

TEMA 56

VIBRACIONES: 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. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS

INTRODUCCIÓN

Un gran número de personas trabajadoras está expuesto a vibraciones en sus lugares de trabajo. En prevención de riesgos laborales se estudian dos modelos diferenciados de vibración:

- la transmitida al sistema **mano-brazo**.
- la transmitida al **cuerpo entero**.

Las vibraciones del sistema mano-brazo incluyen las transmitidas por herramientas manuales, como taladros o amoladoras, o por elementos de los equipos de trabajo que se sujetan con las manos, como el volante de un vehículo. Las vibraciones de cuerpo completo son, por ejemplo, las que se transmiten por los asientos de vehículos o máquinas o la vibración de una plataforma o piso.

Una vibración se puede caracterizar por su **frecuencia y su intensidad**.

- La frecuencia es el número de veces que se completa un ciclo de oscilación y se mide en hercios (Hz), que equivale a un ciclo por segundo.
- La intensidad puede medirse indistintamente en unidades de desplazamiento, velocidad o aceleración del elemento que vibra, ya que las tres magnitudes están relacionadas entre sí. La magnitud que se utiliza habitualmente para determinar la intensidad de las vibraciones es la aceleración eficaz expresada en unidades de m/s^2 . Se mide utilizando un vibrómetro.

Las vibraciones que tienen interés, por los **efectos que causan en el organismo**, son aquellas con frecuencias entre 1 y 1.500 Hz. Los efectos sobre la salud de las personas trabajadoras serán diferentes en función de si la vibración es transmitida al cuerpo entero o si la vibración se transmite al sistema mano-brazo.

Las vibraciones de frecuencias comprendidas entre 1 y 80 Hz, que afectan a todo el cuerpo, pueden ocasionar lumbalgias, hernias, pinzamientos discales y lesiones raquídeas, así como síntomas neurológicos tales como dificultad para mantener el equilibrio. Pueden observarse, por ejemplo, en puestos de trabajo de conductores de vehículos.

Las vibraciones de frecuencias comprendidas entre 20 y 1.500 Hz son las típicas de las herramientas manuales rotativas o alternativas y sus efectos se concentran en el sistema mano-brazo. Este tipo de vibraciones pueden originar lesiones óseas de muñeca y codo y alteraciones en los nervios de la mano que pueden causar calambres o trastornos de la sensibilidad. Una de sus posibles manifestaciones es el llamado síndrome de Raynaud o de dedo blanco.

1. 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

En España, la normativa que regula la exposición a vibraciones es el **Real Decreto 1311/2005, 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** que traspone al derecho español el contenido de la 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 los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

El real decreto consta de ocho artículos, una disposición adicional, una disposición transitoria, una disposición derogatoria, dos disposiciones finales y un anexo.

La norma determina en su articulado como **objeto**, el establecer las disposiciones mínimas para la protección de las personas trabajadoras frente a los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Disposiciones que tienen su **ámbito de aplicación** en las actividades en las que las personas trabajadoras estén o puedan estar expuestas a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

Especifica los **valores límite de exposición diaria** y los **valores de exposición diaria que dan lugar a una acción** para un período de referencia de ocho horas, tanto para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado se fija en 5 m/s^2 .
- b) El valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.

como para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.
- b) El valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

• Valor límite de exposición → VL • Valor de exposición que da lugar a una acción → NA													
<table><tr><td>VL</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>1,15 m/s²</td></tr><tr><td>NA</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>0,5 m/s²</td></tr></table>	VL		1,15 m/s²	NA		0,5 m/s²	<table><tr><td>VL</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>5 m/s²</td></tr><tr><td>NA</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>2,5 m/s²</td></tr></table>	VL		5 m/s²	NA		2,5 m/s²
VL													
1,15 m/s²													
NA													
0,5 m/s²													
VL													
5 m/s²													
NA													
2,5 m/s²													
Valores límite de exposición diaria y valores de exposición diaria que dan lugar a una acción													

Cuando la exposición a las vibraciones sea de forma habitual inferior a los valores de exposición diaria, pero varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente y pueda sobrepasar ocasionalmente el valor límite correspondiente, el cálculo del valor medio de exposición podrá hacerse sobre la base de un período de referencia de 40 horas, en lugar de ocho horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometida la persona trabajadora son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

Dicha circunstancia deberá razonarse por la empresa, ser sometida previamente a consulta con las personas trabajadoras y/o sus representantes, constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales y comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a esta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, para que esta pueda comprobar que se dan las condiciones motivadoras de la utilización de este procedimiento.

El real decreto también prevé diversas especificaciones relativas a la **determinación y evaluación de los riesgos**, y establece, en primer lugar, la obligación de que la empresa efectúe una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestas las personas trabajadoras. Podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por la empresa fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

La empresa deberá justificar, en su caso, que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas hacen innecesaria una evaluación más detallada de estos.

Al evaluar los riesgos, se concederá particular atención a los siguientes aspectos:

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

Y en función de los resultados de la evaluación, la empresa deberá determinar las medidas que deban adoptarse, por lo que en el real decreto se regulan **disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**, de manera que los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible. Incluyendo la obligación de que la empresa establezca y ejecute un programa de medidas técnicas y/o de organización, además de un listado de los factores que, especialmente, deben ser tomados en consideración. Además, especifica que las personas trabajadoras no deberán estar expuestas en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición e introduce excepciones, de manera que determinadas disposiciones no son de aplicación en el sector de la navegación

marítima y aérea en lo que respecta a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero en determinadas condiciones y con una serie de garantías adicionales.

