

Artículo original

## Guía de buenas prácticas en las evaluaciones de las vibraciones generales en los puestos de trabajo en Cuba. Requisitos mínimos

Guide of best practices in work's places whole body vibrations evaluations in Cuba. Minimal requirements

Raúl Baqués Merino<sup>1,2</sup>  <http://orcid.org/0000-0002-3336-0251>

Ibis Avila Roque<sup>1,2\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3342-2675>

Lerán Ronni Fernández Serrano<sup>1,2</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3035-2616>

Wilmer Sáez Larrondo<sup>1,2</sup>  <http://orcid.org/0000-0003-0073-1172>

Arlién Rodríguez Betancourt<sup>1,2</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-3683-5889>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [ibis.avila@infomed.sld.cu](mailto:ibis.avila@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** El sistema de evaluación higiénico sanitaria estatal de nuestro país consta de la norma cubana NC 19-01-05: 1980, documento que estandariza los métodos de evaluación de las vibraciones generales en los puestos de trabajo, pero que no abarca una evaluación integradora de los métodos actuales de evaluación establecidos en la *ISO 2631-2:2003*. La aplicación de ambas carece de una guía de buenas prácticas que permita el empleo de los resultados de las evaluaciones que se hagan con estos documentos como potenciales pruebas de su presencia o para una investigación científica que valore el nivel de exposición, causalidad, morbilidad o nocividad del factor de riesgo.

**Objetivo:** Proponer los requisitos mínimos de una guía de buenas prácticas para validar la verosimilitud de los resultados cuantitativos de las evaluaciones de las vibraciones generales como prueba científica de su presencia en los puestos de trabajo o en investigaciones de este factor de riesgo.

**Métodos:** Se establecen los procedimientos que serán referencias normativas en las evaluaciones de terreno y en las investigaciones experimentales dentro de los proyectos de investigación de la institución.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**Resultados:** Bajo criterios de expertos se establecieron los requisitos mínimos necesarios en la medición de diferentes variables acústicas empleadas en estudios de las vibraciones generales respetando las metodologías propuestas en la NC 19-01-05: 1980 y en la *ISO 2631-2:2003*.

**Conclusiones:** Requisitos mínimos necesarios para una guía de buenas prácticas en las evaluaciones de las vibraciones generales estandarizando conceptos y métodos de medición para las magnitudes que caracterizan cuantitativamente el factor de riesgo.

**Palabras clave:** vibraciones generales; higiene del trabajo; evaluación; ambiente laboral; norma; seguridad y salud en el trabajo; guía; buenas prácticas

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Governmental system to hygienical and sanitary evaluation owns de Cuban standard NC 19-01-05: 1980, and beside our Institute is employing the ISO 2631-2: 2003 for integrating evaluation; both are actual documents for standardizing whole-body vibrations evaluations in places of work, but not exist in our country a “Guide of best practice” to reference that potential evidence-based research in scientifically studies for this as a factor risk.

**Objective:** Propose minimal requirement to a best practice guide for valuing scientifically truthy in whole-body vibrations researches as a potential evidence of exposition, causality, mobility or danger.

**Methods:** Set necessary minimal requirement in whole-body vibrations as standard references in places where exist a potential evidence of exposition to this risk.

**Results:** Using Expert Criteria were setting minimal requirements to make a guide of best practice for valuing scientifically truthy in whole-body vibrations researches assuming the methodological propositions from NC 19-01-05: 1980 and ISO 2631-2: 2003.

**Conclusion:** Were setting a proposition as a guide of best practice using minimal requirement to do evaluations in work's places exposed to whole-body vibrations standardizing concepts, and measures method's to characterizing quantitative values for this risk factor.

