Sanitas
Revista arbitrada de ciencias de la salud
Vol. 4(especial7), 246-252, 2026
DOI: https://doi.org/10.62574/2twypstf

Vibraciones de cuerpo entero en operadores de maquinaria de construcción vial del Carchi, Ecuador

Whole-body vibration exposure in road construction machinery operators in Carchi, Ecuador

Maira Elizabeth Racines-Morocho
mairarm63@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0009-0008-4130-0655

Edmundo Daniel Navarrete-Arboleda
pg.docenteena@uniandes.edu.ec
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador
https://orcid.org/0000-0002-8424-7996

RESUMEN

Objetivo: evaluar la exposición a vibraciones de cuerpo entero de los operadores de maquinaria de construcción de la Prefectura del Carchi, Ecuador. **Método:** estudio observacional, descriptivo y transversal en 2022. Se caracterizó a 33 operadores mediante encuesta y se midió la aceleración en el asiento de ocho máquinas durante sus tareas habituales con un vibrómetro triaxial; la exposición diaria A(8) se comparó con el valor de acción de 0,5 m/s² y el valor límite de 1,15 m/s². **Resultados:** seis de las ocho máquinas superaron el valor de acción. El rodillo compactador presentó la mayor exposición, con un A(8) promedio de 1,06 m/s² en el eje x, y superó el valor límite en la muestra más alta. La excavadora en tareas de río y la retroexcavadora quedaron por debajo del valor de acción. **Conclusión:** la mayoría de los operadores está expuesta por encima del valor de acción.
Descriptores: vibración; exposición profesional; industria de la construcción. (Fuente, DeCS).

ABSTRACT

Objective: to assess whole-body vibration exposure among construction machinery operators of the Carchi Provincial Government, Ecuador. **Method:** observational, descriptive, cross-sectional study in 2022. Thirty-three operators were characterised by survey, and seat acceleration was measured on eight machines during routine tasks with a triaxial vibration meter; daily exposure A(8) was compared with the action value of 0.5 m/s² and the limit value of 1.15 m/s². **Results:** six of the eight machines exceeded the action value. The roller compactor showed the highest exposure, with a mean A(8) of 1.06 m/s² on the x-axis, and exceeded the limit value in the highest sample. The excavator in river work and the backhoe remained below the action value. **Conclusion:** most operators are exposed above the action value.
Descriptors: vibration; occupational exposure; construction industry. (Source, DeCS).

Recibido: 04/08/2026. Revisado: 12/08/2026. Aprobado: 15/09/2026. Publicado: 01/10/2026.
Original breve

INTRODUCCIÓN

Los operadores de maquinaria de construcción están expuestos a varios factores de riesgo laborales, entre ellos las vibraciones de cuerpo entero y las posturas forzadas, considerados dos factores importantes para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, aunque pocos estudios los han evaluado específicamente en este grupo (1). Un metaanálisis de 20 estudios mostró que la exposición a vibraciones de cuerpo entero duplica el riesgo de dolor lumbar, con un odds ratio de 2,17, y aumenta el de ciática, con un odds ratio de 1,92 (2). El dolor lumbar es, además, una de las principales causas de años vividos con discapacidad en el mundo (3). Por su parte, las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo multiplican por cuatro o cinco el riesgo de enfermedades vasculares y neurológicas, como el fenómeno de Raynaud y el síndrome del túnel carpiano (4).

La Directiva europea sobre vibraciones estableció para las de cuerpo entero un valor de exposición diaria que da lugar a una acción de 0,5 m/s² y un valor límite de 1,15 m/s², normalizados a una jornada de ocho horas, aunque se ha recomendado aplicar medidas preventivas y vigilancia de la salud siempre que se sospeche un riesgo (5). En el sector de la construcción de Irlanda, 10 de 11 tipos de vehículos superaron el valor de acción cuando se operaban durante ocho horas (6). En la minería de superficie de Colombia, las mediciones de jornada completa en 11 tipos de vehículos indicaron que la mayoría solo podría operarse menos de ocho horas diarias sin superar los criterios de exposición (7).

En América Latina, una evaluación en una empresa agroindustrial productora de azúcar encontró que más de la mitad de las mediciones de vibración en los asientos superaban 1,15 m/s² (8). En el Ecuador existe una brecha importante entre la normativa de seguridad y salud en el trabajo y su cumplimiento (9), y la medición de agentes físicos en el sector público es poco frecuente. La Prefectura del Carchi ejecuta obras de apertura, ampliación y mantenimiento vial y minado de material en zonas rurales con suelos irregulares, en las que los operadores permanecen sentados la mayor parte de la jornada. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la exposición a vibraciones de cuerpo entero de los operadores de maquinaria de construcción de la Prefectura del Carchi, Ecuador, en 2022.

MÉTODO

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, cuyo informe sigue las recomendaciones de la declaración STROBE (10). El estudio se llevó a cabo en 2022 en los frentes de trabajo de la Prefectura del Carchi, en zonas rurales de la provincia. La población estuvo formada por los 33 operadores de maquinaria pesada de la institución, que respondieron una encuesta sociodemográfica en línea sobre la edad, la escolaridad, la antigüedad en la institución, el tiempo de trabajo en la máquina actual, la actividad realizada y las horas diarias de operación.

El parque operativo estaba formado por 21 máquinas: seis excavadoras, seis motoniveladoras, tres retroexcavadoras, cuatro rodillos y dos minicargadoras. Se midieron

ocho máquinas representativas, operadas por sus operadores habituales durante sus tareas reales: perfilado, rasanteo y limpieza de vías, compactación de suelo, enrocamiento y excavación de río, carga y desalojo de material y encauzamiento de quebradas.

Las mediciones se realizaron con un analizador de vibraciones HD 2030 Delta OHM de cuatro canales, con certificado de calibración, y un acelerómetro triaxial colocado en la base del asiento, en los ejes x, y y z, y en el respaldo, en el eje x. Se tomaron tres muestras de cinco minutos por máquina y actividad. Se aplicaron las ponderaciones en frecuencia Wd para los ejes x e y, Wk para el eje z y Wc para el respaldo, con factores de multiplicación de 1,4, 1,4, 1 y 0,8, respectivamente. La exposición diaria se calculó como $A(8) = k \cdot aw \cdot \sqrt{(T/8)}$, donde aw es la aceleración ponderada y T la duración diaria de la exposición declarada para cada máquina, entre tres y siete horas.

El valor más alto de los tres ejes se comparó con el valor de exposición que da lugar a una acción, de 0,5 m/s², y con el valor límite, de 1,15 m/s² (5). Los datos se describieron con frecuencias, porcentajes y promedios. Se contó con la autorización de la institución y se protegió la confidencialidad de los participantes.

RESULTADOS

Los 33 operadores tenían entre 30 y 62 años, y el 39,4 % tenía entre 51 y 62 años. El 63,6 % había terminado el bachillerato, el 45,5 % llevaba entre 11 y 15 años en la institución y el 54,5 % operaba la maquinaria entre seis y ocho horas diarias (Tabla 1). La duración promedio de la exposición diaria declarada fue de 5,5 horas.

Tabla 1. *Características de los operadores de maquinaria de construcción*

Variable	Categoría	n	%
Edad (años)	20 a 30	1	3,0
	31 a 40	9	27,3
	41 a 50	10	30,3
	51 a 62	13	39,4
Escolaridad	Primaria	7	21,2
	Secundaria incompleta	4	12,1
	Bachillerato	21	63,6
	Universitaria incompleta	1	3,0
Antigüedad en la institución (años)	6 a 10	5	15,2
	11 a 15	15	45,5
	Más de 15	13	39,4
Tiempo en la máquina actual (años)	Menos de 1	1	3,0
	1 a 5	10	30,3
	6 a 10	12	36,4

Variable	Categoría	n	%
	Más de 10	10	30,3
Horas diarias de operación	4 a 6	15	45,5
	6 a 8	18	54,5

Fuente: elaboración propia (2026).

Con el promedio de las tres muestras, seis de las ocho máquinas superaron el valor de acción en los ejes horizontales, sin alcanzar el valor límite, mientras que el eje vertical se mantuvo por debajo del valor de acción en todas ellas (Tabla 2). El rodillo compactador, la máquina de mayor antigüedad, presentó la exposición más alta, con 1,06 m/s² en el eje x, 1,04 m/s² en el eje y y 0,88 m/s² en el respaldo, seguido de la minicargadora y de la excavadora en el encauzamiento de quebradas.

Tabla 2. *Exposición diaria a vibraciones de cuerpo entero en la base del asiento según la máquina y la actividad*

Máquina y actividad	Exposición diaria (h)	A(8) ejes x / y / z (m/s²)	Valoración
Rodillo compactador: compactación de suelo	4	1,06 / 1,04 / 0,47	Entre acción y límite
Minicargadora: limpieza de vía	3	0,97 / 0,95 / 0,43	Entre acción y límite
Excavadora 1: encauzamiento de quebrada	7	0,95 / 0,93 / 0,42	Entre acción y límite
Motoniveladora 11: rasanteo de vía	7	0,80 / 0,78 / 0,36	Entre acción y límite
Motoniveladora 13: perfilado de vía	7	0,76 / 0,75 / 0,34	Entre acción y límite
Excavadora 7: enrocamiento de río	7	0,66 / 0,64 / 0,27	Entre acción y límite
Retroexcavadora: desalojo de material	7	0,42 / 0,41 / 0,17	Inferior al valor de acción
Excavadora 5: excavación de río	4	0,24 / 0,23 / 0,08	Inferior al valor de acción
Excavadora 5: carga de material	4	0,15 / 0,15 / 0,05	Inferior al valor de acción

Fuente: elaboración propia (2026). Valor de acción: 0,5 m/s²; valor límite: 1,15 m/s².

En la muestra de mayor magnitud, el rodillo compactador alcanzó 1,28 m/s² en el eje x y 1,25 m/s² en el eje y, por encima del valor límite, y 0,56 m/s² en el eje z. Su operador llevaba tres años en esa máquina. Los operadores de la excavadora 1 y de la motoniveladora 11, con cuatro años en sus equipos, presentaron valores próximos a 1 m/s². En la excavadora 5, que realizó dos tareas de cuatro horas, la exposición diaria combinada en el eje x fue de 0,28 m/s², inferior al valor de acción.

Según la distribución de las tareas declarada en la encuesta, 26 de los 33 operadores realizaban actividades cuyas mediciones superaron el valor de acción: perfilado y rasanteo de vías, compactación de suelo, limpieza de vías, enrocamiento de río y encauzamiento de quebradas. Las tareas con menor vibración fueron la excavación y la carga de material de río y el desalojo de material.

DISCUSIÓN

En este estudio, seis de las ocho máquinas evaluadas superaron el valor de acción para las vibraciones de cuerpo entero, y el rodillo compactador superó el valor límite en su muestra más alta. Estos resultados coinciden con los de la construcción en Irlanda, donde casi todos los vehículos superaron el valor de acción en una jornada de ocho horas (6), y con los de la minería de superficie en Colombia, donde la mayoría de los vehículos no podría operarse ocho horas sin superar los criterios de exposición (7). También concuerdan con la evaluación agroindustrial latinoamericana, en la que la mayoría de las mediciones superaba los límites (8).

La mayor exposición se observó en las tareas sobre vías y suelos irregulares, como la compactación, la limpieza y el perfilado de vías, y en el rodillo, que era la máquina más antigua. En cambio, la excavadora que trabajaba en el río, con el tren de rodaje casi inmóvil, presentó los valores más bajos. Esta diferencia indica que la magnitud de la vibración depende tanto del tipo de máquina como de la tarea, del terreno y del estado de la suspensión y del asiento, por lo que la evaluación debe hacerse por máquina y actividad.

La exposición sostenida por encima del valor de acción es relevante porque las vibraciones de cuerpo entero duplican el riesgo de dolor lumbar y aumentan el de ciática (2). Los operadores estudiados tienen, además, una antigüedad elevada en la institución, lo que implica una exposición acumulada de muchos años. Entre las medidas técnicas, un ensayo controlado aleatorizado en conductores de camiones mostró que un asiento con suspensión activa redujo de forma significativa la exposición a vibraciones, aunque la mejoría del dolor lumbar dependió de varios factores (11).

Se recomienda que la institución priorice el mantenimiento o la renovación del rodillo compactador y de los asientos y las suspensiones de la maquinaria, mantenga las vías de trabajo en buen estado y limite el tiempo diario de operación de las máquinas con mayor exposición mediante pausas y rotación de tareas, ya que la organización del trabajo y el régimen de trabajo y descanso son objetivos de la prevención (12). Dado el probable subregistro de las enfermedades profesionales en el país (13), es necesario implantar la vigilancia de la salud de estos operadores, con educación y ejercicio para la prevención del dolor lumbar (14) y la aplicación periódica de un cuestionario estandarizado de síntomas musculoesqueléticos, como el cuestionario nórdico (15).

Entre las limitaciones, solo se midieron ocho máquinas con tres muestras cortas, la duración de la exposición se basó en lo declarado por los trabajadores y no se evaluaron los choques

ni el valor de dosis de vibración, que pueden reducir el tiempo aceptable de operación (7). Tampoco se midieron las vibraciones mano-brazo ni los efectos en la salud, por lo que no puede establecerse una relación entre la exposición y los síntomas.

CONCLUSIÓN

La mayoría de las máquinas de construcción evaluadas en la Prefectura del Carchi expone a sus operadores a vibraciones de cuerpo entero por encima del valor de acción, y el rodillo compactador alcanzó el valor límite en su muestra más alta. La exposición fue mayor en las tareas de compactación, limpieza y perfilado de vías. Se recomienda un programa de control de vibraciones que incluya el mantenimiento de la maquinaria y de los asientos, la reducción del tiempo de exposición y la vigilancia de la salud musculoesquelética de los operadores.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

CONFLICTO DE INTERÉS

No existe conflicto de interés con personas o instituciones ligadas a la investigación.

AGRADECIMIENTOS

A UNIANDES.

REFERENCIAS

1. Kittusamy NK, Buchholz B. Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment: a literature review. J Safety Res. 2004;35(3):255-61. doi:10.1016/j.jsr.2004.03.014
2. Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. Int Arch Occup Environ Health. 2015;88(4):403-18. doi:10.1007/s00420-014-0971-4
3. Hoy D, March L, Brooks P, Blyth F, Woolf A, Bain C, et al. The global burden of low back pain: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study. Ann Rheum Dis. 2014;73(6):968-74.
4. Nilsson T, Wahlström J, Burström L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases: a systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2017;12(7):e0180795. doi:10.1371/journal.pone.0180795
5. Griffin MJ. Minimum health and safety requirements for workers exposed to hand-transmitted vibration and whole-body vibration in the European Union; a review. Occup Environ Med. 2004;61(5):387-97. doi:10.1136/oem.2002.006304
6. Coggins MA, Van Lente E, McCallig M, Paddan G, Moore K. Evaluation of hand-arm and whole-body vibrations in construction and property management. Ann Occup Hyg. 2010;54(8):904-14. doi:10.1093/annhyg/meq064

7. Marin LS, Rodriguez AC, Rey-Becerra E, Piedrahita H, Barrero LH, Dennerlein JT, et al. Assessment of whole-body vibration exposure in mining earth-moving equipment and other vehicles used in surface mining. Ann Work Expo Health. 2017;61(6):669-80. doi:10.1093/annweh/wxx043
8. Arias Castro GJ, Martínez Oropesa C, Reyes CA. Evaluación de las vibraciones globales transmitidas a trabajadores en una empresa agroindustrial productora de azúcar. Salud Trab. 2016;24(1):27-37.
9. Gómez-García AR. Seguridad y salud en el trabajo en Ecuador. Arch Prev Riesgos Labor. 2021;24(3):232-9.
10. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. Lancet. 2007;370(9596):1453-7. doi:10.1016/S0140-6736(07)61602-X
11. Dennerlein JT, Cavallari JM, Kim JH, Green NH. The effects of a new seat suspension system on whole body vibration exposure and driver low back pain and disability: results from a randomized controlled trial in truck drivers. Appl Ergon. 2022;98:103588. doi:10.1016/j.apergo.2021.103588
12. Tuček M, Vaněček V. Musculoskeletal disorders and working risk factors. Cent Eur J Public Health. 2020;28 Suppl:S6-S11. doi:10.21101/cejph.a6183
13. Silva-Peñaherrera M, Merino-Salazar P, Benavides FG, López-Ruiz M, Gómez-García AR. La salud ocupacional en Ecuador: una comparación con las encuestas sobre condiciones de trabajo en América Latina. Rev Bras Saúde Ocup. 2020;45:e20.
14. Foster NE, Anema JR, Cherkin D, Chou R, Cohen SP, Gross DP, et al. Prevention and treatment of low back pain: evidence, challenges, and promising directions. Lancet. 2018;391(10137):2368-83. doi:10.1016/S0140-6736(18)30489-6
15. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl Ergon. 1987;18(3):233-7. doi:10.1016/0003-6870(87)90010-x

Derechos de autor: 2026 Por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/