Respecto al **programa de medidas técnicas y/o de organización** destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de esta, se establecerán y ejecutarán por la empresa cuando se rebasen los valores establecidos para el valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción. Tomando en consideración, especialmente:

- a) Otros métodos de trabajo que reduzcan las vibraciones mecánicas.
- b) La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- c) El suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- d) Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- e) La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- f) La información y formación adecuadas a las personas trabajadoras sobre el manejo correcto 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 las personas trabajadoras expuestas, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

Continuando con las disposiciones del real decreto, este recoge dos de los derechos básicos en materia preventiva: la **consulta y participación** de las personas trabajadoras en los aspectos relacionados con la prevención y la necesidad de su **formación e información**, en particular sobre:

- a) Las medidas tomadas en aplicación de este real decreto para eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica.
- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- c) Los resultados de las evaluaciones y mediciones de la vibración mecánica y los daños para la salud que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado.
- d) La conveniencia y el modo de detectar e informar sobre signos de daños para la salud.
- e) Las circunstancias en las que se tiene derecho a una vigilancia de su salud.
- f) Las prácticas de trabajo seguras, para reducir al mínimo la exposición a las vibraciones.

Finalmente se establecen disposiciones sobre la **vigilancia de la salud** frente a la exposición a vibraciones mecánicas, orientadas a la prevención y detección precoz de daños, cuyos resultados deben considerarse al aplicar medidas preventivas en el lugar de trabajo.

El **anexo del real decreto** trata aspectos de evaluación de exposición, medición, interferencias y riesgos indirectos tanto para las vibraciones mano-brazo, como las de cuerpo entero y en concreto los equipos de protección individual para las vibraciones mano-brazo y la prolongación de la exposición para las vibraciones de cuerpo entero.

El real decreto exige que, en la evaluación de riesgos, la empresa tenga en cuenta todos los efectos indirectos sobre la seguridad derivados de la **interacción** entre las vibraciones mecánicas y el **entorno** o los **equipos de trabajo**, tanto en vibraciones del sistema mano-brazo como de cuerpo entero. En este sentido se tendrán en consideración:

- Interferencias: en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.
- Riesgos indirectos: especialmente cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

Se diferencian dos anexos:

A. Vibración transmitida al sistema mano-brazo

1. Evaluación de la exposición.

Se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de ocho horas, $A(8)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales $a_{hw x}$, $a_{hw y}$ y $a_{hw z}$, como se define en los capítulos 4 y 5 y en el anexo A de la norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002).

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

2. Medición.

Cuando se proceda a la medición:

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

3. Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas técnicas y organizativas.

B. Vibración transmitida al cuerpo entero

1. Evaluación de la exposición.

Se basa en el cálculo de la exposición diaria $A(8)$ expresada como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5, 6 y 7, el anexo A y el anexo B de la norma ISO 2631-1 (1997).

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

En el sector de la navegación marítima podrán tenerse en cuenta únicamente, para la evaluación de las exposiciones, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

2. Medición.

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

3. Prolongación de la exposición.

La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad de la empresa se aplicará, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de las personas trabajadoras de locales de descanso bajo responsabilidad de la empresa; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.

2. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS

El Real Decreto 1311/2005 encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST), la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas en los lugares de trabajo proporcionando criterios y recomendaciones que pueden facilitar la interpretación y aplicación del real decreto, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de las personas trabajadoras involucradas y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables.

La Guía contempla cinco **apéndices** que desarrollan **aspectos específicos y complejos**:

Apéndice 1: Fundamentos físicos de las vibraciones.

Apéndice 2: Efectos para la salud.

Apéndice 3: Determinación de la aceleración continua equivalente. Estimación y medición.

Apéndice 4: Evaluación del riesgo. Método del valor cuadrático medio y métodos complementarios.

Apéndice 5. Medidas de control de la exposición a las vibraciones.

Para evitar repeticiones, en el segundo punto del tema solo se resaltan las disposiciones y apéndices más relevantes de la Guía.

1. Determinación y evaluación de los riesgos

Para evaluar el riesgo por exposición a vibraciones mecánicas es **necesario la determinación de A(8) y su posterior comparación con el nivel de acción y con el valor límite**. El valor de A(8) depende del valor de aceleración y del tiempo de exposición.

Se contemplan dos posibilidades para evaluar la exposición, la **medición** en el puesto de trabajo o el uso de métodos de **estimación**.



