciones en el sistema mano-brazo son:

Esmeriladora Radial Taladro Tronzadora

- **Sector carpintería:**

Normalmente se utilizan grandes máquinas de bancadas fijas para llevar a cabo la mecanización de la madera, empleando máquinas manuales para operaciones tales como la preparación, ensamblaje y acabado. Se emplean máquinas tanto de alimentación eléctrica como neumática.



Algunas de las fuentes de exposición laboral a vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo son:

Ingletadora Atornillador Sierra de calar Taladro
Lijadora Pulidora Sierra de disco

- **Sector de limpieza:**

En este sector, se emplean generalmente máquinas rotativas de baja velocidad, lo que reduce considerablemente el nivel de vibración.

Se identifican las siguientes fuentes de emisión de vibraciones mecánicas:



Abrillantadora	Barredora	Hidrolavadora
Aspirador	Extractor de alfombra	Restregadora

- **Sector de talleres de reparación de vehículos:**

En este sector se utilizan principalmente herramientas manuales, junto con máquinas manuales en menor medida. Destacan las lijadoras y pulidoras en la especialidad de chapa y pintura, así como los atornilladores de impacto en la sección de mecánica general.



Algunas fuentes de emisión de vibraciones mecánicas son:

Lijadora	Atornillador de impacto
Pulidora	Taladro

Se han identificado varios estudios donde aparecen valores de vibración medidos para distintas máquinas generadoras de vibración mano-brazo (consultar bibliografía). A partir de estos, se ha elaborado el siguiente cuadro donde se muestran valores típicos de vibración para algunas de las máquinas mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Los valores incluidos, son valores medios orientativos obtenidos de distintas máquinas en distintas condiciones de trabajo.
- ✓ En el caso de vibraciones mano-brazo los valores pueden verse afectados por condicionantes como la calidad, grado de desgaste de la herramienta/máquina, tipo de trabajo, operador/a de la máquina, etc.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL DE VIBRACIÓN EN CONTINUO (m/s^2)	DESCRIPCIÓN
<p>Martillos rompedores</p> 	20-30	Máquinas accionadas hidráulica o neumáticamente, que generan vibraciones de elevada amplitud y con frecuencias siempre en el rango bajo, dependientes de la aplicación.
<p>Máquinas para compactación ligera</p> 	10-20	Máquinas de compactación, accionadas fundamentalmente por motores de combustión interna gasolina o diesel, que generan vibración a partir de elementos de transmisión mecánica.
<p>Vibradores de hormigón</p> 	2-5	Sistemas accionados por motores eléctricos o neumáticos, que transmiten el movimiento rotativo hasta la unidad de agujas vibrantes, habitualmente mediante ejes flexibles de acero dentro de mangueras de goma.
<p>Reglas vibrantes</p> 	6	Sistemas generadores de vibración mediante masas excéntricas accionadas por motores de combustión interna o eléctrica.
<p>Cortadoras, tronzadoras, rozadoras</p> 	2,5-5	Máquinas accionadas eléctricamente, que generan vibraciones de baja amplitud asociadas a la velocidad de giro del disco de corte.
<p>Máquinas para operaciones de acabado</p> 	2-4	Fratasadoras, pulidoras, pintabandas, etc. accionadas por motores eléctricos o de combustión interna.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

<p>Motosierras</p> 	5-12	Máquina portátil accionada casi siempre por un motor de gasolina.
<p>Motocultores</p> 	2-23	Vehículo autopropulsado de un eje, dirigible por manceras por un conductor que marche a pie. Utilizada para la labor superficial del suelo.
<p>Motoazadas</p> 	3-11	Máquina propulsada por un motor, montada sobre un chasis y con una transmisión de cadena que aprovecha la energía del motor para hacer girar una toma de fuerza. Usada para tareas agrícolas.
<p>Desbrozadoras</p> 	2-23	Las desbrozadoras funcionan con un motor que puede ser de combustión o eléctrico, empleada en el sector agrícola y forestal.
<p>Amoladora</p> 	1-15	Máquina herramienta, que consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monten en la misma.
<p>Taladro de impacto</p> 	6-35	Herramienta empleada para la perforación.
<p>Taladro percutor</p> 	5-24	Máquina eléctrica similar a un taladro, pero que añade un movimiento de percusión en el cabezal de giro. Se trata de un movimiento oscilatorio en la dirección del eje del husillo que produce un efecto de golpeteo sobre el material a taladrar.
<p>Martillo remachador</p> 	1-24	Martillo neumático que se emplea para remachar roblones y formar cabezas de cierre.

<p>Lijadora orbital</p> 	<p>2-10</p>	<p>Herramienta motorizada portátil que funciona en un sentido girante aleatorio.</p>
<p>Pulidora</p> 	<p>2,5-6</p>	<p>Esta herramienta tiene como elemento principal un disco que gira a alta velocidad y sobre el que se coloca un material ligeramente abrasivo. El disco de trabajo posee unas empuñaduras para ser manejada con una o las dos manos.</p>

De modo orientativo, la mayoría de las herramientas manuales de uso común en el ámbito laboral, tales como sierras de cadena, martillos neumáticos, taladros, amoladoras, pulidoras, etc., presentan valores de la aceleración eficaz ponderada que oscilan entre 5 m/s^2 y 10 m/s^2 , pudiendo alcanzarse en casos particulares, valores notablemente mayores, superando incluso los 20 m/s^2 .

En función de los niveles de vibración originados, las herramientas manuales se pueden clasificar en tres **grupos de riesgo** en relación con la aparición del síndrome del dedo blanco (véase capítulo 4.2 de la presente guía).

Cuadro 1. Clasificación de las herramientas/equipos/máquinas en relación con la aparición del síndrome del dedo blanco

<p>Herramientas/equipos/máquinas que presentan un nivel de aceleración eficaz igual o inferior a 3 m/s^2 y cuya utilización supone un riesgo mínimo para la persona que las utiliza.</p>	<p>Menos riesgo</p>
<p>Herramientas/equipos/máquinas con niveles de vibración equivalentes a valores de aceleración eficaz comprendidos entre 3 y 10 m/s^2, en las que el riesgo está directamente relacionado con el tiempo de exposición.</p>	<p></p>
<p>La utilización de máquinas que presentan niveles de vibración superiores a 10 m/s^2, incluidas en el tercer grupo, se considera que presenta un riesgo considerable para el trabajador/a.</p>	<p>Más riesgo</p>

◆ Límites de exposición:

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 de la exposición a vibraciones mecánicas establece que el valor límite para la exposición a vibraciones referido al sistema mano-brazo, **no ha de sobrepasar el valor 5 m/s² como valor ponderado para las 8 horas** de una jornada laboral de referencia y expresado como A(8).

Así mismo se fija un valor de acción **de 2,5 m/s²**, igualmente para un periodo de referencia de 8 horas.

◆ Efectos para la salud:

El efecto de las vibraciones generadas por estos equipos va a depender de la frecuencia e intensidad. Una frecuencia baja conlleva enfermedades musculares y del esqueleto. Por el contrario, las frecuencias altas, pueden ocasionar daños en el sistema periférico vascular y en el sistema nervioso (trastornos circulatorios en dedos y manos, adormecimiento y pérdida de la fuerza prensora).

Es preciso tener en cuenta que incluso los niveles bajos de vibración pueden ser causa de malestar y conllevar una reducción de la productividad.

◆ Otros peligros y efectos indirectos:

La utilización de muchos de los equipos y herramientas mencionadas pueden ser el origen de otros riesgos, tales como:

- Contactos eléctricos directos o indirectos (en el caso de máquinas o herramientas eléctricas).
- Riesgos ergonómicos (fatiga física, posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas).
- Cortes y/o golpes, tanto con el propio equipo como en el caso del material de trabajo.
- Proyección de fragmentos o partículas (dependiendo del equipo/herramienta).
- Ruido.

◆ **Información y normativa:**

La normativa aplicable es toda aquella que afecta a los equipos que emiten vibraciones mecánicas (ver capítulo 8 de esta guía).

◆ **Formación:**

Es necesario que todos los trabajadores/as que utilicen los equipos/herramientas emisores de vibraciones mecánicas tengan una formación específica en cuanto a al buen manejo de los equipos, así como los riesgos y medidas preventivas para tratar de evitarlos o prevenirlos en su origen.

◆ **Vigilancia de la salud:**

Para la prevención de riesgos derivados para la salud de los trabajadores/as por su exposición a vibraciones es muy importante la vigilancia de la salud.

Aquellos trabajadores/as para los que la evaluación de riesgos indique un riesgo para su salud, debe someterse a una vigilancia de la salud específica para el problema de vibraciones.

◆ **EPI y protecciones:**

Algunos ejemplos de EPI para la protección contra vibraciones mecánicas serían los siguientes:



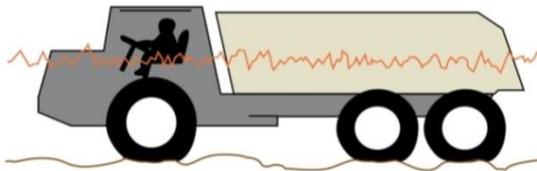
- Guantes de protección contra vibraciones.
- Guantes de protección contra el frío en aquellas exposiciones a vibraciones mano-brazo en ambientes fríos.
- Fajas y cinturones antivibraciones mecánicas.
- Calzado de seguridad con suela elástica absorbente. De esta forma, se podría atenuar la exposición a vibraciones sobre el cuerpo entero.

3.2. MÁQUINAS O VEHÍCULOS DE TRABAJO

Las **exposiciones profesionales a las vibraciones de cuerpo completo** se dan, principalmente, en actividades relacionadas con el transporte, pero también en algunos procesos industriales, sector servicios (sector limpieza, jardinería, etc.), sector forestal y agrícola.

Los propios motores y especialmente las superficies irregulares sobre las que se desplazan las máquinas o vehículos de trabajo, dan lugar a movimientos oscilatorios que se traducen finalmente en vibración. También las máquinas pesadas y de gran potencia pueden transmitir vibraciones al suelo sobre el que se encuentra el operador/a.

Figura 4. Vibraciones globales en un vehículo



La exposición más común a vibraciones y choques fuertes suele darse en maquinaria de obras públicas, camiones industriales, carretillas elevadoras y maquinaria agrícola. Aunque también el transporte terrestre, marítimo y aéreo puede producir vibraciones que pueden causar malestar, interferir con las actividades u ocasionar lesiones.

◆ Aplicaciones:

A continuación se establece una relación de algunas de las principales máquinas o vehículos de trabajo que pueden entrañar con gran probabilidad, riesgo para la salud de los trabajadores/as.

- **Maquinaria y vehículos de obras públicas**

Los motores y partes móviles de las máquinas y vehículos de obra, su desplazamiento por superficies a menudo irregulares, y en general las distintas energías dinámicas presentes en estos equipos de trabajo, son focos de ruidos y vibraciones a los que el operario/a se va a ver expuesto, debido a que el manejo de la maquinaria de obras públicas requiere en su práctica totalidad la presencia

del trabajador/a sobre la propia máquina, y por tanto a muy corta distancia de donde se produce el riesgo físico.

Algunas de las fuentes de emisión de vibraciones mecánicas entre los vehículos y maquinaria empleada en obra pública son:

Apisonadora	Camiones	Dumpers	Compactadoras
Extendedor	Minicargador	Pala	Retroexcavadora
Rodillos	Hormigonera	Bulldozer	Volquete

En el “*Estudio de situación Exposición a vibraciones globales en maquinaria de obra pública*”, realizado por el Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales y la Universidad de Oviedo en el año 2003, se determinaron los valores de aceleración total ponderada para dichas máquinas, estableciendo



que las máquinas que trabajan en tareas de extendido y compactado de aglomerado asfáltico son las que mejor comportamiento ofrecen respecto a las vibraciones, con valores por debajo del nivel de acción ($0,5 \text{ m/s}^2$). Las apisonadoras, alcanzaban un valor ligeramente superior a $0,5 \text{ m/s}^2$.

Por el contrario las que ofrecen un peor comportamiento respecto a las vibraciones con valores de aceleración total ponderada superiores a $0,8 \text{ m/s}^2$ son las motoniveladoras, camiones, rodillos, autohormigoneras, palas y extraviales.

La carga y correcta distribución en el equipo es un factor importante en dumpers y camiones. Está demostrado que el riesgo por vibraciones es mucho mayor en estos vehículos, cuando se realizan desplazamientos en vacío que cuando van cargados.

El tipo de material afecta en las vibraciones producidas en retroexcavadoras principalmente, pero también en otros equipos tales como bulldozers, motoniveladoras y palas cargadoras. En las operaciones de arranque de material influye el tipo de material.

- **Maquinaria pesada que transmite vibraciones a través del suelo**

En ocasiones, máquinas de gran tamaño y potencia pueden transmitir vibraciones al trabajador/a a través del suelo o a estructuras sobre las que se encuentra.



Es el caso producido por ejemplo, por la maquinaria empleada en la compactación de suelos.

- **Carretillas elevadoras**

Las carretillas elevadoras son máquinas de tracción motorizada, destinadas a transportar, empujar, tirar o levantar cargas. El transporte de las cargas se realiza en voladizo.

Se asienta sobre dos ejes: motriz, el delantero y directriz, el trasero. Pueden ser eléctricas o con motor de combustión interna.



Entre los años 2003 y 2004, se desarrolló un proyecto *“La exposición laboral a vibraciones”*, enmarcado en un convenio de colaboración establecido entre la Universidad Pública de Navarra y el Instituto Navarro de Salud Laboral, en el que se determinaron valores de aceleración total ponderada para esta máquina en torno a $0,8 \text{ m/s}^2$.

En este estudio se constata que las carretillas elevadoras de gasóleo dan, por lo general, valores superiores a las eléctricas, pero los datos decisivos a la hora de incrementar las exposiciones a las vibraciones, son el estado del firme por donde circulan las carretillas, la antigüedad y el mantenimiento de las mismas.

- **Transporte de mercancías por carretera**

Los conductores/as de camiones, ya sean rígidos o articulados, pueden verse sometidos en su actividad laboral a vibraciones mecánicas.



En el año 2009, la Federación Regional de Organizaciones Empresariales de Transporte de Murcia, realizó un estudio *“Evaluación del riesgo*

por vibraciones mecánicas en el puesto de trabajo de conductor de transporte de mercancías por carretera” en el que se llevó a cabo la evaluación del riesgo por vibraciones mecánicas en el puesto de trabajo de conductor/a de transporte de mercancías por carretera. Para ello se analizaron 48 vehículos (22 camiones rígidos y 26 articulados) de diferentes años de antigüedad.

De este estudio se concluye que los factores de exposición a vibraciones mecánicas, vienen muy determinados por el tipo y estado de conservación de la vía por la cual circulan, así como el estado de conservación del camión, en especial del sistema de amortiguación que tenga. La antigüedad del vehículo, también incide directamente en el nivel de vibraciones mecánicas.

En este estudio los vehículos presentan valores de exposición diaria que da lugar a una acción entre $0,2 \text{ m/s}^2$ y algo más de $0,4 \text{ m/s}^2$, pero normalmente con valores inferiores al límite máximo ($0,5 \text{ m/s}^2$).

- **Maquinaria agrícola: Tractores, cosechadoras, otras máquinas agrícolas.**

El INSHT realizó durante el año 2010 un “*Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en los sectores agrícola y silvícola*”, para el cual se analizaron un total de 57 tareas representativas del trabajo dentro de dichos sectores. Para ello se realizaron medidas en la diferente maquinaria utilizada: tractores, cosechadoras, segadoras y otras máquinas agrícolas.



Según los datos extraídos de este estudio, muchos de los vehículos empleados en el sector agrícola superarían el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción de $0,5 \text{ m/s}^2$.

- **Maquinaria forestal: autocargador, procesadora, skidder, trituradora y otras máquinas forestales.**

Según datos extraídos del “*Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en los sectores agrícola y silvícola*”, realizado por el INSHT en el año 2010, algunos de los vehículos y máquinas empleadas en el sector forestal como



es el caso del bulldozer, skidder, retroexcavadora (abriendo caminos) y autocargador, superarían el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción de $0,5 \text{ m/s}^2$.

- **Vehículos de transporte de personas terrestre (autobús, metro, tren)**

Los vehículos de transporte urbano, tales como autobús y metro, presentan vibraciones de baja frecuencia (1-20 Hz).



El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT) ha llevado a cabo un “*Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo*” en el año 2011, en el que analizando las vibraciones en diferentes vehículos de transporte urbano (autobús, metro, tren), los datos del valor de exposición diaria normalizado para un período de 8 horas dan, en todos los casos estudiados, valores inferiores al límite máximo que da lugar a una acción ($0,5 \text{ m/s}^2$). Así los datos arrojados por el presente estudio, indican que si bien este tipo de vehículos no suponen un factor de riesgo para la seguridad de las personas, son fuente de exposición de vibraciones de baja frecuencia, que no superan el VLE que da lugar a una acción.

◆ **Límites de exposición:**

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 pueden derivarse de la exposición a vibraciones* establece el valor límite de A(8) en $1,15 \text{ m/s}^2$, y el valor de A(8) que da lugar a una acción en $0,5 \text{ m/s}^2$.

