
Norma Boliviana NB/ISO 2631-2

Vibración y choque mecánico - Evaluación de la exposición de los seres humanos a vibración en todo el cuerpo – Parte 2: Vibración en edificaciones (1 Hz a 80 Hz)

ICS 13.160 Vibración y choque en relación con los seres humanos

Junio 2009

Correspondencia:

Esta norma es idéntica a la Norma ISO 2631-2:2003 “Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole – body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 Hz a 80 Hz)”

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad



Prefacio

La adopción de la Norma Boliviana **NB/ISO 2631-2:2009** “**Vibración y choque mecánico – Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración en todo el cuerpo – Parte 2: Vibración en edificaciones (1 Hz a 80 Hz)**”, encomendada al Comité Técnico de Normalización N° 2.10 “Vibración y acústica”, integrado en el ámbito de la Dirección de Normalización.

Fecha de aprobación por el Comité Técnico de Normalización 2009-05-14

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2009-05-28

Fecha de ratificación por la Directiva 2009 – 05 - 29

Prefacio de la Norma ISO 2631-2

La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de Organismos Nacionales de Normalización (miembros de ISO). El trabajo de preparación de Normas Internacionales se realiza a través de los comités técnicos de la ISO. Todos los miembros interesados en el tema para el cual ha sido constituido un Comité Técnico, tienen derecho a estar representados en dicho comité. También toman parte en los trabajos organizaciones internacionales, gubernamentales y no gubernamentales vinculadas con ISO. La ISO colabora con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en todos los temas de normalización electrotécnica.

Los Proyectos de Normas Internacionales adoptados por los comités técnicos se hacen circular entre todos los miembros para votación. La publicación como una Norma Internacional requiere la aprobación de por lo menos el 75% de los votos.

La Norma Internacional ISO 2631-2 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 108, Vibraciones mecánicas y choques, Sub comité SC 4, Exposición humana a las vibraciones mecánicas y choques.

ISO 2631-1 Consta de los elementos siguientes, bajo el título general Vibración mecánica u choque – Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración en todo el cuerpo

- Parte 1: Requisitos Generales.
- Parte2: Vibración en edificaciones.

La revisión de esta parte de ISO 2631 incorpora una nueva experiencia o resultados de la investigación en la literatura que hace conveniente Anexos A de esta parte de la ISO 6412 es solo para información.

Vibración y choque mecánico. Evaluación de la exposición de los seres humanos a vibración en todo el cuerpo – Parte 2: Vibración en edificaciones (1 Hz a 80 Hz)**0 INTRODUCCIÓN**

La vibración estructural a la que están expuestos los seres humanos en las edificaciones pueden ser detectadas por ellos y les pueden afectar de muchas maneras. Más particularmente, su confort y calidad de vida se pueden ver reducidos. Para la evaluación de la vibración en edificaciones, con respecto a confort y molestia, se prefieren los valores totales ponderados de la vibración. El valor obtenido con la ponderación de frecuencia apropiada caracteriza el lugar o sitio dentro de la edificación en donde puede haber personas presentes, mediante el suministro de una indicación de la conveniencia de ese lugar.

Esta norma también está prevista para estimular la recolección uniforme de datos sobre respuesta humana a la vibración de las edificaciones.

1 ALCANCE

Esta norma trata sobre la exposición de los seres humanos a la vibración y choque en todo el cuerpo, en edificaciones, con respecto al confort y molestia para los ocupantes. Especifica un método para la medición y evaluación, que comprende la determinación de la dirección y la ubicación de la medición. Define la ponderación de frecuencia, W_m que es aplicable en el rango de frecuencia de 1 Hz a 80 Hz, en donde no es necesario definir la postura de un ocupante.

NOTA 1

Las ponderaciones de frecuencia dadas en la norma NB/ ISO 2631-1 se pueden usar si se define la postura del ocupante.