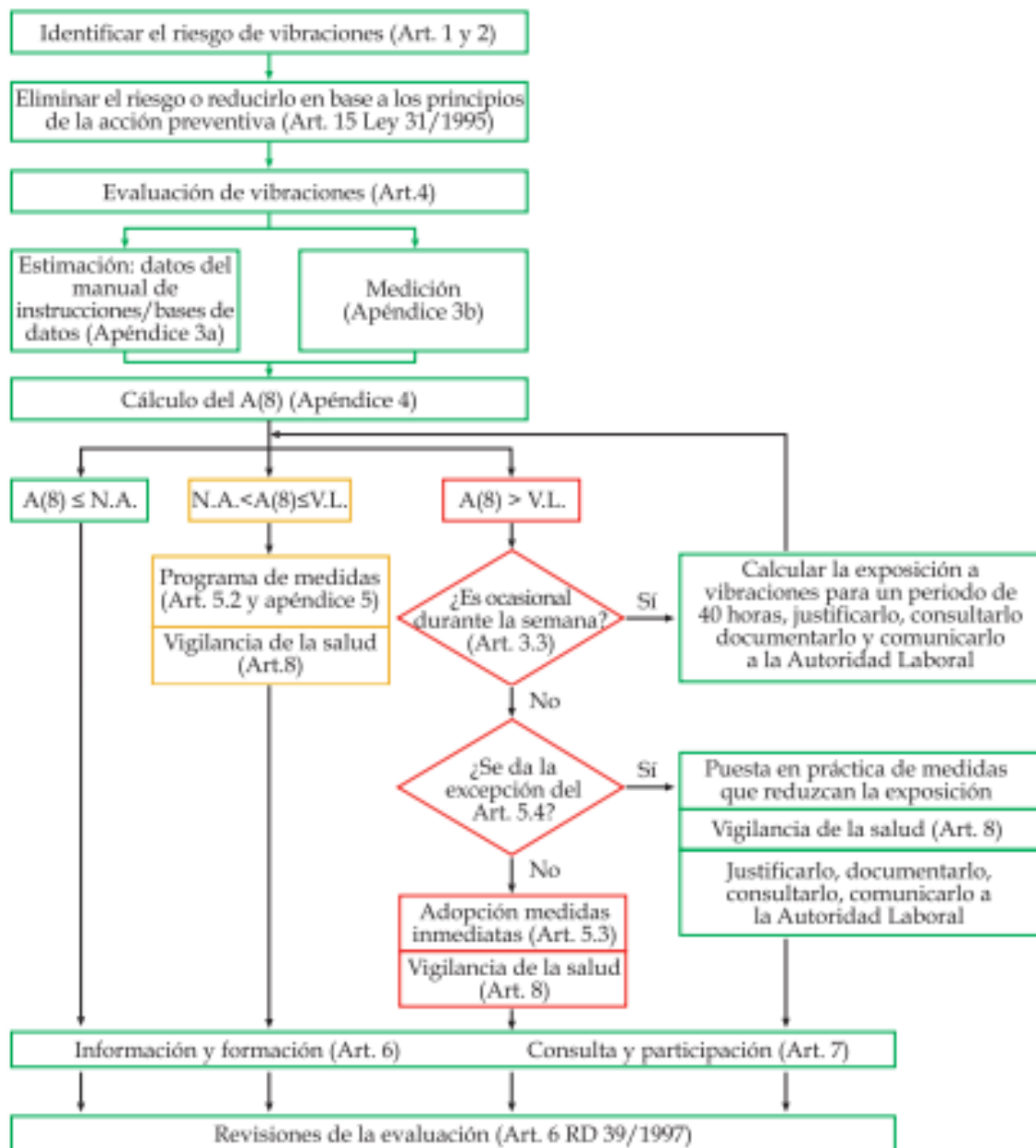
Los métodos de **estimación** consideran la información que se disponga sobre la vibración probable que pueda transmitir un equipo de trabajo recogida, bien de **bases de datos** realizadas por entidades de reconocido prestigio en la materia que contengan valores de aceleración producidas por distintas máquinas, o bien de los datos de emisión declarados por la empresa fabricante en el **manual de instrucciones**.

Por otro lado, para aplicar los métodos de estimación es necesario que las condiciones reales de uso de la máquina en el puesto de trabajo sean similares a las condiciones bajo las que se obtuvieron los valores contenidos en las bases de datos o los valores de emisión de la máquina declarados en el manual de instrucciones.

Cuando en un puesto de trabajo se combina simultáneamente la exposición a vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo y a través del cuerpo entero, se evalúan por separado, ya que tienen métodos de cálculo de A(8), efectos en la salud y niveles de referencia distintos

No es necesario recurrir a la medición si los valores estimados de A(8) por estimación son claramente inferiores a los niveles de acción, dejando constancia de ello en la evaluación de riesgos.

En el siguiente diagrama se resumen las medidas que deben aplicarse según los resultados hallados en la valoración de las vibraciones:



2. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición

Cuando se superan los niveles de acción (NA), se debe implementar obligatoriamente un **programa documentado de medidas técnicas y organizativas**, incluyendo recursos, plazos y estableciendo prioridades en función de la magnitud de los riesgos y del número de personas trabajadoras expuestas.

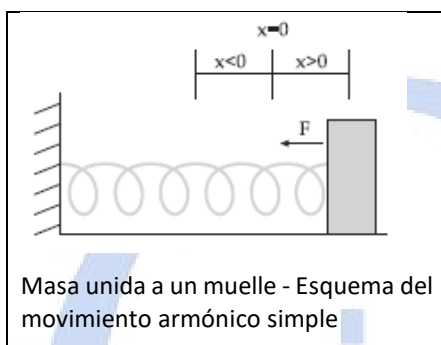
Se contemplan las principales actuaciones relacionadas con los métodos de trabajo, los equipos de trabajo (elección, mantenimiento y uso correcto), el diseño de lugares y puestos de trabajo, la organización del trabajo y la protección frente al frío y la humedad. A modo de ejemplo:

- En muchos equipos, las vibraciones producidas durante su utilización dependen del estado en que se encuentren. El desgaste y las holguras aumentan la vibración y reducen el rendimiento del equipo, por ello, resulta necesario contar con un plan de mantenimiento.