Los trabajadores/as no deberán estar nunca expuestos a valores superiores al límite de exposición. Si se superase dicho límite, el empresario/a tomará de inmediato las medidas necesarias para situar la exposición por debajo del límite.

◆ **Efectos para la salud:**

Según el tiempo de exposición, el efecto de las vibraciones sobre el cuerpo completo puede ser:

- Breve. Actúan sobre la persona provocando fatiga, insomnio, cefalea, mareos, reducción de la capacidad de trabajo, etc.

- Prolongado. Las vibraciones pueden ser continuas o intermitentes. Actúan sobre la región lumbar, provocando o agravando las lesiones de los discos intervertebrales, lumbalgias, pinzamientos y lesiones raquídeas menores.

Según la frecuencia, las vibraciones pueden ser:

- De muy baja frecuencia (menores a 1Hz). El mecanismo de acción se debe a las vibraciones de aceleración provocadas en el aparato vestibular del oído, originando alteraciones en el sentido del equilibrio. Son las que se generan en los medios de transporte, por ejemplo en el balanceo de trenes y barcos, produciendo mareos, náuseas, vómitos y trastornos nerviosos.
- De baja frecuencia (De 1 a 20Hz). Las que generan vehículos y maquinaria industrial, presentando efectos sobre el oído interno, retardo en los tiempos de reacción y trastornos de la visión.

◆ **Otros peligros y efectos indirectos:**

Estas máquinas o vehículos pueden ser el origen de otros riesgos, tales como:

- Riesgos de caída de personas.
- Golpes o contactos con elementos móviles de la máquina.
- Atrapamientos por vuelcos de máquinas.
- Contactos térmicos y/o eléctricos.
- Explosiones e incendios.
- Atropellos, golpes y choques con o contra vehículos.
- Ruido.
- Riesgos ergonómicos (fatiga física, posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas).

◆ **Formación:**

Este tipo de máquinas o vehículos de trabajo han de ser utilizadas únicamente por profesionales capacitados y con la formación adecuada en el uso de la máquina. Han de ser conocedores/as de los riesgos que implican su uso y manejo, y poner en prácticas las medidas preventivas para evitarlos.

◆ **Vigilancia de la salud:**

Aquellos trabajadores/as para los que la evaluación de riesgos indique un riesgo para su salud, deben someterse a una vigilancia específica para el problema de vibraciones.

◆ **EPI y protecciones:**

Algunos ejemplos de EPI para la protección contra vibraciones mecánicas serían los siguientes:

- Fajas y cinturones antivibraciones mecánicas.
- Calzado de seguridad con suela elástica absorbente, con objeto de atenuar la exposición a vibraciones sobre el cuerpo entero.

3.3. OTROS FACTORES A CONSIDERAR

Existen determinadas condiciones de trabajo, unas humanas y otras materiales, que afectan a la probabilidad de que se produzcan daños en la salud de los trabajadores/as expuestos/as:

- El nivel de aceleración y el tiempo de exposición: a mayor nivel y mayor tiempo de exposición, más elevado puede ser el daño causado.
- Tipo de exposición: continua, uniforme, puntual, impulso. Cuanto mayor es el tiempo de exposición, mayor es el riesgo.
- El estado de mantenimiento de los equipos y maquinaria: deficiencias en estado de conservación pueden originar un mayor nivel de exposición.
- El estado de las superficies de rodadura, en el caso que corresponda. El estado en que se mantiene la superficie de rodadura, contribuye también a aumentar la exposición diaria a vibraciones. Hay que evitar en lo posible, con un mantenimiento periódico de las pistas, los baches, socavones, obstáculos, piedras, etc.

La pendiente es otro factor que también contribuye a aumentar el riesgo. Subiendo por una pista, el nivel de vibraciones suele ser menor, debido a que la velocidad también suele ser mucho menor. El estado de salud del trabajador/a y las características fisiológicas propias del mismo.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

- El ambiente térmico: el frío, especialmente en las extremidades superiores, incide sobre la intensidad del efecto de la exposición.
- La formación e información que el trabajador/a ha recibido.
- Utilización de equipos que generan niveles de vibración muy elevados.

4. EFECTOS SOBRE LA SALUD Y SEGURIDAD DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS

4.1. FACTORES

La magnitud de los efectos derivados de la interacción de las vibraciones con los trabajadores/as, vienen determinados con carácter general, por dos tipos de factores:

FACTORES EXTERNOS



- Intensidad de la vibración.
- Espectro de frecuencias.
- Dirección de la penetración del movimiento.
- Área de contacto del sistema vibrante con el organismo.
- Método de trabajo: operaciones continuas o intermitentes.
- Características de la herramienta (peso, posibilidad de apoyos, equilibrado, etc.).
- Posibilidad de utilización de equipos de protección individual.
- Factores ambientales: humedad, temperatura, ruido, etc.
- Exposición simultánea a otros agentes físicos o químicos.

FACTORES PERSONALES



- Constitución física del operario/a, peso, talla, edad, forma física, género, etc.
- Postura en que se realiza la tarea
- Grado de tensión o esfuerzo que mantiene en el trabajo.
- Susceptibilidad individual del trabajador/a.
- Relaciones sociales.
- Condiciones previas de salud del trabajador/a, patologías.
- Embarazo.
- Actitudes indebidas: ausencia de motivación, etc.
- Fatiga muscular.

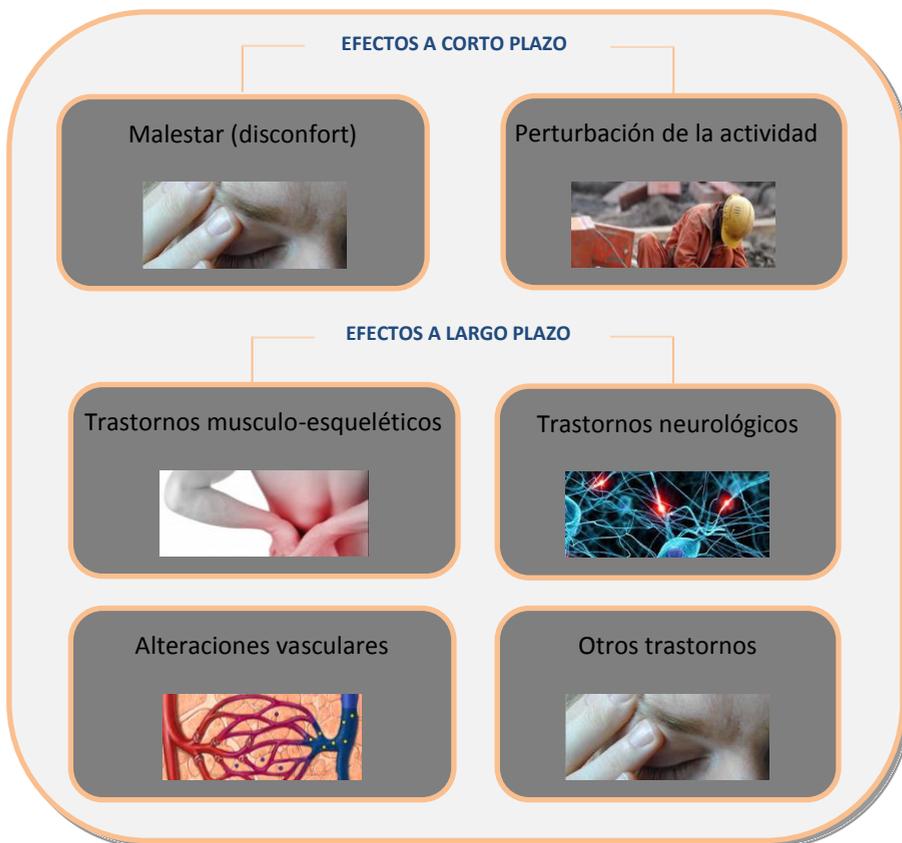
4.2. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS TRANSMITIDAS AL SISTEMA MANO BRAZO

Las vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo por máquinas o herramientas sostenidas con la mano, o por el apoyo o guía de la mano sobre una superficie vibrante o maquinaria fija, pueden tener diferentes efectos a corto y largo plazo sobre el organismo.

La gama de frecuencia responsable varía entre 25 y 250 Hz.

En la siguiente ilustración se reflejan los principales efectos de la exposición a vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo, teniendo en cuenta su efecto a corto o a medio-largo plazo.

Ilustración 1. Principales efectos de la exposición a vibraciones mecánicas transmitidas al sistema mano-brazo



a) Trastornos musculares

Los trabajadores/as expuestos/as a vibraciones, manifiestan debilidad muscular y dolores en brazos y manos, y en algunos casos reducción de la fuerza de presión.

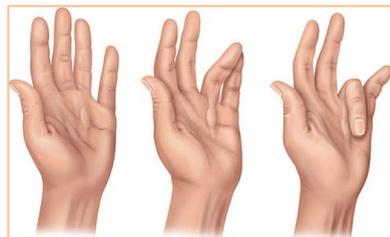
El dolor suele afectar a varios grupos musculares, aunque puede focalizarse en un único músculo, presentándose habitualmente, tras un periodo de tiempo de exposición. Este dolor puede involucrar también a ligamentos, tendones y tejidos blandos.

La lesión muscular se origina al alterarse el elemento conjuntivo que sostiene el entramado contráctil, apareciendo una desestructuración del citoesqueleto muscular.

También se han observado trastornos como:

- Tendinitis.
- Tenosinovitis.
- Contractura de Dupuytren (enfermedad del tejido fascicular de la palma de la mano): Retracción de la aponeurosis palmar superficial, que produce nódulos y adherencias que terminan provocando retracción de los dedos, frecuentemente el cuarto y quinto dedo.

Ilustración 2. Contractura de Dupuytren



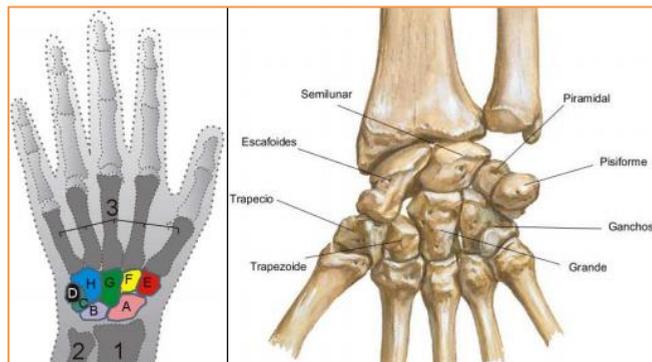
b) Trastornos osteoarticulares

Las principales patologías osteoarticulares producidas por vibraciones son:

- Artrosis hiperostósante del codo: Los signos clínicos se manifiestan en dolores que aparecen casi siempre a nivel de la articulación del codo, del epicóndilo o de la epitroclea, que, poco intensos al principio, obligan a continuación al trabajador a interrumpir su trabajo durante muchas semanas.
- Afectación de los huesos del carpo:

- ◆ **Necrosis del semilunar (enfermedad de Kienböck)**: es la forma de afectación osteoarticular más frecuente. Inicialmente pasa inadvertida por síntomas leves de dolor articular y leve limitación funcional del esfuerzo. La sintomatología está caracterizada por el dolor, asociado a una pérdida de la flexión palmar y una pérdida de la fuerza de empuñadura.

Ilustración 3. Enfermedad de Kienböck



- ◆ **Osteonecrosis del escafoides (enfermedad de Köehler)**
Para Köehler, es la consecuencia de una distorsión articular, de una luxación del hueso o de una fractura, que originan modificaciones más o menos rápidas e importantes de la estructura ósea. Los dolores cuando existen son del mismo tipo que la enfermedad de Kienböck, pero las limitaciones de flexión y extensión son menos importantes. La fuerza de aprehensión se ve disminuida.

Los trastornos de tipo osteoarticular son irreversibles, si bien el deterioro de los movimientos de los brazos y de las manos ocurre únicamente en fases avanzadas.

- ◆ **Trastornos neurológicos**

Los trabajadores/as que emplean herramientas vibrantes pueden sufrir hormigueo y adormecimiento de dedos y manos. Si la exposición a las vibraciones continúa, estos síntomas tienden a empeorar y pueden interferir con la capacidad de trabajo y las actividades cotidianas.

Existe constancia de la aparición de otro tipo de patologías, tales como hipoparestesia o reducción de la sensibilidad táctil y térmica, que asociadas con la manipulación de herramientas vibrátiles o de impacto, producen limitaciones en la capacidad para realizar trabajos de precisión. Estos efectos pueden producirse dentro de un amplio rango de frecuencias, estando especialmente afectada la sensibilidad táctil en frecuencias medias y altas.

En el Taller de Estocolmo (Stockholm Workshop 86) (1987) se propuso una escala del componente neurológico de síndrome de vibración mano-brazo:

Cuadro 2. Fases neurosensoriales de la escala del Taller de Estocolmo para el síndrome de vibraciones mano-brazo

Fase	Síntomas
0	Expuesto a vibración pero sin síntomas
1	Adormecimiento intermitente, con o sin hormigueo
2	Adormecimiento intermitente o persistente, percepción sensorial reducida
3	Adormecimiento intermitente o persistente, discriminación táctil y/o destreza de manipulación reducidas

Fuente: Stockholm Workshop 86 (1987)

La pérdida de tacto y de control sobre los dedos, incluso durante periodos cortos de tiempo, puede implicar un peligro directo e inmediato. Por ejemplo, si tras un periodo de tiempo sometido a vibraciones, es necesario realizar operaciones de precisión.

◆ Alteraciones vasculares

Una exposición prolongada y continua del sistema mano-brazo a vibraciones intensas generadas por herramientas manuales, da lugar a uno de los efectos más conocidos del sistema circulatorio: **Síndrome del dedo blanco inducido por vibración (DBIV)**, o **fenómeno de Raynaud**.

El síndrome del dedo blanco, en su estado avanzado, se caracteriza por presentar un color claro característico de los extremos de los dedos producido por alteraciones en las arterias y los nervios en el tejido blando de la mano.

Ilustración 4. Síndrome del dedo blanco



Los síntomas aparecen primero en un dedo, pero pueden extenderse a los demás en los casos más graves, y al resto de la mano si la exposición continúa. En la primera fase aparece una sensación de hormigueo, entumecimiento y pérdida de tacto en los dedos afectados.



Las consecuencias resultantes de la exposición pueden ser graves y afectar tanto a la actividad laboral como a las actividades cotidianas, teniendo en cuenta, que a menudo se trata de procesos irreversibles.

En el siguiente cuadro, se indican las etapas consideradas de forma general en la progresión de los síntomas, así como la influencia del grado de severidad en las actividades laborales y sociales.

Cuadro 3. Etapas en la progresión de síntomas en el síndrome del dedo blanco

Fase	Grado	Síntomas
0	-	Ningún ataque
1	Leve	Adormecimiento intermitente, con o sin hormigueo
2	Moderado	Adormecimiento intermitente o persistente, percepción sensorial reducida
3	Grave	Adormecimiento intermitente o persistente, discriminación táctil y/o destreza de manipulación reducidas
4	Muy grave	Como en la fase 3, con alteraciones tróficas de la piel en las puntas de los dedos

Fuente: Stockholm Workshop 86 (1987)

Las frecuencias asociadas más frecuentemente a este fenómeno están comprendidas entre 30 Hz y 300 Hz.

◆ Otros trastornos

Algunos estudios (GRIFFIN, M. *Vibraciones, en Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo. Año 1998. Capítulo 50*), indican que las personas expuestas a vibraciones, pueden presentar un riesgo adicional de deterioro auditivo debido a vasoconstricción simpática refleja, inducida por vibración de los vasos sanguíneos que irrigan el oído interno.

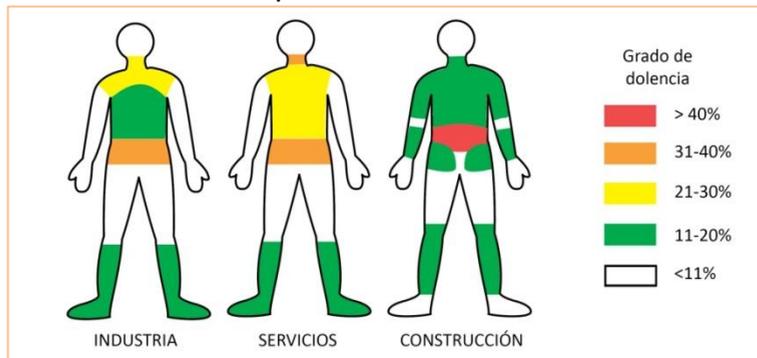
Incluyen signos y síntomas relacionados con la disfunción de los centros autónomos del cerebro (por ejemplo, fatiga persistente, dolor de cabeza, irritabilidad, perturbaciones del sueño, impotencia, anomalías electroencefalográficas).

4.3. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS EN CUERPO ENTERO

Las vibraciones mecánicas transmitidas al cuerpo entero pueden causar efectos muy diversos que van desde una simple molestia, hasta alteraciones graves de la salud.