Aunque con frecuencia el caso es que una edificación esté disponible para investigación experimental, muchos de los conceptos contenidos en esta norma se aplicarían igualmente a una edificación en proceso de diseño o en donde no sea posible tener acceso a una edificación existente. En estos casos, se tendrá que confiar en la predicción de la respuesta de la edificación, por algún medio.

Esta norma no brinda orientación sobre la probabilidad de daño estructural, que se trata en la norma ISO 4866. Además, no es aplicable a la evaluación de los efectos en la salud y seguridad de las personas.

Las magnitudes aceptables de vibración no se indican en esta norma.

NOTA 2

En la actualidad no es posible suministrar orientación sobre las magnitudes aceptables de vibración, sino hasta que se obtenga más información de acuerdo con esta norma.

La definición matemática de la ponderación de frecuencia W_m se da en el Anexo A. Las directrices para la recolección de datos concerniente a quejas acerca de vibración se presentan en el Anexo B.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento referenciado (incluida cualquier enmienda).

ISO 2631-1, *Mechanical Vibration and Shock – Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration. Part 1: General Requirements.*

ISO 8041, *Human Response to Vibration. Measuring Instrumentation.*

IEC 61260, *Electroacoustics. Octave-Band and Fractional-Octave-Band Filters.*

3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

3.1 Evaluación. Gama de actividades que incluye estudio, medición, procesamiento, ordenamiento, caracterización, clasificación y presentación de datos pertinentes.

3.2 Edificación. Construcción estática usada para habitación o asignada para cualquier actividad humana, incluidas oficinas, fábricas, hospitales, escuelas y centros de atención diurna.

3.3 Tiempo de trabajo. Período de actividad u horas de trabajo de la fuente de vibración, definido por los tiempos de inicio y finalización diarios.

3.4 Tiempo de exposición. Período durante el cual ocurre exposición a la vibración.

4 MEDICIÓN DE LA VIBRACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

4.1 Generalidades

Se deben seguir los requisitos generales para acondicionamiento de señales y la duración de la medición, como se especifican en los numerales 5.4 y 5.5, respectivamente, de la norma ISO 2631-1:1997.

4.2 Dirección de la medición

La vibración se debe medir simultáneamente en todas las tres direcciones ortogonales. Para este propósito, las direcciones de la vibración están relacionadas con la estructura, y no con el cuerpo humano. Las orientaciones de los ejes *x*, *y* y *z* relacionados con la estructura deben ser aquellas para una persona de pie, como se indica en la norma NB/ISO 2631-1.

4.3 Ubicación de la medición

La evaluación con respecto a la respuesta humana se debe basar únicamente en la ocupación esperada, las tareas realizadas por los ocupantes y la ausencia esperada de perturbación.

Cada lugar o recinto pertinente se debe evaluar con respecto a estos criterios. La vibración se debe medir en el lugar de la habitación en la que ocurre la mayor magnitud de la vibración a frecuencia ponderada o como se indique específicamente, en una superficie adecuada de la estructura de la edificación.

NOTA

Puede ser necesario hacer mediciones en varios lugares de la edificación para determinar la variación local de la vibración.

4.4 Ponderación de la frecuencia

La vibración medida en el lugar pertinente y en las tres direcciones de acuerdo con el numeral 4.2 y 4.3 se deben ponderar en cuanto a frecuencia. Esta norma, al igual que la ISO 2631-1, utiliza aceleración con frecuencia ponderada para expresar la magnitud de la vibración.

Se recomienda que la ponderación de la frecuencia W_m de acuerdo con el Anexo A se use independiente de la dirección de la medición.

NOTA 1

Las ponderaciones de frecuencia dadas en la norma ISO 2631-1 se pueden usar si se define la postura del ocupante.

El Anexo A presenta la definición exacta de la ponderación de frecuencia W_m . Los valores dados en la Tabla A.1, aplicables a la aceleración de la vibración como la cantidad de entrada, se calculan usando frecuencias medias de banda de un tercio de octava real e incluyen una limitación de banda de 1 Hz a 80 Hz. La Figura A.1 muestra la ponderación de frecuencia W_m en una forma esquemática.