- Los efectos nocivos de las vibraciones dependen fundamentalmente de la cantidad de energía recibida por el cuerpo, así que tan importante es reducir el valor de la vibración como el tiempo de exposición mediante medidas organizativas como las rotaciones entre puestos de trabajo, pausas o descansos y minimizar la distancia de los desplazamientos.
- Se debería usar ropa que mantenga el cuerpo y las manos secas y un buen nivel de confort térmico, para evitar que el frío agrave los efectos vasculares causados por la vibración transmitida al sistema mano-brazo.

Respecto a los apéndices:

Apéndice 1: Fundamentos físicos de las vibraciones.



Un cuerpo sólido vibra cuando tiene un movimiento oscilatorio en torno a un punto de equilibrio sin que haya desplazamiento neto. La vibración más sencilla que existe es el movimiento armónico simple, por ejemplo, el péndulo de un reloj o una masa unida a un muelle.

En los sistemas reales para generar y mantener las vibraciones es imprescindible un suministro de energía.

Parámetros clave de un movimiento vibratorio son:

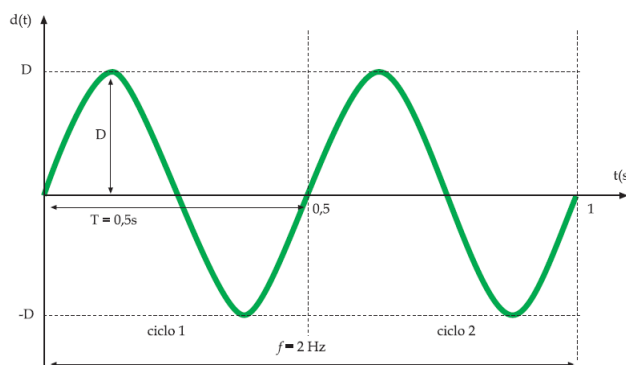
- Periodo (T): tiempo necesario para realizar un ciclo completo, es decir para el regreso de la masa a la posición inicial. Se mide en segundos (s).
- Frecuencia (f): número de ciclos completos que se suceden en la unidad de tiempo y es la inversa del periodo. Se mide en Hercios (Hz).

Los sistemas mecánicos poseen frecuencias naturales de vibración, en función de su masa y rigidez. Algunos ejemplos del entorno laboral:

Frecuencias muy bajas ($f < 1$ Hz)	Medios de transporte	Avión, tren, barco, automóvil
Frecuencias bajas (f de 1 a 20 Hz)	Vehículos de transporte	Vehículos industriales (carretilla, ...) Vehículos agrícolas (tractores, ...) Camiones, autobuses Vehículos para obras públicas
Frecuencias altas (f de 20 a 1400 Hz)	Máquinas portátiles y guiadas a mano	Amoladoras Taladros Cortacéspedes Martillos percutores

La resonancia es el aumento progresivo de la vibración en sistemas con bajo amortiguamiento cuando una fuerza periódica excitadora aporta energía de forma continua y hace que su frecuencia de oscilación se acerque a su frecuencia natural, pudiendo provocar daños en el mecanismo.

Para el movimiento armónico simple se puede representar en una gráfica la posición de la masa frente al tiempo, resultando una función senoidal.



A partir del desplazamiento, la velocidad y aceleración de la masa también se pueden expresar como funciones senoidales. En el ámbito de la seguridad y salud laboral se utiliza la **aceleración (m/s^2) para describir el movimiento** ya que es más fácil de medir que velocidad o desplazamiento.

Una vibración simple se describe mediante la **aceleración eficaz o valor RMS**, que aporta información sobre su energía. En vibraciones reales multifrecuencia se emplea la **aceleración continua equivalente**, siendo esta un valor hipotético y constante que transmitiría la misma energía que la aceleración variable en el tiempo. Se expresa matemáticamente:

Donde

$a(t)$ es el valor instantáneo de la aceleración para una vibración real.

T_{med} es el tiempo de medición.

$$a = \sqrt{\frac{1}{T_{med}} \int_0^{T_{med}} a^2(t) dt}$$

En general, cuando el **tiempo de referencia es un periodo de 8 horas**, la aceleración continua equivalente se designa como **A(8)**, previamente denominada en este texto como aceleración diaria equivalente, y puede expresarse matemáticamente:

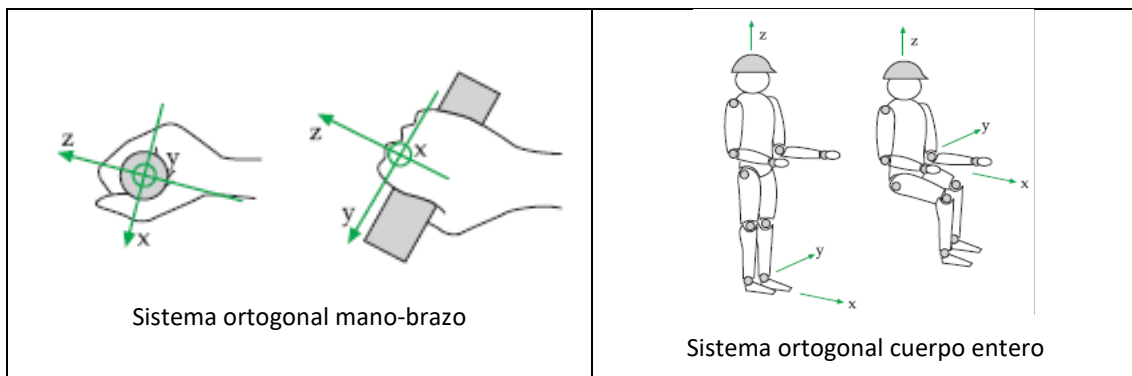
$$A(8) = a \sqrt{\frac{T}{8 \text{ h}}}$$

En el apéndice, además del valor eficaz de la aceleración se incluyen otros valores para completar la descripción del movimiento: factor cresta, valor máximo transitorio y valor de dosis de vibración.