En la siguiente figura, se muestran los grados de dolencia y las principales zonas del organismo afectadas en función del sector de actividad.

Figura 5. Grado de dolencia en la exposición a vibraciones mecánicas en cuerpo entero por sector de actividad



Los efectos para la salud que pueden causar las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, suelen ser máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz, ocasionando las inferiores a 0,5 Hz, sensación de mareo.

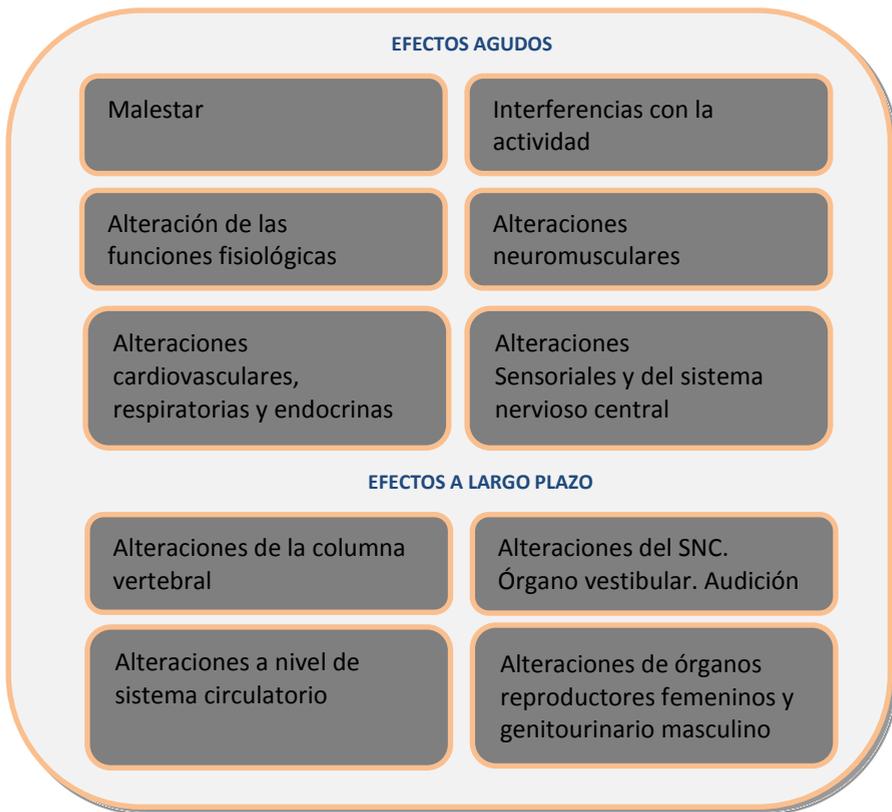
El cuerpo humano tiene frecuencias de resonancia que varían de unas personas a otras, en relación al órgano afectado y a la postura en que se encuentre el individuo.

Los órganos más sensibles del cuerpo humano tienen frecuencias de resonancia propia: el estómago la tiene en los 4,5 Hz, el ojo empieza a disminuir su capacidad de visión cuando está sometido a frecuencias de 4 a 10 Hz, la columna vertebral en su región lumbar la tiene en los 4 Hz, apareciendo fuertes tensiones

musculares que conducen a una mala circulación de la sangre, en la zona de los 3 a 6 Hz.

Las manifestaciones que se producen por efecto de las vibraciones de cuerpo entero, pueden dividirse por sus efectos en: **efectos agudos** y **efectos a largo plazo**.

Ilustración 5. Principales efectos de la exposición a vibraciones mecánicas transmitidos al cuerpo entero



• **EFECTOS AGUDOS**

◆ **Malestar**

Sintomatología consistente en irritabilidad, sensación de mareo, cefaleas, etc. Su manifestación va a depender de la frecuencia de la vibración, de su dirección, de la duración y del punto de contacto con el cuerpo.

◆ Interferencias con la actividad

Esta interferencia con la actividad a desarrollar, está muy ligada a las alteraciones sensoriales de la vista y del tacto, causados por el movimiento de la parte afectada (los ojos y las manos).



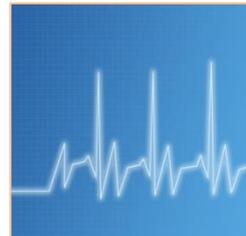
Son fácilmente reducibles estudiando el diseño de las tareas, siendo normalmente efectivo, aumentar el tamaño de la pantalla en el caso de las alteraciones visuales y reduciendo la sensibilidad de las zonas de contacto con las manos en el caso del tacto.

Algunos estudios señalan que también se pueden dar casos de aumento de cansancio y fatiga.

Según parece, las vibraciones no afectan a las tareas cognitivas simples, como puede ser el tiempo de reacción simple.

◆ Alteración de las funciones fisiológicas

Las alteraciones fisiológicas pueden producirse en un momento concreto al inicio de la transmisión de vibración y posteriormente normalizarse, o bien producirse de forma continua.



Una alteración fisiológica habitual en los trabajadores/as expuestos a vibraciones de cuerpo entero, es el aumento de la frecuencia cardiaca.

Al igual que en el caso de los trastornos en la columna, no se ha establecido una relación directa entre causa y efecto.

◆ Alteraciones neuromusculares

Los músculos del cuerpo tienen unos movimientos naturales que oscilan entre frecuencias de 2 a 8 Hz.

Tal y como se ha comentado con anterioridad, los niveles de frecuencias a los que puede estar expuesto un trabajador/a durante las vibraciones de cuerpo completo, oscilan entre los 0,5 Hz y 100Hz. Así pues, las alteraciones

neuromusculares surgen de esta diferencia entre lo natural y lo artificial, tanto en muy bajas como en altas frecuencias.

Los trabajadores/as que realizan sus tareas sentados/as, normalmente acusan alteraciones neuromusculares en los músculos superficiales de la espalda, estén sometidos a vibraciones o no.

Algunos estudios que se han realizado en trabajadores/as sometidos/as a vibraciones completas en posición sentada, detectan que éstas les hacen inconscientemente mantener erguida y contracturada la espalda para contrarrestar los movimientos oscilatorios y las aceleraciones. Si se consigue que el trabajador/a adopte una postura relajada y encorva la espalda, las alteraciones neuromusculares prácticamente desaparecen.

◆ **Alteraciones cardiovasculares, respiratorias y endocrinas**

Existen estudios en los que se comprueba que la exposición a vibraciones desde frecuencias próximas al límite, según normativa, produce un aumento de la presión arterial, de la frecuencia cardíaca, un mayor consumo de oxígeno y alteraciones en las hormonas adrenocorticotrópicas (ATCH) y catecolaminas.

Se ha comprobado mayor incidencia, en trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo completo con trastornos digestivos y alteraciones circulatorias con varices en piernas y hemorroides.

◆ **Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central**

Los efectos de las vibraciones se traducen en alteraciones sensoriales que transportan una deficiente información al sistema nervioso central que pueden afectar:

- ✓ Al sistema auditivo, con pérdida de audición debida a la disfunción de los nervios auditivos. Tienen mayor incidencia en intensidades entre 4 o 5 Hz.
- ✓ Al aparato vestibular situado en el oído, que con motivo de las vibraciones se pueden descolocar produciendo vértigos y alteraciones en el sentido del equilibrio y control espacial.

Las descompensaciones suelen ser más acusadas en exposiciones a vibraciones de frecuencias muy bajas.

- ✓ Al sentido de la vista, con una pérdida de visión.

- ✓ Al sentido del tacto, con una pérdida de sensibilidad.

◆ **Mareo inducido por el movimiento**

El efecto llamado mareo inducido por el movimiento es una respuesta a los efectos sensoriales y digestivos, que pueden ocasionar malestar general, vómitos, náuseas, etc.

Suele cesar cuando termina la exposición a la vibración o ir disminuyendo en pocos días hasta su desaparición.

▶ **EFFECTOS A LARGO PLAZO**

◆ **Alteraciones de la columna vertebral**

Ciertos estudios, indican que existe un riesgo elevado para la salud en la columna vertebral de los trabajadores/as expuestos/as durante muchos años a intensas vibraciones de cuerpo completo, llegando a la conclusión de que pueden afectar negativamente a la columna vertebral e incrementar el riesgo de molestias lumbares.



Dichas molestias pueden ser secundarias a la alteración degenerativa primaria de las vértebras y de los discos intervertebrales. Se descubrió que la parte de la columna más afectada es la región lumbar, seguida de la torácica. La afectación de la región cervical se atribuye más a una postura fija desfavorable que a la vibración.

Los datos existentes no permiten establecer un nivel sin efectos adversos y los estudios epidemiológicos no permiten establecer una relación entre dosis y efecto.

Por otro lado, la aplicación de vibraciones de cuerpo completo de frecuencias de 40 a 50 Hz aplicadas a través de los pies a trabajadores/as en posición de pie, fue seguida de cambios degenerativos de los huesos de esta parte del cuerpo.

◆ **Alteraciones del sistema nervioso central. Órgano vestibular. Audición**

Las vibraciones intensas de cuerpo completo a frecuencias superiores a 40 Hz pueden ocasionar daños y alteraciones en el sistema nervioso central. Se han

identificado molestias tales como, dolor de cabeza y una mayor irritabilidad. Algunos resultados publicados, expresan como efecto, una menor excitabilidad vestibular y una mayor incidencia de procesos vertiginosos. Respecto a la audición, se ha detectado un desplazamiento adicional del umbral de audición de 3 a 8 KHz si la aceleración ponderada supera un valor eficaz de $1,2 \text{ m/s}^2$ con exposición simultánea al ruido, a un nivel equivalente a 80 dbA.

◆ **Alteraciones a nivel de sistema circulatorio**

Se han detectado cuatro grupos de alteraciones con mayor incidencia:

- ✓ Trastornos periféricos, como el síndrome de Raynaud, cerca del punto de aplicación de la vibración de cuerpo completo (los pies de los operarios en posición de pie, o en menor grado las manos de los conductores).
- ✓ Venas varicosas en piernas, hemorroides y varicoceles.
- ✓ Cardiopatía isquémica e hipertensión.
- ✓ Alteraciones neurovasculares.

◆ **Alteraciones de órganos reproductores femeninos y genitourinario masculino**

Como en los efectos anteriores, no se puede determinar los límites seguros en los que se evitaría el riesgo.

En las mujeres pueden ocasionar alteraciones menstruales, desplazamientos de órganos internos e incluso riesgo de aborto en embarazadas, con posible transmisión de las vibraciones al feto. Por ello, en las evaluaciones de riesgos se suele aconsejar limitar al mínimo posible la exposición a vibraciones en fases de embarazo.

En los hombres se ha detectado un mayor número de trabajadores con problemas de inflamación en la próstata (prostatitis).

4.4. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS ATENDIENDO A LA FRECUENCIA DE VIBRACIÓN

A continuación se resumen los principales efectos de las vibraciones mecánicas de acuerdo con la frecuencia de vibración:

Tabla 1. Efectos de las vibraciones atendiendo a su frecuencia

Muy baja frecuencia < 1 Hz	<ul style="list-style-type: none">• Estimulación del laberinto del oído interno.• Trastornos del sistema nervioso central.• Mareos y vómitos (el mareo del viajero).
Baja Frecuencia 1 - 20 Hz	<ul style="list-style-type: none">• Lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales.• Agravamiento de lesiones raquídeas menores e incidencia sobre trastornos debidos a vicios posturales.• Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, alteraciones del equilibrio.• Trastornos de visión por resonancia.
Alta frecuencia 20 – 1.000 Hz	<ul style="list-style-type: none">• Trastornos osteo-articulares identificables radiológicamente como artrosis hiperostósante del codo.• Lesiones de muñeca como malacia del semilunar o osteonecrosis de escafoides carpiano.• Afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad.• Expresión vascular manifestada por crisis del tipo de dedos muertos llamado Síndrome de Raynaud.• Aumento de la incidencia de enfermedades estomacales.

4.5. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS EN TRABAJADORES/AS ESPECIALMENTE SENSIBLES

Un aspecto importante a tener en cuenta en la prevención de riesgos laborales, son los trabajadores/as pertenecientes a grupos de riesgo particularmente sensibles. El personal del servicio de prevención estudiará y valorará, especialmente, los riesgos que puedan afectar a las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a los menores y a los trabajadores/as especialmente sensibles a determinados riesgos, y propondrá las medidas preventivas adecuadas, según el artículo 37 del *Real decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención*.

◆ Exposición laboral durante el embarazo y lactancia natural

En las orientaciones para la valoración del riesgo laboral y la incapacidad temporal durante el embarazo de la Sociedad Española de Ginecología y Obstetricia (SEGO), se recoge que los efectos patológicos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas para el embarazo son: desprendimientos de placenta, mayor probabilidad de parto prematuro y abortos espontáneos.



La exposición a las vibraciones que abarquen a todo el cuerpo (manejo de tractores, maquinaria pesada, de vehículos de gran tonelaje en terrenos irregulares, etc.) son de riesgo para el embarazo sobre todo en el último trimestre. También se menciona que la mujer embarazada, tiene una mayor tendencia al agravamiento de lesiones producidas en el denominado túnel carpiano. En consecuencia, debe tenerse en cuenta para los trabajos de manejo de herramientas con vibración de alta frecuencia (martillos neumáticos, motosierras, etc.).

En la comunicación de la Comisión de las Comunidades Europeas *COM (2000) 466 final sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos, así como los procedimientos industriales considerados como peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia* (Directiva 92/85/CEE del Consejo), se recoge que la exposición frecuente a choques, es decir, a golpes violentos y bruscos o a vibraciones de baja frecuencia (por ejemplo, conducir o desplazarse en vehículos todo terreno, o un movimiento excesivo), pueden aumentar el riesgo de aborto.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

La exposición prolongada a vibraciones en todo el cuerpo puede aumentar el riesgo de parto prematuro o de bajo peso al nacer. No está establecido que las trabajadoras en período de lactancia, estén expuestas a mayores riesgos que los demás trabajadores/as.

5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL RIESGO

5.1. EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES

El artículo 4 del Real Decreto 1311/2005, establece la obligación del empresario/a de evaluar el riesgo derivado de la exposición a vibraciones y, en caso necesario, la medición de los niveles a los que estén expuestos los trabajadores/as.

Mediante la evaluación de los riesgos laborales se deben reconocer y reducir a tiempo las exposiciones que puedan presentarse. La valoración puede realizarse en relación con: la actividad laboral, tipo de máquina, puesto de trabajo y personal

Las exposiciones se deben evaluar de acuerdo a la gravedad del posible daño ya la probabilidad de aparición del mismo. Las etapas a seguir son:



- **Detección de los riesgos por vibraciones**

El empresario/a valora las condiciones de los puestos de trabajo. Si no existieran valores empíricos, se tienen que realizar mediciones.

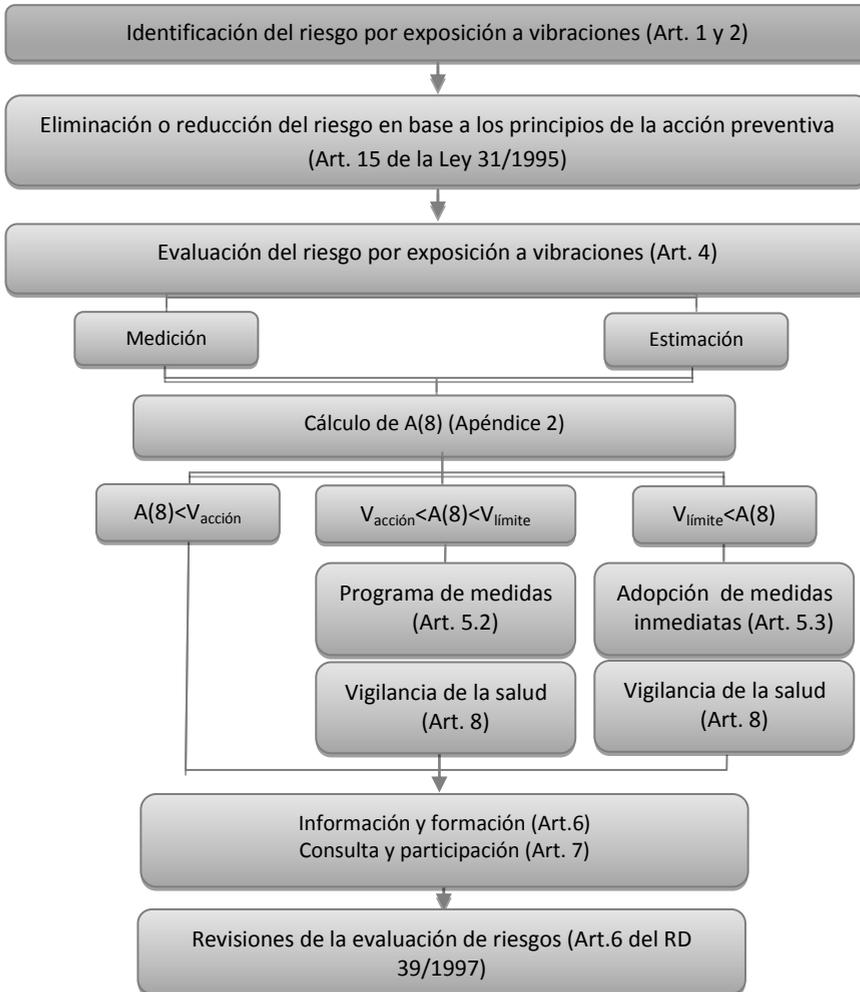
- **Evaluación y valoración del riesgo**

Las exposiciones a la vibración en el puesto de trabajo pueden ser valoradas mediante: información del fabricante, otras fuentes o mediciones. Los parámetros característicos son las aceleraciones de frecuencia ponderada en las tres direcciones de oscilación, análisis de los valores máximos manifestados y/o de los valores totales de oscilación.

