



Seguridad y salud frente a las Vibraciones



PRESENTACIÓN

La generalización de determinados procesos productivos en los que se utilizan ciertos tipos de maquinaria ha generado la presencia considerable de equipos y herramientas que generan movimientos oscilantes y vibratorios. Por ello, un porcentaje significativo de la población trabajadora está expuesto a las vibraciones, especialmente a las que afectan al cuerpo completo y al conjunto mano-brazo.

Muchos de los conductores de vehículos industriales y de obra están expuestos a niveles importantes de vibración de cuerpo completo, así como algunos operarios de máquinas manuales vibratorias lo están a la vibración mano-brazo.

Los posibles efectos nocivos para la salud obligan a identificar y actuar frente a los riesgos relacionados con la utilización de estas fuentes generadoras de vibración que afectan a los trabajadores. Por este motivo, en los últimos años, se ha producido un importante avance en los aspectos normativos y reguladores relativos a este tipo de agente físico.

ASEPEYO, en su constante interés por fomentar el conocimiento de los temas de Seguridad, Higiene y Ergonomía y Psicosociología aplicada, ha recopilado, en esta nueva publicación, un conjunto de aspectos relativos al conocimiento, identificación, medición, evaluación y control de las vibraciones.

Su contenido específico está expuesto de una forma amena y práctica, lo que le confiere un importante interés informativo y de sensibilización sobre el tema. También, puede ser utilizada por los técnicos y responsables de la actividad preventiva de la empresa como una herramienta de ayuda para la formación y prevención de los riesgos a los que pueden estar sometidos los trabajadores expuestos.

Esta monografía es el resultado del trabajo realizado por los técnicos del Área de Higiene de la Dirección de Prevención de Asepeyo y forma parte de la colección de publicaciones relativas a la Prevención de Riesgos Laborales.

ASEPEYO

Mutua Colaboradora con la Seguridad Social nº151

2ª Edición
© ASEPEYO

Realizado por Área de Higiene de la Dirección de Prevención

Para la reproducción total o parcial de esta publicación se precisará
la autorización de la Dirección de Prevención de ASEPEYO
R1E19138

ÍNDICE

P.	Presentación	
Í.	Índice	
1.	Principios físicos relacionados con las vibraciones	6
1.1.	Características de las vibraciones	
1.2.	Clasificación de las vibraciones	
1.3.	Modelos para sistemas vibrantes	
2.	Identificación de fuentes emisoras de vibración	12
3.	Efectos para el organismo de la exposición a vibraciones	16
3.1.	Interacción de las vibraciones con el organismo	
3.2.	Efectos nocivos para la salud	
4.	Medición de las vibraciones	18
4.1.	Acelerómetros	
4.2.	Medición de vibraciones cuerpo completo	
4.3.	Medición de vibraciones mano-brazo	
4.4.	Fórmulas de aplicación en vibraciones	
5.	Valoración de la exposición a vibraciones	28
5.1.	Legislación general en materia preventiva	
5.2.	Real Decreto 1311/2005 de vibraciones	
5.3.	UNE-ISO 2631 para vibraciones cuerpo completo	
5.4.	UNE-EN ISO 5349 para vibraciones mano-brazo	
6.	Medidas de protección y control frente a las vibraciones	38
	Buenas prácticas	
6.1.	Actuaciones en el foco de generación de las vibraciones	
6.2.	Actuaciones en el medio de transmisión de las vibraciones	
6.3.	Actuaciones sobre el receptor	



1. FÍSICOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES

Principios físicos relacionados con las vibraciones

Una vibración se puede definir como el movimiento oscilante de un cuerpo o parte de éste cuando es sometido a un impulso mecánico. Habitualmente, si no se ejerce ninguna fuerza sobre un medio, éste permanece en reposo. Cuando actúa una fuerza impulsora sobre el sistema, equipo o puesto de trabajo, sale de su posición de equilibrio y se origina un movimiento relativo, respecto a dicha posición inicial de referencia.

Hay múltiples causas susceptibles de generar vibraciones: el incorrecto mecanizado de determinadas piezas móviles de un equipo o máquina, el desajuste de piezas en rotación respecto al eje, los impulsos de aire comprimido, etc. Un alto nivel de vibración, además de las implicaciones que comporta para la salud de las personas, también ocasiona pérdidas económicas por el deterioro de instalaciones y equipos o el incremento del consumo energético de los mismos.

1.1.- Características de las vibraciones

El objeto que intuitivamente mejor representa un sistema vibrante es el muelle. La observación, descripción y análisis de una masa conectada al movimiento de un muelle es la manera más sencilla y elemental de simular lo que le sucede a cualquier objeto cuyas propiedades elásticas lo convierten en medio de transmisión de ondas mecánicas. Dichas ondas mecánicas transfieren pues un movimiento desde el origen, una fuente vibrante, al receptor (en el caso que nos ocupa, el trabajador).

Cualquier movimiento de objetos elásticos alrededor de una posición de equilibrio viene caracterizado por las magnitudes propias de la mecánica ondulatoria: Amplitud o máximo desplazamiento alcanzado respecto a la posición de equilibrio, frecuencia o número de ciclos por segundo, además de posición, velocidad y aceleración. Determinar y medir las magnitudes indicadas nos permitirá realizar el análisis y valoración de los fenómenos de vibración presentes en el lugar de trabajo.

En general los parámetros que describen las vibraciones que encontramos en la vida real no son constantes, por lo tanto cualquier valor tomado en un instante determinado no representa suficientemente bien las características de dicha vibración.

Para dar respuesta a dicha cuestión se define el valor eficaz o valor cuadrático medio (rms). Por ejemplo, en el caso de medidas de aceleración, dicho valor eficaz a_{ef} se determinará a partir del valor $a_{(t)}$ de aceleración medido a lo largo de un determinado periodo de tiempo T y promediado a lo largo de éste. La expresión que se utiliza para realizar dicho promediado es la que aparece a continuación.

$$a_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_{(t)}^2 dt}$$

vibración se tendrán en cuenta las tres direcciones correspondientes, a las coordenadas espaciales denominadas X, Y, Z. Cada una de ellas se mide por separado y el resultado global siempre se determina a partir de la adición de los resultados medidos en cada una de las direcciones ortogonales entre sí.

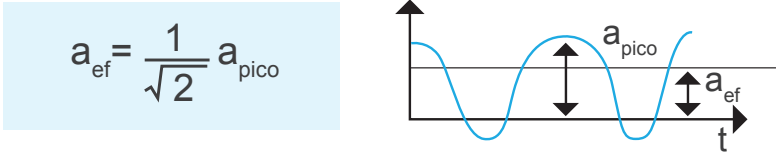
1.2.- Clasificación de las vibraciones

Vibraciones deterministas: Son las que se pueden describir a través de una función espacio-tiempo bien definida. En todo momento se puede predecir qué posición ocupará el elemento móvil.

Vibraciones deterministas de tipo periódico: Dentro de éstas las más características son las de **tipo armónico**, aquellas en las que la función espacio-tiempo correspondiente a este movimiento vibrátil es una función sinusoidal pura.



Por ejemplo, es el caso de una masa colgada de un muelle que está en movimiento, para elementos ideales, sin fricciones. Su descripción matemática es sencilla, razón por la cual se utiliza para representar los movimientos vibratorios. En este caso se puede relacionar el valor de pico a_{pico} (valor máximo de la función sinusoidal) con el valor eficaz a_{ef} (rms) multiplicando por un simple factor constante de $1/\sqrt{2}$. Este factor recibe la denominación de factor de cresta, que relaciona el valor de pico con el valor eficaz.



Las magnitudes asociadas a este tipo de oscilación: amplitud, frecuencia y periodo están bien definidas y son constantes en el tiempo. La importancia de este tipo de vibraciones radica en que cualquier vibración de tipo periódico, por compleja que sea, se puede describir como una superposición de ondas armónicas elementales como la descrita (como una adición de ondas armónicas puras).