Como la **aceleración** es una magnitud vectorial, tiene dirección y puede expresarse mediante sus tres componentes en un **sistema de referencia ortogonal** conforme:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Cuando el estudio de las vibraciones se realiza con objeto de su interacción con la salud de la persona, interesa fijar la dirección de incidencia de la vibración respecto a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano que se definen como **ejes basicéntricos** que son distintos para la interacción mano-brazo o cuerpo entero.



El apéndice se completa con una descripción de los sistemas mecánicos en general, mucho más complejos que el simple conjunto muelle y masa. En particular se hace referencia al cuerpo humano como un modelo constituido por un número finito de resortes, masas y amortiguadores.

Apéndice 2: Efectos para la salud.

La exposición a vibraciones mano–brazo está muy extendida en numerosos sectores, como la industria manufacturera, la minería, la construcción, la agricultura y la silvicultura, principalmente por el uso de herramientas a motor, máquinas portátiles o máquinas guiadas con las manos. La exposición a este tipo de vibraciones también puede producirse al soportar con las manos piezas o controles manuales en vibración o durante la conducción de vehículos.

Efectos para la salud de la exposición a las vibraciones mano-brazo:

La exposición a vibraciones mano-brazo produce **efectos agudos** como **malestar y pérdida de destreza manual**, que dependen de la frecuencia de la vibración y de la fuerza de agarre.

Los **efectos crónicos** incluyen el **síndrome de vibración mano-brazo**, con trastornos vasculares (fenómeno de Raynaud secundario o “dedo blanco”) y neurológicos (entumecimiento, hormigueo) que implican pérdida de sensibilidad y destreza, aumentando el riesgo de accidentes. También puede aparecer el **síndrome del túnel carpiano**, especialmente cuando se combina con movimientos repetitivos y esfuerzos intensos.

Los **trastornos osteoarticulares** inducidos por vibraciones son un tema controvertido, ya que muchos autores los atribuyen más al envejecimiento y al trabajo manual pesado que a la vibración en sí. Afecciones como tendinitis, tenosinovitis o la contractura de Dupuytren se relacionan con el estrés ergonómico, sin evidencia concluyente de asociación directa con las vibraciones. También se ha observado mayor prevalencia de enfermedades como Kienbock y Preiser, probablemente influidas por la sobrecarga física, posturas forzadas, factores biomecánicos y la susceptibilidad individual.

Efectos para la salud de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero:

La exposición a vibraciones transmitidas al cuerpo entero se da, principalmente, en los trabajos con máquinas móviles, como las de movimiento de tierras o los tractores agrícolas; en el transporte y en otros procesos industriales en los que se permanece sobre superficies vibrantes.

La exposición a vibraciones de cuerpo entero puede provocar **dolor lumbar y ciatalgia**, influida por factores como la postura, el vehículo, la organización del trabajo y la manipulación de cargas, sin evidenciarse degeneración vertebral en pruebas de imagen.

También puede causar **malestar general y mareos**, y durante el embarazo aumentar el riesgo de parto prematuro.

En la exposición conjunta a vibraciones mano-brazo y ruido, no se demuestra mayor riesgo general de pérdida auditiva, aunque este aumenta en personas con dedo blanco que usan herramientas vibratorias en ambientes ruidosos.

Apéndice 3: Determinación de la aceleración continua equivalente. Estimación y medición.

A) Determinación de la aceleración continua equivalente por estimación.

Este procedimiento proporciona un valor aproximado de la magnitud probable de vibración de la máquina o del vehículo utilizado en unas condiciones concretas de uso. Por ello, se debe emplear con cautela a la hora de realizar las evaluaciones de riesgos. El apéndice recoge en qué condiciones debe aplicarse y la interpretación de los resultados obtenidos.

Para poder recurrir a este modo de evaluación debe cumplirse, por un lado, que las fuentes de información sean válidas y fiables y, por otro lado, una serie de condiciones relacionadas con la máquina y su uso.

Las fuentes de uso que más comúnmente se consultan son el manual de instrucciones y las bases de datos.

1. Estimación a partir de los datos de las vibraciones en el manual de instrucciones.

Condiciones que se deben cumplir para obtener un resultado realista:

- a) Disponer de los valores de la vibración emitida por la máquina durante su funcionamiento, que la empresa fabricante está obligada a declarar en el manual de instrucciones.

Esta obligación está regulada por el Real Decreto 1644/2008 hasta el 19 de enero de 2027, es el Real Decreto 1644/2008 y posteriormente por el nuevo reglamento de máquinas.

El apéndice recoge qué valores de las vibraciones deben declararse en el manual de instrucciones.

- b) Las condiciones reales de uso deben ser iguales o similares a aquellas bajo las que se obtuvieron los valores de emisión de la máquina declarados en el manual de instrucciones.

Estas condiciones de funcionamiento recogidas en el manual se basan en códigos de ensayo específicos, que comenzaron a actualizarse en 2025, de modo que si no están actualizados pueden no ser representativo. En estos casos puede utilizarse el documento del INSST "*Requisitos de evaluación de la exposición a las vibraciones mano-brazo mediante estimación a partir de los datos declarados en el manual de instrucciones*" que introduce factores de corrección para ajustar esta desviación de los valores.