**Keywords:** whole-body vibrations; hygiene of work; evaluation; environmental work; standard; safety and health at work; guide; best practices

**Recibido:** 6 de abril de 2025

**Aceptado:** 5 de junio de 2025

**Editor a cargo:** MSc. Belkis Lidia Fernández Lafargue.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Introducción

Las vibraciones mecánicas guardan una connotación especial para la Higiene, la Epidemiología y la Medicina del Trabajo y en particular aquellas que afectan a todo el cuerpo humano de manera general y que penetran cuando estamos parados, sentados o acostados sobre una superficie vibrante, que son las que la higiene del Trabajo ha denominado como vibraciones generales o de cuerpo completo.<sup>(1)</sup> Su importancia radica en lo peligrosas que resultan como riesgo, o sea como causa de daño a la integridad fisiológica de las personas que se ven expuestas a ellas y, además, dada la creciente introducción de industrias de alta potencia, medios de transporte cada vez más pesados y una minería cada vez más poderosa en términos de volúmenes extraídos, las vibraciones mecánicas deben ser uno de los factores de riesgo más importantes en el presente siglo en las actividades laborales a escala mundial y el número de trabajadores expuestos deberá crecer aceleradamente en los próximos años aun cuando muchas actividades puedan ser realizadas a distancia o con el empleo de autómatas y de procesos computadorizados.

Muchas son las variables que, según la bibliografía científica, intervienen en la interacción dinámica entre la energía vibratoria que arriba a una persona desde el exterior y las vibraciones internas que generan los movimientos internos de los propios órganos, y se suele considerar que algunas de las variables a tener en cuenta en la identificación del riesgo pueden ser la postura del trabajador, la zona de contacto con la superficie, la amplitud y las frecuencias más intensas que están presentes en esta superficie que actúa como la fuente del agente físico.<sup>(2)</sup> Esta identificación debe ser complementada con procedimientos cuantitativos que hagan menos subjetiva la evaluación y sobre paradigmas metodológicos que han sido ya reconocidos por organizaciones de salud laboral internacional como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

La presente guía se propone servir de referencia para aquellas investigaciones que se apoyan en las técnicas de elaboración de sistemas de expertos, en particular, en los razonamientos basados en casos (*CBR*, siglas en inglés de *Case-Based reasoning*),<sup>(3,4,5)</sup> una técnica investigativa con la cual se considera que se fundamenta la hoy popular teoría epistemológica que respalda la racionalidad de las hipótesis de la Medicina basada en la evidencia (MBE).<sup>(6)</sup>

Este trabajo muestra los elementos que se consideran necesarios para la elaboración de una guía de buenas prácticas que sirva de referente en las evaluaciones de campo del factor de riesgo y en las investigaciones científicas que se realicen en nuestro país con el objetivo de mejorar su evaluación ambiental en las áreas y puestos de trabajo.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

## Métodos

Los proyectos de investigación que se realizarán en el laboratorio de ruido y vibraciones del Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores (INSAT) en los próximos años, debieran quedar protocolizados con arreglo de los razonamientos basados en casos y se realicen modificaciones a los test estandarizados asumiendo métodos lógicos basados en comparaciones analógicas. Para garantizar la verosimilitud en los criterios de expertos de los participantes en la elaboración de los requisitos mínimos para una guía de buenas prácticas de investigación experimental de las vibraciones generales, se requirió que tuvieran acumulada una experiencia práctica de evaluación del factor de riesgo mayor de diez años.

La propuesta contiene, entonces, la pragmática que se desarrolló con el aprendizaje y con la experiencia. En el proceso de consenso se siguió la técnica de los cuatro procesos de resolución de problemas (4Rs):

- ✓ RECORDAR los casos similares al que se está analizando.
- ✓ REUTILIZAR la información y el conocimiento que se tiene en este caso para resolver el problema.
- ✓ REVISAR la solución propuesta.
- ✓ RETENER las partes de esta experiencia que puedan ser útiles para la resolución de futuros problemas.

La idea básica del 4Rs consiste en organizar todos aquellos casos que comparten un conjunto de propiedades bajo una estructura más general, llamada episodio generalizado. Un episodio generalizado (EG) contiene tres tipos diferentes de constructos: normas, casos e índices.<sup>(7)</sup>

Toda la base de conocimiento de la investigación de terreno consistirá, entonces, en formar con los casos una red y, dentro de ella, ir discriminando los diferentes casos, creando nodos donde cada nodo permite interpretar un fenómeno con ayuda de un grafo, o sea, el grafo es quien entrega una generalización del episodio, y lo convierte una vez verificado en una prueba.