- **Disminución del riesgo y determinación de medidas**

El empresario/a tiene que considerar la toma de medidas técnicas y/o organizativas, cuando se sobrepasan los valores de exposición que dan lugar a una acción o los valores límites de exposición.

En el siguiente esquema se resumen las acciones destinadas a controlar el riesgo por exposición a vibraciones mecánicas, teniendo en cuenta lo establecido en el RD 1311/2005.



El empresario/a al evaluar los riesgos, debe tener en consideración los siguientes aspectos:

- El nivel, tipo y duración de la exposición.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.

- Efectos relacionados con la seguridad y salud de los trabajadores/as especialmente sensibles expuestos al riesgo.
- Efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores/as como consecuencia de la interacción entre vibraciones mecánicas, lugar y equipo de trabajo.
- La información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo, con arreglo a lo dispuesto a la normativa que regula la comercialización de dichos equipos.
- Posibilidad de modificación o sustitución de los equipos de trabajo, con objeto de disminuir los niveles de exposición a las vibraciones.
- La prolongación de la exposición a vibraciones mecánicas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario/a.
- Condiciones específicas de trabajo, como por ejemplo trabajar a bajas temperaturas o condiciones climatológicas adversas, que puedan agravar y aumentar el riesgo de exposición a vibraciones.
- La información adecuada, derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores/as.

El nivel de exposición a la vibración mecánica podrá evaluarse de dos formas:



La **evaluación de las vibraciones por estimación** se realiza mediante la consulta de la información proporcionada por los fabricantes de los equipos, junto con la observación de las prácticas de trabajo. En este caso la empresa justificará que la naturaleza y el alcance de los riesgos hacen innecesaria la medición.

La **evaluación de las vibraciones por medición** se efectuará mediante la utilización de métodos, muestreos y equipos específicos.

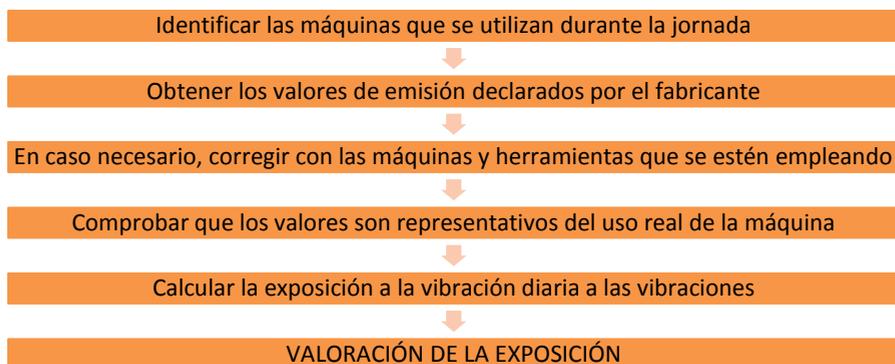
5.2. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS POR ESTIMACIÓN

Para poder llevar a cabo la evaluación de las vibraciones por estimación, es preciso que se reúnan todos y cada uno de los siguientes requisitos:

- Que se disponga de los valores de emisión de la herramienta. Mediante la utilización de datos del fabricante o utilización de otras fuentes de información.
- Que las condiciones de funcionamiento reales de la máquina sean similares a aquellas para las cuales se han declarado los niveles de emisión.
- Que la máquina esté en buenas condiciones y su mantenimiento se realice de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Que las herramientas insertadas o accesorios sean al menos similares a aquellas usadas en la determinación de los valores declarados de emisión.

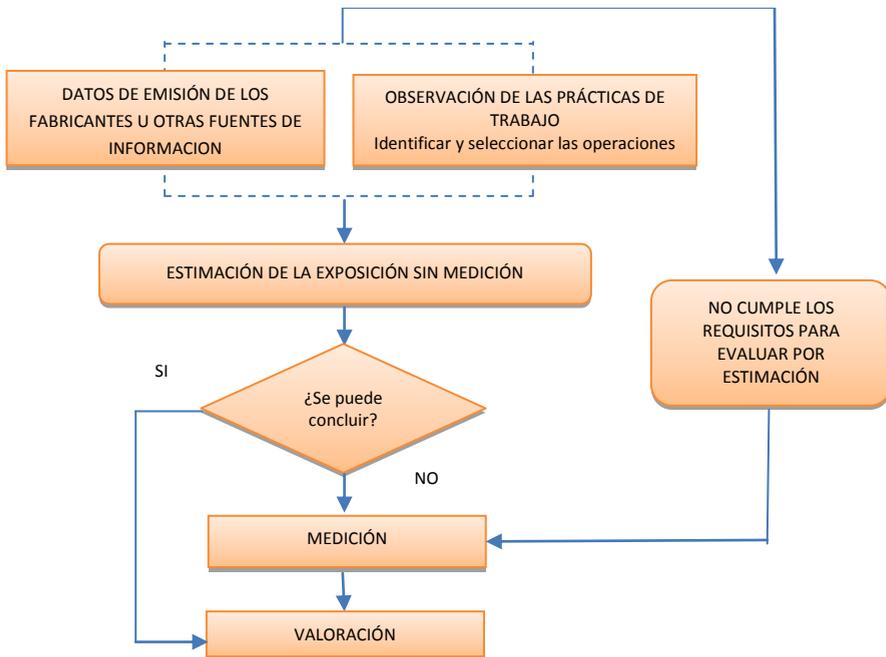
El procedimiento para realizar la evaluación por estimación se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 6. Procedimiento evaluación por estimación



La metodología a seguir para la valoración de la exposición a vibraciones mecánicas por el método de estimación, se refleja a continuación:

Ilustración 7. Metodología. Evaluación por estimación



Es preciso conocer el **nivel de emisión** y el **tiempo de exposición** para cada operación. Así, considerando que el trabajador/a realiza una serie de operaciones que pueden repetirse, existen dos magnitudes principales a evaluar para cada operación “i” durante la exposición a las vibraciones:

- El valor total de las vibraciones: a_{hvi} para cada una de las operaciones identificadas
- El tiempo de exposición de cada operación “i”: t_i

Empleando la información proporcionada por el fabricante del equipo sobre los valores de emisión de las vibraciones u otras publicaciones sobre herramientas similares, se conocerá el nivel de emisión de las vibraciones.

En el caso de disponer de manual de instrucciones, habría que considerar el valor que se incluye en dicho documento y la incertidumbre de la aceleración, además de aplicar los factores de multiplicación, con objeto de calcular la magnitud probable de la vibración de cada operación.

Con el valor de la aceleración procedente del manual de instrucciones u otras fuentes, se calcularía el valor de la exposición diaria normalizada para un período de 8 horas A(8).

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

Donde:

a_{hvi} es el valor de las vibraciones para la operación i , que se obtiene a partir de los valores eficaces de las aceleración ponderados en frecuencia en cada uno de los tres ejes ortogonales x , y , y z , obtenidos del manual de instrucciones o de otras fuentes.

$$a_{hvi} = \sqrt{a_{hw x}^2 + a_{hw y}^2 + a_{hw z}^2}$$

T_i es la duración de cada operación.

Una vez realizados los cálculos, se comparan con los valores límites establecidos en el Real Decreto 1311/2005, para proceder a la evaluación del riesgo por exposición a vibraciones.

Para más información consultar:

- “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas”. INSHT
- Real Decreto 1311/2005, de 4 noviembre, de 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.
- “NTP 792. Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación”. INSHT.

5.3. MEDICION DE VIBRACIONES MECÁNICAS. EQUIPOS DE MEDIDA

En los casos en que no se disponga de los valores de emisión, o en que las condiciones de exposición o de utilización de las máquinas o herramientas susciten dudas sobre la aplicabilidad de la evaluación mediante estimación, deberá hacerse una medición de la vibración.

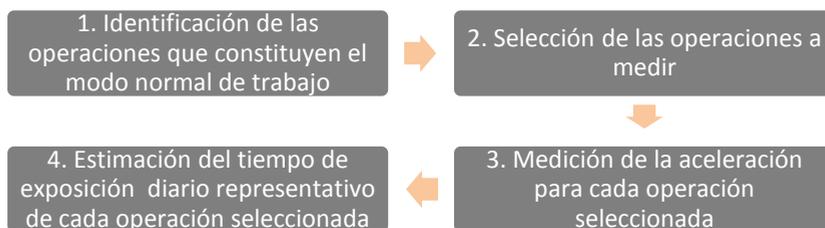
La realización de la medición de la aceleración producida por las vibraciones, deberá realizarse con instrumental y procedimientos acordes con las normas a las que remite el Anexo del Real Decreto 1311/2005, y resumidas en el Apéndice 3 (Medición de la aceleración) de la “Guía Técnica de Vibraciones Mecánicas” del INSHT.

Esta medición proporcionará los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia que permitirán determinar el valor $A(8)$.

El objeto de dicha medición es la determinación cuantitativa de la magnitud de las vibraciones a las que están expuestos los trabajadores/as, empleando para ello el instrumental adecuado. Estas mediciones han de ser representativas de la exposición del trabajador/a a las vibraciones, para lo cual deben seleccionarse adecuadamente las operaciones de trabajo a medir y los tiempos de medición correspondientes.

La evaluación de la exposición a vibraciones por medición constará de las siguientes etapas:

Figura 6. Etapas en la evaluación de la exposición a vibraciones por medición



• MEDICIÓN DE VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO COMPLETO

Para efectuar la medición y evaluación de las vibraciones transmitidas al cuerpo completo se deben seguir los criterios establecidos en la norma UNE - ISO 2631-1:2008: “Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a

las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1. Requisitos generales”, tal y como contempla el RD 1311/2005.

Imagen 1. Equipo de medición de vibraciones de cuerpo completo en asiento de vehículo



Las mediciones deben realizarse en los tres ejes de referencia (x, y, z) del sistema de coordenadas ortogonal correspondiente a la postura a evaluar, definidos en la anterior Norma.

La señal de aceleración que recoge el equipo de medición se ha de ponderar en el espectro de frecuencias centrales de 0,5 a 80 Hz, de acuerdo con la sensibilidad del cuerpo humano a las vibraciones transmitidas al cuerpo completo, tal y como recoge la norma UNE-ISO 2631-1:2008.

Las mediciones han de efectuarse sobre la superficie a través de la cual las vibraciones se transmiten al cuerpo y según la dirección de las fuerzas vibratorias. En este sentido, para caracterizar la dirección de las mismas, se tendrá en cuenta el sistema de coordenadas ortogonal más desfavorable.

Es preciso determinar el valor de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) para cada uno de los tres ejes de referencia y a partir de ellos se realizará la evaluación con referencia al mayor de los valores obtenidos. Para el cálculo se emplea la siguiente expresión:

$$A_w = \max[1,4a_{wx}, 1,4a_{wy}, a_{wz}]$$

La norma UNE-EN 14253:2004 “Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica”, establece los procedimientos y etapas del proceso de medición.

◆ **Preparación del procedimiento de medición**

Se definirá con exactitud la naturaleza y localización de cada operación, así como el tiempo de exposición a vibraciones asociada a cada operación.

◆ **Selección de las operaciones a medir**

Para cada una de las operaciones en las que se vaya a medir el nivel de vibración es preciso identificar:

- Las características de la máquina utilizada (marca, modelo, antigüedad, etc.).
- Las operaciones que se están llevando a cabo con ella (carga, descarga, etc.).
- La naturaleza del terreno (asfaltado, sin asfaltar, etc.).
- El estado, posición y características del asiento.
- El tipo de vibración, la dirección predominante de la misma y su origen.
- El número de veces que se realiza la operación o ciclo de trabajo por día.
- La duración media diaria de la operación o ciclo de trabajo.

◆ **Organización de las mediciones**

Se acostumbra a diferenciar entre dos tipos de exposición según se trate de operaciones de larga o corta duración.

◆ **Duración de las mediciones**

Es importante establecer el número de mediciones que se van a realizar y su duración, para obtener valores representativos de exposición a vibraciones en las 8 horas de la jornada laboral.

Cuando se trate de operaciones largas ininterrumpidas se recomienda realizar un número "N" de mediciones, de por lo menos 3 minutos de duración cada una, en diferentes momentos de la jornada, y después determinar el valor ponderado de la magnitud de la vibración de acuerdo con la siguiente expresión:

$$a_w = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N a_{wj}^2 \cdot T_j}{T}}$$

Donde:

a_{wj} : valor medido de la aceleración en la medición j ,

T_j : es la duración de dicha medición j

T : es la duración total de todas las mediciones

Este cálculo se realizará por separado para cada uno de los tres ejes de medida.

Para el caso de operaciones de corta duración que se repiten cíclicamente a lo largo de la jornada, cada medida se hará sobre un ciclo completo (mayor de 3 minutos), teniendo en cuenta que el número de ciclos de trabajo sobre los que se hacen las mediciones debe ser el suficiente para que el valor obtenido a partir de ellos sea representativo de la exposición diaria.

De no existir ciclos, las vibraciones deben medirse en cada una de las operaciones.

En caso de que no haya ciclos y las operaciones duren menos de tres minutos, se pueden repetir las operaciones hasta llegar a un mínimo de 3 minutos o se puede simular la operación para llegar a obtener muestras de tres minutos por razones de tipo estadístico.

◆ Estimación del tiempo de exposición

La duración diaria de la exposición integrada por diversas operaciones o ciclos puede basarse en:

- a) Medida de la exposición real durante una operación o un ciclo de trabajo.
- b) Información sobre el número de operaciones o ciclos de trabajo por día.

Para más información consultar:

- “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas”. INSHT
- Norma UNE-EN 14253:2004 “Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica”.
- Norma UNE- ISO 2631-1:2008 “Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales”.

• MEDICIÓN DE LA VIBRACIÓN MANO-BRAZO

La norma española UNE-EN ISO 5349-2:2002 “Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo” establece los criterios para efectuar la medición y evaluación de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

Imagen 2. Equipo de medición de vibraciones de mano-brazo



Las mediciones deben realizarse en los tres ejes de referencia (x_h , y_h , z_h) del sistema de coordenadas ortogonal.

Así, para cada uno de los tres ejes de referencia, se obtiene el valor de aceleración continua equivalente ponderada en frecuencia (a_{hwx} , a_{hwy} , a_{hwz}), y a partir de ellos, se determina el valor total de aceleración equivalente ponderada en frecuencia mediante la siguiente expresión:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvw}^2}$$

Si no es posible realizar medidas triaxiales, es necesario aplicar un factor de multiplicación para las medidas realizadas en uno o dos ejes. El valor de este factor oscila entre 1 si la herramienta tiene un eje que presenta un valor de la vibración superior, al menos en un 30%, al de las correspondientes a los otros ejes, y 1,7 cuando no existe un eje dominante.

La norma UNE-EN ISO 5349-2:2002, establece los procedimientos y etapas del proceso de medición:

◆ **Preparación del procedimiento de medición**

Se identificarán las operaciones que pueden contribuir significativamente a la exposición, y se decidirá el método de medida y la duración de la misma.

Para cada una de dichas operaciones o tareas identificables, se obtendrá un valor representativo de la magnitud de las vibraciones.

◆ **Selección de las operaciones a medir**

Para poder efectuar esta selección es preciso identificar:

- Las fuentes de exposición a las vibraciones.
- Los modos de funcionamiento de las herramientas o equipos.
- Los cambios en las condiciones de funcionamiento que puedan afectar a la exposición a las vibraciones (por ejemplo, la superficie de rodadura de una máquina).
- Las herramientas insertadas que afecten a la exposición a las vibraciones.
- La información, por parte de los trabajadores/as y supervisores, sobre las situaciones de trabajo en las que se pueden producir los mayores niveles de vibración.
- La evaluación por estimación basada en la información correspondiente, en el caso de que se hubiese realizado previamente a ésta.

◆ **Organización de las mediciones**

El anexo E de la norma UNE-EN ISO 5349-2:2002 establece cuatro formas de organizar la medición, en cada una de las cuales, además de determinar la magnitud de las vibraciones, habrá que determinar el tiempo de exposición:

- a) Mediciones de larga duración en operaciones con equipos en funcionamiento continuado. Se realizan cuando el equipo funciona de forma continua a lo largo de un tiempo prolongado durante el cual la mano está siempre en contacto con la herramienta o pieza vibrante. En este caso, el tiempo de exposición coincide con el tiempo durante el cual se emplea el equipo.