Vibraciones deterministas de tipo no periódico: Son un tipo de vibraciones que no tienen un periodo determinado pero que su evolución se puede representar mediante una expresión matemática que da la posición en función del tiempo. Por ejemplo el operario de una carretilla que utilice varias rutas bien definidas. El firme del suelo por el que transita presentará unas determinadas características que determinan el nivel de vibraciones a la que está sometido. No se puede indicar un periodo de repetición si aleatoriamente utiliza una u otra ruta, pero si que se puede determinar el nivel de vibraciones a los que estará sometido por cada una de las rutas por las que transite.



Vibraciones aleatorias, choques: Son las que no se pueden describir con una función espacio-tiempo, sino mediante expresiones estadísticas. Por ejemplo, un conductor de camiones que realiza rutas siempre distintas es imposible que repita el mismo perfil, y el nivel de vibraciones en promedio dependerá del estado de la vía por la que circule. Dentro de las vibraciones aleatorias, se pueden distinguir las estacionarias (cuyos parámetros estadísticos se mantienen estables en el tiempo), de las no estacionarias (que no cumplen la anterior condición).

1.3.- Modelos para sistemas vibrantes

Cualquier equipo o instalación afectado por una vibración conviene que sea descrito de acuerdo con un modelo. Dicha consideración adquiere gran importancia para la posterior actuación encaminada al control del fenómeno en el puesto de trabajo.



En relación con los sistemas sometidos a una vibración, los elementos que los caracterizan son la propia fuerza que *impulsa la vibración*, las características elásticas (análogas a la constante de recuperación del muelle) del sistema que oscila y la fricción que se opone al movimiento de éste y que en ausencia de fuerza de impulsión lo lleva progresivamente al reposo. En general la fuerza de fricción que tiende a llevar el sistema al reposo es proporcional a la velocidad, es decir que a mayor velocidad del elemento en movimiento mayor es la fuerza de fricción que tiende a detenerlo (llevarlo al reposo).

La fuerza elástica o de recuperación es mayor cuanto mayor es la distancia respecto a la posición de equilibrio. A mayor elongación del muelle, mayor es la fuerza que ejerce en sentido opuesto al desplazamiento impuesto.

Por ejemplo, es fácil asumir que un automóvil que se mueva a 100 Km/h sufre mayor fuerza de fricción que si se moviese a 50 Km/h. En una aproximación sencilla y efectiva se supondrá que la fuerza de fricción en el primer caso es el doble que en el segundo.

Estos tres elementos conjuntamente (fuerza impulsión, características elásticas del medio y fricción) implican la aparición de fenómenos tales como la Resonancia, o fenómeno por el cual para ciertas frecuencias, el sistema actúa como amplificador del movimiento oscilatorio, lo que se traduce en intensidades máximas de vibración. Por el contrario, para otro rango de frecuencias el mismo sistema actuará como un atenuador de dicha vibración, minimizando el movimiento.

En este sentido conviene tener caracterizado el sistema para evitar la aparición de resonancias e interponer medios entre el foco de vibración y el receptor con el fin de minimizarlas. Esto se consigue desplazando la frecuencia característica de resonancia de forma que ésta no entre dentro de la banda de frecuencias en las que pueda vibrar el medio que estamos analizando.

DESTACADO ⚡

- Una vibración se cuantifica mediante el valor del desplazamiento con respecto a una posición de referencia, velocidad o aceleración, siendo la aceleración el parámetro más habitualmente utilizado. La frecuencia también es un parámetro determinante en los movimientos oscilantes, y para máquinas con elementos de rotación está relacionada con la velocidad de giro de los elementos móviles.
- En función de la masa del sistema, de sus características elásticas, de las fricciones presentes en éste y de la frecuencia de impulsión, se magnificará de forma resonante o bien se minimizará el problema de vibración presente en el lugar de trabajo.

2. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES EMISORAS DE VIBRACIÓN

Hay actividades laborales donde la exposición a vibraciones es especialmente elevada: actividades agrícolas de recolección, maquinaria para obras públicas y construcción, así como ciertas actividades industriales, donde la vibración se transmite a través de los asientos, de las plataformas de trabajo o directamente a las manos.

Vibración cuerpo completo

- **Maquinaria industrial:**

Prensas, trituradoras, carretillas elevadoras, máquinas para producir elementos prefabricados de hormigón, telares.

- **Máquinas Agrícolas:**

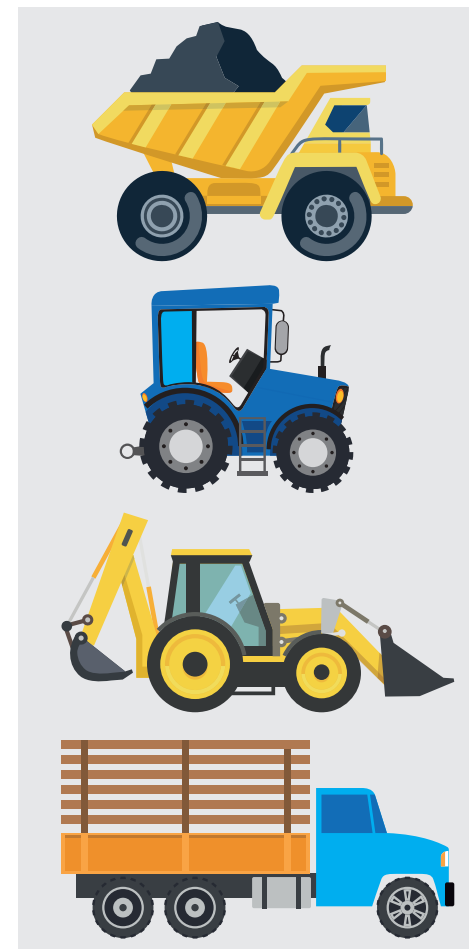
Tractores en desplazamientos con piso irregular, tractores con vibradores multidireccionales de tronco (inercia de masas excéntricas), cosechadoras, vibradores de ramas.

- **Máquinas para movimientos de tierra, obra pública y construcción:**

palas cargadoras, volquetes, camiones y dúmperes, bulldozer, martillo-pilón, motoniveladoras, maquinaria de compactación, retroexcavadoras, asfaltadoras.

- **Vehículos de transporte:**

camiones, locomotoras de tren, motos de montaña.



Vibración mano-brazo

• Maquinaria industrial:

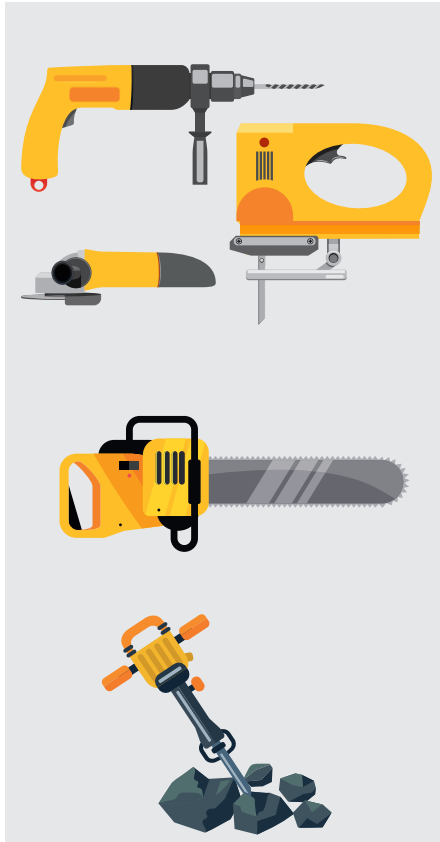
Herramientas percutoras / rotativas / alternativas tipo amoladoras angulares, horizontales y verticales, pulidoras y lijadoras, llaves para tuercas; (Astilleros navales) taladros, remachadoras, escoplo neumático, martillos picadores, buriladores o desbarbadores.

• Máquinas Agrícolas y Forestales:

Vibradores de ramas en árboles, motocultores, motosierras (sierras de cadena) o motodesbrozadoras,

• Máquinas para movimientos de tierra, obra pública y construcción:

Martillos neumáticos, taladradoras de roca, compactadoras manuales.