La guía de buenas prácticas es el documento que se propone siguiendo los requisitos mínimos contemplados para que se conecten metodológicamente los tres constructos definidos como objetos virtuales típicos de un episodio generalizado, las metodologías específicas que se elaboren partiendo de las presentes recomendaciones deben servir de guía y de fuente de conocimiento metodológico en cualquier investigación de terreno. En el cuadro 1 se refleja un glosario de términos incluidos.

Cuadro 1. Glosario de términos

Término	Descripción
Vibración constante	Vibración cuyo nivel de aceleración no fluctúa



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

	significativamente durante la sesión de medición. Los niveles integrados según la respuesta de un segundo del vibrómetro integrador no varían en un intervalo mayor a cinco dB y el resultado se identifica como extrapolable para toda la jornada laboral
Vibración no constante	Vibración cuyo nivel de aceleración fluctúa significativamente durante la sesión de medición. Los niveles integrados según la respuesta de un segundo del vibrómetro integrador varían en un intervalo mayor a cinco dB y el resultado se identifica como extrapolable para toda la jornada laboral
Vibración fluctuante	Vibración no constante cuyo nivel cambia continuamente en el tiempo durante la jornada laboral y las variaciones de los niveles son aleatorias y superiores a seis dB en cualquier intervalo de tiempo en que se midan
Vibración de impacto	Vibración no constante donde varían los valores máximos y mínimos de la intensidad de la aceleración integrada en un segundo con una razón mayor o igual a seis dB en este intervalo de tiempo.
Pico	Valor de la intensidad de la aceleración de la vibración no constante medida en un intervalo integrador de un segundo que se sostiene como máximo en un intervalo de tiempo menor que 50 $\mu$ s.
Vibración de fondo	Vibración mecánica que está presente en un ambiente físico y que no está generada por las fuentes acústicas que se identifican como susceptibles de ser evaluadas. La vibración de fondo debe ser siempre $< \pm 0,1 \text{ m/s}^2$ para poder realizar una medición insesgada del valor RMS de la señal estudiada.
Bandas de octava	Sistema de intervalos de frecuencias normalizados internacionalmente en la banda de frecuencias según las Normas Internacionales IEC citadas en las referencias normativas.
Punto de medición	Espacio localizado geoméricamente en un ambiente laboral donde se colocan los sensores de los medios de medición
Puesto de trabajo	Entorno inmediato del trabajador cuando realiza su actividad laboral
Puesto de trabajo fijo	Puesto de trabajo donde la localización del entorno del trabajador no varía espacialmente durante toda la jornada laboral
Puesto de trabajo	Puesto de trabajo donde el trabajador permanece con

variable no aleatorio	regularidad en varios puestos de trabajos fijos o se mueve entre los mismos durante la jornada laboral
Puesto de trabajo variable aleatorio	Puesto de trabajo donde el trabajador no permanece en un mismo lugar en un mismo intervalo de tiempo de la jornada laboral
Área de trabajo	Espacio localizado geoméricamente en un ambiente donde se realiza al menos una actividad laboral

*Fuente:* Elaboración propia a partir de “Análisis modal operacional.”<sup>(8)</sup>

## Resultados

### Identificación de factor de riesgo

La identificación del factor de riesgo en un área o puesto de trabajo debe ser complementada con la aplicación de los criterios de evaluación cuantitativos basados en valores de medición que son diferentes variables asociadas a la aceleración de las vibraciones generales y establecidas en normas nacionales e internacionales como procedimientos estandarizados de evaluación higiénica de este factor de riesgo del ambiente laboral (figura 1).



*Fuente:* Asociación Internacional de la Seguridad Social (ISSA, por sus siglas en inglés).  
Fig. 1 Puesto de trabajo con vibraciones generales.

En todos los criterios de evaluación cuantitativos que se detallan en las normas técnicas internacionalmente aceptadas la evaluación estará siempre antecedida por un procedimiento de identificación de la presencia del factor de riesgo en el área o puesto de trabajo, y de la correspondiente ubicación de los puntos de medición. Para realizar esta identificación se tomará en cuenta que el punto seleccionado debe ser: o el lugar más frecuente donde se sitúa el trabajador (cuando evaluamos un puesto de trabajo fijo) o el punto medio por



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

donde se desplazan los trabajadores de un área de trabajo (cuando evaluamos un área de trabajo). El punto seleccionado debe ser un punto de apoyo del trabajador sobre la superficie vibrante y debe estar en el suelo o sobre un asiento.