- c) La máquina deberá estar en buenas condiciones y correctamente mantenida conforme indicaciones de la empresa fabricante, ya que un funcionamiento o mantenimiento inadecuado puede suponer variaciones en la emisión de vibraciones y por ende la información proporcionada en el manual de instrucciones y usada en la evaluación no sería válida.
- d) Las herramientas insertadas y los accesorios deberán ser iguales a aquellos utilizados durante la determinación de los valores de emisión ya que influyen significativamente en la emisión de vibraciones y el manual de instrucciones recoge distintos valores en función del accesorio o herramienta insertada.

2. Basevibra, estimación a partir de los datos de vibraciones de bases de datos.

El INSST dispone de **Basevibra**, una base de datos que recopila datos de estudios propios, de comunidades autónomas y empresas privadas, para estimar la **aceleración continua equivalente** de vibraciones mano-brazo y cuerpo entero. También proporciona valores de emisión de máquinas.

Solo puede usarse si las condiciones reales coinciden con las especificadas en las fichas.

Incluye un calculador para obtener la **exposición diaria normalizada de 8 horas** según el tiempo de exposición.

B) Determinación de la aceleración continua equivalente por medición.

Se recoge cómo determinar la aceleración continua equivalente por medición, conforme en el Real Decreto 1311/2005 y las normas técnicas referenciadas en su anexo (**UNE-EN ISO 5349, partes 1 y 2 para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo y UNE ISO 2631, parte 1, para vibraciones del cuerpo entero**).

Instrumentación de medida.

El **esquema básico** de un **instrumento** de medición de vibraciones mecánicas consiste en:

- **Acelerómetro** o transductor que convierte en señales eléctricas las variaciones de la aceleración motivadas por el contacto con una superficie vibratoria.
- Unidad de procesamiento de la señal eléctrica o **vibrómetro** que refleja la respuesta del cuerpo humano al estímulo vibratorio utilizando diferentes curvas de ponderación frecuencial en función de la parte del cuerpo humano que entra en contacto con las superficies vibrantes
- La **unidad de visualización, registro y almacenamiento** de resultados.

El apéndice detalla la correcta disposición de acelerómetros para las mediciones, los distintos tipos de vibrómetros que existen (número de canales o de si disponen de un analizador de frecuencia que posibilita la descomposición de una vibración en sus componentes frecuenciales) así como de la aplicación de las curvas de ponderación frecuencial tanto para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo como al cuerpo entero.

Cálculo de la aceleración continua equivalente

En vibraciones transmitidas **mano-brazo** la aceleración continua equivalente se obtiene como **vector suma** de las componentes ortogonales de la aceleración eficaz ponderadas en frecuencia.

$$a_{hw} = \sqrt{(a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2)}$$

Para las vibraciones transmitidas al **cuerpo completo** no se utiliza el vector suma, sino que se escoge el **mayor valor** de las tres componentes ortogonales ponderadas en frecuencia al que se le aplica además un coeficiente en función de los ejes basicéntricos, penalizando los esfuerzos axiales que afectan a la columna vertebral.

$$a_w = \max \{1,4 \cdot a_{wx}; 1,4 \cdot a_{wy}; a_{wz}\}$$

Procedimiento para la medición de la exposición a las vibraciones.

Analizado el puesto de trabajo como primera etapa del proceso de evaluación del riesgo derivado de la exposición a las vibraciones mecánicas y determinadas las operaciones que van a ser objeto de medición, se incluyen las consideraciones a tener en cuenta respecto a la comprobación de la sensibilidad antes y después de cada medición o serie de mediciones de los acelerómetros, así como en el establecimiento de la **duración y número de mediciones** a llevar a cabo:

- Medición de las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo: al menos tres mediciones cortas representativas, con una duración mínima total de 1 minuto (por ejemplo, tres de 20 segundos)
- Medición de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero: duración y número según la operación. Para operaciones largas, al menos 3 mediciones de 3 minutos cada una y, para operaciones cortas no cíclicas, se simula la duración mínima de 3 minutos.

El apéndice recoge específicamente cómo calcular la aceleración continua equivalente con los resultados obtenidos a partir de la serie de mediciones llevadas a cabo. Además, incluye recomendaciones respecto al modelo de informe para la recogida de resultados acompañadas de ejemplos de ficha de resultados.

Apéndice 4: Evaluación del riesgo. Método del valor cuadrático medio y métodos complementarios.

En este apéndice se describe el procedimiento básico de evaluación de la exposición a vibraciones en un puesto de trabajo utilizando el **método del valor cuadrático medio, A(8)**, a partir de los datos de aceleración estimados o medidos según los procedimientos descritos en el apéndice 3. Así mismo, se detallan los métodos complementarios para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero introducidos por la norma UNE ISO 2631-1: valor móvil cuadrático medio y valor de la dosis a la cuarta potencia.

Método del valor cuadrático medio, A(8).

Las empresas tienen la obligación de evaluar el riesgo derivado de la exposición a las vibraciones, dicha evaluación se basa en la cuantificación del riesgo mediante la determinación de la aceleración diaria equivalente, normalizada para un periodo de 8 horas, **A(8)**, que se calcula a partir de dos variables:

- La **aceleración continua equivalente**, que describe cómo de intensa es la exposición.
- El **tiempo** durante el que la persona trabajadora está expuesta a ese nivel de vibración.