Algunos de los anteriores vehículos, máquinas o herramientas vibrátiles pueden generar niveles de vibración notablemente superiores a los niveles de aceleración recomendados en la normativa vigente, con los consecuentes efectos nocivos para el organismo humano.

DESTACADO ⚡



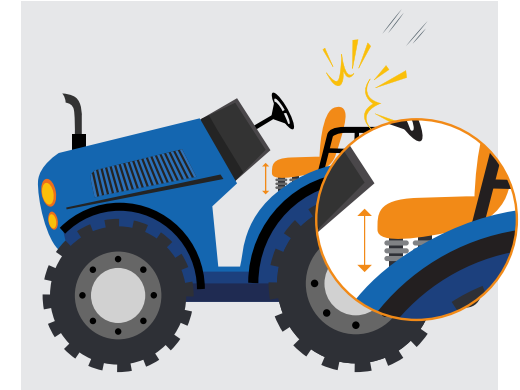
- Las vibraciones a las que acostumbran a estar expuestos los trabajadores en actividades agrícolas, construcción y obras públicas, así como ciertas actividades industriales de conducción de vehículos o utilización de herramientas manuales, son especialmente elevadas.

3. EFECTOS PARA EL ORGANISMO DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES

3.1. INTERACCIÓN DE LAS VIBRACIONES CON EL ORGANISMO

El cuerpo humano, a efectos de la exposición a vibraciones, es un sistema de muelles y amortiguadores muy complejo, con diferentes sensibilidades a las distintas frecuencias de vibración.

El comportamiento de las distintas partes del organismo bajo la acción de una vibración queda caracterizado por la rigidez mecánica de entrada, la cual representa la resistencia que ofrece la estructura del cuerpo al movimiento oscilante.



Todo aumento del esfuerzo muscular hace aumentar la rigidez mecánica, incrementando la conductividad de las vibraciones al aumentar la contracción muscular de las extremidades.

A **bajas frecuencias**

(hasta 10 Hz) las oscilaciones se propagan por todo el cuerpo independientemente del punto por donde entran, se amortiguan poco, y provocan un movimiento oscilante de tronco y cabeza.

A **altas frecuencias**,

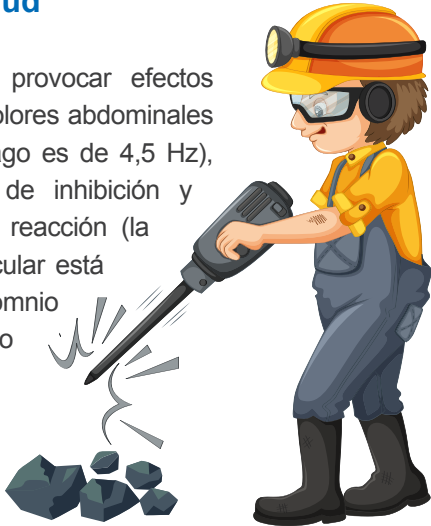
la zona de propagación queda limitada al área de contacto, y la energía vibratoria transmitida a la extremidad afectada provoca trastornos en los tejidos blandos.

Los distintos órganos del cuerpo humano pueden entrar en resonancia si la frecuencia o frecuencias de las fuerzas oscilantes externas que excitan el cuerpo humano están próximas a las frecuencias naturales de vibración de dichos órganos. Si los medios de absorción de la energía vibratoria son limitados, puede producirse una amplificación considerable de la vibración dando lugar a resonancias.

Para la vibración cuerpo completo, el rango de frecuencias que provocan mayores sensibilidades en el organismo está entre 1 y 80 Hz, siendo las frecuencias entre 4 y 8 Hz las más resonantes en el eje Z (pies-cabeza) y las frecuencias entre 1 y 2 Hz las más críticas en los ejes X (antero-posterior) e Y (izquierda-derecha), mientras que para vibración mano-brazo, el intervalo de más sensibilidad se sitúa entre 6 y 1400 Hz, encontrando los máximos alrededor de 12 Hz.

3.2. Efectos nocivos para la salud

La vibración cuerpo completo puede provocar efectos negativos de carácter transitorio como dolores abdominales (la frecuencia de resonancia del estómago es de 4,5 Hz), disfunciones genitourinarias, procesos de inhibición y fatiga, disminución de la capacidad de reacción (la frecuencia de resonancia del sistema ocular está entre 4 y 10 Hz), dolores de cabeza, insomnio nocturno y a muy baja frecuencia (1 Hz o inferior), vómitos y mareos por cinetosis o malestar en el transporte. En este caso, cuando cesa la exposición a la vibración cesa generalmente su efecto nocivo.



Por el contrario, las lumbalgias y dolores cervicales provocados por las vibraciones (la región lumbar de la columna vertebral tiene una frecuencia de resonancia de unos 4 Hz), así como ciertas disfunciones del sistema nervioso, pueden acabar convirtiéndose en afectaciones permanentes de las exposiciones prolongadas al mencionado agente físico.

La **vibración mano-brazo** da pie a otro tipo de problemática para la salud, que afecta sobretodo a los miembros superiores del cuerpo humano. Una exposición intensa y prolongada del conjunto mano-brazo al tipo de vibración generada por una herramienta manual vibrátil da lugar a una enfermedad denominada síndrome de dedo blanco inducido por la vibración o síndrome de Raynaud.

El tipo de vibración mencionado puede generar trastornos vasculares (perturbar la circulación sanguínea en los dedos) neurológicos (falta de sensibilidad y movilidad en los dedos, relacionado con la aparición del síndrome de túnel carpiano), trastornos esqueléticos (artritis óseas en muñeca y codo o calcificación de inserciones tendinosas en el codo) y trastornos musculares (debilidad muscular, pérdida de agarre y dolores en manos y brazos). La Escala de Estocolmo es una referencia obligada para clasificar el nivel alcanzado en el síndrome de Raynaud inducido por vibraciones mano-brazo.

Valoración vascular y sensoneural

Etapas	Grado	Descripción
0		No hay síntomas
1	Ligero	Efectos ocasionales afectando el extremo de uno o más dedos. Entumecimiento intermitente con o sin molestias
2	Moderado	Efectos ocasionales afectando a falanges distales y medias de uno o más dedos. Entumecimiento intermitente o persistente con reducción de la percepción sensorial
3	Severo	Efectos frecuentes afectando las falanges de casi todos los dedos. Entumecimiento intermitente o persistente reduciendo el tacto y/o destreza de manipulación
4	Muy Severo	Como en la Etapa 3 con atrofia de la piel en la punta de los dedos

DESTACADO

- Los agarres fuertes de los mangos de herramientas vibrátiles aumentan el esfuerzo muscular y consecuentemente la rigidez mecánica, incrementando la conductividad de las vibraciones y sus posibles efectos nocivos para la salud.
- Los efectos dañinos para la salud de las vibraciones que afectan a todo el cuerpo tienen carácter transitorio (dolores abdominales, mareos, procesos de inhibición y fatiga) a excepción de las lumbalgias y dolores cervicales, que pueden convertirse en afectaciones permanentes.
- Los efectos nocivos para la salud de las vibraciones que inciden en el sistema mano-brazo se resumen en la Escala de Estocolmo, con una graduación de posibles efectos vasculares y sensoneurales.

4.

MEDICIÓN DE LAS VIBRACIONES

Para la medición de vibraciones se utiliza una instrumentación que contempla las siguientes etapas: elemento sensor de vibración (acelerómetro), amplificación, unidad lectora (análisis y procesado), que incluye filtros y sistemas de ponderación, y por último indicación de señal (“display”). En el siguiente apartado se desarrolla la primera etapa de la medición, la del acelerómetro.

4.1. Acelerómetro

Conceptos básicos

Es un transductor electromecánico que da en sus terminales de salida una tensión proporcional a la aceleración a la que está sometido. El tipo de acelerómetro que se utiliza más frecuentemente, que es el piezoeléctrico, se caracteriza por una amplia gama de frecuencias de trabajo con una buena linealidad, por su robustez y fiabilidad así como su estabilidad en el tiempo al no contar con partes móviles que se desgasten.