Una vez que logramos ubicar organolépticamente las fuentes originarias de la vibración y realizamos previamente una serie de mediciones para comprobar que la aceleración de la vibración proviene de una fuente que trabaja en régimen constante o en régimen no constante, o sea, cuando podemos dar por concluida la primera etapa de identificación del factor y la fuente se puede proceder la evaluación cuantitativa.<sup>(9)</sup>

### Identificación de criterio de evaluación cuantitativo

Esta siempre consiste en comprobar con la realización de varias mediciones que en los Puntos de medición seleccionados es posible obtener un estimado estadístico confiable de las magnitudes que se recomiendan en dependencia del tipo de señal que estamos evaluando.

Si la señal se manifiesta como una aceleración constante, o sea, si los valores puntuales de esa magnitud difieren en no más de 5 % del valor medio. (Se puede aplicar la “*t de student*” para corroborar previamente la constancia de la señal que se va a evaluar si el investigador tiene dudas sobre la veracidad de la hipótesis de constancia), entonces, la evaluación de la vibración general se realizará aplicando alguno de los dos tipos de criterios de evaluación para señales constantes siguientes:

- ✓ Evaluaciones espectrales.<sup>(2)</sup>
- ✓ Evaluaciones del valor de exposición diaria  $A_i(8)$  ponderado  $W_d$  y  $W_k$ .<sup>(9)</sup>

Pero, si en cambio se puede comprobar la no constancia de la señal en un intervalo mayor de un segundo la evaluación de la vibración general se hará tomando como magnitud referencial la aceleración (*RMS*, por sus siglas en inglés) en intervalos donde ella se manifiesta como una serie de valores no constantes en el tiempo y se realizará la evaluación aplicando alguno de los seis tipos de criterios de evaluación para señales no constantes siguientes:<sup>(9)</sup>

- ✓ Evaluaciones espectrales corregidas.
- ✓ Evaluaciones del Valor de Exposición Diaria  $A_i(8)$  ponderado  $W_d$  y  $W_k$ .
- ✓ Evaluaciones del Valor Integral de la Aceleración en  $Z$ .
- ✓ Evaluaciones de la dosis.
- ✓ Evaluación del Máximo Valor Transiente (MTVV).
- ✓ Evaluación del Valor de pico.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

### Categorías de peligrosidad del riesgo

Los niveles admisibles para los criterios de evaluación aplicados en las exposiciones laborales a las vibraciones generales se establecen para la prevención de tres tipos de riesgos diferentes:<sup>(10)</sup>

- ✓ Niveles admisibles para evitar los riesgos vinculados con la fatiga y la disminución de la eficiencia.
- ✓ Niveles admisibles para evitar los daños fisiológicos directos en el trabajador expuesto a las vibraciones generales.
- ✓ Niveles admisibles para evitar las molestias y las consecuencias nocivas que generan en la calidad y la seguridad del trabajo.

Cuando los valores de la aceleración de las vibraciones medidos en la superficie que está en contacto con el trabajador alcanzan o sobrepasan determinados umbrales establecidos previamente en las evaluaciones cuantitativas del factor de riesgo se considerará que estamos en alguna categoría específica de peligrosidad cuando se empleen los valores que a continuación se describen.

Se considerarán que son niveles admisibles para evitar la fatiga y la disminución de la eficiencia laboral aquellos que para cada criterio de evaluación de los que se describirán a continuación estén bajo la etiqueta de: Valores Límites de Fatiga (VLF). Esta categoría se empleará para la prevención de los efectos nocivos directos de la fatiga física y de la pérdida de capacidades que ella puede provocar en el trabajador expuesto al riesgo.

Los niveles admisibles para evitar el daño fisiológico directo que provoca la exposición a las vibraciones generales, como riesgo de daño por exposición a largo plazo, quedarán definidos con las intensidades de la aceleración *RMS* que se le denominará Valores Máximos Admisibles (VMA). Estos valores umbrales se emplearán en todos los criterios de evaluación para prevenir enfermedades profesionales y discapacidades físicas en los trabajadores que están expuestos a intensidades muy peligrosas del factor de riesgo.