- b) Mediciones de larga duración en operaciones con equipos en funcionamiento intermitente. El equipo no funciona continuamente, pero la mano no pierde contacto con el equipo vibrante durante los descansos. El tiempo de exposición es el tiempo de utilización del equipo.
- c) Mediciones de corta duración en operaciones con equipos en funcionamiento intermitente. Es el caso de las operaciones con equipos que o no trabajan continuamente porque hay descansos durante la operación, o las manos del trabajador/a dejan de tener contacto con la herramienta. Se hacen mediciones de corta duración a lo largo de un periodo de operación continuada.
- d) Mediciones de duración fija en operaciones con equipos que producen impactos o choques. Se realizan mediciones de duración fija de la magnitud ponderada de las vibraciones. El tiempo de exposición se obtiene multiplicando la duración fija de la medida, por el número de impactos por día, y dividiendo el resultado por el número de impactos en cada periodo.

◆ **Duración de las mediciones**

Siempre que sea posible, se tomarán una serie de muestras a diferentes horas del día, y se promediarán para obtener una medida representativa de las condiciones reales de exposición.

El promedio de la magnitud de las vibraciones para una serie de N muestras de magnitudes de las vibraciones viene dada por la siguiente expresión:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N a_{hwj}^2 \cdot t_j}{T}}$$

Siendo:

a_{hwj} : magnitud de las vibraciones medidas para la muestra j

t_j : es la duración de la medición de la muestra j

$$T = \sum_{j=1}^N t_j$$

El tiempo total de medición debe ser al menos de 1 minuto y componerse como mínimo de tres muestras para cada operación.

Para cada operación deben tomarse al menos tres muestras. Deben evitarse las mediciones de tiempo inferior a 8 segundos, debido a que no son fiables.

Cuando no sea posible llevar a cabo las mediciones durante un minuto, se puede recurrir a procedimientos de trabajo simulados, para obtener la duración mínima de medición.

◆ **Estimación del tiempo de exposición**

Deberá obtenerse la duración de la exposición diaria para cada fuente de vibraciones.

El tiempo de exposición diario a las vibraciones se basará en:

- Una medida del tiempo de exposición real durante un periodo de uso normal (por ejemplo durante un ciclo de trabajo completo, o durante un periodo típico de 30 minutos).
- Información sobre la pauta de trabajo (el número de ciclos diarios o duración de la jornada de trabajo).

Una vez promediadas las vibraciones sobre un ciclo de trabajo completo, el tiempo de exposición diario se obtiene multiplicando la duración de ese ciclo de trabajo, por el número de ciclos por día. Si se mide exclusivamente durante el contacto de la mano con la herramienta y se trata de mediciones de corta duración de operaciones intermitentes, es preciso evaluar el tiempo de contacto diario. Cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano.

Para más información consultar:

- 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".
- UNE-EN-ISO 5349-2:2002 "Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo".
- UNE-EN-ISO 20643:2008 "Vibraciones mecánicas. Maquinaria sujeta y guiada por la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones".

- EQUIPOS DE MEDIDA

El instrumento empleado en la medición de las vibraciones es el **vibrómetro**, compuesto básicamente por los siguientes elementos: acelerómetro, amplificador, filtros y sistemas de ponderación de frecuencias e indicador registrador de amplitud o de nivel. A partir del acelerómetro, la señal de vibración puede procesarse de diferentes formas para llegar a obtener una medición de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia durante un período de medida.

El **amplificador** está diseñado para recibir la señal procedente del acelerómetro y convertirla en un voltaje proporcional a la aceleración, adecuado para su posterior tratamiento.

El vibrómetro incorpora, de acuerdo con determinadas normas, un **sistema limitante de bandas y filtros** que permite la ponderación de las diferentes bandas de frecuencias y restringen el intervalo de frecuencias nominales desde 5,6 Hz a 1.400 Hz, y la selección de los tiempos de medida con el fin de conocer los componentes de una señal de banda ancha y determinar la aceleración equivalente a la que está expuesto el trabajador/a.

El **indicador de señal** presenta los resultados de la medida en unidades vibratorias, generalmente en m/s^2 , "g" y dB, indicando el valor eficaz y, si está incluido, el valor pico de la señal, la constante de tiempo o el tiempo de integración.

Ilustración 8. Elementos de un equipo medidor de vibraciones



En otras ocasiones se utilizan **analizadores de vibraciones en tiempo real**, que permiten almacenar la información en el tiempo y obtener un análisis de frecuencia. Éstos se recomiendan cuando pueda surgir alguna duda con respecto a la calidad de la señal de aceleración, ya que permite la detección de la mayoría de distorsiones que pueden ocurrir durante las descargas (sobrecargas, conexiones defectuosas, etc.) e identifica las frecuencias dominantes y armónicas. También suelen ser útiles en el caso de choques simples repetidos.

Los equipos empleados para la medición de la exposición a las vibraciones deben cumplirlos requisitos indicados en la norma UNE-EN ISO 8041:2006/AC:2009 "Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida".

◆ Acelerómetros

El acelerómetro más utilizado en la práctica es el **piezoeléctrico**, siendo este elemento capaz de detectar la vibración y transformar la energía que transmite, en una corriente eléctrica.

Existen acelerómetros uniaxiales, que son aquellos que miden la aceleración en un solo eje, y triaxiales, que lo hacen simultáneamente en los tres ejes. Se recomienda la utilización de los segundos, ya que con ellos se asegura la medición de la misma vibración en los tres ejes a la vez.

La elección del acelerómetro se realizará atendiendo al tipo de vibración (cuerpo entero, mano-brazo), su magnitud esperada, rango de frecuencia requerido, características físicas de la superficie sobre la que se va a efectuar la medición y el ambiente en que se va a utilizar.

Imagen 3. Vibrómetro con acelerómetro triaxial para cuerpo entero



Imagen 4. Vibrómetro con acelerómetro uniaxial, para mediciones de vibraciones en mano-brazo



Los equipos de medida deben calibrarse periódicamente en un laboratorio debidamente acreditado. Para la determinación de la periodicidad de la calibración han de seguirse las instrucciones del fabricante, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, para esta calibración debe utilizarse un patrón reconocido mantenido por un laboratorio acreditado.

► **Colocación de los acelerómetros**

La colocación y fijación de los acelerómetros en el punto de medida es un factor crítico para obtener datos fiables. Éstos deben fijarse rígidamente a la superficie vibrante y colocarse de forma que interfieran lo mínimo posible en la actividad del trabajador/a, con objeto de que la vibración medida sea representativa y sea lo más similar posible a la que recibe la persona habitualmente.

Es preciso tener en cuenta que los acelerómetros piezoeléctricos son sensibles a las vibraciones en direcciones distintas de las de sus ejes principales.

En el caso de las vibraciones mano-brazo, la medición debe realizarse colocando el acelerómetro en el punto de entrada de la vibración. Lo más habitual es situarlo en el centro de la zona de agarre, concretamente en la mitad del ancho de la mano cuando se sostiene una herramienta motorizada.

Imagen 5. Medición de vibraciones en lijadora de banda para madera



Para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, la medición debe efectuarse sobre el asiento en el caso de personas sentadas, y sobre el suelo para las personas de pie. En el caso de las personas sentadas deben utilizarse acelerómetros instalados en el interior de un disco semirrígido.

Imagen 6. Medición de vibraciones de cuerpo completo



Si el trabajador/a está de pie sobre una superficie vibrante, la medida debe hacerse en la zona en la que se apoya el pie con mayor frecuencia, colocando el acelerómetro lo más cerca posible del área de contacto. Éste debe fijarse de forma rígida a dicha superficie.

➤ **El cable de conexión**

Al instalar el cable que conecta el acelerómetro con el módulo de medida, se debe intentar que quede sujeto a la superficie que vibra cerca del acelerómetro, permaneciendo libre el trayecto que va desde el instrumento vibrante hasta el aparato de medida.

➤ **Duración de la medida**

La medida debe abarcar un periodo de tiempo representativo del ciclo de trabajo que se está realizando, de tal modo que sea posible obtener un valor medio adecuado para evaluar la exposición en una jornada.

Cuando sea posible, la medida debe iniciarse cuando el trabajador/a se pone en contacto con la superficie vibrante y terminar cuando el contacto se da por finalizado. Este periodo puede incluir exposiciones variables e, incluso, nulas. Se deben repetir medidas en ciclos de trabajo equivalentes para confirmar los resultados.

El tiempo total de medida debe ser, al menos, de 1 minuto. Para cada operación deben tomarse al menos tres muestras.

➤ **Influencia en la medida de las condiciones ambientales**

Aunque existen acelerómetros especiales que pueden soportar temperaturas mayores, los de uso general pueden tolerar hasta 250°C. No obstante, todos los materiales piezoeléctricos son sensibles a la temperatura, por lo que conviene conocer la curva de dependencia entre la temperatura y la sensibilidad del instrumento.

Los acelerómetros podrían verse afectados por la radiación nuclear, por los campos magnéticos, por la humedad, por ambientes corrosivos o por determinados niveles sonoros.

Siguiendo lo indicado en la norma UNE-EN ISO 8041:2006, el fabricante debe especificar el rango de temperatura en el que la calibración de todo el instrumento de medida, incluyendo el acelerómetro, no se ve afectada en más de

un $\pm 6\%$ respecto a las indicaciones correspondientes a 20°. De la misma forma deberá especificarse el rango de humedad para el cual el instrumento puede funcionar de forma continua.

◆ Consideraciones en los equipos de medida

A cada uno de los valores de la aceleración ponderados en frecuencia obtenidos en cada uno de los tres ejes durante un tiempo de medida, se aplican unos factores multiplicativos (k) para obtener el valor total de las vibraciones.

Vibraciones mano-brazo

K=1 Para los tres ejes ortogonales

Vibraciones cuerpo entero

K=1,4 Para las aceleraciones ponderadas en frecuencia de los ejes x e y

K= 1 Para el eje z

Estos factores, generalmente se seleccionan en el equipo de medida, antes de su realización.

◆ Principales fuentes de error en las mediciones

Las principales fuentes de error en las mediciones son debidas a:

- ◆ Problemas del cable de conexión. Una conexión defectuosa puede producir una variación en la capacitancia del cable y, como consecuencia, un error en la medida. Además, si se curva de forma aguda, se flexiona o se somete a un esfuerzo significativo, puede afectar a sus prestaciones.
- ◆ Efecto triboeléctrico. Los cables no deben someterse a altas tensiones debido a vibraciones de gran amplitud. Una alta deformación ocasionaría perturbaciones eléctricas, distorsionando la señal.
- ◆ Vibraciones en altas frecuencias. La exposición a aceleraciones muy altas en altas frecuencias, pueden sobrecargar mecánicamente el sistema piezoléctrico y distorsionar la señal de vibraciones dando valores excesivamente altos de aceleración en bajas frecuencias.

Una forma de evitar este problema para las vibraciones mano-brazo es mediante la utilización de filtros mecánicos.

- ◆ Pérdida de contacto entre la persona y el acelerómetro. En algunas exposiciones pueden producirse choques, con aceleraciones de pico que superen la aceleración debida a la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$) en el eje vertical, perdiendo el contacto con el asiento.

Cuando el trabajador/a deja el asiento, se pueden producir picos de aceleración al abandonar y regresar al mismo.

Es preciso registrar estas cuestiones e incidencias para no tomar datos erróneos.

5.4. VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

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 de la exposición a vibraciones mecánicas, establece los valores límites de exposición y los valores de acción para toda la jornada laboral, tanto en el sistema de cuerpo entero como en el sistema mano-brazo.

- **Valores límite de exposición (VLE)**

Los valores límite de exposición no deben ser superados en ninguna jornada laboral y están referidos a una jornada de 8 horas.

Puede extenderse el cálculo del valor medio de exposición a 40 horas, cuando el nivel de exposición es normalmente inferior al de acción pero varíe sustancialmente de un periodo de trabajo al siguiente, pudiendo sobrepasar ocasionalmente el valor límite, siempre que se justifique que los riesgos son inferiores al valor límite de exposición diaria, se consulte con los trabajadores/as y se comunique a la autoridad laboral.

- **Valores de exposición que da lugar a una acción**

En el caso de superarse estos valores se realizará el programa de medidas técnicas y organizativas, y se vigilará la salud del trabajador/a, tal y como establece el artículo 5 del Real Decreto 1311/2005: *Disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición.*

- ◆ **Niveles de mano-brazo**

Para la exposición a vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo:

El **valor límite de exposición diaria normalizado** para un periodo de referencia de ocho horas designado como A(8) se fija en 5 m/s^2 .

El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de ocho horas **que da lugar a una acción** se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.

Para la exposición a vibraciones transmitidas al cuerpo entero:

El **valor límite de exposición diaria normalizado** para un periodo de referencia de ocho horas designado como A(8) se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.

El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de ocho horas **que da lugar a una acción** se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.



	Nivel de acción	Nivel límite
Vibraciones cuerpo completo	$0,5 \text{ m/s}^2$	$1,15 \text{ m/s}^2$
Vibraciones mano-brazo	$2,5 \text{ m/s}^2$	5 m/s^2

- Programa de medida: técnicas y organizativas
- Información y formación
- Vigilancia de la salud

Valor que no debe superarse bajo ningún concepto

5.5. HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO O A VIBRACIONES MANO-BRAZO.

Existen una serie de herramientas publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), con información relativa a las vibraciones mecánicas y para realizar el cálculo de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas A(8), de forma sencilla.

• BASE DE DATOS DE VIBRACIONES MECÁNICAS INSHT

Enlace: <http://vibraciones.insht.es:86/>

Se recogen estudios realizados tanto por el INSHT, como por varios órganos técnicos de comunidades autónomas, instituciones y empresas. El objetivo principal de esta base de datos es facilitar la evaluación por estimación de las vibraciones, tal y como recoge el RD 1311/2005, en aquellos casos en que las



condiciones del puesto a evaluar sean semejantes a las indicadas en esta base de datos. Asimismo, dispone de un enlace a uno de los "Calculadores" de PRL elaborados por el INSHT, que facilita el cálculo de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas A(8) y que se recoge a continuación.

• HERRAMIENTA: CALCULADOR DE VIBRACIONES MECÁNICAS INSHT

Enlace: <http://calculadores.insht.es:86/Vibracionesmec%C3%A1nicas/Introducci%C3%B3n.aspx>

Esta herramienta permite el cálculo de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia referida a 8 horas para la evaluación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero o a vibraciones mano-brazo.



Nota: En el anexo I de esta guía se realiza un caso práctico de cálculo de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia referida a 8 horas para la evaluación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero o a vibraciones mano-brazo, empleando la calculadora de vibraciones mecánicas del INSHT.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS

Las medidas de prevención frente a las vibraciones mecánicas se deben establecer a partir de la **evaluación de riesgos**, determinando el nivel de exposición de los trabajadores/as (bien por estimación o por medición). La comparación entre los valores así obtenidos y los valores límite de exposición permitidos, determinará la necesidad de aplicar o no un programa de medidas correctivas.



La evaluación de riesgo permite establecer la prioridad en la aplicación de las medidas de control de la exposición a fuentes de vibraciones, siendo las principales etapas de este proceso:

- Determinación de las principales fuentes de vibraciones.
- Estimación del grado de exposición a vibraciones del personal.
- Establecimiento y evaluación de las posibles medidas de control en términos de viabilidad y el coste.
- Desarrollo de un “plan de acción” para implantar las medidas preventivas.
- Definición de las responsabilidades de gestión y asignación de recursos suficientes.
- Información, formación y consulta al personal.
- Realización del seguimiento del plan de acción.
- Evaluación de la eficacia de las medidas adoptadas.
- Mantenimiento de esta eficiencia con el tiempo.

Nota: En el anexo II se presenta un check-list que contiene los aspectos básicos que permiten analizar las principales fuentes de vibración, comprobar el grado de exposición a vibraciones del personal y verificar las medidas de control implantadas

Para controlar los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas, se seguirán los **principios generales de acción preventiva** establecidos en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y

disposiciones específicas del RD 1311/2005 encaminadas a eliminar o reducir la exposición a las vibraciones:

PRINCIPIOS DE LA ACCIÓN PREVENTIVA

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- c) Combatir los riesgos en su origen.
- d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con objeto de atenuar el trabajo monótono y repetitivo, y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.

Los trabajadores/as no deberán estar expuestos/as en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición. Si a pesar de las medidas adoptadas se superase el valor límite de exposición, se tomarán de inmediato medidas para reducir la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite, se determinarán las causas por las que se ha superado dicho valor y se modificarán, en consecuencia, las medidas de protección y prevención, para evitar que se vuelva a sobrepasar.

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, se establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización, destinado a reducir al mínimo la

exposición a vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de la misma, tomando en consideración:

- 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.
- 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.

A continuación se explican las medidas preventivas para evitar los riesgos derivados de las vibraciones. Muchas de estas acciones preventivas pueden ser aplicadas tanto para las vibraciones mano-brazo como para las vibraciones de cuerpo entero. Las medidas específicas para cada uno de los tipos de vibraciones estarán relacionadas con el diseño ergonómico de las herramientas o equipos que las originan, o con los EPI que se puedan utilizar en cada caso.