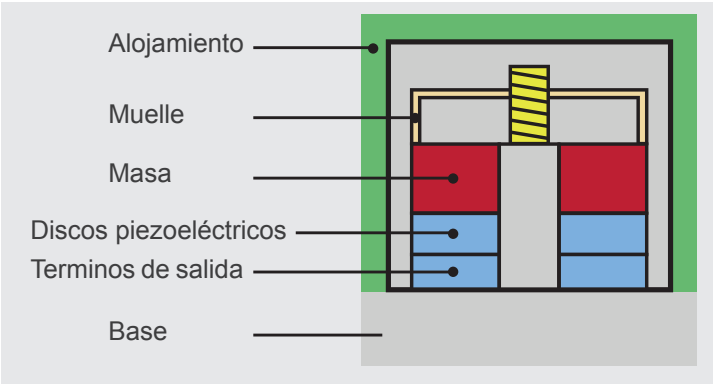


El efecto piezoeléctrico es un fenómeno característico de ciertos cristales (cuarzo, sales de la Rochelle, polarización artificial de cerámicas ferroeléctricas) que consiste en la aparición de una diferencia de potencial entre las caras opuestas por efecto de una deformación.

Si el elemento piezoeléctrico está sometido a tensiones mecánicas, tracciones, compresiones o cortaduras, se genera una carga eléctrica entre sus caras que es directamente proporcional a la fuerza aplicada, posibilitando la transformación del nivel de aceleración vibrátil en señal eléctrica.

Los elementos piezoeléctricos pueden estar bajo tensión en modo compresión (discos enfrentados) o en modo cortadura o “shear”.

En la siguiente figura se observa el esquema de un acelerómetro que trabaja a compresión, con sus correspondientes discos piezoeléctricos.



En algunos casos donde los acelerómetros deben medir vibraciones de alta frecuencia, los armónicos de dichas frecuencias pueden provocar resonancias y hacer que el acelerómetro sature, sobrecargando los circuitos electrónicos. Para evitar que se produzcan tales amplificaciones es conveniente tener presente que la frecuencia límite de las mediciones debería ser una tercera parte de la frecuencia de resonancia del acelerómetro (para acelerómetros cuya frecuencia de resonancia es de 30 kHz se debería establecer un límite de medición de 10 kHz).

Colocación del acelerómetro

Tan importante es la adecuada selección del acelerómetro como su correcta fijación a la superficie vibrátil, con el fin de que el acelerómetro refleje fielmente el nivel de vibración de la superficie de interés, que será aquella en contacto con el cuerpo y que establece el camino de transmisión de energía vibratoria.

Las situaciones en las que los acelerómetros están sueltos generan errores en la medición y una reducción de la frecuencia de resonancia del acoplamiento.



Para asegurar sujeciones firmes se utiliza el propio cuerpo del operario en las mediciones de vibración cuerpo completo de trabajadores sentados o de pie (encima del acelerómetro), y para la vibración mano-brazo se utilizan bridas para inmovilizar el acelerómetro a la empuñadura de la herramienta.

Para las mediciones de vibración en máquinas, se suelen utilizar los siguientes sistemas de fijación de acelerómetros a las superficies oscilantes:

- Embutido mediante Vástago roscado en el punto de medida.
- Pegado con una capa de cera de abejas.
- Pegado con una capa de adhesivos de impacto tipo resinas epoxy.
- Fijado mediante un imán permanente en superficies planas.

Otros condicionantes

La *sensibilidad* está directamente relacionada con el tamaño del acelerómetro, siendo más sensibles los acelerómetros más grandes, con una frecuencia de resonancia relativamente baja. Para los acelerómetros miniatura menos sensibles, sin embargo, se corrige la señal de bajo nivel con los amplificadores adecuados.

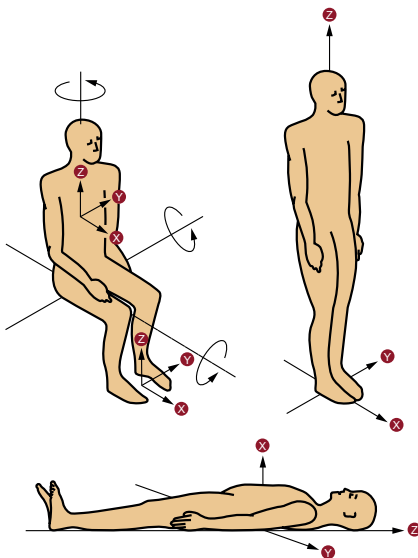
La *masa* del acelerómetro puede influenciar en las mediciones de elementos vibrantes ligeros. Se recomienda que su masa no sea superior a una décima parte de la masa dinámica del elemento que vibra.

Las *gamas dinámicas de aceleraciones y de frecuencias* tienen que ser suficientes para cubrir todas las señales. La gama de aceleraciones es muy amplia (de 0,01 a 100.000 m/s²), mientras que la gama de frecuencias va desde valores inferiores a 1 Hz hasta valores cercanos a 200 kHz en ciertos acelerómetros miniatura.

4.2. Medición de vibraciones cuerpo completo

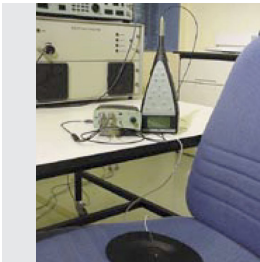
La variable de interés a medir es el valor eficaz y el valor máximo de la aceleración que se da en el punto de contacto entre la superficie vibrante y el cuerpo humano, para un rango de frecuencias de 0,5 a 80 Hz principalmente.

La medición se realiza de acuerdo con el sistema de coordenadas biodinámico, definido con referencia a la posición del cuerpo humano (eje Z en la dirección pies cabeza, eje Y en la dirección derecha-izquierda y eje X en la dirección antero- posterior), representado en las siguientes figuras.



Se suele utilizar equipos específicos para la medida de vibraciones que incorporan los filtros de medida adecuados para la ponderación de las frecuencias. Si los equipos disponen de acelerómetro dispuesto en tres ejes ortogonales, es muy rápido determinar el nivel de riesgo asociado a la actividad.

Algunos sistemas de medida van asociados a equipamiento que también puede ser usado en medidas de acústica, usando módulos específicos que deben cumplir los requisitos exigibles a una medida de vibraciones como riesgo profesional.



En el caso de medidas con equipamiento modular, filtros y acelerómetro externo, conviene tomar precauciones para evitar resultados incorrectos por movimiento de cables y conexiones.

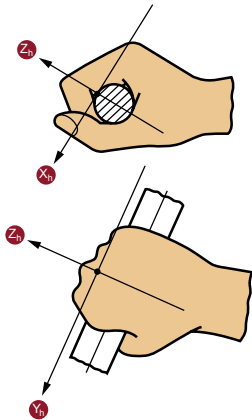
(es recomendable la inmovilización de cables, sobretodo cerca de las conexiones, o la realización de mediciones de trabajos simulados).

Las mediciones sonométricas suelen proporcionar los resultados en unidades decibélicas, que deberán ser convertidas a

$$A_{eq,t}(m/s^2)=10^{-6} \times 10^{L_{eq,t}/20} \quad L_{eq,t} \text{ en db}$$

4.3. Medición de vibraciones mano-brazo

La variable de interés a medir es el valor eficaz y el valor máximo de la aceleración que se da en el punto de contacto entre la superficie vibrante y las extremidades superiores, para un rango de frecuencias entre 5,6 y 1400 Hz principalmente. La medición se realiza de acuerdo con el sistema de coordenadas basicéntrico, definido con referencia a la superficie de la empuñadura de la herramienta, y representado en las siguientes figuras.



Los equipos de medición de vibraciones mano-brazo se pueden basar en sonómetros de ruido modulares a los cuales se les incorpora un filtro externo de ponderaciones que contiene las curvas para los ejes de coordenadas basicéntricos. También se utilizan con frecuencia equipos específicos para medición de vibraciones en los cuales el filtro es interno.