NOTA

² W_m se designaba anteriormente como $W.B$ combinadas.*

4.5 Evaluación de la vibración**4.5.1 Medición de la vibración**

Los valores de vibración se deberían determinar mediante la aplicación de los métodos de la norma NB/ISO 2631-1. El eje de vibración con la mayor magnitud de vibración con frecuencia ponderada se debería identificar, y los valores obtenidos en esta dirección se deberían usar para la evaluación.

Para prever diferentes tipos de evaluación futura, se recomienda, en donde sea viable, usar una técnica de medición que registre las historias de tiempos de vibración sin ponderación, al menos dentro del rango de frecuencia de 1 Hz a 80 Hz.

4.5.2 Categorías de fuentes

Para una evaluación, es útil clasificar la vibración de acuerdo con los principales tipos de fuentes que en la práctica se ha encontrado que dan lugar a comentarios adversos. Pueden ser aceptables diferentes magnitudes de vibración para las diferentes categorías. Para establecer la coherencia internacional del enfoque, se definen las categorías:

- a) procesos continuos o semicontinuos, por ejemplo, la industria;
- b) actividades permanentes intermitentes*, por ejemplo, el tráfico;
- c) actividades de duración limitada (no permanente), por ejemplo: construcción.

Las categorías se han seleccionado para que reflejen la percepción humana de las diferentes fuentes de vibración. No están previstas para ser exclusivas, pero brindan orientación para la aplicación de esta norma.

4.6 Instrumentos de medición

Se deben cumplir los requisitos para los instrumentos de medición, incluidas las tolerancias, como se indica en la norma ISO 8041.

5 RESPUESTA HUMANA A LA VIBRACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

La experiencia en muchos países ha demostrado que los comentarios adversos concernientes a la vibración de las edificaciones en situaciones residenciales pueden surgir de ocupantes de edificaciones cuando las magnitudes de la vibración son levemente superiores a los niveles de percepción (véase la norma ISO 2631.1:1997, Anexo C). En algunos casos, las quejas pueden ser por los efectos secundarios asociados con la vibración, por ejemplo, el ruido re-irradiado (véase el Anexo B). En general, es probable que las magnitudes satisfactorias estén relacionadas con expectativas generales y con factores económicos, sociales y otros factores ambientales. No se determinan por factores tales como peligros para la salud a corto plazo y eficiencia en el trabajo. De hecho, en prácticamente todos los casos las magnitudes son tales, que la fatiga inducida directamente por el movimiento es muy improbable.

Existen situaciones en las que se pueden tolerar magnitudes de vibración significativamente mayores, particularmente para perturbaciones temporales y eventos transitorios. Ejemplos de esto son los proyectos de construcción. Cualquier factor de alarma se puede reducir mediante un programa apropiado de relaciones públicas que puede incluir anuncios tales como señales de advertencia y concernientes a la regularidad de la aparición. Sólo en raros casos extremos sería necesario consultar el criterio "salud" como se da en la norma ISO 2631-1. Para situaciones en las que ocurre vibración durante un período prolongado, la familiarización a largo plazo puede dar como resultado un cambio en los umbrales de comentarios adversos.

ANEXO A

(Normativo)

DEFINICIÓN MATEMÁTICA DE PONDERACIÓN DE FRECUENCIA W_m

Las frecuencias f_i ($i = 1$ a 3) son parámetros de la función de transferencia que determinan la ponderación de la frecuencia total W_m . La función de transferencia, $H(p)$ se expresa como el producto de tres factores [filtro de paso alto $H_h(p)$, filtro de paso bajo $H_l(p)$ y la función de pesaje pura ($H_f(p)$], como sigue, en donde: $\omega_i = 2\pi f_i$ y $p = j2\pi f$.