6.1. MEDIDAS TÉCNICAS Y DE CONTROL

Cuando no es posible la eliminación del peligro por medio de la sustitución de máquinas o equipos capaces de generar vibraciones, o mientras se toman las medidas necesarias para eliminarlos, es necesario establecer una serie de **medidas técnicas de control del riesgo**, que se pueden aplicar en la fuente de generación, en la vía de transmisión y durante la exposición.

Las medidas técnicas más efectivas serán aquellas que van encaminadas al control de la fuente generadora de vibraciones:

- Criterio de compra: elección de las máquinas, herramientas y equipos de menor nivel de vibración posible.
- Instalación de equipos auxiliares.
- Mantenimiento de las máquinas y herramientas en buenas condiciones.

◆ Criterio de compra

La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico, y generador del menor nivel de vibraciones posible, se considera fundamental para una buena gestión del riesgo.

La primera premisa sería **seleccionar la máquina, herramienta o equipo, de acuerdo a la tarea que va a desempeñar**, ya que el uso inadecuado o capacidad insuficiente de la máquina o herramienta, puede entrañar el realizar más esfuerzo durante su uso, soportando los efectos de un aumento de las vibraciones, o bien ralentizar el trabajo, exponiendo al personal trabajador a la vibración durante más tiempo del necesario.



Algunas consideraciones antes de adquirir un equipo de trabajo que pueda generar vibraciones mano-brazo son:

- Identificar dentro del proceso productivo qué función o tarea se va a desempeñar y reflexionar si esta función es imprescindible, o bien, se puede resolver modificando el método de trabajo.
- Seleccionar el equipo generador del menor nivel de vibraciones posible y que además este bien diseñado desde el punto de vista ergonómico.
- Para **herramientas manuales** sería preciso tener en cuenta factores como: el peso, el diseño y el confort de la empuñadura, las fuerzas de agarre, la facilidad de uso y de manejo, la temperatura de las superficies agarradas o la dirección del aire de escape en herramientas neumáticas...).

- En el caso de **máquinas** donde la operación se dirige desde el interior de la misma (maquinaria forestal, maquinaria de obra civil, carretillas elevadoras...) es preciso considerar el confort en la cabina, especialmente que disponga de sistemas de reducción de vibraciones en mandos, pedales y asiento, dispuestos de modo que la persona que opera pueda mantener a una postura cómoda y confortable en todo momento, evitando la necesidad de girar excesivamente su cuerpo o mantenerlo girado. Elegir la cabina suspendida en camiones y tractores forestales, así como la disposición de asientos con sistemas de suspensión adecuados.
- 
- Para puestos de trabajo donde la persona que conduce la máquina tiene que subir y bajar con frecuencia de la cabina, la medida a aplicar es instalar un asiento rotatorio y asas en los laterales del vehículo que sirvan de apoyo y que faciliten estas subidas y bajadas, reduciendo así el riesgo de lesiones en la espalda. También puede ser importante la selección de los neumáticos, pues éstos absorben algunas imperfecciones del terreno. No obstante, esta medida puede ser limitada en superficies irregulares con grandes resaltos o baches y, además, unos neumáticos blandos en un terreno ondulado pueden amplificar los movimientos verticales del vehículo.
 - Se recomienda incluir dentro del criterio de compra de nuevos equipos de trabajo, un requisito relativo a las vibraciones. Para ello es conveniente:
 - ✓ Realizar una comparación entre las máquinas adecuadas a la tarea a desarrollar, ensayadas con los mismos códigos de ensayo normalizados, de forma que se puede elegir aquellas de menor valor de emisión de vibración.
 - ✓ Antes de la compra, si es posible, se debe probar el equipo en situaciones reales de trabajo y tener en cuenta las opiniones de trabajadores/as sobre el equipo en cuestión.
 - ✓ Informarse de la emisión de vibraciones (según lo indicado en el manual de instrucciones proporcionado por el fabricante) y la

incertidumbre de la medición, es decir, las condiciones de uso previstas que corresponden a los niveles probables de las vibraciones indicadas, es muy importante ya que los valores pueden variar considerablemente de una tarea a otra.

- ✓ Para todo ello, es recomendable consultar esta información relativa a vibraciones, a fabricantes de herramientas y equipos, ya que son quienes a través de su diseño deben reducirlas al mínimo y contribuir con sus recomendaciones a gestionar los riesgos de las vibraciones que no hayan podido eliminar mediante el diseño.

Nota: Es preciso tener en consideración también las herramientas insertadas o accesorios (hojas de sierra, brocas...) y elementos fungibles (elementos abrasivos de las amoladoras y las lijadoras) que pueden influir en la exposición a las vibraciones, por ejemplo, una lijadora puede utilizarse con una serie de diferentes calidades de papel abrasivo, desde grano grosero a grano fino.

En general, siguiendo las recomendaciones anteriores, adquiriendo máquinas y herramientas seguras, que tengan el marcado CE y cumpliendo las normas de seguridad del fabricante, se logrará el objetivo último de evitar el máximo de vibraciones posibles en la fuente.

Se sugiere informarse periódicamente a través de las entidades proveedoras de equipos, los contactos industriales, asociaciones profesionales y documentación sectorial, para mantenerse al tanto de los equipos, las herramientas, los elementos fungibles y los accesorios disponibles en el mercado.

◆ Instalación de equipos auxiliares

En ocasiones, la realización de ajustes simples en el lugar de trabajo, resultan eficaces para minimizar la transmisión de vibraciones entre la máquina vibratoria y el sistema mano-brazo. El montaje de guías o dispositivos de sujeción que incorporan soportes antivibratorios, pueden contribuir a evitar la necesidad de tener agarradas las superficies vibrantes y prevenir que las vibraciones se transmitan a las manos de las personas que las utilizan.



Cuando para el desarrollo de la actividad laboral sea imprescindible manejar la herramienta mecánica agarrando las empuñaduras, se debe comprobar si estas

herramientas están provistas de empuñaduras antivibratorias de fábrica. En el caso de incorporarlas posteriormente, es necesario que éstas hayan sido aprobadas por la entidad fabricante. De no ser así, se asume el riesgo de agravar la transmisión de vibraciones, e incluso de ruptura de la misma, exponiendo a la persona que la usa a un riesgo de lesiones mayores. Por ello, el uso de recubrimientos de caucho u otros materiales sobre las empuñaduras se deben elegir adecuadamente, de forma que se garantice mediante los cálculos de exposición, que se atenúan las frecuencias de la vibración nocivas para la salud del usuario.

La reducción de las vibraciones en la maquinaria móvil, se puede conseguir mediante la conjunción de una serie de dispositivos en toda la cadena de transmisión de la vibración: sistema de rodadura, suspensión de la cabina y suspensión del asiento. Todos estos sistemas deberán estar correctamente diseñados y calculados, ya que de no estarlo, pueden tener el efecto contrario y ocasionar una ampliación de la vibración y consecuentemente, de sus efectos adversos sobre la persona conductora.



Se recomienda que el asiento sea fácilmente accesible y regulable en altura, longitudinalmente y en función del peso y estatura de la persona que dirige la máquina, además de giratorio y anatómico. El ajuste de la altura, de la posición longitudinal y del respaldo del asiento es de gran importancia.

Generalmente, el asiento está provisto de un sistema de suspensión capaz de atenuar las vibraciones durante el uso de la máquina. Este sistema debe garantizar que no se alcance sus topes superior o inferior, ya que el golpeo contra estos topes, genera vibraciones de choque que aumentan el riesgo de lesión dorsal. La Directiva del Consejo 89/392/CEE sobre máquinas, exige que los fabricantes tengan que equipar sus máquinas con un asiento diseñado para reducir la vibración del conductor al nivel más bajo técnicamente factible, y deben proporcionar información sobre este asiento. Si se dispone de un asiento con suspensión, ésta puede ser: mecánica, neumática, activa o semiactiva.

En cuanto a sistemas de suspensión mecánica, es necesario verificar si aíslan no sólo de las vibraciones en el eje vertical, sino también en el antero-posterior y en el lateral. Los asientos de suspensión neumática permiten aislar las vibraciones a

bajas frecuencias, incorporando también suspensión horizontal para las vibraciones según los ejes X e Y.

Actualmente existen tecnologías que permiten reducir de forma muy significativa la intensidad de la vibración que se recibe en el asiento, llamados sistemas de suspensión activa y semiactiva. Estos dispositivos están equipados de sensores, capaces de medir la posición en el instante y activan una válvula electro-neumática que inyecta o vacía el pulmón de aire en milésimas de segundo neutralizando de este modo la mayor parte de vibraciones.

Los vehículos más modernos, disponen de varias suspensiones encadenadas, destacando los diseños de suspensión del eje delantero y de la cabina.

La correcta selección del tipo y diámetro de los neumáticos y el buen mantenimiento de los mismos, permite absorber gran parte de la vibración generada de un suelo con pequeñas irregularidades.

Una medida adicional será la correcta colocación de la carga en las máquinas o vehículos, tratando así de evitar las excesivas vibraciones generadas en el eje vertical al suelo.

La velocidad de los vehículos está directamente relacionada con la transmisión de vibraciones, por lo que deberá ser la adecuada y vendrá en función de las condiciones de trabajo y estado del terreno por donde circule. La conducción será tranquila sin frenazos, acelerones y evitando el paso de los posibles baches de forma brusca.

◆ **Mantenimiento de las máquinas y herramientas en buenas condiciones**

Las vibraciones generadas pueden variar en función del estado de mantenimiento de los equipos de trabajo durante su funcionamiento. Por lo tanto, un mantenimiento regular según las instrucciones del fabricante permitirá mantener los valores de vibración.



Se recomienda establecer un control específico relativo a las vibraciones dentro del mantenimiento de los equipos, atendiendo entre otros aspectos, al manual de instrucciones del equipo, al asesoramiento técnico de la entidad fabricante, y a la realización de una comparativa entre los niveles de vibraciones actuales con

el valor de la vibración en el momento de la puesta en funcionamiento del equipo.

Puede ser necesario completar el programa de mantenimiento con instrucciones adicionales, para tener en cuenta los efectos de la herramienta o el uso del equipo en aplicaciones particulares. El mantenimiento preventivo, y en todo caso el correctivo, tiene significativa importancia en el control de las vibraciones, tanto para los equipos generadores como para los componentes, accesorios y otros dispositivos destinados a reducir la exposición.

Algunas **medidas prácticas de mantenimiento** para reducir las exposiciones a las vibraciones son:

En el caso de herramientas manuales:

- Mantener las herramientas de corte afiladas.
- Colocar adecuadamente las muelas abrasivas, siguiendo las recomendaciones de la entidad fabricante.
- Lubricar cualquier parte móvil de conformidad con las recomendaciones de la entidad fabricante.
- Sustituir las piezas gastadas antes de que el desgaste provoque un incremento significativo de los valores de vibración.
- Efectuar los controles y correcciones de equilibrado necesarios.
- Sustituir los soportes antivibración y las empuñaduras amortiguadas antes de que se deterioren (controlar el deterioro o las fisuras, el hinchamiento y el reblandecimiento, o endurecimiento, de los soportes de goma).
- Revisar y reemplazar los sistemas antivibraciones, rodamientos, engranajes, cojinetes... si están defectuosos.
- Regular los motores.

En las máquinas móviles:

- Mantener en buen estado el firme de las vías de circulación.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

- Reemplazar las piezas gastadas, antes de que el desgaste provoque un incremento significativo de los valores de vibración.
- Inspeccionar periódicamente y reemplazar los sistemas antivibraciones, amortiguadores, rodamientos y engranajes si están defectuosos.
- Regular los motores.
- Revisar los neumáticos y asegurarse de que presentan la presión recomendada por la entidad fabricante que depende de estado del terreno y las condiciones de carga.
- Lubricar el asiento y otros sistemas de suspensión, deben ser inspeccionados periódicamente y reemplazarse cuando sea necesario.
- Controlar el desgaste de superficies, la existencia de holguras, el estado de los rodamientos y cojinetes, así como la revisión continua de los elementos de suspensión y equipos auxiliares, estableciendo un programa de mantenimiento para garantizar que se mantiene su eficacia a lo largo del tiempo de uso.

En superficies sólidas:

- Revisar el estado de rodamientos, motores, correas, piñones y otros elementos de transmisión.
- En los rodamientos de las líneas instalar sensores que disponen de un acelerómetro de manera que cuando los rodamientos empiecen a causar problemas de vibraciones, alerten al personal de mantenimiento para que proceda a su sustitución.

6.2. MEDIDAS ORGANIZATIVAS

Con las medidas organizativas, no se busca disminuir las vibraciones que emiten las máquinas, herramientas o instalaciones, o impedir su transmisión, si no que se pretende disminuir el tiempo de exposición de los trabajadores/as, con la consecuente disminución del riesgo al que estarán expuestos.

Entre las principales medidas organizativas se pueden indicar las siguientes:

◆ Formación e información a los trabajadores/as

Los/as trabajadores/as expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo, deben recibir información y formación sobre:



- a) Las medidas preventivas tomadas para eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica.
- b) El significado de los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, además de las distintas acciones que se derivan de su superación.
- c) Los resultados de la evaluación del riesgo de la exposición a vibraciones, y en su caso, el valor de exposición obtenido mediante las mediciones de la vibración mecánica, además de los efectos sobre la salud que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado.
- d) Ofrecer al personal informaciones sencillas para reconocer la magnitud de las vibraciones y de los síntomas y signos asociados a ellas, cuyos efectos pudieran ser dañinos, como por ejemplo la existencia de hormigueos o pérdidas temporales de sensibilidad después de la exposición a vibraciones, dolor lumbar, etc.
- e) Las circunstancias en las que los trabajadores/as tienen derecho a una vigilancia de su salud. Incidir en el derecho de los mismos a conocer los resultados de la vigilancia de la salud que se le practique, y previa solicitud, a acceder al historial que le afecte personalmente.
- f) Las prácticas de trabajo seguras, para reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas.

- g) En algunas tareas y actividades, es de gran interés formar al trabajador/a en cómo optimizar su esfuerzo muscular y postural para realizar su trabajo.
- h) Poner a disposición del personal una serie de instrucciones de trabajo donde se recopile como mínimo la siguiente información:



INFORMACIÓN PARA EL PERSONAL:

- Equipos de trabajo identificados como fuentes de generación y emisión de vibraciones.
- Pautas para el manejo correcto y seguro del equipo de trabajo para reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
- Criterios de revisión y mantenimiento de los equipos de trabajo a fin de evitar las vibraciones innecesarias.
- La ubicación de los equipos generadores de vibraciones donde afecten menos a los demás trabajadores presentes en la zona.
- Otras prácticas preventivas que permitan la reducción de la exposición a vibraciones.

➤ Ejemplos de formación a los trabajadores/as:

- ◆ En el manejo de herramientas manuales:

Colocar adecuadamente las manos en las empuñaduras, cogerlas con firmeza y sin forzar, apoyando al máximo la herramienta en el material trabajado (o en cualquier otro apoyo disponible, en el caso de que las piezas trabajadas se sujeten con la mano). Además se debe advertir sobre la influencia que pueden tener las actividades no laborales en los riesgos para su salud, tales como el consumo de tabaco, que puede afectar a la circulación sanguínea, el uso de herramientas eléctricas de bricolaje en casa o las actividades como desplazarse en moto, aumentan la exposición diaria a las vibraciones y el riesgo de contraer una lesión derivada de las vibraciones de mano-brazo.

◆ En el manejo de equipos móviles:

Conocimiento de técnicas de conducción que reducen la exposición a las vibraciones, incidiendo en el efecto de la velocidad de conducción y respetar los límites de velocidad.

Si el equipo está equipado con un asiento dotado de sistemas de suspensión, se debe enseñar al personal a regularlo en función de su peso y a adaptar otros reglajes del asiento (posición longitudinal, altura, inclinación del respaldo, etc.) para obtener la mejor postura. Es necesario que el personal que manipula estos equipos y de mantenimiento, tengan la formación necesaria para saber cuándo deben revisarse o cambiarse los elementos de una máquina que influyen en la exposición a las vibraciones y la postura, tales como el sistema de suspensión del asiento. Y se sugiere asesorar sobre el impacto de las actividades no laborales en los riesgos para su salud, por ejemplo, levantar pesos con técnicas inadecuadas o adoptar malas posturas durante largos periodos. Se recomienda para reducir el riesgo de dolor lumbar mantener un buen estado de forma general.

◆ Reducción del tiempo de exposición

El tiempo de exposición a las vibraciones es un factor importante sobre el tamaño de los efectos sobre la salud del personal expuesto.

Al disminuir la duración diaria de la exposición a vibraciones se contribuye a una minimización del riesgo de exposición, convirtiendo en tolerables los niveles de vibración que antes no lo eran.