Igualmente, se definen los valores admisibles para evitar las molestias se les denomina como Valores de Acción (VA). Y estos valores umbrales se asumirán como requisitos mínimos de exposición en aquellos puestos de trabajo en los cuales la influencia de las vibraciones generales puede interferir en la calidad del trabajo de los expuestos, o poner en riesgo su capacidad psicológica para desempeñar las actividades laborales.

Se evitará la presencia de vibraciones generales que sobrepasen estos VA en aquellos puestos con requerimientos especiales de trabajo intelectual como las oficinas, los laboratorios, las pizarras de control de procesos, las aulas y los locales para la atención clínica de pacientes.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

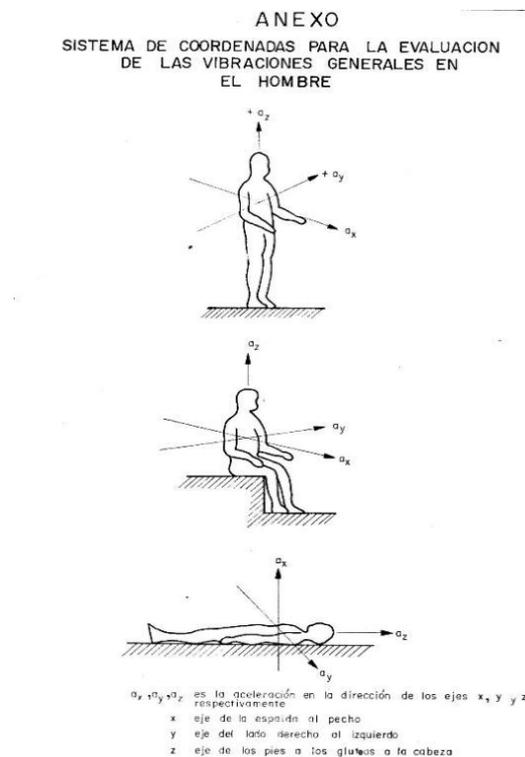
### Métodos de medición de la aceleración de las vibraciones

Para la evaluación de las vibraciones se tomará el sentido de estas en un sistema de coordenadas cartesianas referidas al cuerpo humano (figura 2).

El sentido y dirección de los ejes coordenados será:

- ✓ Eje Z De los pies a la cabeza.
- ✓ Eje X De la espalda al pecho.
- ✓ Eje Y Del costado derecho al izquierdo.

En caso de existir vibraciones en más de una dirección se evaluarán separadamente las vibraciones en cada dirección despreciando la posible interacción entre ellas.<sup>(10)</sup>



Fuente: NC 19-01-05: 1983.<sup>(8)</sup>

Fig. 2 Sistema de coordenadas para la evaluación de las vibraciones generales en el hombre.

### Guía de los criterios de evaluación cuantitativa

Criterio de evaluación espectral en señales constantes:

Se toma como valor puntual el valor eficaz medido en un intervalo de un segundo. Osea, el valor de la variable estimada según su valor *RMS* cuando ella es el resultado de una medición de una magnitud física,



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

que, en la higiene del trabajo, para la evaluación espectral de la exposición suele ser la aceleración de la vibración mecánica presente en la superficie de contacto entre la persona expuesta y la fuente. Esto es un observable medible siguiendo la hipótesis de Lebesgue, y que se comporta como una función armónica simple del tiempo. Estamos midiendo una función de variable continua  $f(t)$  definida sobre el intervalo  $T_1 \leq t \leq T_2$  viene dada por la expresión:<sup>(10)</sup>

$$(1) \quad x_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [f(t)^2] dt}$$

Cuando la vibración ocurre simultáneamente en más de una frecuencia discreta en el intervalo comprendido entre las bandas de 1/3 de octava de 1 a 80 Hz, el valor de la raíz media cuadrática (*RMS*) de cada componente será evaluado separadamente para cada frecuencia de acuerdo con los límites establecidos en este documento.

En el caso de vibraciones de banda estrecha concentradas en una banda de 1/3 de octava o menor, se determina el valor de la raíz media cuadrática de la aceleración para cada frecuencia media y se evaluará de acuerdo con los niveles establecidos en la norma cubana NC 19-01-05:1983.<sup>(10)</sup>

Para las vibraciones de banda ancha o vibraciones aleatorias que ocurren en más de una banda de 1/3 de octava, se determina el valor de la raíz media cuadrática de la aceleración en la frecuencia media de cada banda y se evalúan separadamente de acuerdo con los niveles establecidos.