Límite de banda (filtro con característica Butterworth de segundo orden; f_1 y f_2 son las frecuencias de codo):

a) paso alto

$$H_h(p) = \frac{1}{1 + \sqrt{2} \omega_1 / p + (\omega_1 / p)^2}$$

$$|H_h(p)| = \sqrt{\frac{f_1^4}{f^4 + f_1^4}}$$

donde

$$f_1 = 10^{-0,1} \text{ Hz} = 0,7943 \dots \text{ Hz}$$

b) paso bajo

$$H_l(p) = \frac{1}{1 + \sqrt{2} p / \omega_2 + (p / \omega_2)^2}$$

$$|H_l(p)| = \sqrt{\frac{f_2^4}{f^4 + f_2^4}}$$

donde

$$f_2 = 100 \text{ Hz}$$

Ponderación a frecuencia pura (para aceleración como la cantidad de entrada):

$$H_f(p) = \frac{1}{1 + p / \omega_3}$$

$$|H_t(p)| = \sqrt{\frac{f_3^2}{f^2 + f_3^2}}$$

donde

$$f_3 = \frac{1}{0,028 \times 2\pi} \text{ Hz} = 5,684... \text{ Hz}$$

La función de transferencia, $(H(p))$ de la ponderación de frecuencia de banda limitada W_m , está dada por el producto del filtro de paso alto $H_h(p)$, el filtro de paso bajo $H_l(p)$ y la función de ponderación pura $H_i(p)$:

$$H(p) = H_h(p) \cdot H_l(p) \cdot H_i(p) \quad (\text{A.7})$$

NOTA

En la interpretación más común de esta ecuación (en el campo de la frecuencia) describe el módulo (magnitud) y la fase en forma de un número complejo como una función de la frecuencia angular imaginaria $p = j2\pi f$. Algunas veces se usa el símbolo s en lugar de p . Como alternativa, p se puede interpretar como la variable de la transformación de *Laplace*.

El módulo (magnitud) $|H(p)|^*$ se presenta esquemáticamente en la Figura A.1, a manera de ilustración.

Los valores de la ponderación de frecuencia W_m en bandas de un tercio de octava, calculados usando las frecuencias medias reales, incluida la limitación de banda de frecuencia de 1 Hz a 80 Hz, se dan en la Tabla A.1 para aceleración como la cantidad de entrada.

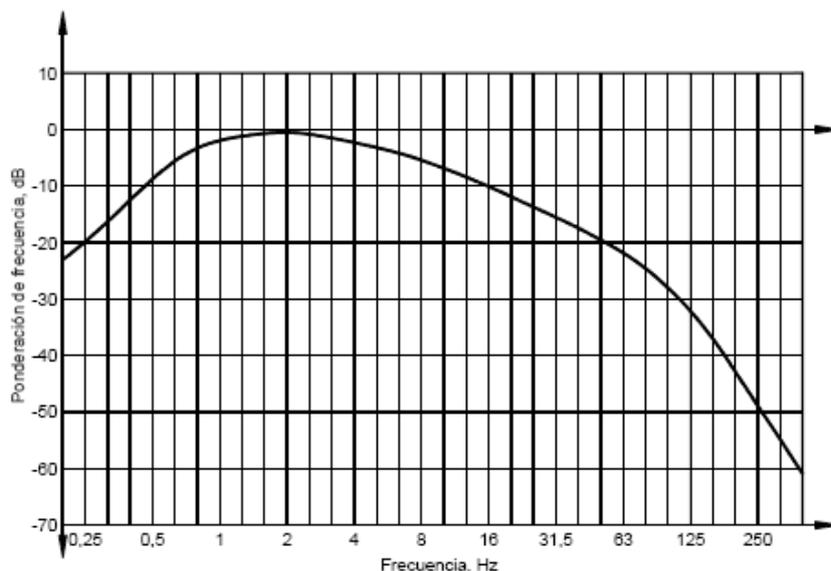


Figura A.1 - Ponderación de frecuencia W_m para aceleración como la cantidad de entrada (esquemática)