Las mediciones sonométricas suelen proporcionar los resultados en unidades decibélicas, que deberán ser convertidas a unidades físicas de aceleración m/s^2 utilizando la misma fórmula de conversión del apartado anterior para vibraciones cuerpo completo.

Si se utilizan equipos específicos para medición de vibraciones mano-brazo en los cuales el filtro es interno, las unidades se obtienen directamente en m/s^2 . El filtro de ponderación, que es único para los tres ejes ya que se considera que la respuesta de las extremidades a las vibraciones mano-brazo es la misma en las tres direcciones ortogonales, está incorporado en la unidad lectora.



4.4. Fórmulas de aplicación en vibraciones

Vibraciones cuerpo completo: el acelerómetro triaxial que se utiliza da las lecturas en los tres ejes ortogonales X, Y y Z simultáneamente, y si se observa que hay más de un eje que presenta valores significativos, se recurre a la siguiente fórmula para encontrar la aceleración global equivalente ponderada en frecuencia de vibración $A_{eq,Ti}$ en los tres ejes:

$$a_{eq,Ti} = \sqrt{(1,4A_{eq,x})^2 + (1,4A_{eq,y})^2 + (A_{eq,z})^2}$$

siendo $A_{eq,x}$; $A_{eq,y}$ y $A_{eq,z}$ las aceleraciones medidas en cada uno de los tres ejes ortogonales. Los factores multiplicativos 1,4 para los ejes X e Y se aplican con el fin de tener en cuenta la mayor sensibilidad de los humanos expuestos a las vibraciones en las direcciones espalda-pecho y derecha-izquierda que en la dirección pies a cabeza (Z).

Vibraciones mano-brazo: El acelerómetro triaxial (o la combinación de tres acelerómetros monoaxiales) que se utiliza da las lecturas en los tres ejes ortogonales X, Y y Z. Se utiliza la siguiente fórmula para encontrar la aceleración global equivalente ponderada en frecuencia $A_{eq,Ti}$ en los tres ejes:

$$a_{eq,Ti} = \sqrt{(A_{eq,x})^2 + (A_{eq,y})^2 + (A_{eq,z})^2}$$

siendo $A_{eq,x}$; $A_{eq,y}$ y $A_{eq,z}$ las aceleraciones medidas en cada uno de los tres ejes ortogonales.

Tanto para las exposiciones a vibraciones cuerpo completo como para las vibraciones mano-brazo, si es necesario hallar la aceleración continua equivalente ponderada en frecuencia $A_{eq,T}$ (m/s^2) para puestos de trabajo sometidos a distintos niveles de vibración $A_{eq,Ti}$ a lo largo de la jornada laboral, se utiliza la siguiente fórmula:

$$a_{eq,Ti} = \sqrt{(A_{eq,x})^2 + (A_{eq,y})^2 + (A_{eq,z})^2}$$

El parámetro $A_{eq,T}$ se convertirá en $A_{eq,d}$ (nivel de aceleración equivalente diario) cuando el tiempo de exposición $\sum Ti$ en la jornada laboral sea de 8 horas.

Por último, la fórmula a utilizar cuando las exposiciones son distintas de 8 horas es:

$$a_{eq,Ti} = \sqrt{\frac{\sum (A_{eq,x})^2 + Ti}{\sum Ti}}$$

siendo $A_{eq,T}$ la aceleración continua equivalente para una determinada situación vibratoria en m/s^2 , $A_{eq,d}$ es el nivel de aceleración equivalente diario en m/s^2 referido a 8 horas y T es el tiempo de exposición de la mencionada situación.

DESTACADO ⚡



- El elemento sensor básico de un equipo para medir vibraciones es el acelerómetro, que es capaz de dar una señal proporcional a la aceleración a la que está sometido.
- La medición de vibraciones que afectan a todo el cuerpo se realiza habitualmente con equipos específicamente diseñados para la medida de vibraciones en el puesto de trabajo.
- La medición de vibraciones que afectan al sistema manobrazo se realiza habitualmente con acelerómetros triaxiales con tres sensores dispuestos ortogonalmente lo que implica obtener un resultado válido directamente colocando el sensor correctamente.

5. VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES



5.1. Legislación general en materia preventiva

Su finalidad es proporcionar a los trabajadores una protección adecuada frente a los peligros que puedan amenazar la salud y su seguridad en los puestos de trabajo. *La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales*, constituye actualmente el texto de obligada referencia. De su exposición de motivos destacamos que:

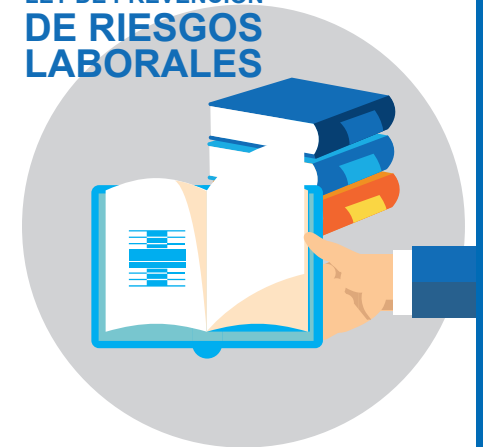
- Se propone fomentar una auténtica cultura preventiva promoviendo la mejora de la educación.
- Se inserta en el ámbito de las relaciones laborales, configurándose como referencia legal mínima en el desarrollo reglamentario y en la negociación colectiva.

La regulación de las distintas materias tratadas para garantizar la Seguridad y Salud de los trabajadores es desarrollada a través de diferentes Normas Reglamentarias.

- R.D. 39/1997- Reglamento de los Servicios de Prevención.

Regula los procedimientos de evaluación de los riesgos para la salud de los trabajadores, las modalidades de organización, el funcionamiento y control de los servicios de prevención, así como las capacidades y aptitudes que han de reunir dichos servicios y los trabajadores designados para desarrollar la actividad preventiva.

LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES



5.2. REAL DECRETO 1311/2005, sobre la protección de los riesgos derivados de la exposición a las vibraciones mecánicas

El objeto de este real decreto que se encuadra en marco general de protección laboral frente a los riesgos por agentes físicos, es el de adoptar medidas que protejan a los trabajadores contra los riesgos derivados de las vibraciones, garantizando la seguridad y la salud e impulsando una base mínima de protección equivalente a nivel europeo.

La normativa establece que la evaluación de riesgos que se realice no necesariamente exigirá mediciones. Podrá consistir asimismo en una estimación del nivel de vibración basada en los datos proporcionados por el fabricante, así como en la observación de los métodos de trabajo ‘in situ’, opción que en no pocos casos permitirá acotar la situación satisfactoriamente. La medición, obviamente, precisa de aparatos y metodología adecuada. Se fijan unos valores límite que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia (valores límite de exposición) y unos niveles cuya superación implica el establecimiento de un programa de medidas técnicas u organizativas destinado a la reducción del nivel (valor que da lugar a una acción). Cabe mencionar que para los sectores de la navegación marítima y aérea no se exigirá, de forma transitoria, el respeto en todos los casos del valor límite de exposición.

Vibración cuerpo completo (WBV)

Valor límite de exposición (8 horas): 1,15 m/s²
Valor que da lugar a una acción (8 horas): 0,5 m/s²

La evaluación del nivel de vibración se basa en la exposición diaria expresada como la aceleración continua equivalente para 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia según los tres ejes ortogonales ($1,4a_{wx}$; $1,4a_{wy}$; a_{wz}) de acuerdo con lo indicado en los capítulos correspondientes de la norma ISO2631-1 (1997).

Vibración que afecta al sistema mano-brazo (HAV)

Valor límite de exposición (8 horas): 5 m/s²
Valor que da lugar a una acción (8 horas): 2,5 m/s²

La evaluación del nivel de vibración se basa en el cálculo de la exposición diaria expresada como la aceleración continua equivalente para 8 horas según la fórmula:

$$A(8)=\sqrt{(a_{hwx})^2+(a_{hwy})^2 +(a_{hwz})^2}$$

donde las aceleraciones ahw son los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia según los ejes y de acuerdo con lo indicado en los capítulos correspondientes de la norma ISO 5349-2 (2001).