Si la exposición a las vibraciones es interrumpida por pausas durante jornada laboral, pero la intensidad de la exposición permanece constante, la exposición diaria se obtiene mediante la suma aritmética de los diferentes tiempos parciales de exposición.<sup>(11,12)</sup>

### **El criterio de evaluación del valor de exposición diaria, $A_i(8)$ , ponderado $W_d$ y $W_k$ <sup>(11)</sup>**

Este criterio es también reconocible internacionalmente como Criterio de la Aceleración Eficaz (*RMS*) ponderada  $W_d$  y  $W_k$ , o abreviadamente  $A(8)$ , es un procedimiento que utiliza los valores *RMS* ponderados con ayuda de dos filtros electrónicos que técnicamente se denomina filtros  $W_d$  y  $W_k$ . El procedimiento está basado en un método de medición con filtro electrónico para la modulación de las señales *RMS* de la aceleración normado por la *ISO 2631-1:1997*,<sup>(13)</sup> donde el instrumento de medición al medir las señales que representan los valores puntuales de la aceleración de las vibraciones incorpora el procesamiento automatizado de la señal medida para registrar el valor *RMS* según la expresión (1).



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se asume como valor *RMS* el mayor de los tres obtenidos en los ejes cartesianos del Punto de medición y se compara con el correspondiente valor umbral establecido para cada una de las tres categorías de peligrosidad establecidas anteriormente para todos los criterios de evaluación. Según la expresión (2) se hará la comparación con los umbrales propuestos para cada criterio.

$$(2) \quad A(8) = \max [A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$

### Criterio de Evaluación Espectral Corregida en señales no constantes<sup>(14)</sup>

Si se utiliza un vibrómetro integrador los valores se obtienen directamente, pero si el vibrómetro no lo es, entonces se pueden calcular los valores RMS de la aceleración ( $A_{ij}$ ) en cada uno de los tres sentidos del espacio euclídeo cartesiano y en cada banda de frecuencia de octava, o de tercio de octava, y los valores se obtienen de la expresión:

$$(3) \quad \overline{A_{ij}} = \sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{ijl}^2\right)} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

donde:

n- número de mediciones realizadas correspondientes a intervalos iguales de tiempo

$A_{ijl}$  valor determinado por la medición l de la aceleración en el sentido i y en la banda j

### Criterio de Evaluación de la Aceleración en Z, $A_z(8)$ <sup>(14)</sup>

El Criterio de Evaluación de la Aceleración en Z,  $A_z(8)$ , es un procedimiento que utiliza los valores RMS de aceleración medida en Z en las vibraciones constantes o los valores integrales medios de la aceleración en Z en un intervalo de tiempo  $\Delta t = 15$  minutos, en las vibraciones generales no constantes, y con el empleo de un vibrómetro integrador los valores se calculan mediante una expresión como (4).

$$(4) \quad \left[ \int^T \frac{1}{T} a(t)^2 dt \right]^{1/2},$$

### Criterio de evaluación del Valor de Dosis de Vibración (VDV) ponderado $W_d$ y $W_k$ ( $VDVi(8)$ )<sup>(13)</sup>

Este criterio de evaluación se aplica con ayuda de un método de medición punto a punto que consiste en la comparación de los valores calculados con las mediciones de los Valores de la Dosis de Vibración realizadas directamente en el suelo y en los asientos de los trabajadores. En general, el criterio es aplicable también en

toda área de trabajo donde las vibraciones generales se manifiestan con potencial nocividad para la salud y requiere de la aplicación previa de los criterios MTVV y del Valor de Pico.

Como el VDV se aplica con el empleo de los filtros de ponderación de frecuencias  $W_d$  y  $W_k$  el valor final lo debe integrar el vibrómetro mediante la fórmula:

$$(5) \quad \text{VDVi (T)} = [1/\Delta T \int^{\Delta T} k a (t)^4 dt ]^{1/4},$$

Donde:

$\Delta T = 8$  horas

$k = 1,4$  para  $i = x,y$

$k = 1,0$  para  $i = z$

### Criterio del Máximo Valor Transiente (MTVV)<sup>(13)</sup>

El MTVV es una forma de medir la dosis de vibración en un intervalo normalizado de un segundo, o sea que el instrumento lo calcula empleando la expresión (5) en intervalos de  $\Delta T = 1$  segundo.