Tabla A.1 - Valores de la ponderación de frecuencia W_m para aceleración como la cantidad de entrada
(en bandas de un tercio de octava, calculadas usando frecuencias medias reales, incluida una limitación de banda de 1 Hz a 80 Hz)

x	Frecuencia, Hz ¹		W_m Factor	W_m dB
	Nominal	Real		
-7	0,2	0,199 5	0,0629	-24,02
-6	0,25	0,251 2	0,0994	-20,05
-5	0,314 5	0,316 2	0,156	-16,12
-4	0,4	0,398 1	0,243	-12,29
-3	0,5	0,501 2	0,368	-8,67
-2	0,63	0,631 0	0,530	-5,51
-1	0,8	0,794 3	0,700	-3,09
0	1	1,000	0,833	-1,59
1	1,25	1,259	0,907	-0,85
2	1,6	1,585	0,934	-0,59
3	2	1,995	0,932	-0,61
4	2,5	2,512	0,910	-0,82
5	3,15	3,162	0,872	-1,19
6	4	3,981	0,818	-1,74
7	5	5,012	0,750	-2,50
8	6,3	6,310	0,669	-3,49
9	8	7,943	0,582	-4,70
10	10	10,00	0,494	-6,12
11	12,5	12,59	0,411	-7,71
12	16	15,85	0,337	-9,44
13	20	19,95	0,274	-11,25
14	25	25,12	0,220	-13,14
15	31,5	31,62	0,176	-15,09
16	40	39,81	0,140	-17,10
17	50	50,12	0,109	-19,23
18	63	63,10	0,0834	-21,58
19	80	79,43	0,0604	-24,38
20	100	100,0	0,0401	-27,93
21	125	125,9	0,0241	-32,37
22	160	158,5	0,0133	-37,55
23	200	199,5	0,008 94	-43,18
24	250	251,2	0,003 54	-49,02
25	315	316,2	0,001 79	-54,95
26	400	398,1	0,0008 99	-80,92

NOTA x es el número de banda de frecuencia de acuerdo con la IEC 61260:1995.

Anexo B
(Informativo)

**DIRECTRICES PARA RECOLECTAR DATOS CONCERNIENTES A LA RESPUESTA
HUMANA A LA VIBRACIÓN DE LAS EDIFICACIONES**

B.1 INTRODUCCIÓN

La respuesta humana básica a la vibración en edificaciones son comentarios adversos. El cuerpo principal de esta parte de la norma ISO 2631 tiene que ver con la medición y la evaluación de la vibración en todo el cuerpo. Este anexo está previsto para estimular a los usuarios a recolectar datos teniendo en cuenta todos los parámetros que afectan a los seres humanos en edificaciones y que dan dato como resultado quejas.

La respuesta humana a la vibración en edificaciones es muy compleja. En muchas circunstancias, el grado de molestia y quejas no se puede explicar directamente por la magnitud solamente de la vibración monitoreada. Bajo algunas de las condiciones de amplitud y frecuencia, pueden surgir reclamos aunque la vibración medida en todo el cuerpo es inferior al nivel de percepción.

El análisis de las quejas muestra que otros parámetros relacionados con la fuente de vibración (por ejemplo: tiempo de trabajo) o producidos por la vibración en el área de exposición (por ejemplo: el ruido re-irradiado) también pueden explicar las quejas.

Los parámetros de vibración medidos, complementados por la evaluación de estos fenómenos, permiten una mejor cuantificación del grado de molestia por la vibración en edificaciones.

Las fuentes de vibración afuera y adentro de las edificaciones pueden generar vibración en todo el cuerpo, junto con los fenómenos asociados al ruido que soportan las estructuras, el ruido transportado por el aire, traqueteo, movimiento de muebles y otros objetos, al igual que los efectos visuales (por ejemplo: movimiento de objetos colgantes). Para evaluar las quejas de los seres humanos, es necesario considerar todos estos efectos.

El objetivo de recolectar datos para estos fenómenos asociados es facilitar la definición final de un indicador general de la molestia debida a la vibración. Este indicador se puede usar como la base para actualizar ediciones futuras de esta norma.

B.2 PARÁMETROS QUE SE DEBEN CONSIDERAR

B.2.1 Generalidades

Los siguientes factores se deberían considerar, y cuando sea apropiado, se deben registrar.

B.2.2 Parámetros relacionados con la fuente

Los tiempos de inicio y finalización diarios de la actividad de la fuente de vibración durante el período de medición se deberían describir en el informe.

También se debería registrar la duración total y el número de eventos diarios o semanales, y la naturaleza de la vibración, por ejemplo como:

- fuente permanente: día, noche, o día y noche;
- fuente intermitente: duración de los eventos y número de eventos por día y noche;
- fuente aislada o infrecuente: duración de eventos y número de eventos por día, semana o mes.

B.2.3 Parámetros relacionados con la vibración medida

B.2.3.1 Medición de la vibración

El lugar de medición, el método de medición y el procedimiento de ponderación se deberían aplicar de acuerdo con la norma ISO 2631.

B.2.3.2 Carácter de la vibración

La respuesta subjetiva también está en función del carácter de la vibración. El carácter se puede definir de acuerdo con la naturaleza de la vibración que se mide, por ejemplo:

- la vibración puede ser continua, con magnitudes que varían o permanecen constantes en el tiempo;
- la vibración puede ser intermitente, y la magnitud de cada evento puede ser constante o variable en el tiempo;
- la vibración puede ser impulsiva, como en choques.

B.2.3.3 Tiempo de exposición

El tiempo de exposición de las personas afectadas también puede ser importante para la evaluación. Se deben registrar los tiempos de ocupación de la edificación.

El tiempo real y la duración de la vibración incidente también se deberían registrar.

B.2.4 Fenómenos asociados

B.2.4.1 Ruido transportado por la estructura

Un fenómeno importante asociado con la vibración en edificaciones es el ruido portado por la estructura (conocido también como ruido transportado por la tierra), que puede llegar a ser audible como un ruido re-irradiado. Este ruido está relacionado con la vibración presente.

El ruido transportado por la estructura se debe medir en el lugar del recinto en donde su efecto se considera más perturbador. Con frecuencia puede estar enmascarado por el ruido del ambiente proveniente de otras fuentes, lo que hace difícil una determinación sin ambigüedad.

La evaluación de este ruido se debe llevar a cabo de manera que se identifique su naturaleza y magnitud con respecto a las condiciones ambientales.

B.2.4.2 Ruido transportado en el aire

El ruido transportado en el aire se puede producir por la vibración y sus fuentes y estar relacionada con ellas. La medición del ruido se debería llevar a cabo de acuerdo con la norma ISO 1996-1.

Para el nivel de ruido transportado en el aire, deberían realizarse con las ventanas abiertas o cerradas. Es necesario tener precaución, ya que las propias ventanas pueden traquear, y su comportamiento puede cambiar.

El ruido transportado en el aire a baja frecuencia también puede ser un aspecto para tener en cuenta en las quejas relacionadas con la vibración. Es conveniente realizar la investigación cuidadosamente para identificar correctamente las diversas fuentes de ruido y para asegurar la diferencia entre vibración y ruido de alta y baja frecuencia.

B.2.4.3 Traqueteo inducido

Efectos tales como el traqueteo* de ventanas y ornamentos se pueden deber a vibración o excitación acústica. Su aparición puede acentuar la presencia de vibración y se debería reportar.

B.2.4.4 Efectos visuales

En el caso de vibración a baja frecuencia (< 5 Hz) se pueden observar efectos visuales, tales como la oscilación de elementos suspendidos. Estos factores pueden enfatizar la perturbación y también se deberían reportar.

B.3 INFORMACIÓN QUE SE DEBE REPORTAR

Además de la magnitud de la vibración medida, se debe reportar información concerniente a los fenómenos asociados:

- nivel de ruido medido.
- fenómenos observados visualmente.
- descripción de las quejas expresadas por las personas, determinadas, por ejemplo, mediante un cuestionario o entrevista.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ISO 1996-1, *Acoustics - Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise. Part 1: Basic Quantities and Assessment Procedures*
- [2] ISO 4866, *Mechanical Vibration and Shock - Vibration of Buildings - Guidelines for the Measurement of Vibrations and Evaluation of Their Effects on Buildings*
- [3] BS 6472, *Guide to Evaluation of Human Exposure to Vibration in Buildings (1 Hz to 80 Hz)*
- [4] DIN 4150-2, *Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Vibrations in buildings - Part 2: Effects on Persons in Buildings)*
- [5] ERIKSSON, P.-E. *Vibration of Low-frequency Floors: Dynamic Forces and Response Prediction. PhD Thesis, Chalmers University of Technology, Sweden, 1994*
- [6] GAMBER, A. *Probleme bei der Beurteilung der Wirkung stobartiger horizontaler Schwingungen auf Menschen in Gebäuden. Berichte der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1, 1991, pp. 90-94*
- [7] GRIFFIN, M.J. *Handbook of Human Vibration. Academic Press, London, New York, 1996*
- [8] GROß E., NOTBOHM, G., ZIMMERMANN, P. and SPLITTGERBER, S. *Arbeitspsychologische Bewertung von Ganzkörperschwingungen; Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung von mechanischen Schwingungen auf den Menschen. Veröffentlichungen aus Lehre, angewandter Forschung und Weiterbildung, Fachhochschule Wiesbaden, 1991*
- [9] HOWARTH, H.Y.C. *A Review of Experimental Investigations of the Time Dependency of Subjective Reaction to Whole-Body Vibration. United Kingdom Group on Human Response to Vibration, 1986*
- [10] HOWARTH, H.Y.C. and GRIFFIN, M.J. *Subjective Response to Combined Noise and Vibration; Summation And Interaction Effects. Journal of Sound and Vibration, 1990*
- [11] HOWARTH, H.V.C. and GRIFFIN, M.J. *The Annoyance Caused by Simultaneous Noise and Vibration. Journal of the Acoustical Society of America, 1991*
- [12] HUBBARD. *Noise-induced House Vibrations and Human Perception. Noise Control Engineering Journal, 1982*
- [13] INNOCENT, P.R. and SANDOVER, J. *A Pilot Study of the Effects of Noise and Vibration Acting Together; Subjective Assessment and Task Performance. United Kingdom Group on Human Response to Vibration, Sheffield, 1972*
- [14] JAKOBSEN. *Buildings: Vibration and Shock, Evaluation of Annoyance, Nordtest Method, 1991*
- [15] MELKE, J. *Durchführung von Immissionsprognosen für Schwingungs- und Körperschalleinwirkungen. Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen, 1992*
- [16] MELONI, T., and KRUEGER, H. *Wahrnehmung und Empfindung von kombinierten Belastungen durch Lärm und Vibration. Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 37, 1990, pp. 170-175*
- [17] MIWA, T. and YONEKAWA, Y. *Measurement and Evaluation of Environmental Vibrations, Part 2: Interaction of Sound and Vibration. Industrial Health, 11, 1973*
- [18] MIWA, T., YONEKAWA, Y. and KANADA, K. *Thresholds of Perception of Vibration in Recumbent Men. Journal of the Acoustical Society of America, 75, 1984, pp. 849-854*
- [19] OBORNE, O.J. *Whole-body Vibrations and International Standard ISO 2631; a Critique. Human Factors, 25 (1), 1983, pp. 55-69*
- [20] OKADA, A. and KAJIKAWA, Y. *Factors Affecting the Perception of Low-level Vibrations. Eur. J. Appl. Occup. Physiol., 47 (2), 1981, pp. 151-157*

- [21] PARSONS, K.C. and GRIFFIN, M.J. *Whole-Body Vibration Thresholds*. *Journal of Sound and Vibration*, 121 (2), 1987
- [22] PAULSEN and KASTKA. *Effects of Combined Noise and Vibration on Annoyance*. *Medical Institute of Environmental Hygiene at the Heinrich-Heine-University, Düsseldorf*, 1994
- [23] RUFFELL, C.M. and GRIFFIN, M.J. *Effect of 1 Hz and 2 Hz Transient Vertical Vibration on Discomfort*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 98 (4), 1995
- [24] SEIDEL, H. and HEIDE, R. *Long-term Effects of Whole-body Vibration; a Critical Survey of the Literature*. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 58 (1), 1986, pp. 1-26
- [25] SPLITTGERBER, H. *Whole-body Vibration Perception Thresholds for Some Complex Vibrations*. *Institut National de Recherche et de Sécurité, Vandoeuvre-les-Nancy*, 1988 [26] STARK, J., PEKKARINEN, J., PYYKKOE, I., AALTO, H. and TOPPILA, E. *Transmission of Vibration from Support Surface to Human Body in the Evaluation of Postural Stability*. *Journal of Low-Frequency Noise and Vibration*, 10 (1), 1991, p. 17
- [27] TANTAWY, T. *Investigation Technique Concernant Les Vibrations de l'etre Humain Dans le Batiment*. *CERS, Research Reports for the Ministry of Environment, France*, 1991
- [28] TANT AWY, T. *Investigation sur la détermination des paramètres de la gêne par vibrations dans les bâtiments*. *CERS, Research reports for the Ministry of Environment, France*, 1993
- [29] TANTAWY, T. *Investigation en vue de la quantification d'un indicateur de la gêne par vibrations de l'etre humain dans le bâtiment*. *CERS, Research Reports for the Ministry of Environment, France*, 1994
- [30] WOODROOF, H.J. *Annoyance Caused by Railway-induced Building Vibration to Residents Living Within 100 Meters of Railway Lines in Scotland, UK*. *United Kingdom Group on Human Response to Vibration, Derby*, 1985
- [31] WOODROOF, H.J. and GRIFFIN, M.J. *A Survey of the Effect of Railway-induced Building Vibration on the Community*. *ISVR Technical Report, No. 160*, 1987
- [32] YAMADA, S., SUEKI, M., HAGIWARA, S., WATANABE, T. and KOSAKA, T. *Psychological Combined Effects of Low-frequency Noise and Vibration*. *Journal of Low-Frequency Noise and Vibration*, 10 (4), 1991, pp. 130-136
- [33] YOKOYAMA, T., OSAKO, S. and YAMAMOTO, K. *Temporary Threshold Shifts Produced by Exposure to Vibration, Noise and Vibration Plus Noise*. *Acta Otolaryng*, 78, 1974, pp. 207-212

DOCUMENTO DE REFERENCIA

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Mechanical Vibration and Shock – Evolution of Human Exposure to Whole-body Vibration. Part 2: Vibration in Buildings*.

ISO, Geneve: 2003 (ISO 2631-1).

IBNORCA: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad

IBNORCA creado por Decreto Supremo N° 23489 de fecha 1993-04-29 y ratificado como parte componente del Sistema Boliviano de la Calidad (SNMAC) por Decreto Supremo N° 24498 de fecha 1997-02-17, es la Organización Nacional de Normalización responsable del estudio y la elaboración de Normas Bolivianas.

Representa a Bolivia ante los organismos Subregionales, Regionales e Internacionales de Normalización, siendo actualmente miembro activo del Comité Andino de Normalización CAN, del Comité Mercosur de Normalización CMN, miembro pleno de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas COPANT, miembro de la International Electrotechnical Commission IEC y miembro correspondiente de la International Organization for Standardization ISO.

Revisión

Esta norma está sujeta a ser revisada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

Características de aplicación de Normas Bolivianas

Como las normas técnicas se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientadas a aplicar criterios de calidad, su utilización es un compromiso concienzudo y de responsabilidad del sector productivo y de exigencia del sector consumidor.

Información sobre Normas Técnicas

IBNORCA, cuenta con un Centro de Información y Documentación que pone a disposición de los interesados Normas Internacionales, Regionales, Nacionales y de otros países.

Derecho de Propiedad

IBNORCA tiene derecho de propiedad de todas sus publicaciones, en consecuencia la reproducción total o parcial de las Normas Bolivianas está completamente prohibida.