

# Determinación de la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en conductores de autobús en una parte del Gran Área Metropolitana, Costa Rica

## Occupational exposure to whole-body vibration in bus drivers in a part of the Great Area Metropolitan, Costa Rica

Tannia Araya-Solano<sup>1</sup>, Lourdes Medina-Escobar<sup>2</sup>

---


Araya-Solano, T; Medina-Escobar, L. Determinación de la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en conductores de autobús en una parte del Gran Área Metropolitana, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-1. Enero-Marzo. Pág 88-98.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5024>

1 MSc. Salud Ocupacional, Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: taraya@tec.ac.cr .

 <https://orcid.org/0000-0001-9465-1530>

2 Máster en Química Industrial, Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: mmedina@tec.ac.cr.

 <https://orcid.org/0000-0003-1977-3364>



## Palabras clave

Autobuses; exposición ocupacional; vibraciones de cuerpo entero; dolencias conductores.

## Resumen

En Costa Rica existen más de 85 empresas dedicadas al transporte público de personas, por lo que existe una cantidad considerable de conductores de autobús que se ven expuestos a vibraciones. El objetivo del estudio fue determinar la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en los conductores de autobús en el GAM, por medio de la valoración de factores como ubicación del motor, año de fabricación y tipo de suspensión del asiento. Además, se aplicó la metodología REBA para evaluar posturas de trabajo. Se encontraron niveles de exposición diaria a vibraciones entre  $0,2690 \text{ m/s}^2$  y  $0,9010 \text{ m/s}^2$ , sobrepasando en la mayoría de los casos el nivel de acción. El año de fabricación y uso de suspensión en el asiento, demostraron ser determinantes de exposición a vibraciones con un 95% de confianza ( $P= 0,03$  y  $P=0,002$ ), por lo que existe el riesgo de sufrir afecciones a la salud por exposición a vibraciones. Los dolores de espalda y rodillas fueron las dolencias más reportadas, sin embargo, a partir de la evaluación con el método REBA, los niveles de acción calculados fueron de 0 a 1, para un nivel de riesgo entre inapreciable y bajo. Se recomienda la disminución de los tiempos de exposición de los choferes, el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades y el reemplazo por unidades nuevas con motor atrás, cuando sea posible.

## Keywords

Buses; occupational exposure; whole body vibration; backpain.

## Abstract

In Costa Rica there are more than 85 bus companies dedicated to public transport of people, so there is a considerable number of bus drivers who are exposed to vibrations. The objective of the study was to determine the occupational exposure to whole body vibration in bus drivers in the GAM, by means of the valuation of factors such as location of the engine, year of manufacture and type of seat suspension. The REBA methodology was also applied to evaluate working positions. Levels of daily exposure to vibrations were found between  $0.2690 \text{ m/s}^2$  and  $0.9010 \text{ m/s}^2$ , exceeding in most cases the action level. The year of manufacture and use of suspension in the seat, proved to be determinants of exposure to vibrations with 95% d. confidence ( $P = 0.03$  and  $P = 0.002$ ), so there is a risk of suffering health problems. Back and knee pain were the most reported ailments, however, from the evaluation with the REBA method, the action levels calculated were from 0 to 1, for a risk level between negligible and low. It is recommended to reduce the exposure times of the drivers, preventive and corrective maintenance of the units and replacement by new units with a motor behind, when it is possible.

## Introducción

La vibración es un movimiento oscilatorio, que tiene una magnitud, frecuencia, dirección y duración, dentro de los factores que pueden influir en el aumento o disminución de los valores de exposición a este agente se encuentran la suspensión del asiento, el tipo de superficie en la cual se trabaja y la velocidad [1], así como la antigüedad del vehículo [2]. Los efectos a la salud dependerán del tipo de exposición y de la frecuencia [3]. La posibilidad de desarrollar trastornos espinales o dolores en la parte baja de la espalda, malestares, alteraciones cardiovasculares,

neuromusculares, digestivos, entre otros, está relacionada con factores de riesgo tales como la exposición a niveles altos de vibraciones, la frecuencia, duración en el tiempo, postura de trabajo, y el tipo de terreno [4].

Se ha logrado demostrar que la transmisión entre el asiento y la espina lumbar hay una pequeña atenuación cuando la magnitud de la vibración es baja y aumenta cuando la magnitud aumenta, hasta que la vibración del asiento es de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , aproximadamente el doble de la [5] amplitud en la columna lumbar [6].

En investigaciones realizadas sobre exposición a vibraciones en cuerpo entero, se ha reportado que en el eje z es donde se presentan las aceleraciones más altas comparadas con los resultados de los otros ejes. En vehículos de transporte público se han encontrado niveles de vibración de  $0.36 \text{ m/s}^2$  [7], y de  $0.39 \text{ m/s}^2$  en un rango de  $0.061 \text{ m/s}^2 - 1.27 \text{ m/s}^2$  para 7 horas de trabajo, sin embargo, para valores de dosis si se han registrados valores de  $8.5 \text{ m/s}^{1.75}$  [2].

Algunos factores de riesgo que pueden contribuir a la aparición de estos desórdenes serían: extensiones forzadas, posiciones incómodas, estrés, temperaturas extremas, movimientos repetitivos y/o actividades prolongadas [5]. Además, la edad, género, fumado, ejercicio, medidas antropométricas y el historial clínico también pueden influir ([7]).

Los estudios que involucran evaluaciones ergonómicas durante el uso de vehículos han evidenciado que la postura es un factor de riesgo importante en la aparición de dolencias en la espalda baja [9]. Además, una posición no neutral de la espalda (rotación) o el cuello, combinado con exposición a vibraciones y shock podrían agravar el riesgo de presentar problemas en estas regiones [8] [9].

Por lo expuesto anteriormente se muestra que la exposición a vibraciones puede generar daños a la salud de los conductores de autobús, por lo que es importante que se conozcan los rangos de exposición a estos agentes, así como los posibles determinantes de la exposición, esto con el fin de iniciar investigaciones que mejoren las condiciones en este sector.

## Metodología

Se realizó una investigación aplicada exploratoria, la selección de la muestra fue no representativa, se enviaron cartas de invitación a diferentes empresas de transporte público que brindan servicio en el GAM, de las cuales se recibió respuesta positiva de 17 empresas ubicadas en las provincias de Alajuela (5), San José (7), Cartago (2) y Heredia (3). Las evaluaciones de vibraciones, posturas y entrevistas se efectuaron en las mismas empresas, a cada conductor se les aplicó los tres instrumentos de evaluación mencionados.

*Vibraciones:* Se siguió la metodología sugerida en la norma *ISO 2631:2001: Exposición a vibraciones en cuerpo entero* para obtener los niveles de vibración a los que se exponen los trabajadores, utilizando el equipo HAV pro-marca Quest Technologies tipo 1, serie número 07111, el cual cumple con los estándares ISO:8041:1990 y 1:1999(t). El sensor se colocó sobre el asiento del conductor respetando el sistema de coordenadas. Las mediciones se realizaron durante el tiempo que duró una carrera, es decir ida y vuelta de la ruta. Esto varió de acuerdo a la empresa, pues para algunas carreras la duración fue de 40 minutos y otras de 60 minutos. En total se recopilaron 149 datos (aceleraciones promedio).

Las escalas de ponderación utilizadas fueron las establecidas para la evaluación de los efectos sobre la salud que se indican en la norma, con sus respectivos factores de multiplicación: Eje x:  $W_d$ ,  $k=1.4$ ; Eje y:  $W_d$ ,  $k=1.4$ ; Eje z:  $W_k$ ,  $k=1$ .

De los resultados obtenidos por cada autobús, se tomó el eje crítico para realizar la evaluación del nivel de vibración. Además, los resultados se agruparon según las características de los

autobuses encontrados: año de fabricación del autobús (1978-2013), ubicación del motor adelante o atrás, amortiguación del asiento: *Si*: el conductor utiliza amortiguación en el asiento; *No*: conductor no utiliza amortiguación en el asiento, tipo de motor: según la marca del motor que tuviera el autobús, Mercedes Benz, Cummins, Volks Wagen, Hyundai y Daewood.

Una vez determinados los niveles de aceleración ( $m/s^2$ ) de la vibración por eje, se calculó el factor cresta y la exposición diaria A (8), agrupados por: año, presencia de suspensión en el asiento marca y ubicación del motor una de las mediciones. También se estimó el promedio y desviación estándar del A (8). Para determinar la influencia de estos factores sobre la exposición diaria se realizó una prueba de medias y de varianzas (según el caso), con un nivel de confianza del 95%, a partir del programa estadístico Minitab 19.

Para la comparación con la norma, se utilizó la Directiva Europea 2002/44/EC (2002) sobre Vibración Mecánica, ya que para Costa Rica no se tienen límites de exposición para vibraciones.

*Determinantes de exposición y factores de riesgo:* La identificación de factores de riesgo que pueden influir en la aparición de dolencias, se realizó recopilando información a partir del Cuestionario para vigilancia de la Salud por Vibración de Cuerpo entero: EC Biomed II BMH4-CT98-3251\_[10] con respecto al tiempo de exposición, trabajos anteriores, índice de masa corporal (IMC) y de actividad física, dolencias percibidas en la espalda, cuello y hombros, así como su intensidad en los últimos 7 días y 12 meses. El cuestionario se aplicó a 123 personas conductoras de autobús, quienes laboran para las empresas que se encuentran dentro del proyecto.

Las posturas de trabajo se evaluaron con el método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), tomando en cuenta partes como el cuello, tronco, brazos, antebrazos, muñecas y piernas, a partir de esto se calculó el nivel de riesgo en el que se encuentran los conductores de autobús. El total de la muestra fue de 139 conductores.

## Resultados

### Información general

Las rutas seleccionadas estuvieron dentro de la ciudad y en calles asfaltadas, en algunos casos con reductores de velocidad e irregularidades como huecos y baches.

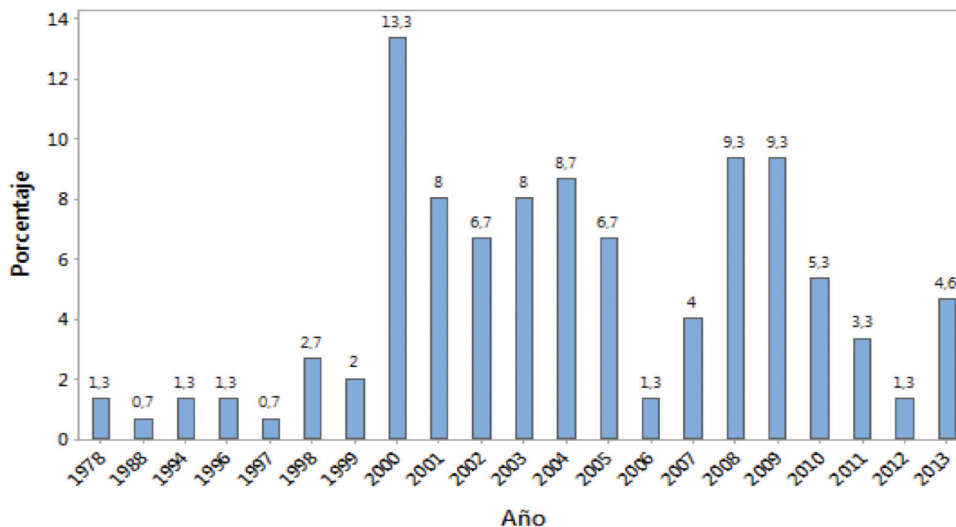
La edad de los conductores se encuentra entre los 27 y 64 años, de los cuales un 69,8% no hace ejercicios regularmente. Aunado a esto, según su índice de masa corporal (IMC) estimado, el 21,62% se encuentra en sobrepeso y el 47,74% es obeso grado I (leve) y II (moderado), éstos dos factores representan un riesgo para desarrollar enfermedades cardiovasculares [11].

El cálculo de las horas de exposición a vibraciones se realizó según la duración y cantidad de carreras (tiempo de traslado en una ruta multiplicado por el número de carreras) que se realizan por persona, lo que en promedio fue de 9,4 horas (5 - 15 hr). Las jornadas laborales variaron entre 8 horas y 16 horas al día, según la empresa.

### Rangos de los niveles de vibraciones

En total se muestrearon 142 autobuses, los datos se promediaron por el tiempo de duración de la carrera. Se calculó el factor cresta para cada uno de los datos recopilados, pero en ningún caso resultó por encima de nueve (lo que indica que no hay picos de aceleración), por lo que se utilizó el método básico, según lo establecido en la ISO 2631-1. [12]

Las marcas de motores de autobús muestreados fueron: Cummins (33%), Mercedes Benz (46%), Daewood (13%), Hyundai (4%) y Volks Wagen (4%). El año de fabricación (modelo) de los autobuses abarcó desde 1978 hasta 2013, en la figura 1 se muestra la distribución:



**Figura 1.** Distribución porcentual de la cantidad de autobuses según el modelo.

Tomando en cuenta todos los datos recopilados, sin distinciones de marca, año y ubicación del motor, se calculó la exposición diaria y se determinó que el rango de la magnitud de la aceleración se encuentra entre  $0,2690 \text{ m/s}^2$  y  $0,9010 \text{ m/s}^2$  y valor promedio de  $0,5311 \text{ m/s}^2$ , siendo el eje Z el predominante.

Se agruparon los datos según el año de fabricación, marca y ubicación del motor, esto con el fin de mostrar los niveles de exposición según esas características.

A continuación, se muestran los promedios de exposición diaria ( $\text{m/s}^2$ ) según el modelo del autobús (1978- 2013), ver cuadro 1.

El eje predominante en la mayoría de los casos fue el Z. En el 81% de los casos el valor de exposición diaria sobrepasa el valor de acción ( $0,5\text{m/s}^2$ ), por lo que se deben tomar medidas de control para evitar que los niveles encontrados afecten la salud de los colaboradores. Los modelos 1988, 2004 y 2009 se encuentran cerca del valor de acción (EVA), por lo que no se descarta la posibilidad de que tomen medidas de control para disminuir el riesgo. Los modelos de 1997 son los que reportaron niveles de exposición diaria menor en comparación con el resto de los modelos, sin embargo, la cantidad de buses con estas características fue baja, por lo que este resultado podría variar con una muestra más grande. En el cuadro 1 se muestran los datos agrupados por la marca del motor.

La exposición diaria según la marca del motor sobrepasa el nivel de acción a excepción de la marca VW, sin embargo, los valores son similares para los buses estudiados (ver cuadro 2).

En el 72,3% de los autobuses muestreados el motor se ubicaba adelante y el resto en la parte trasera. Los valores de aceleración para el eje Z son los más altos, comparados con los ejes X y Y (ver cuadro 3).

Se encontró que el 56,2% de los asientos del conductor no contaba con suspensión, ya sea porque se había dañado y no se reparó, o porque se sustituyó por otro asiento colocado directamente

sobre suelo del autobús; en otros casos la persona no se sentía cómoda con la suspensión por lo que la desactivó. El tipo de suspensión que tenía el restante 43,8%, era hidráulico o con bolsa de aire, sin embargo, para efectos de análisis, no se hizo diferencia entre ellas.

Según se muestra en el cuadro 4, independientemente de la suspensión, los valores de exposición diaria sobrepasan el nivel de acción de la exposición recomendada para vibraciones en cuerpo entero.

**Cuadro 1.** Valores de aceleración promedio A (8) para cada eje y exposición diaria promedio en  $m/s^2$ , agrupados por año de fabricación del autobús.

Año	Eje X ( $m/s^2$ )	Eje Y ( $m/s^2$ )	Eje Z ( $m/s^2$ )	A(8) ( $m/s^2$ )
1978	0,2030	0,2135	0,5605	0,5216
1988	0,2290	0,2790	0,5270	0,4654
1994	0,2435	0,2273	0,5477	0,5295
1996	0,3181	0,3326	0,6769	0,7254
1997	0,1863	0,1774	0,5054	0,3762
1998	0,2527	0,3081	0,6710	0,8275
1999	0,2418	0,3078	0,4484	0,5454
2000	0,2253	0,2816	0,5370	0,6006
2001	0,2309	0,2968	0,4924	0,5129
2002	0,2222	0,2749	0,5863	0,6495
2003	0,2297	0,2573	0,5026	0,5005
2004	0,2100	0,2467	0,4415	0,4516
2005	0,2473	0,2226	0,5357	0,5983
2006	0,2306	0,2235	0,5825	0,6986
2007	0,2260	0,2071	0,4837	0,5775
2008	0,2492	0,2540	0,5619	0,6129
2009	0,2021	0,2186	0,4858	0,4791
2010	0,1994	0,2365	0,6048	0,5488
2011	0,1939	0,2142	0,5162	0,5547
2012	0,2180	0,2380	0,6415	0,6173
2013	0,1980	0,2467	0,6463	0,6483

**Cuadro 2.** Valores promedio de aceleración, para cada eje y exposición diaria promedio en  $m/s^2$ , según la marca del motor.

Año	Eje X ( $m/s^2$ )	Eje Y ( $m/s^2$ )	Eje Z ( $m/s^2$ )	A(8) ( $m/s^2$ )
Cum	0,3187	0,3751	0,5680	0,5994
DW	0,2995	0,3066	0,5060	0,5551
Hy	0,2961	0,3255	0,5523	0,5736
MB	0,3148	0,3541	0,5268	0,5545
VW	0,3220	0,3497	0,3844	0,4256

**Cuadro 3.** Valores promedio de aceleración, para cada eje y exposición diaria promedio en  $m/s^2$ , según la ubicación del motor.

Ubicación del motor	Eje X ( $m/s^2$ )	Eje y ( $m/s^2$ )	Eje Z ( $m/s^2$ )	A(8) ( $m/s^2$ )
Adelante	0,3172	0,3674	0,5394	0,5895
Atrás	0,3130	0,3272	0,5362	0,5696

**Cuadro 4.** Valores promedio de aceleración por eje y exposición diaria promedio en  $m/s^2$ , según existencia de suspensión en el asiento del conductor.

Suspensión	Eje X ( $m/s^2$ )	Eje Y ( $m/s^2$ )	Eje Z ( $m/s^2$ )	A(8) ( $m/s^2$ )
Si	0,2194	0,2530	0,5143	0,5324
No	0,2276	0,2568	0,5373	0,5994

En todas las evaluaciones realizadas, el eje predominante es el eje Z, similar a lo reportado por [13] para casos de estudio similares al presente. En vehículos de transporte público los niveles de vibración se encuentran entre  $0,061 m/s^2 - 1,27 m/s^2$  para siete horas de trabajo [7]., rango que incluye los niveles de vibración encontrados en la presente investigación a pesar de tener un promedio mayor de horas de trabajo (9.4 horas por jornada)

#### Influencia de características del autobús en la exposición

Para determinar si el año de fabricación, marca y la ubicación del motor influyen en la exposición a la vibración, se realizó una ANOVA (previa comprobación de normalidad y homocedasticidad de los datos), planteando como hipótesis nula la igualdad entre las varianzas, con un 95% de confianza.

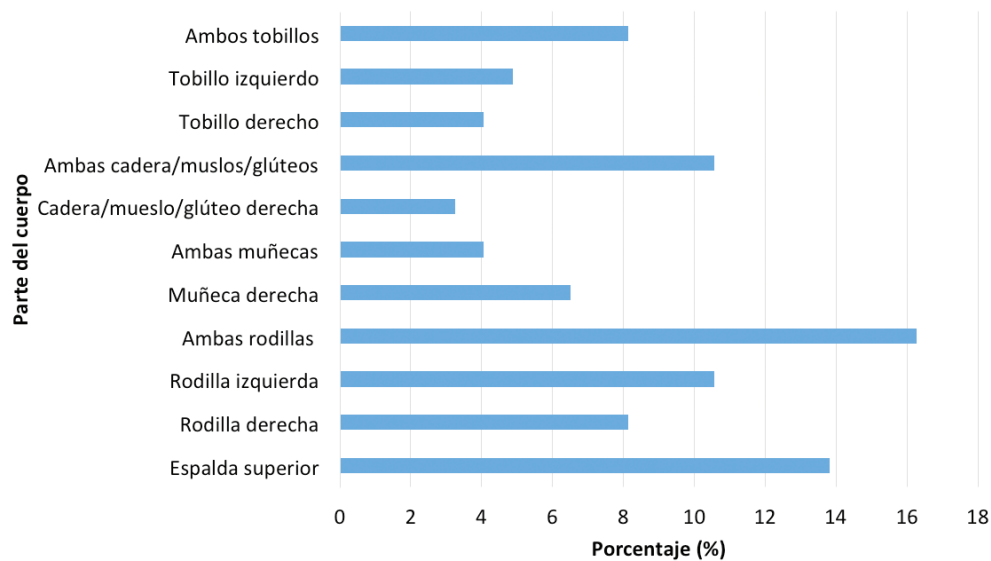
Los valores de P obtenidos fueron: año de fabricación 0,002, marca de motor 0,138, ubicación del motor 0,572, suspensión del asiento 0,030. Por lo que, para el caso del año de fabricación y uso de suspensión en el asiento, con un 95% de confianza se puede afirmar que hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, es decir que ambas son factores que pueden influir en la exposición a vibraciones.

Para conocer cuál de los años de los autobuses tiene más influencia, se aplicó la prueba de Tukey, la cual determinó que los años de mayor influencia son 1998, 2000, 2003, 2004 y 2009, estos dos últimos tres modelos no supera los 10 años de antigüedad, pero la marca de los autobuses corresponde a los que tienen A (8) cercanos al nivel de acción.

Al agrupar los datos en grupo de 10 años de antigüedad, las pruebas indican que no hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. La exposición diaria según las características del autobús, como modelo, marca del motor, suspensión del asiento y ubicación del motor sobrepasa en todos los casos el nivel de acción, a excepción del modelo 1997. Se demostró con un 95% de confianza que hay diferencia significativa entre las aceleraciones promedio de buses según la fecha de fabricación, lo que coincide con [2], quien determinó que hay una diferencia notable entre los niveles de vibración promedio de autobuses nuevos y viejos (no indica cantidad de años), no obstante, en el presente estudio los niveles encontrados son más altos que los reportados en otras investigaciones. No se pudo demostrar la influencia del resto de las variables en la exposición.

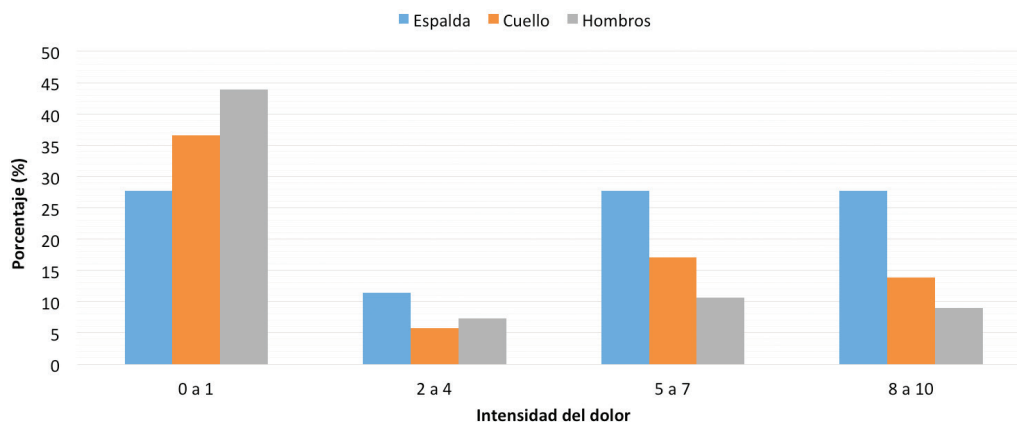
### Molestias presentadas por la población en estudio

Se entrevistaron a 123 conductores de autobús y se les consultó por las partes del cuerpo sobre las cuales hayan presentado dolencias en el último año. El porcentaje más alto se obtuvo para ambas rodillas (uso de pedales para el cambio de marcha y freno) y espalda superior, esto se puede deber al uso de la caja de cambios y a posturas incorrectas (ver figura 2).



**Figura 2.** Partes del cuerpo en que los conductores han presentado dolencias en el último año.

Se consultó específicamente para la zona de la espalda, cuello y hombros, la intensidad de las molestias mediante una escala de 0 (sin dolor) a 10 (muy alto). Los resultados se muestran en la figura 3.



**Figura 3.** Intensidad de las molestias a nivel de espalda, cuello y hombros.



Como se puede observar la mayor parte de los entrevistados presenta intensidad en las molestias entre 0 y 1, sin embargo, hay personas que sí exhiben intensidades de dolor de 8 a 10, especialmente a nivel de espalda.

Con respecto a las posturas de trabajo adoptadas durante la ruta del autobús, se observó que se adopta diferente postura según la tarea: conducir el autobús, realizar el cambio de marcha, abrir la puerta del autobús y recibir y entregar el vuelto al cliente.

Para estas tareas se observaron levantamientos del brazo por encima de los hombros, pues el lugar donde tienen el efectivo es más alto que el asiento del conductor; además al realizar algunos de los cambios hay abducción del brazo, así como al entregar el cambio del pasaje hay torsión de muñeca. Sin embargo, al realizar la evaluación con el método REBA, los niveles de acción calculados fueron de 0 a 1, para un nivel de riesgo entre inapreciable y bajo.

También se consultó si en trabajos anteriores se ha conducido algún medio de transporte u otro tipo de vehículo en el que se haya expuesto a vibraciones, como respuesta se obtuvo que un 22% no ha trabajado con equipos de transporte y un 78% si lo ha hecho. El principal aporte lo realizó, con un 32,5%, en la conducción de camiones, seguido de un 22 % para trailers. Esto evidencia que los actuales colaboradores se han expuesto a vibración en trabajos anteriores. El tiempo de exposición es un factor de riesgo en la exposición a la vibración [16], adicionalmente en un estudio epidemiológico realizado en conductores profesionales (maquinaria pesada, conductores de camiones, autobuses, montacargas), indicaron que los profesionales presentaron dolor de espalda con el aumento de la exposición a la vibración acumulada [14].

Si bien el presente estudio no contempla pruebas para asociar las molestias con los factores de riesgo, hay evidencia en otras investigaciones [7] [5] de que las características de la población como sedentarismo, molestias a nivel de espalda superior, caderas, rodillas, cuello y hombros, tiempo de exposición promedio de 9,4h, trabajos anteriores, posturas como torsión de muñera, cuello y aducción del hombro y la exposición a vibraciones, son factores que combinados pueden favorecer la aparición de desórdenes musculoesqueléticos.

## Conclusiones

El tiempo de exposición promedio a vibraciones y presión sonora es de 9,4 horas. Los niveles de exposición diaria a vibraciones se encuentran entre  $0,2690 \text{ m/s}^2$  y  $0,9010 \text{ m/s}^2$ , sobrepasando en la mayoría de los casos el nivel de acción. Según las pruebas estadísticas realizadas con un 95% de confianza, el nivel de vibración es mayor cuando el motor está adelante, al igual que cuando la suspensión no se utiliza y la antigüedad del bus es de 11 años aproximadamente, son determinantes que podrían influir en la exposición.

El sedentarismo y el sobrepeso que presentan los conductores son factores que pueden contribuir a la presentación de enfermedades cardiovasculares y dolencias musculoesqueléticas en un futuro.

## Recomendaciones

Debido a que los tiempos de exposición en la mayoría de los casos son superiores a los recomendados, se deben tomar medidas para tratar de reducirlos, esto se puede lograr mediante la rotación del personal (en la medida de lo posible) de manera que se expongan menos horas a vibraciones. Dar mantenimiento preventivo a las unidades, para tratar de disminuir el aporte de vibraciones y ruido. Informar al personal sobre las implicaciones de la

exposición a vibraciones y ruido para que mejoren sus estilos de vida y costumbres, esto en conjunto con la empresa.

Al realizar la compra de unidades hay que considerar que el motor esté ubicado en la parte trasera del autobús, puesto que el conductor se ve menos expuesto a ruido.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Seguros y a todas las empresas que participaron en el proyecto, a los conductores que brindaron la información necesaria para la elaboración de este proyecto.

## Referencias

- [1] A. Scarlett, D. Semple, J. Price and R. Stayner, "Whole-body vibration on agricultural vehicles: evaluation of emission and estimated exposure levels," HSE (Health & Safety Executive), 2005.
- [2] J. Dundurs, "Whole-Body Vibration at Work of Urban Traffic Drivers," *Acta Médica Lituanica*, 8(4), pp. 240-242., 2001.
- [3] M. Griffin, "Riesgos Generales: vibraciones.," in *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. , España, OIT (Organización Internacional del Trabajo), 2001, pp. 50-1.
- [4] M. Bovenzi and A. Betta, "Low-back disorders in agricultural tractor driver exposed to whole-body vibration and postural stress," *Applied ergonomics*, 25(4), pp. 231-241, 1994.
- [5] W. M. Keyserling, T. Armstrong and L. Punnett, "Ergonomic job analysis: A structured approach for identifying risk factors associated with overexertion injuries and disorders.," *Occupational & Environmental Hygiene* 6(5), pp. 353-363, 1991.
- [6] H. Dupuis, E. Hartung and M. Haverkamp, "Acute effects of transient whole-body vibration.," *International archives of occupational and environmental health*, 63(4), pp. 261-265, 1991.
- [7] B. Bernard and V. Putz-Anderson, "Musculoskeletal disorders and workplace factors; a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorder or neck, upper extremity, and low back.," 1997.
- [8] G. Ariens, W. Van Mechelen, P. Bongers, L. Bouter and G. Van Der Wal, "Physical risk factors for neck pain," *Scandinavian journal of work, environmental & health*, pp. 7-19, 2000.
- [9] B. Wikström, "Effects from twisted postures and whole-body vibration during driving.," *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12 (1-2), pp. 61-75, 1993.
- [10] Vibration Injury Network, "Guidelines and Questionnaires for Whole-Body Vibration Health Surveillance. Appendix W1A to Final Report," 2001.
- [11] G. M. Moreno, "Definición y clasificación de la obesidad.," *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(2), pp. 124-128., 2012.
- [12] International Standard Organization, *Mechanical vibration and shock- Evaluation of exposure to whole body vibration. Part 1: General Requirements. ISO 2631-1:1997.*, 1997.
- [13] C. Lewis and P. W. Johnson, "Whole-body vibration exposure in metropolitan bus drivers.," *Occupational medicine*, 62(7), pp. 519-524, 2012.
- [14] M. Bovenzi, F. Rui, C. Negro, F. D'Agostin, G. Angotzi, S. Bianchi and L. Rondina, "An epidemiological study of low back pain in professional drivers.," *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), pp. 514-539, 2006.
- [15] M. Bovenzi, "A longitudinal study of low back pain and daily vibration exposure in professional drivers," *Industrial Health* 48(5), pp. 584-595, 2010.
- [16] INSHT, "Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.," Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, España, 2005.
- [17] M. Bovenzi, I. Pinto and N. Stacchini, "Low back pain in port machinery operators.," *Journal of sound and vibration*, 253 (1), pp. 3-20, 2002.
- [18] L. Silva and R. Mendes, "Combined exposure to noise and vibration and its effects on worker's hearing.," *Revista de Saúde Pública* , 39(1), pp. 9-17, 2005.
- [19] K. Kumar and V. Jain , "A study of noise in various modes of transport in Delhi," *Applied Acoustic*, 43 (1), pp. 57-65, 1994.
- [20] Directive 2002/44/EC, *On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)*, L177/13, 2002.

- [21] A. K. Mukherjee, S. Bhattacharya, S. Ahmed, S. K. Roy, A. Roychowdhury and S. Sen, "Exposure of drivers and conductors to noise, heat, dust and volatile organic compounds in the state transport special buses of Kolkata city," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(1), pp. 11-19, 2003.
- [22] M. Griffin, *Handbook of human vibration*, London: Academic Press, 1990.