Los métodos y aparatos utilizados deben adaptarse a lo dispuesto en la norma ISO 5349-2 (2001). En el caso de que los equipos vibratorios deban sostenerse con ambas manos, las mediciones se realizarán en cada mano.

Tendrán derecho a un control de salud apropiado todos los trabajadores expuestos a valores superiores al que da lugar a una acción. Si el trabajador padece una dolencia achacable a las vibraciones, se deben corregir las condiciones que la provocan, incluyendo la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo sin exposición vibratoria.

5.3. ISO 2631

Para vibraciones cuerpo completo

La nueva versión evoluciona y actualiza el método de medida y la manera de aplicar los resultados, y no incluye límites de exposición a las vibraciones. Se definen tres apartados para valorar las WBV:

- Salud humana
- Confort y percepción de las vibraciones
- Incidencia del “malestar en el transporte”

Se consideran los siguientes intervalos de frecuencia a efectos de medición y valoración de WBV: de 0,5 a 80 Hz para la salud y confort y de 0,1 a 0,5 Hz para la cinetosis o malestar en el transporte.

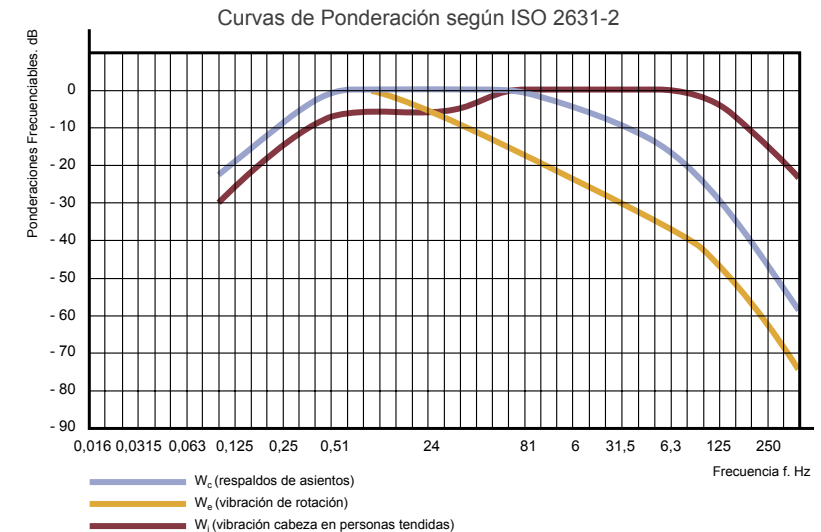
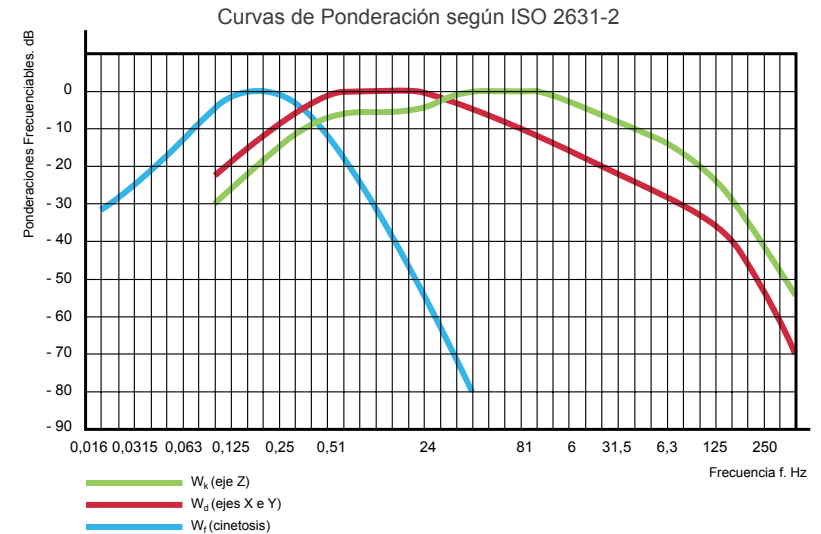
También se definen en la norma los mejores métodos de colocación de acelerómetros con el fin de determinar la exposición del individuo.

El parámetro a medir es la aceleración eficaz (la medición de velocidad se reserva para vibraciones de muy baja frecuencia e intensidad) de acuerdo a un sistema de coordenadas cuyo origen es el punto por donde la vibración entra en el cuerpo humano. La aceleración de traslación se expresa en m/s^2 mientras que la aceleración de rotación se expresa en rad/s^2 .

En relación con las ponderaciones frecuenciales a utilizar, la norma establece distintas ponderaciones para las mediciones en varias situaciones o ejes:

Ponderaciones principales: W_k para el eje Z, W_d para los ejes X e Y así como W_f para la cinetosis

Ponderaciones complementarias: W_c para respaldos de asientos, W_e para vibración en rotación, W_j para vibraciones en la cabeza de una persona tendida



La norma ISO presenta métodos de evaluación adaptados a las vibraciones que afecten la salud, el confort y el malestar en el transporte. Se presentan asimismo métodos alternativos de valoración de las vibraciones para factores de cresta superiores a 9.

Los Anexos B,C y D de la norma desarrollan los efectos de la exposición a las vibraciones para la salud, el confort y el malestar en el transporte.

El Anexo C incluye una tabla donde se indica las probables reacciones de los usuarios de los transportes públicos ante distintos niveles de vibración.

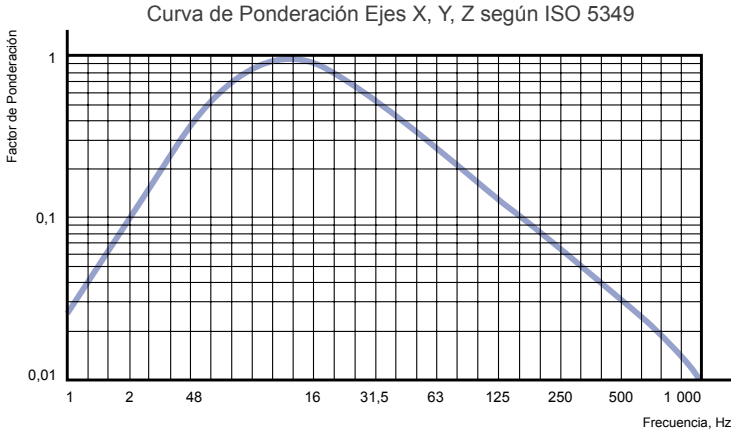
Menos de 0,315 m/s2	En Absoluto inconfortable
De 0,315 a 0,63 m/s2	Ligeramente inconfortable
De 0,5 a 1 m/s2	Bastante inconfortable
De 0,8 a 1,6 m/s2	Inconfortable
De 1,25 a 2,5 m/s2	Muy inconfortable
+ de 2,5 m/s2	Extremadamente inconfortable

Por último y en relación al malestar en el transporte (el Anexo D propone una fórmula para calcular el porcentaje de personas susceptibles de devolver en función de la aceleración de la vibración), se menciona que limitando los movimientos de la cabeza o situando la persona tendida se reducen los síntomas, y que para periodos largos (varios días) se produce una adaptación al movimiento, mostrando las personas expuestas menor sensibilidad a las vibraciones.

5.4. ISO 5349-1 Y 2
PARA VIBRACIONES MANO-BRAZO

Norma ISO 5349-2 (2001)

La versión actual evoluciona y actualiza aspectos importantes relativos a las fórmulas de evaluación, así como introduce ciertos cambios en la forma de la curva del filtro de ponderación para los ejes X, Y, Z, sin incluir tampoco límites de exposición a las vibraciones. A efectos de medición y posterior valoración, se considera el intervalo entre 5,6 y 1400 Hz.



La evaluación de las vibraciones que afectan al sistema manobrazo utiliza el valor de exposición diaria total como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las aceleraciones en los tres ejes para exposiciones equivalentes de 8 horas, y no como en la anterior edición de la norma donde sólo se tomaba el mayor valor eficaz ponderado en un eje para exposiciones equivalentes de 4 horas.