Los factores que rigen la exposición diaria $A(8)$ de una persona a las vibraciones son la magnitud ponderada en frecuencia (nivel) de las vibraciones y la duración de la exposición. Cuanto mayor es la magnitud de vibración o más larga es la exposición, mayor será la exposición de la persona a las vibraciones. En caso de utilizar medidas preventivas para limitar el tiempo de

exposición diario, se contribuye a reducir la exposición a la vibración del personal.

Algunas formas de reducir el tiempo de exposición son:

- Rotación de los puestos, funciones y tareas

Para limitar la duración de la exposición, sobre todo en aquellas tareas donde se han identificado altos niveles de vibración o situaciones de riesgo, es importante implantar medidas en la organización de trabajo.

Una buena práctica es el intercambio del personal entre puestos o funciones, tras cortos periodos de tiempo.

La caracterización de las tareas y trabajos en base a parámetros como la alta/baja repetición, alta/baja aplicación de fuerza, modo de funcionamiento del equipo, mantenimiento de posturas forzadas durante periodos prolongados, y el área del cuerpo afectada, permite la gestión de la rotación de los puestos de trabajo y una reorganización de las tareas asignadas a trabajadores/as, repercutiendo positivamente sobre su salud.

La rotación de puestos y tareas, hace necesario la formación de equipos de trabajo polivalentes.

Algunos de los beneficios derivados de la rotación de personal son: la reducción de las lesiones relacionadas con el trabajo, el incremento de las habilidades, mejora de la satisfacción del personal y de la calidad del trabajo realizado.

- Tiempos de descanso y recuperación

Es recomendable establecer periodos de descanso frente a la exposición a vibraciones, incluso si son de corta duración. Como dato orientativo, se aconseja interrumpirla exposición durante diez minutos por cada hora de trabajo.

También es aconsejable intercalar tareas donde no se esté expuesto a vibraciones, y además se emplee en diferentes grupos de músculos-tendones, con objeto de proporcionar al personal la oportunidad de descansar y recuperarse del trabajo realizado.

◆ **Modificación de los métodos de trabajo**

Siempre que sea posible, deben sustituirse las herramientas y/o equipos que den lugar a valores altos de vibración; así, las técnicas de percusión pueden generalmente ser sustituidas con ventaja por sistemas de rotación, ciertos procesos de remachado pueden ser sustituidos por soldadura, etc.

En la medida en que lo permita el trabajo, la sujeción de la herramienta por parte del trabajador debe ser lo más débil posible, debiendo mantenerse el mayor tiempo sobre la pieza de trabajo o en el soporte.

Un método efectivo de evitar la exposición a vibraciones es el manejo de herramientas por control remoto. No obstante, bien por la naturaleza de las operaciones, por la falta de herramientas adecuadas o por el precio de las mismas, no siempre es posible adoptarlo.

6.3. MEDIOS DE PROTECCIÓN DEL PERSONAL

Los equipos de protección personal están diseñados para reducir la transmisión de la vibración al cuerpo, o al sistema mano brazo.



El uso de equipos de protección individual debe ser considerado como un elemento complementario dentro de las medidas de técnicas y de control.

◆ **Guantes antivibraciones**

Frente a la vibración transmitida al **sistema mano-brazo**, dado que el elemento de contacto con la herramienta es la mano, existe una amplia gama de **guantes antivibraciones** en el mercado.

Deben utilizarse guantes específicamente diseñados para los riesgos de una tarea concreta.



En la norma UNE-EN ISO 10819:2014, se especifica un método de medida en laboratorio de la transmisibilidad de la vibración desde una empuñadura a la

palma de la mano en el intervalo de frecuencia de 31,5 Hz a 1.250 Hz, pero se advierte que no se tiene en cuenta la transmisión a través de los dedos. Son EPI de categoría 2 (CATEGORÍA II).

CE

CATEGORÍA II

De diseño intermedio: Protege de riesgos intermedios habituales en la industria. Son certificados por un laboratorio u organismo notificado. Marcado: Anagrama del distribuidor o fabricante, modelo, talla y CE + pictograma del riesgo testado con los resultados. Ejemplo: industria general.

Nota: El pictograma del riesgo testado es obligatorio salvo en aquellos casos donde el marcado no permanezca visible durante toda la vida útil del guante o en aquellos casos donde la manipulación de un producto determinado no aconseje el marcado (salas limpias, salas de pintura, alimentación). En estos casos se obliga a marcarlo en el folleto informativo.

No obstante, e independientemente de su capacidad para amortiguar las vibraciones, el uso de guantes ofrece otras ventajas: por ejemplo, ayudan a mantener las manos calientes y secas, lo que limita los efectos inducidos por las vibraciones.



En ocasiones, pueden ser contraproducentes. Si se emplean modelos muy acolchados, la sensación de menor contacto con la máquina o pieza de trabajo, puede aumentar la fuerza de agarre efectiva y la consecuente transmisión de vibraciones a la mano.

Cuando se use guantes para proporcionar una protección física contra impactos, bordes afilados, superficies calientes u otras razones, o para mantener las manos calientes en ambientes fríos mejorando la circulación, tales guantes deberían seleccionarse de modo que aseguren que no incrementan significativamente las vibraciones transmitidas a las manos.

Debería solicitarse a las entidades suministradoras de guantes, datos sobre la transmisibilidad de vibraciones obtenidas a partir de los ensayos conforme a la

Norma UNE-EN ISO 10819:2014. Es importante comprobar que el rango de frecuencias donde la entidad fabricante garantiza la atenuación, coincida con el rango de frecuencias de interés, especialmente en el rango de 8 Hz a 16 Hz, que son las más dañinas en el caso de las transmitidas al sistema mano-brazo.

GUANTES ANTIVIBRACIONES. Consideraciones

- La conformidad con la norma de ensayo UNE-EN ISO 10819:2014 permite considerar un guante como antivibraciones.
- Son equipos de categoría II por estar destinados a proteger contra riesgos de grado medio o elevado.
- La entidad fabricante deben someter el prototipo al “examen CE de tipo” por un organismo notificado y, una vez superado este control, estampar el marcado CE y elaborar una declaración de conformidad donde se certifique que el guante cumple con requisitos esenciales de seguridad y salud.
- La entidad fabricante, además, suministrará el folleto informativo donde se incluirán los niveles de protección ofrecidos por los guantes antivibraciones, entre otros aspectos.

◆ Fajas y cinturones antivibraciones

Este equipo de trabajo está destinado a la protección del tronco contra con la finalidad de evitar lumbalgias.

Para el control de las vibraciones a que están expuestos los conductores de vehículos se utilizan cinturones o corsés que facilitan el mantenimiento de una postura rígida, aunque su uso de forma continua no es aconsejable por su efecto sobre el tono muscular.



El RD 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual establece los siguientes requisitos:

- Certificado CE expedido por un organismo de control.
 - La entidad fabricante, además, suministrará el folleto informativo donde se incluirán los niveles de protección ofrecidos por los guantes antivibraciones, entre otros aspectos.
 - Declaración de conformidad donde se certifique que el guante cumple con requisitos esenciales de seguridad y salud.
- ◆ **Calzado con suela elástica absorbente**

Con el fin de reducir los efectos de la transmisión de las vibraciones por los pies, existe en el mercado calzado con suelas de material absorbente.

Para más información consultar:

- UNE-EN-ISO 10819:2014 “Vibraciones mecánicas y choques. Vibraciones transmitidas a la mano. Medición y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano”.

6.4. MEDIDAS PREVENTIVAS EN TRABAJADORES/AS ESPECIALMENTE SENSIBLES

En el caso de que la evaluación revele la existencia de riesgos para los trabajadores especialmente sensibles (mujeres embarazadas, trabajadores/as con patologías médicas, etc.) o que estos estén expuestos a agentes y condiciones prohibidas, el empresario/a adoptará las medidas necesarias y previstas en el artículo 26 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales para evitar la exposición al riesgo:

- Adaptación de las condiciones y tiempo de trabajo.
- Cambio de puesto de trabajo, cuando los servicios médicos del INSS o de las Mutuas, y previo informe del Médico del Sistema Nacional de Salud, certifiquen la necesidad. De no ser posible, se dispensará del trabajo al trabajador/a afectado/a. En el caso de las trabajadoras embarazadas, en anexo VII, del RD 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 (lista no exhaustiva de agentes, procedimientos y condiciones de trabajo que pueden influir negativamente en la salud de las trabajadoras embarazadas o en período de lactancia natural, del feto o del niño durante el período de lactancia natural) se incluye los agentes físicos, cuando se considere que puedan implicar lesiones fetales o provocar un desprendimiento de la placenta, en particular: choques, vibraciones o movimientos. No se incluyen las vibraciones en el anexo VIII del RD 298/2009.

Medidas de prevención durante el embarazo y lactancia natural

Conocida por el empresario/a la situación de embarazo, se deben evaluar los riesgos con el objetivo de verificar su afectación a la trabajadora, teniendo en cuenta en la evaluación de riesgos y los aspectos relacionados con las características personales de las trabajadoras.

A la hora de cuantificar el riesgo, determinando la A(8), se debe tener en cuenta que los valores límite no han sido calculados para trabajadores/as especialmente sensibles, como es el caso de las embarazadas. La propia "Guía Técnica para la

Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con las Vibraciones Mecánicas” del INSHT establece que no se ha encontrado ningún estudio que permita establecer un valor límite de exposición a las vibraciones de cuerpo entero, aplicable a mujeres embarazadas.

No se puede deducir de la documentación existente, un umbral de exposición seguro que evite un aumento de estos riesgos para la salud. La susceptibilidad individual y sus variaciones temporales probablemente determinan estos efectos biológicos.

Por lo tanto, como medidas de prevención en el caso de trabajadoras embarazadas expuestas a vibraciones mecánicas, se debe tener en cuenta lo expuesto en la comunicación COM (2000) 466 final de las Comisiones Europeas, que dice que el trabajo se organizará de modo que las mujeres embarazadas o que hayan dado a luz recientemente, no realicen actividades que conlleven un riesgo derivado de vibraciones incómodas en todo el cuerpo, especialmente a bajas frecuencias, o de choques o sacudidas en la parte inferior del cuerpo.

Así mismo, en la “Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con las Vibraciones Mecánicas” se hace constar que algunos estudios desaconsejan el trabajo en las siguientes situaciones:

- Conducción de autobuses de largas distancias.
- Conducción de metro, tranvías o equivalentes.
- Conducción de grúas eléctricas.
- Conducción de carretillas elevadoras.
- Conducción de vehículos pesados y de vehículos agrarios.
- Conducción de camiones de transporte.
- Conducción de helicópteros y situaciones de exposición equivalentes.
- Trabajo sobre compactadoras de cemento.

Estas restricciones se respetarán estrictamente en el caso del último trimestre de gestación.

6.5. RECOMENDACIONES PARA TRABAJADORES/AS EXPUESTOS/AS

A continuación se indican una serie de recomendaciones básicas para los trabajadores/as expuestos a vibraciones mecánicas:

- Consultar y respetar todas las indicaciones del manual de instrucciones de las máquinas o herramientas. No se deben utilizar accesorios o herramientas que no hayan sido específicamente fabricados para las máquinas que se utilicen.
- Evitar tiempos prolongados de utilización de máquinas o herramientas que generen vibraciones (estableciendo periodos de descanso, alternando el uso de dichos equipos con actividades que no impliquen exposición, etc.). Tomar descansos de 10 minutos, por cada 1 hora de trabajo con herramientas que vibran.
- Si es posible, no usar herramientas con toda su potencia.
- Utilizar los equipos de protección personal.
- Conocer los riesgos existentes y las medidas preventivas que deben tomarse.
- Informar y obtener asesoramiento técnico en caso de presentar los siguientes síntomas: hormigueo en los dedos, adormecimiento, si las puntas de los dedos se ponen blancas o azules, falta de coordinación en las manos, dificultad para levantar objetos pequeños, pérdida de sensibilidad al calor y al frío, dolor en las manos, etc.
- Llevar a cabo un mantenimiento preventivo de las máquinas y herramientas que se utilicen con objeto de mantenerlas en buenas condiciones.
- Mantener los sistemas de amortiguación de las máquinas y vehículos en correcto estado y evitar, si es posible, circular por vías con el pavimento en mal estado.
- En caso de ser posible, utilizar herramientas o equipos que no vibren.
- Fijar bien las máquinas a su base para evitar movimientos innecesarios.

Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control

- Informar inmediatamente del mal funcionamiento de alguno de los elementos vibratorios.
- Antes de comenzar la conducción, comprobar que el asiento se encuentra bien ajustado y adoptar una posición sentada correcta.

7. VIGILANCIA DE LA SALUD

Los principales objetivos de la vigilancia médica son proteger la salud de los trabajadores/as, la identificación del personal especialmente sensible y la evaluación de la efectividad de las medidas preventivas. Se aplicarán los procedimientos para la detección, lo más pronto posible, de los efectos de las vibraciones sobre el personal expuesto y se promoverán medidas de prevención para evitar su aparición.



Esta vigilancia se garantizará, como mínimo, en los siguientes casos:

- Trabajadores/as que superen de forma continuada los niveles de acción ($2,5 \text{ m/s}^2$ mano-brazo y $0,5 \text{ m/s}^2$ cuerpo entero).
- Trabajadores/as que pueden estar expuestos ocasionalmente a niveles superiores a los de acción y que la evaluación de riesgos debido a la intensidad y frecuencia de la exposición, revele un riesgo para su salud.
- Trabajadores/as especialmente sensibles por condiciones personales aunque no se superen los valores de acción (mujeres embarazadas, trabajadores/as con patologías médicas, etc.).

La vigilancia médica se debe llevar a cabo cuando la evaluación del riesgo de exposición a vibraciones ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores/as, además dicha vigilancia será apropiada cuando:

- La exposición del trabajador/a a las vibraciones sea tal, que pueda establecerse una relación entre dicha exposición y una enfermedad o un efecto nocivo para la salud. En el cuadro de enfermedades profesionales publicado en el RD 1299/2006, se consideran relacionadas las afecciones vasculares y osteoarticulares en el caso de vibraciones mano-brazo y las discopatías de la columna dorsolumbar en la exposición a vibraciones de cuerpo entero.
- Haya probabilidad de contraer dicha enfermedad o padecer el efecto nocivo en las condiciones laborales concretas del trabajador/a. La aparición de los efectos está ligada, no tan sólo a las características de

las vibraciones, como magnitud, aceleración o frecuencia, sino también a las condiciones de exposición, a la duración de la misma y a la probabilidad de transmisión al organismo.

- Existan técnicas probadas para detectar la enfermedad o el efecto nocivo para la salud.

Para cada trabajador/a sujeto a la vigilancia de la salud se elaborará la historia clínico-laboral, actualizándola periódicamente y en especial cuando se trata de una nueva incorporación, se introduce o modifica una nueva máquina, se reanuda al trabajo tras una ausencia prolongada por motivos de salud. La unidad médica debe garantizar la confidencialidad de los datos y el uso de los mismos para el fin con el que se han recogido.

El personal tendrá acceso, previa solicitud, a su historial clínico-laboral.

En caso de detectar, mediante la vigilancia de la salud, una patología determinada o un efecto sobre la salud como consecuencia, en todo o en parte, de una exposición a vibraciones mecánicas en el centro de trabajo, se deberá comunicar los resultados de la vigilancia de la salud a la persona afectada, y asesorar acerca del seguimiento médico.

Además la dirección de la empresa, así como el resto de integrantes del servicio de prevención y la representación sindical, deberán recibir información sobre cualquier dato.

8. LEGISLACIÓN E INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Los riesgos ocasionados por las vibraciones mecánicas son tratados expresamente en dos disposiciones normativas: la directiva europea 2002/44/CE y su trasposición al ámbito español, *Real Decreto 1311/2005, de 4 noviembre, de 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* (y modificaciones posteriores por el RD 330/2009, de 13 de marzo).

Alrededor de estas normas conviven otra serie de disposiciones legales, normas y documentación técnica a tener en cuenta en el trabajo con equipos y máquinas que emiten vibraciones mecánicas.

◆ Documentación a nivel general

- **LEY 31/1995**, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE nº 269, de 10 de noviembre de 1995).
- **REAL DECRETO 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE nº 27, de 31 de enero) y **REAL DECRETO 337/2010**, de 19 de marzo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención; el Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (BOE nº 71, de 23 de marzo).
- **DIRECTIVA 2002/44/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de agentes físicos (vibraciones). DO L 177 de 6.7.2002, p. 13/20.
- **CONVENIO 148 DE LA OIT**, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el puesto de trabajo. Adoptado el 20 de junio de 1977.
- **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. (BOE nº 265, de 5 de noviembre de 2005).

- **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. (BOE nº 73, de 26 de marzo de 2009).
- **REAL DECRETO 1435/1992**, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. (BOE nº 297 de 11 de diciembre de 1992).
- **REAL DECRETO 56/1995** por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas. (BOE nº 33 de 8 de febrero de 1995).
- **REAL DECRETO 1215/1997**, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE nº 188 de 7 de agosto de 1997).
- **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 (BOE nº 57, de 7 de marzo de 2009).
- **REAL DECRETO 54/2003** de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales (BOE nº 298, de 13 de diciembre).
- **NORMAS UNE-EN y UNE-EN-ISO:**
 - UNE-EN 12096:1998 Vibración mecánica. Declaración y verificación de los valores de emisión de vibraciones.
 - UNE-EN 13059:2002 Seguridad de las carretillas de manutención. Métodos de ensayo para la medición de vibraciones.
 - UNE-EN 1032:2004 Vibraciones mecánicas. Ensayos de maquinaria móvil a fin de determinar el valor de emisión de las vibraciones.
 - UNE-EN 14253:2004 Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica.

- UNE-EN-ISO 10819:1996 Vibraciones mecánicas y choques. Vibraciones mano-brazo. Método para la medida y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano. (ISO 10819:1996).
- 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.
- UNE-EN-ISO 5349-2:2002 Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.
- UNE-EN-ISO 20643:2005 Vibración mano-brazo. Máquinas portátiles y guiadas a mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones.
- UNE-EN-ISO8041:2006 Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.
- UNE-EN-ISO 22867:2012 Maquinaria forestal y de jardinería. Código de ensayo de vibraciones para máquinas portátiles con motor de combustión interna. Vibración en las empuñaduras.
- UNE-EN-ISO 2631-1:2008. Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN ISO 20643:2008 Vibraciones mecánicas Maquinaria sujeta y guiada con la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones.
- UNE-EN-ISO 10819:2014 Vibraciones mecánicas y choques. Vibraciones transmitidas a la mano. Medición y evaluación de la transmisibilidad de la vibración por los guantes a la palma de la mano.
- **NORMAS EN:**
- EN 12096:1998 Vibraciones mecánicas. Declaración y verificación de valores de emisión vibratoria.
- **INFORMES UNE-CR:**
- UNE-CR 1030-1:1997 Vibraciones mano-brazo. Directrices para la reducción de riesgos por vibraciones. Parte 1: Métodos de ingeniería para el diseño de máquinas.

- UNE-CR 1030-2:1997 Vibraciones mano-brazo. Directrices para la reducción de riesgos por vibraciones. Parte 2: Medidas de gestión en el lugar de trabajo.
- **NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN (NTP):**
- NTP 784 Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento.
- NTP 792 Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación.
- NTP 839 Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo.
- NTP 963 Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos.
- **OTRAS:**
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas. REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre BOE nº 265, de 5 de noviembre. Ed. INSHT 2008. ISBN 978-84-7425-754-0.

◆ WEBS DE INTERES

- Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA)
<http://osha.europa.eu/fop/spain/es/>
- Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales
www.funprl.es
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
www.insht.es
Base de datos de vibraciones mecánicas
<http://vibraciones.insht.es:86/>
Herramienta: Calculadora de vibraciones mecánicas
<http://calculadores.insht.es:86/Vibracionesmec%C3%A1nicas/Introducci%C3%B3n.aspx>
- Health and Safety Executive
<http://www.hse.gov.uk/VIBRATION/>
- Vibration database. The National Institute for Working Life(Sweden)
<http://www.vibration.db.umu.se/Default.aspx?lang=EN>
- Institute of Sound and Vibration, University of Southampton
<http://www.humanvibration.com/>

9. BIBLIOGRAFÍA

- *Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en los sectores agrícola y silvícola. Estudios Técnicos del Observatorio.* Centro Nacional de Verificación de Maquinaria del INSHT. Disponible en: <http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/vibracionesagricultura.pdf>
- *Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo.* Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Disponible en: http://www.fraternidad.com/descargas/FM-BOLFM-47-463_1829_DESCARGABLE-INFOPREVENICION-47-463.pdf
- *Evaluación del riesgo por vibraciones mecánicas en el puesto de trabajo de conductor de transporte de mercancías por carretera.* Federación Regional de Organizaciones Empresariales de Transporte de Murcia (FROET). 2009. Disponible en: www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=55541&IDTIPO=60
- GARCÍA F. *Las vibraciones mecánicas en el ambiente laboral. Monografías Técnicas sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, nº 4 Ed. ISSL.* 2006. Disponible en: [http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=11425&IDTIPO=60&RASTRO=c721\\$m3507,3671](http://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=11425&IDTIPO=60&RASTRO=c721$m3507,3671)
- *Guía Técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas. REAL DECRETO 1311/2005, de 4 de noviembre BOE nº 265, de 5 de noviembre.* INSHT 2008. ISBN 978-84-7425-754-0. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/Vibraciones.pdf>
- GRIFFIN, M. *Vibraciones, en Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo. Organización Internacional del Trabajo.* Año 1998. Capítulo 50. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>
- NTP 784 "Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento". Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Disponible en:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/751a785/784%20.pdf>

- NTP 792 “Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Disponible en:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/792%20web.pdf>
- NTP 839 “Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Disponible en:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>
- NTP 963 “Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). Disponible en:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/961a972/ntp-963w.pdf>
- PROYECTO VIBRACIONES MECÁNICAS. Instituto asturiano de prevención de riesgos laborales. Disponible en:
<http://www.iaprl.org/especialidades-preventivas/higiene-industrial/proyecto-vibraciones>
- SANTURIO JM, RODRÍGUEZ J, ARGÜELLES E. *Estudio de la exposición a vibraciones mano-brazo en el trabajo con máquinas-herramientas portátiles*. Instituto asturiano de prevención de riesgos laborales, 2006. Proyecto SV-PA-04-09. Disponible en:
<http://www.iaprl.org/component/jfile/download/MDCwYmQxNzIxYWJjNWQxMmMyMWYwNWFKZGQ1OTQxNDY=/vibraciones-en-maquinas-herramientas-portatiles-pdf>
- VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. INSHT, 2011. Pp 11-12 Disponible en:
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/OBSERVATORIO/Informe%20\(VII%20ENCT\).pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/OBSERVATORIO/Informe%20(VII%20ENCT).pdf)

ANEXO I: EJEMPLOS PRÁCTICOS DE APLICACIÓN DEL CALCULADOR DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS DEL INSHT

● Ejemplo 1: Ejemplo de aplicación del calculador de vibraciones que afectan al sistema mano-brazo

Se quiere evaluar la exposición de un trabajador del sector de la construcción que en su labor diaria utiliza tres herramientas manuales que producen las siguientes aceleraciones ponderadas en frecuencia:

Herramienta	Aceleración ponderada en frecuencia	Tiempo de exposición
Compactadora manual	5 m/s ²	1 hora
Martillo neumático	25 m/s ²	9 minutos
Taladro	3 m/s ²	30 minutos

Se quiere determinar la exposición de este trabajador a vibraciones y establecer si se supera o no el valor límite o el valor que da lugar a una acción.

Resultado:

- 1) Se selecciona el tipo de vibración. En este caso: Las vibraciones afectan al sistema mano-brazo.



- 2) Se introducen los valores de la aceleración y tiempos de exposición (en horas) para cada una de las herramientas consideradas, para calcular las exposiciones parciales.

Vibraciones mecánicas

Vibraciones que afectan al sistema mano-brazo

Tarea	a_{hse} (m/s^2)	Tiempo de Exposición (h)
Compactadora manual	5	2
Martillo neumático	25	0,15
Taladro	3	0,5

Añadir Tarea Borrar Tarea

Volver al inicio Calcular

Para realizar el cálculo de forma manual:

$$A_{com}(8) = 5 \sqrt{\frac{2}{8}} = 2,50 ; A_{mar}(8) = 25 \sqrt{\frac{0,15}{8}} = 3,42 ; A_{tal}(8) = 3 \sqrt{\frac{0,5}{8}} = 0,75$$

3) Se obtiene el valor de A (8)

Vibraciones mecánicas

Resultado Imprimir

$A(8) = 4,30 \text{ (m/s}^2\text{)}$

El resultado obtenido se encuentra entre el valor de acción y el valor límite.

Nota:
Valor que da lugar a una acción (VLA) = $2,5 \text{ m/s}^2$
Valor límite (VL) = 5 m/s^2

Datos de partida

Tarea	Tiempo de exposición hasta VLA (h)	Tiempo de exposición hasta VL (h)	Exposición Parcial $A_j(8)$ (m/s^2)
Compactadora manual	2,00	0,00	2,50
Martillo neumático	0,08	0,32	3,42
Taladro	5,56	Más de 8 horas	0,75

Volver al inicio

Para hacer el cálculo de forma manual: $A(8) = \sqrt{2,5^2 + 3,42^2 + 0,75^2} = 4,30 \text{ m/s}^2$

Se puede observar que, **el valor de A(8) obtenido es inferior al valor límite, pero superior al valor que da lugar a una acción**, indicando que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo, por lo que se tendrá que establecer las siguientes acciones:

- a) Establecer un programa de medidas preventivas y ponerlas en práctica como determina el artículo 5.2. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.

- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

Ejemplo 2: Ejemplo de aplicación del calculador de vibraciones que afectan al cuerpo entero

Se quiere evaluar la exposición de un trabajador de una obra, que igual que realiza su trabajo mediante una retroexcavadora que dispone de una pala y un martillo neumático, utilizándola a tiempos iguales durante 6 horas diarias de forma continuada, y que produce una aceleración en cada eje de:

	Retroexcavadora con pala	Retroexcavadora con martillo
a_{wx}	0,5 m/s^2	0,8 m/s^2
a_{wy}	0,3 m/s^2	0,5 m/s^2
a_{wz}	0,5 m/s^2	2,5 m/s^2

Se quiere determinar la exposición de este trabajador a vibraciones y establecer si se supera o no el valor límite o el valor que da lugar a una acción.

Resultado:

- 1) Se selecciona el tipo de vibración. En este caso: “Las vibraciones afectan a todo el cuerpo”

- 2) Se introducen los valores de las aceleraciones en cada eje, para cada una de las máquinas:

Vibraciones mecánicas

Vibraciones que afectan a todo el cuerpo

Tarea	a_x (m/s ²)	a_y (m/s ²)	a_z (m/s ²)	Tiempo de Exposición (h)
Retroexcavadora con pala	0,5	0,3	0,5	3
Tarea con martillo neumático	0,8	0,5	2,5	3

Añadir tarea Borrar tarea

Volver al inicio Calcular

En caso de realizar los cálculos manualmente, para cada operación se calculan las exposiciones parciales correspondientes a cada eje.

Para la tarea realizada con pala:

$$A_x = 1,4 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,43 ; A_y = 1,4 \times 0,3 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,26 ; A_z = 1 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,31$$

Para la tarea realizada con martillo neumático:

$$A_x = 1,4 \times 0,8 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,68 ; A_y = 1,4 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,26 ; A_z = 1 \times 2,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 1,53$$

3) Cálculo de la exposición global

Vibraciones mecánicas

Resultado Imprimir



$A(8) = 1,56 \text{ (m/s}^2\text{)}$

El valor obtenido supera el valor límite.

Nota:
Valor que da lugar a una acción (VLA) = 0,5 m/s²
Valor límite (VL) = 1,15 m/s²

Datos de partida

Tarea	Tiempo de exposición hasta VLA (h)	Tiempo de exposición hasta VL (h)	$A(8)$ (m/s ²)
Retroexcavadora con pala	4,08	Más de 8 horas	0,43
Retroexcavadora con martillo neumático	0,32	1,89	1,53

Para hacer el cálculo de forma manual, con los datos obtenidos, se calcula el valor global en cada uno de los ejes:

$$A_x(8) = \sqrt{0,43^2 + 0,68^2} = 0,80 \text{ m/s}^2$$

$$A_v(8) = \sqrt{0,26^2 + 0,43^2} = 0,80 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = \sqrt{0,31^2 + 1,53^2} = 1,56 \text{ m/s}^2$$

Se toma el valor máximo de $A(8)$, en este caso corresponde a $A_z(8) = 1,56 \text{ m/s}^2$, siendo superior al valor límite, por lo que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo inadmisibles, de modo que se tendrá que establecer las siguientes acciones:

- a) Adoptar, inmediatamente, medidas para reducir la exposición, como determina el artículo 5.3. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.
- e) Una de las medidas inmediatas que se pueden adoptar es reducir el tiempo de exposición del trabajador y realizar turnos con otros trabajadores.
- f) Pero en este caso, si se observan los datos obtenidos en el eje z en el empleo del martillo percutor sobrepasarían el valor límite igualmente para una utilización durante dos horas dando un valor de $A_z(8) = 1,28 \text{ m/s}^2$

Si se reduce la utilización de la máquina como martillo neumático a 1 hora el valor de $A_z(8) = 0,93 \text{ m/s}^2$. De esta manera se pasaría de forma inmediata de una situación de riesgo intolerable a una situación de riesgo para el trabajador, pero dentro de los límites establecidos de valores quedan lugar a una acción.

ANEXO II: CHECK-LIST DE IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS

1. Identificación del origen de las vibraciones							
1.1	Se dispone de máquinas o herramientas portátiles capaces de generar vibraciones					Si	No
	Nº	Proceso/puesto de trabajo	Máquina/Equipo	Operación			
1.2	Se dispone de maquinaria industrial o vehículos capaces de generar vibraciones					Si	No
	Nº	Proceso/puesto de trabajo	Máquina/Vehículo	Operación			
2. Estimación de la exposición de los trabajadores/as							
2.1	Se dispone de las magnitudes de vibración que advierten los fabricantes o proveedores de las maquinarias o herramientas con riesgo potencial de vibraciones					Si	No
	Nº	Nombre maquinaria o herramienta	Vibración mano-brazo a_{hv}	Vibración cuerpo entero			Tiempo de exposición
				a_{wx}	a_{wy}	a_{wz}	
2.2	Se tienen identificados los trabajadores especialmente sensibles a los riesgos de las vibraciones de mano-brazo y cuerpo entero					Si	No
	Nº	Puesto de trabajo	Maquinaria/Herramienta	Medidas tomadas			

2.3	Realización de evaluaciones de riesgo a exposición a vibraciones	Si	No																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nº</th> <th>Nombre maquinaria o herramienta</th> <th>Fecha de evaluación</th> <th colspan="2">Es necesario un programa de medidas técnicas y de organización</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Nº	Nombre maquinaria o herramienta	Fecha de evaluación	Es necesario un programa de medidas técnicas y de organización					Si	No				Si	No				Si	No														
Nº	Nombre maquinaria o herramienta	Fecha de evaluación	Es necesario un programa de medidas técnicas y de organización																																
			Si	No																															
			Si	No																															
			Si	No																															
3. Medidas para garantizar el control y seguimiento de los riesgos derivados de las vibraciones																																			
3.1	Implantación de medidas de control de los riesgos derivados de las vibraciones mecánicas																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medidas de control</th> <th>Nombre Maquinaria/Herramienta</th> <th colspan="2">Adoptado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modificación de los métodos de trabajo</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Modificación de la organización del trabajo</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Sustitución de equipo de trabajo</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Programa de mantenimiento de los equipos</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Información y formación adecuada a los trabajadores sobre el uso de los equipos</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Consulta y participación de los trabajadores</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al riesgo de vibraciones</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Medidas de control	Nombre Maquinaria/Herramienta	Adoptado		Modificación de los métodos de trabajo		Si	No	Modificación de la organización del trabajo		Si	No	Sustitución de equipo de trabajo		Si	No	Programa de mantenimiento de los equipos		Si	No	Información y formación adecuada a los trabajadores sobre el uso de los equipos		Si	No	Consulta y participación de los trabajadores		Si	No	Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al riesgo de vibraciones		Si	No		
Medidas de control	Nombre Maquinaria/Herramienta	Adoptado																																	
Modificación de los métodos de trabajo		Si	No																																
Modificación de la organización del trabajo		Si	No																																
Sustitución de equipo de trabajo		Si	No																																
Programa de mantenimiento de los equipos		Si	No																																
Información y formación adecuada a los trabajadores sobre el uso de los equipos		Si	No																																
Consulta y participación de los trabajadores		Si	No																																
Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos al riesgo de vibraciones		Si	No																																
3.2	Implantación de medidas de seguimiento de los riesgos derivados de las vibraciones																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Medidas de seguimiento</th> <th>Nombre Maquinaria/Herramienta</th> <th colspan="2">Adoptado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Se comprueba si se están aplicando los controles</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Se pregunta si el equipo plantea algún problema de vibraciones</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Se comprueban los resultados del control de la salud</td> <td></td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Medidas de seguimiento	Nombre Maquinaria/Herramienta	Adoptado		Se comprueba si se están aplicando los controles		Si	No	Se pregunta si el equipo plantea algún problema de vibraciones		Si	No	Se comprueban los resultados del control de la salud		Si	No																		
Medidas de seguimiento	Nombre Maquinaria/Herramienta	Adoptado																																	
Se comprueba si se están aplicando los controles		Si	No																																
Se pregunta si el equipo plantea algún problema de vibraciones		Si	No																																
Se comprueban los resultados del control de la salud		Si	No																																

3.3	Ha sido necesaria la reevaluación de algún equipo			
	Repetir la evaluación	Maquinaria/Herramienta	Adoptado	
	Introducción de nueva maquinaria o cambio en el procedimiento		Si	No
	Introducción de cambios en el número de horas trabajadas con maquinaria que vibra		Si	No
	Introducción de nuevas medidas de control de las vibraciones		Si	No