Se considera, *a priori*, que la aplicación de este criterio es importante para prevenir los efectos nocivos de los impactos aleatorios que pueden aparecer durante el proceso de trabajo y cuyo potencial daño no lo refleja la integración de los Valores de Dosis de Vibración (VDV).

Con su aplicación se espera mejorar el diagnóstico de la nocividad de las vibraciones generales en las áreas de trabajo donde están presentes las ondas de choque y donde estas tienen efectos en la salud de los expuestos que no pueden ser reflejados por las dosis de exposición.

### Criterio del Valor de Pico<sup>(13)</sup>

Otro criterio alternativo para prevenir los efectos nocivos de los impactos mecánicos que no son percibidos adecuadamente por los criterios convencionales de evaluación de la Integral Ponderada  $W_d$  y  $W_k$  que aplicamos en el presente estudio, es el que técnicamente parte de la valoración que se le hace al Valor de Pico y que resulta complementario al MTVV.

Los valores de pico los calcula el instrumento de medición seleccionando el máximo valor medido de la aceleración de la vibración medido en un intervalo de un segundo.

Se puede incluso establecer valores umbrales para los Valores de Pico, si se asume que estos no deben superar los A (T) multiplicados por 9 en cada eje cartesiano.

(6)

Esta obra está bajo una licencia



[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

$$TLV \text{ pico} = TLV_{a_i} (T).9$$

Los Valores de Pico permiten identificar las fuentes que requieren una evaluación higiénica particular donde se puedan estar generando vibraciones de impacto peligrosas, y las guías de ondas por donde se mueven trenes raro” de vibración como los solitones o pseudosolitones.

### Valores umbrales por categoría y criterios de evaluación

#### Niveles admisibles para los criterios de evaluación integral<sup>(13)</sup>

Cuando el tiempo de exposición por jornada de trabajo sea de ocho horas vamos a postular que los valores umbrales (*TLV*, por sus siglas en inglés) referenciales para los criterios de evaluación integral serán:

- ✓ VA = 0,5 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VLF= 1,15 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VMA = 3,15 m/s<sup>2</sup>

Estos valores se aplicarán para el criterio de evaluación AZ(8) y para el A(8).

#### Niveles admisibles para los criterios de evaluación de la dosis

Cuando el tiempo de exposición por jornada de trabajo sea de ocho horas se postula que los valores umbrales *TLV* referenciales para los criterios de evaluación de la dosis serán:

Para el criterio MTVV(8).

- ✓ VA = 1,0 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VLF= 2,30 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VMA = 6,30 m/s<sup>2</sup>

Para el criterio del Valor de Pico (8).

- ✓ VA = 4,5 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VLF= 10,40 m/s<sup>2</sup>
- ✓ VMA = 28,30 m/s<sup>2</sup>

Para el criterio del Valor de Dosis de Vibración (VDVi(8)).

- ✓ VA = 9,0 m/s<sup>1,75</sup>
- ✓ VLF= 21,0 m/s<sup>1,75</sup>



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

✓  $VMA = 56,70 \text{ m/s}^{1,75}$

## Conclusiones

La protección contra las vibraciones se garantizará por:

- ✓ La proyección de los procesos productivos y la localización adecuada de los medios de trabajo que aseguren el cumplimiento de los niveles admisibles de vibración en los puestos de trabajo
- ✓ La construcción, utilización y mantenimiento de los medios de trabajo, de forma que los niveles de vibración en los puestos de trabajo no sobrepasen los niveles establecidos.
- ✓ La utilización de los medios de protección que limiten la acción de las vibraciones sobre los trabajadores.
- ✓ El establecimiento de regímenes de trabajo y descanso especiales con el fin de limitar la exposición de los trabajadores a la acción de las vibraciones por encima de los niveles establecidos.

## Referencias bibliográficas

1. Henao F. Riesgos físicos I: Ruido, vibraciones y presiones anormales. Ecoe Ediciones, Colombia. 2007 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://www.digitaliapublishing.com/a/47187/riesgos-fisicos-i--ruido--vibraciones-y-presiones-anormales--2a-ed>
2. Seidel H, Griffin MJ: Vibraciones de cuerpo completo.. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. OIT. Ed. española, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Parte 6, capítulo 50. 1998 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: [https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS\\_162039/lang-es/index.htm](https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_162039/lang-es/index.htm)
3. Kolodner JL “Case-Based Reasoning”. San Mateo: Morgan Kaufmann, 1993 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: [https://folk.idi.ntnu.no/agnar/CBR520papers/Kolodner-bok/Kolodner93\\_FirstPages.pdf](https://folk.idi.ntnu.no/agnar/CBR520papers/Kolodner-bok/Kolodner93_FirstPages.pdf)
4. Sánchez M. Principles of case-based reasoning. Universidad Politécnica deCatalunya. 2001 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://www.cs.upc.edu/~miquel/sel/CBR-intro.pdf>
5. Yan A, Cheng Z. A review of the development and future challengesof Case-Based Reasoning. MDPI. Appl. Sci. 2024;14(16)7130. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14167130>
6. Althoff KD, Bergmann R, Branting LK. eds. Case-Based Reasoning Research and Development: Proceedings of the Third International Conference on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer Verlag, 1999. (Archivo digital)



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

7. Schank RC. Dynamic Memory: A Theory of Learning in Computers and People. (New York: Cambridge University Press. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511527920>
8. Universidad de Sevilla. Análisis modal operacional. Teoría y práctica. Capítulo 2: Concepto de vibraciones. 2024 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/3828/fichero/Cap%C3%ADtulos%252F2+Conceptos+de+vibraciones.pdf>
9. EN 14253 Mechanical vibration – Measurement and calculation of occupational exposure to whole-body vibration with reference to health – Practical guidance. 2023 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/63638/c1ee0d028cee4a0aa63dfd63b1c061fa/ISO-14253-1-2013.pdf>
10. Norma Cubana NC 19-01-05:1980. Vibración general. Requisitos generales higiénico-sanitarios. 1980 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <http://www.nconline.cubaindustria.cu/Manual/Normas-vigentes-Octubre2021.rar>
11. International Organization of Standardization. (ISO) Norma ISO 8041:2005. Human response to vibration. 2005 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/30145.html>
12. International Organization of Standardization. (ISO) Norma ISO EN 8041:2005. Respuesta humana a las vibraciones - Instrumentos de medida. 2018 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: [https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c\)N0061229](https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c)N0061229)
13. International Organization of Standardization. (ISO) Norma ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole–body vibration – Part 1: General requirements. 1997, versión revisada, 2003 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: [https://www.nanopdf.com/download/norma-iso2631-1\\_pdf](https://www.nanopdf.com/download/norma-iso2631-1_pdf)
14. International Organization of Standardization. (ISO) Norma ISO 2631-2:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole–body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). 1997, versión revisada 2003 [acceso 20/03/2025]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/23012.html>

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución de los autores

*Conceptualización:* Raúl Baqués Merino.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

*Curación de datos:* Raúl Baqués Merino, Ibis Avila Roque, Lerán Ronni Fernández Serrano, Wilmer Sáez Larrondo, Arlién Rodríguez Betancourt.

*Análisis formal:* Raúl Baqués Merino, Ibis Avila Roque, Wilmer Sáez Larrondo.

*Investigación:* Raúl Baqués Merino, Ibis Avila Roque, Lerán Ronni Fernández Serrano, Wilmer Sáez Larrondo, Arlién Rodríguez Betancourt.

*Metodología:* Raúl Baqués Merino, Ibis Avila Roque, Lerán Ronni Fernández Serrano, Wilmer Sáez Larrondo, Arlién Rodríguez Betancourt.

*Supervisión:* Raúl Baqués Merino.

*Visualización:* Raúl Baqués Merino, Ibis Avila Roque, Wilmer Sáez Larrondo, Arlién Rodríguez Betancourt.

*Redacción del borrador original:* Raúl Baqués Merino.

*Redacción, revisión y edición:* Raúl Baqués Merino.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)