En los Anexos de la norma se incluye información de interés relativa a las vibraciones mano-brazo. Los Anexos B y C detallan los efectos para la salud de este tipo de vibración agrupándolos en trastornos vasculares, neurológicos, esqueléticos y musculares, indicando asimismo que, de forma aproximada, el tiempo de exposición diario requerido para provocar el síndrome de Raynaud es inversamente proporcional al cuadrado de la aceleración ponderada en frecuencia.

Se añade que raramente aparece el síndrome de dedos blancos para personas expuestas a aceleraciones equivalentes diarias inferiores a 2 m/s², y que no se conocen casos de afectaciones para aceleraciones inferiores a 1 m/s².

El Anexo D enumera los factores que influyen en la magnitud de los efectos de la exposición, como por ejemplo la amplitud de la aceleración, la distribución frecuencial, la duración de la exposición y pausas que se

realicen, la acumulación de exposiciones o la dirección de la vibración transmitida a la mano de acuerdo con la posición de la mano, brazo y cuerpo.

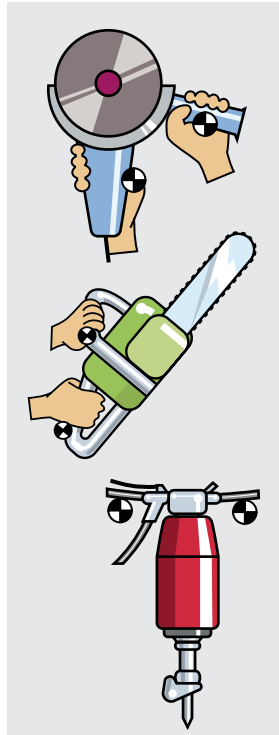
El Anexo E enumera una serie de medidas preventivas frente a las vibraciones, englobándolas en medidas técnicas (llevar a cabo un buen programa de mantenimiento, seleccionar máquinas que no exijan grandes presiones para su uso, etc.) médicas (pasar un examen médico previamente a la contratación de futuros trabajadores expuestos, asesorar y controlar a trabajadores especialmente sensibles a las vibraciones, etc.) y administrativas (establecer pausas de trabajo sin exposición, etc.), así como consejos generales para personas expuestas (agarrar el mango de la herramienta de forma suave, mantener las manos calientes y secas, no fumar durante la exposición, etc.).

Norma ISO 5349-2 (2001)

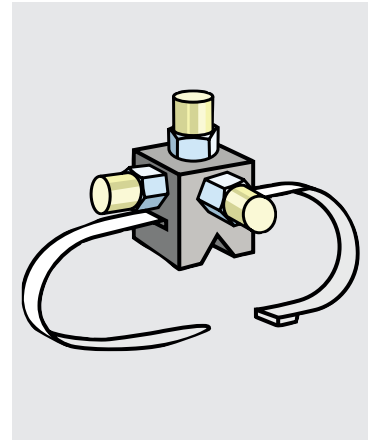
La segunda parte de la Norma establece una Guía práctica para la medición en el puesto de trabajo, procurando que las mediciones que se realicen sean representativas de las exposiciones que se den.

Se comentan aspectos a tener en cuenta en la preparación de la actuación, el número y tiempo mínimo de las mediciones, posibles fuentes de incertidumbre en su realización, así como las precauciones a tomar para evitar que posibles resonancias alteren los resultados obtenidos.

Por lo que afecta al sistema de medición, se indica que es necesario asegurar una buena conexión entre los sensores y el equipo lector (especialmente en la conexión cable-acelerómetro), sin tirantes ni tensiones. Se recomienda realizar calibraciones antes y después de cada medición, y cada 2 años como máximo en laboratorio externo.



El Anexo A establece las localizaciones adecuadas de los acelerómetros en los mangos de las herramientas para realizar las mediciones de vibración mano-brazo, y el Anexo D presenta las distintas formas de montaje y sujeción de los acelerómetros a las superficies vibrátiles, enumerando las ventajas e inconvenientes de cada sistema de fijación que se utiliza. La Norma termina en su Anexo E con varios ejemplos de cálculos de aceleraciones equivalentes diarias para distintos tipos de exposición.



DESTACADO

- El real decreto 1311/2005 de vibraciones establece unos valores límite que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia y unos niveles cuya superación implica el establecimiento de un programa de medidas destinado a la reducción del nivel, para vibraciones cuerpo completo y mano-brazo.
- El real decreto indica asimismo que la evaluación de riesgos no exige necesariamente efectuar mediciones (con la instrumentación y metodología adecuada). Puede consistir también, contando con la experiencia del higienista industrial, en una estimación del nivel de vibración basado en los datos proporcionados por el fabricante así como en la observación de las sucesivas actividades desarrolladas en el puesto de trabajo.
- La Directiva se basa para la adecuada medición de las vibraciones cuerpo completo en la norma ISO 2631, y para las vibraciones mano-brazo en la norma ISO 5349.

6. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL FRENTE A LAS VIBRACIONES. BUENAS PRÁCTICAS

Los sistemas de control de vibraciones proporcionan las medidas operativas a adoptar para reducir el nivel de exposición de los trabajadores. No se debe olvidar que cuando una vibración llega a una determinada amplitud y frecuencia, la onda de presión que genera es audible, por lo que el control de las vibraciones redundará a buen seguro en una disminución del nivel de ruido en el entorno. La solución a un problema de vibraciones se puede conseguir teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Reduciendo el nivel de vibraciones en el foco de origen.
- Actuando sobre el medio de transmisión, esencialmente buscando la máxima atenuación en su propagación.
- Protegiendo al receptor de las vibraciones.

6.1. ACTUACIONES EN EL FOCO DE GENERACIÓN DE LAS VIBRACIONES

La reducción de las vibraciones en la fuente requiere un análisis detallado para identificar el origen. Algunos de los puntos que se deben considerar son:

- Equilibrar la máquina si no lo está.
- Nivelar la carretera o ruta por la que transitan vehículos, asegurando que los firmes no presentan baches o agujeros.
- Cambiar la velocidad de la máquina para que la frecuencia de la vibración no esté en el intervalo que más afecta al cuerpo humano.
- Controles de compras e ingeniería. Conviene tener presente lo establecido en el R.D. 1435/92 relativo a la seguridad en máquinas, donde se indica que si el valor vibracional de una máquina es significativo, debe incluirse dicho valor en su Manual de Instrucciones. Este dato permitirá a la empresa seleccionar máquinas con menor nivel de vibración y, consecuentemente, disminuir el nivel en el foco de generación.

Para establecer una estrategia de control de vibraciones al margen de lo anteriormente comentado, será necesario conocer la frecuencia forzada más baja que deba aislarse, la frecuencia natural del aislador y el peso total.

Se debe tener en cuenta que al variar la masa de la máquina, se varía la frecuencia natural de la máquina. Para explicar dicha cuestión podemos partir del modelo descrito: un muelle con una masa colgada oscilando. De la resolución de las ecuaciones de movimiento establecidas para dicho modelo se establece que la frecuencia de oscilación f de dicho sistema será:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde k es la constante de recuperación del muelle y m es la masa suspendida.

De la expresión se deduce que la frecuencia de vibración de este sencillo sistema depende de k , (característica del muelle) y de m (masa que pende del muelle). Se verifica que si se aumenta la masa, la frecuencia de oscilación del sistema disminuye y viceversa, si se disminuye la masa, la frecuencia de vibración del sistema aumenta.

Este principio será válido para cualquier sistema más complejo, y en el siguiente apartado se verá la utilización práctica del mencionado principio teórico.

Mantenimiento predictivo

La aplicación del mantenimiento predictivo en máquinas o equipos presentes en una empresa está en muchos casos enfocado a medir y analizar frecuencialmente los niveles de vibración de dichas máquinas, para en función de los datos obtenidos detectar prematuramente una

potencial avería o disfunción en el equipo. Por lo tanto, la puesta en práctica de dicha técnica permite reducir los niveles de vibración al detectar elementos que precisan reparación o sustitución, evitando a menudo costosas interrupciones en los procesos productivos.