El procedimiento general de evaluación de la exposición a las vibraciones mecánicas por el uso de una máquina podría resumirse en los siguientes pasos:

1º Analizar el puesto de trabajo.

2º Determinar el tiempo de exposición a partir del trabajo de campo.

3º Determinar la aceleración continua equivalente.

Para su determinación se recurrirá al apéndice 3 de la guía.

4º Calcular la aceleración diaria equivalente $A(8)$, siguiendo el método del valor cuadrático medio.

El valor de $A(8)$ se determina de manera diferente según se trate de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo o de vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

La guía, además de detallar el método de cálculo de $A(8)$ mediante el método del valor cuadrático medio, incluye el **método simplificado de sistema de puntos de exposición** que permite conocer el resultado de la evaluación utilizando una tabla de dos variables: aceleración continua equivalente y el tiempo que se está expuesto a esa vibración. El método es aplicable tanto para vibraciones transmitidas mano-brazo como para las transmitidas al cuerpo completo, cada una con sus tablas correspondientes recogidas en el apéndice.

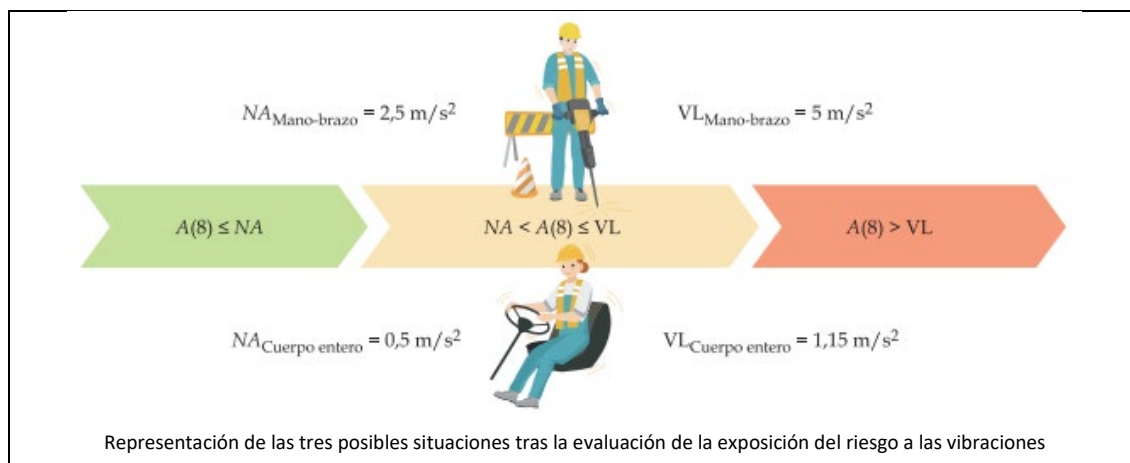
En ocasiones, el método del valor cuadrático medio, $A(8)$, puede subestimar la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. La norma UNE ISO 2631-1 establece las siguientes condiciones en las que puede suceder: valores pico de aceleración elevados, choques esporádicos o vibraciones transitorias altas. En el apéndice se detallan los métodos alternativos que completan el método del $A(8)$, aunque el Real Decreto 1311/2005 no establece esta obligación: valor móvil cuadrático medio y valor de la dosis a la cuarta potencia.

5º Interpretar los resultados de la exposición.

El valor de **$A(8)$** obtenido se **compara con el valor límite y/o con el valor que da lugar a una acción**, comparación de la que pueden derivarse tres situaciones que darán lugar a diferentes acciones:

- a) es inferior al valor de acción;
- b) está entre el valor de acción y el valor límite; y
- c) está por encima del valor límite.

Salvo circunstancias de especial susceptibilidad de la persona trabajadora, la primera situación indica que el riesgo es aceptable, la segunda implica la necesidad de responder adoptando las medidas recogidas en artículo 5 del Real Decreto 1311/2005 y desarrolladas en el apéndice 5 de la guía y la tercera situación se considerará intolerable y se tomarán medidas inmediatas para corregirla y reducir la exposición, determinando las causas de la sobreexposición (artículo 5.3 del Real Decreto 1311/2005)



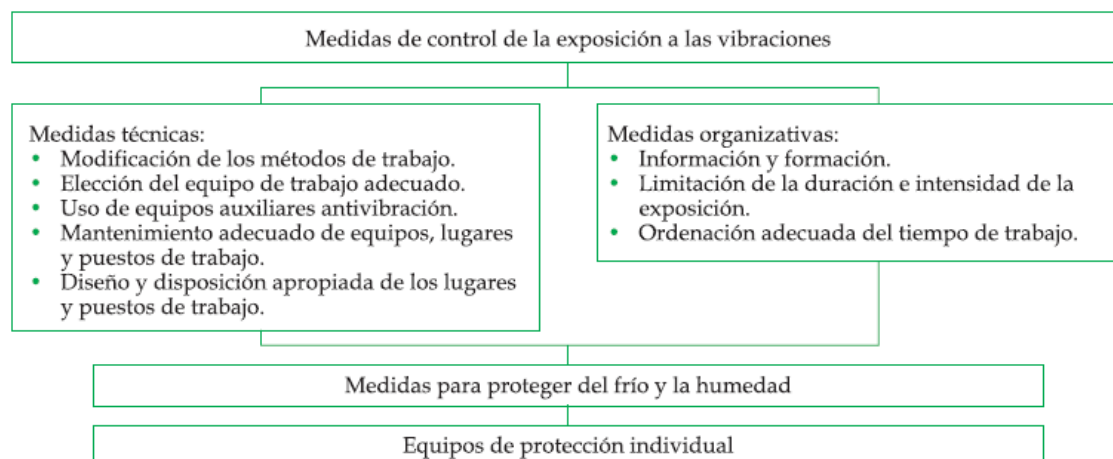
En caso de haber utilizado **métodos de estimación** en la evaluación del riesgo a la exposición a las vibraciones mecánicas, se debería valorar si se tienen suficientes **garantías de no superar los criterios de referencia**, ya que la estimación es menos precisa que la medición in situ. Si el $A(8)$ obtenido está próximo al nivel de acción o al valor límite, hay dos opciones:

- Asumir que el $A(8)$ supera dicho valor de referencia y, en consecuencia, adoptar medidas directamente para reducir la exposición.
- Realizar una evaluación más detallada, midiendo en el puesto de trabajo para determinar con mayor precisión el valor de la exposición.

Apéndice 5: Medidas de control de la exposición a las vibraciones.

Cuando la evaluación determine que se superen los niveles de acción establecidos para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo o al cuerpo entero, la empresa establecerá y ejecutará un **programa de medidas técnicas y organizativas** destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de esta.

Se recoge un diagrama que resume las medidas establecidas en el artículo 5 encaminadas a evitar o a reducir la exposición a las vibraciones, mediante la disminución de la magnitud de la aceleración transmitida o la limitación de los tiempos de exposición:



En todo caso, la reducción de los riesgos por exposición a las vibraciones se basará en los **principios de la acción preventiva** establecidos en el artículo 15 de la LPRL.

La Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo) propone una serie de etapas que pueden seguirse en el proceso de elección e implantación de las medidas de control, partiendo de los resultados de la evaluación de riesgos.

En la prevención de la exposición a las vibraciones mecánicas debería involucrarse a todos los departamentos de la empresa. Este aspecto es clave para la **integración de la prevención**. En concreto, es fundamental su integración en los procesos de compras, de manera que cualquier decisión que se adopte en materia de adquisiciones, por ejemplo, la compra de maquinaria, herramientas manuales vibrátiles, útiles de trabajo, etc. considere las correspondientes necesidades preventivas.

Medidas técnicas

Para el diseño y aplicación de las medidas técnicas es esencial **identificar las diferentes fuentes de generación y emisión de vibraciones**, considerando los lugares de trabajo, las máquinas, los procesos y las tareas realizadas en cada puesto. Las medidas técnicas más efectivas serán aquellas que van encaminadas al **control del riesgo en las fuentes**, mediante su rediseño o sustitución.

Por otro lado, hay que tener en cuenta otros factores que pueden agravar el riesgo de exposición, como pueden ser: fuerzas de agarre o empuje elevadas, movimientos rápidos y repetitivos, posturas forzadas o la exposición simultánea a bajas temperaturas.

Medidas organizativas

Se centran en la reducción de la exposición a las vibraciones a través de vías distintas a la disminución de la aceleración. Estas medidas consisten, principalmente, en la **limitación de la duración de la exposición, la rotación de tareas y la formación e información** específica sobre el trabajo que se realiza.

Como medida preventiva, es más eficaz la reducción de la aceleración que del tiempo de exposición, sin embargo, las medidas organizativas pueden ser las más factibles en determinadas situaciones, como sería el caso del uso de equipos cuyo funcionamiento consiste en vibrar, por ejemplo, las vareadoras de olivas.

En el apéndice se presentan una serie de recomendaciones en la búsqueda de soluciones técnicas para llevar a cabo un control eficaz de la exposición a las vibraciones para cada una de las medidas técnicas y organizativas previstas en el artículo 5.

Medidas de protección frente al frío y la humedad.

Los **efectos negativos** de las vibraciones **se incrementan con las bajas temperaturas**, las corrientes de aire frías y la humedad, especialmente el riesgo de sufrir trastornos vasculares como el síndrome de Raynaud, aunque no se superen los niveles de acción.

Se incluyen algunas medidas a aplicar en la medida de lo posible al respecto, tales como planificación del trabajo evitando o reduciendo la exposición a vibraciones en ambiente fríos y

húmedas, evitar el uso de máquinas que puedan enfriar las manos o que expulsen aire frío hacia las manos, etc.

Equipos de protección individual.

- **Guantes antivibración.** Lo habitual es encontrar en el mercado guantes certificados conforme la norma armonizada EN ISO 10819 que además cumplan con los requisitos mínimos para riesgos mecánicos de la también norma armonizada EN 388.

En este sentido, algunos de los requisitos establecidos para estos guantes están relacionados con la transmisibilidad de la vibración de los guantes, el espesor del material reductor de la vibración del guante, los huecos en el material reductor, sus propiedades mecánicas, así como con la información que debe proporcionar la empresa fabricante y el marcado.

Al seleccionar guantes antivibración deberían sopesarse sus beneficios y sus efectos adversos, como que pueden aumentar la fatiga de la mano y el brazo porque requieren mayor esfuerzo de agarre. Además, su eficacia va a depender de muchas variables, que afectan a la forma en que responden ante las vibraciones, por ello, es muy difícil determinar la protección que pueden llegar a ofrecer, pudiendo en algunas ocasiones incluso amplificar la vibración.

- **Calzado y fajas o cinturones antivibración.** No existen normas ni especificaciones técnicas que regulen tanto los requisitos de producto como los ensayos necesarios con los que satisfacer los requisitos esenciales de salud y seguridad que resulten de aplicación.