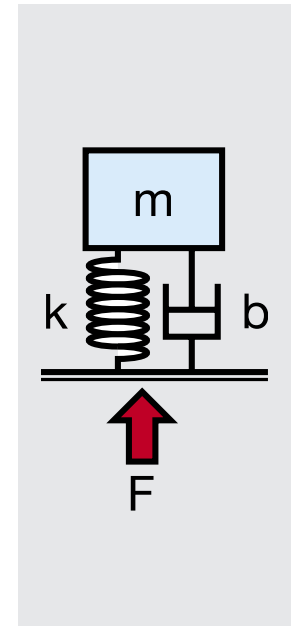
En resumidas cuentas, el interés por desarrollar técnicas de mantenimiento predictivo está en conjugar la detección precoz de averías (lo que puede suponer un importante ahorro económico) junto con la minimización de los niveles de vibración que afectan a los trabajadores.

6.2. ACTUACIONES EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN DE LAS VIBRACIONES

La interposición de un medio elástico entre la fuente y el trabajador pretende disminuir la transmisión de vibraciones.

Los elementos que se utilizan para definir el comportamiento y la respuesta de un medio sometido a vibraciones son tres: la masa de dicho medio m , su capacidad de aislamiento en cuanto a oponer una resistencia mecánica a la propagación de un movimiento con elementos elásticos k y su capacidad de amortiguación en cuanto a transformar la energía mecánica del movimiento en energía calorífica mediante rozamientos y fricciones b .

Estos tres elementos aparecen en la siguiente figura que representa dicho modelo.



Como en el caso de la masa que pende del muelle, visto en el apartado anterior, a este sistema también se le puede asociar una frecuencia natural a la que vibra el sistema, directamente relacionada con el valor ω_0 .

Suponiendo que existe una fuerza que impulsa una vibración con frecuencia ω originada por una máquina, la amplitud de la oscilación A en el medio vendrá dada por la expresión:

$$A = \frac{F_0}{m} \left(\frac{1}{(\omega_0^2 - \omega^2) + y^2 \omega^2} \right)$$

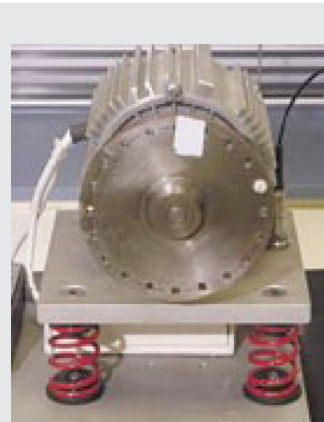
$$\omega = 2\pi f \quad y = \frac{b}{m} \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde b es una constante relacionada con la capacidad de amortiguamiento del sistema, m es la masa del sistema, F_0 es la amplitud de la fuerza impulsora, y y k es la constante de recuperación del elemento aislante.

Un rápido análisis de dicha expresión permite concluir que si la frecuencia de oscilación ω que impulsa la vibración coincide con la frecuencia propia de vibración del sistema ω_0 , estaremos en una situación denominada de resonancia, y la amplitud de vibración A del sistema será máxima, es decir que el sistema actúa como un amplificador del impulso vibrátil al que está sometido.

Conviene pues evitar una situación en la que aparezcan indeseables fenómenos de resonancia, asumiendo que cerca de la frecuencia de resonancia es cuando el amortiguante es más efectivo.

Se relacionan a continuación unos ejemplos prácticos de atenuación de vibraciones actuando sobre el medio de transmisión:



Utilización de aisladores

Para el ejemplo de una máquina eléctrica rotativa, cuyas frecuencias importantes estén en un rango de 200 Hz hasta 1000 Hz, si se escoge una frecuencia de resonancia del sistema de unos 10 Hz, tendremos un buen aislamiento para frecuencias por encima de 100 Hz.

El peso de la máquina se puede repartir entre cuatro aisladores sobre los que se apoya la máquina de forma que cada uno de los cuatro soporte el mismo peso.

Bases inerciales

Es un soporte rígido para la máquina de gran masa, que se utiliza en los siguientes casos: Cuando no se aconseja el uso de aisladores a causa de la altura de la máquina, dado que el montaje de aisladores implicaría la aparición de inestabilidad en el sistema. También en el caso de que se presenten vibraciones laterales, como base rígida requerida por la máquina para bajar el centro de gravedad del conjunto y facilitar el montaje de los aisladores. Asimismo, cuando la frecuencia natural requerida deba ser muy baja, por aumento de la masa total.

Suelos flotantes

Se trata de un firme independiente de la estructura y apoyada en ésta por medio de un material elástico. Reduce el ruido de impacto y también puede reducir el ruido aéreo.

Láminas amortiguantes

El control de vibraciones en el medio de transmisión se puede conseguir mediante el recubrimiento con láminas de material amortiguante de todo el conjunto vibrante, o integrando capas de dichos materiales interpuestos entre los elementos móviles que configuran el equipo. Presentan generalmente una estructura tipo sandwich y actúan sobretodo transformando la energía de vibración.

6.3. ACTUACIONES SOBRE EL RECEPTOR DE LA VIBRACIONES

Entre las medidas a aplicar que inciden directamente en el sujeto receptor de las vibraciones, cabe destacar por su frecuente utilización la realización de controles administrativos de los tiempos de exposición. Afectaría a puestos de trabajo con niveles elevados de vibración en los que se realizaría una rotación de trabajadores de forma que, disminuyendo el tiempo de exposición, ninguno de éstos estuviera sometido a niveles que se consideren nocivos para la salud humana.

Es necesaria la formación del trabajador en relación con el correcto uso de determinados equipos, así como los síntomas que indicarían daños para la salud. Dicha formación debe considerar aspectos como los que se citan a continuación:



- Cuando se tenga que sujetar con la mano un equipo de trabajo que transmite un nivel elevado de vibraciones, se debe sujetar el equipo justo con la firmeza necesaria para mantenerlo en la posición y orientación adecuada, sin hacer demasiada fuerza sobre el aparato y dejando que éste realice el trabajo.
- Se deben mantener calientes y secas las partes del cuerpo en contacto con el elemento vibrátil con la ropa adecuada o guantes.
- Se debe evitar el consumo de tabaco en caso de exposición a vibraciones, ya que por el efecto vasoconstrictor de la nicotina se acentúan los síntomas asociados a las vibraciones.

- La postura del cuerpo puede minimizar la transmisión de vibraciones cuerpo completo si la persona flexiona las rodillas, y en caso de posición sentada se mantiene una postura erguida de la espalda. Para vibración mano-brazo es importante tener presente que el conjunto mano-muñeca-antebrazo debe permanecer lo más alineado posible.
- Se deben utilizar y ajustar correctamente los asientos con capacidad atenuadora de vibraciones, y se debe realizar un mantenimiento correcto de los elementos antivibratorios.
- Los conductores de vehículos deberían realizar estiramientos y evitar levantar cargas o girar el tronco justo después de un período prolongado de conducción.
- Se deberá considerar la posibilidad de utilizar equipos de protección individual, tales como guantes diseñados para la protección frente a vibraciones o fajas. Los guantes deben ser confeccionados de acuerdo a la norma ISO 10819.
- El control de la salud de los trabajadores debe incidir en la detección de problemas causados por las vibraciones y realizar un seguimiento de los trabajadores expuestos a este agente. Asimismo es necesario tener en cuenta la importancia de realizar un examen inicial al objeto de identificar problemas ya existentes de columna, aparato digestivo, circulatorio o problemas cardiovasculares.

DESTACADO ⚡

- 
- La correcta instalación y el adecuado mantenimiento de las máquinas que cuentan con elementos giratorios, garantizarán unos niveles de vibración mínimos para los trabajadores que operan con ellas.
 - En función de la frecuencia de excitación, la masa, la altura y las características propias del material, se estudiarán las soluciones para conseguir la mejor atenuación, basadas fundamentalmente en la combinación de elementos aislantes y amortiguantes.



ASEPEYO

www.asepeyo.es

Síguenos en:

