



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

## ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO EN TRACTORES AGRÍCOLAS

PACS: 43.40.Ng

De la Hoz Torres, María Luisa<sup>1</sup>; Aguilar Aguilera, Antonio Jesús<sup>1</sup>; Ruiz Padillo, Diego Pablo<sup>1</sup>; Martínez Aires, María Dolores<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Granada, Departamento de Física Aplicada

Avd. Fuentenueva s/n

18071 Granada, España

E-mail: mlhoz@ugr.es, antojos@ugr.es, druiz@ugr.es

<sup>2</sup> Universidad de Granada, Departamento de Construcciones Arquitectónicas

Avd. Fuentenueva s/n

18071 Granada, España

E-mail: aires@ugr.es

**Palabras clave:** Vibración transmitida a cuerpo entero, Tractores agrícolas, Superficies

### ABSTRACT

Workers in the agricultural sector are exposed to vibrations in the workplace. Continued exposure to Whole Body Vibration may cause musculoskeletal disorders. This study analyses the whole body vibrations transmitted by agricultural tractor. Tests have been carried out on different surface conditions (tarmac, dirt road and off-road) and speed. Measurements were based on the EU Directive on physical agents (vibration) 2002/44/EC, BS-6472-1:2008 and ISO 2631-1:2017.

Whole Body Vibration, Agricultural tractor, Surface

### RESUMEN

Un elevado número de trabajadores del sector agrario se encuentran expuestos a vibraciones en su puesto de trabajo y sufren trastornos músculo esqueléticos derivados de distintas actividades realizadas. Este estudio analiza las Vibraciones transmitidas al Cuerpo Entero a través de una de las maquinarias más comunes en el sector, los tractores agrícolas. Se han considerado las diferentes condiciones de superficie de desplazamiento (asfalto, grava y off road) y velocidad. Las mediciones se han realizado de acuerdo a la Directiva de la UE sobre Agentes Físicos (vibración) 2002/44/CE y la ISO 2631-1:2017.

### 1. INTRODUCCION

La exposición a vibraciones se produce en numerosos sectores laborales cuando se utilizan vehículos, afectando a una gran parte de la sociedad. En el sector agrícola es muy común el uso de tractores debido a su versatilidad, empleándose para una amplia variedad de operaciones y en entornos heterogéneos. El conductor se encuentra expuesto a vibraciones transmitidas a cuerpo entero (en adelante VCE) desde la superficie del asiento y el suelo de la cabina del tractor (Langer et al. 2015). La magnitud, frecuencia y duración de las VCE varían en función de las



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

características de la actividad y las condiciones en las que se ejecuta, lo que hace difícil prever y estandarizar las vibraciones transmitidas (Cutini et al. 2016). Por otro lado, las irregularidades del terreno y la velocidad de desplazamiento son factores importantes que influyen en las vibraciones y, por lo tanto, en la eficacia y productividad del conductor (Deboli et al. 2017).

La respuesta que genera el cuerpo humano expuesto a VCE se produce a nivel físico, psicológico y fisiológico (Kubo et al. 2001) siendo algunas frecuencias de la señal transmitida al conductor (2-11Hz) más dañinas debido a que coinciden con la frecuencia de resonancia de la cabeza, pecho y abdomen (Kubo et al. 2001; Zehsaz et al. 2011). Además, la exposición a VCE tiene efectos sobre el rendimiento cognitivo del conductor, aumentando el tiempo que invierte en corregir errores cuando los niveles de vibración transmitidos son altos (Costa et al. 2014). Esto afecta a la eficiencia y la comodidad del conductor durante la ejecución del trabajo (Kang and Kaizu 2011). Por último, indicar que la exposición prolongada puede ocasionar daños en las articulaciones del cuerpo humano y cambios degenerativos en los tejidos, con especial afección de la columna vertebral (Fritz et al. 2005).

El presente estudio analiza las vibraciones transmitidas desde la superficie del asiento al conductor durante la ejecución de operaciones con un tractor agrícola. Se ha considerado la velocidad y las diferentes superficies de desplazamiento. La exposición se ha calculado teniendo en cuenta la Directiva 2002/44/CEE (Europea 2002) y las normas ISO 2631-1&5 y BS6472-1.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Conductor**

Para la ejecución de las pruebas de campo se seleccionó un conductor con amplia experiencia en el sector (más de 40 años trabajando como agricultor en el cultivo del olivar y 30 años de experiencia en conducción de tractores agrícolas). El conductor, con una edad de 60 años, tiene una altura de 178cm y un peso de 72Kg.

Previo al inicio de las pruebas se realizó una entrevista al conductor para conocer en qué tipo de actividades percibía que las vibraciones eran más molestas, cuáles contenían más choques y si interferían en el desarrollo normal de la actividad. La información obtenida ha sido considerada al diseñar los tres casos analizados en este estudio. El conductor fue informado de los riesgos y consecuencias derivadas de la exposición a VCE, aportando su consentimiento en la participación.

### **2.2. Vehículo**

El tractor agrícola utilizado para desarrollar las pruebas tiene una potencia de 110cv. El vehículo se caracteriza por tener un peso de 4.2 t (incluida la cabina), altura de 2.73 m y anchura 2.20 m. La elección de este vehículo se debe a que tiene una antigüedad de 10 años y el mantenimiento ha sido realizado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. El fabricante se encuentra entre los 10 con más ventas de tractores en Europa, además de comercializarlos a nivel global.

### 2.3. Casos de estudio diseñados para el análisis

Las pruebas de campo se realizaron en tres situaciones diferentes:

Caso 1: desplazamiento (diferentes superficies). El conductor se desplazó con el tractor atravesando superficies de diferente naturaleza: asfalto, camino de grava y off road.

Caso 2: uso de apero de labranza a velocidad constante (superficie off road).

Caso 3: uso de apero de labranza a velocidad variable (superficie off road).

En carretera el tractor se desplaza generalmente a la máxima velocidad -40km/h- de forma casi constante. En superficies menos regulares, el vehículo limita su velocidad por seguridad del propio conductor que realiza las operaciones (2.5 - 20Km/h). Durante las actividades con aperos agrícolas, la velocidad máxima que alcanza el vehículo es inferior a 40 km/h.

### 2.4. Equipamiento

Para el estudio se utilizó un acelerómetro triaxial incorporado en un disco semirrígido (SV38, Svantek) con una frecuencia de respuesta ( $\pm 3\text{dB}$ ) de 0.1Hz – 100Hz y sensibilidad ( $\pm 5\%$ ) de 50mV/(ms<sup>-2</sup>) a una frecuencia de 15.915Hz. Su rango de medición es de 0.01 ms<sup>-2</sup> rms a 50ms<sup>-2</sup> pico. El acelerómetro se conecta con el equipo SV106 dónde se registra y almacena la aceleración muestreada sin ponderar. El equipo SV38 se colocó en la superficie del asiento, en el lugar donde se produce el contacto entre el cuerpo humano y la fuente de vibración, para registrar la señal transmitida al conductor durante las operaciones. La señal fue muestreada con una frecuencia de 6000Hz. Ambos instrumentos cumplen con los requisitos establecidos en la norma ISO 2631-1,2&5.

Un sensor GPS se instaló en la cabina del tractor para registrar el desplazamiento del vehículo. El equipo utilizado ha sido un GPS Tomtom que dispone de: QUICK GPS FIX, el navegador utiliza la señal de 4 satélites para determinar su posición de inicio. La frecuencia de muestreo de la posición del vehículo es de 1 Hz. Ambos sensores (GPS y acelerómetro), se sincronizaron para que los datos obtenidos pudieran ser posteriormente relacionados.

### 2.5. Cálculo de la exposición a vibraciones a cuerpo completo

Con el objetivo de evaluar la exposición a VCE se ha utilizado el programa Matlab para calcular los parámetros definidos en la ISO 2631-1, BS 6472-1 y ISO2631-5. Para la implementación de los filtros para la ponderación de la señal, se ha considerado que el sujeto siempre se encuentra sentado en la misma posición y que el análisis tiene como objetivo determinar los posibles efectos sobre su salud. Las características de los filtros implementados se muestran en la Tabla 1. Las normas ISO 2631-1 y BS 6472-1 proponen los mismos filtros para las características del análisis propuesto, por lo que solo se han utilizado los filtros  $W_d$  y  $W_k$ .

Ejes	Filtro	Banda limitante		Transición aceleración-velocidad			Subida de escala			
		$f_1$ Hz	$f_2$ Hz	$f_3$ Hz	$f_4$ Hz	$Q_4$	$f_5$ Hz	$Q_5$	$f_6$ Hz	$Q_6$
x y	$W_d$	0.4	100	2.0	2.0	0.63	$\infty$	-	$\infty$	-

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

z	$W_k$	0.4	100	12.5	12.5	0.63	2.37	0.91	3.35	0.91
---	-------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------

Tabla 1. Características de los filtros de ponderación en frecuencia.

Los parámetros calculados se definen en la Tabla 2.

N	Fórmula	Descripción
1	$rms = \left( \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right)^{1/2}$	Valor eficaz de la aceleración ponderada ( $ms^{-2}$ ), donde $a_w(t)$ es la aceleración ponderada ( $ms^{-2}$ ), $T$ es la duración (s).
2	$v dv = \left( \int_0^T a_w^4(t) dt \right)^{1/4}$	Valor dosis de la vibración de la aceleración ponderada ( $ms^{-1.75}$ ), aceleración ponderada $a_w(t)$ , $T$ es la duración de la medida (s).
3	$FC = \frac{\max(a_w(i))}{rms a_w(i)}$	Factor cresta, relación entre el valor máximo de pico instantáneo de la aceleración ponderada en frecuencia y su valor rms.
4	$A(8) = k \cdot rms \cdot \left( \frac{T_{exp}}{8h} \right)^{1/2}$	Exposición diaria $A(8)$ ( $ms^{-2}$ ), calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia según los tres ejes ortogonales. $T_{exp}$ es el tiempo de exposición (s), $k$ es un factor que multiplica al valor rms según el eje.
5	$VDV = k \cdot v dv \cdot \left( \frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4}$	Valor Dosis de exposición a Vibración ( $ms^{-1.75}$ ), calculado como el mayor de los valores de dosis de vibración ( $v dv$ ) de las aceleraciones ponderadas en frecuencia en cada eje. $T_{exp}$ es el tiempo de exposición (s), $T_{meas}$ es el tiempo de medición (s), $k$ es un factor que multiplica al valor rms según el eje.
6	$D_k = [\sum_i A_{ik}^6]^{1/6}$	Dosis de aceleración. $A_{ik}$ es el $i$ -ésimo pico de la aceleración de respuesta $a_{ik}(t)$ , $k = x, y$ o $z$ .
7	$D_{kd} = \left[ \sum_{j=1}^i D_{ik}^6 \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right]^{1/6}$	Dosis de exposición diaria normalizada, donde $t_{dj}$ es la duración de la exposición diaria durante la exposición a vibraciones $j$ ; $t_{mj}$ es la duración de la medición de la exposición
8	$S_e = [\sum_{k=x,y,z} (m_k D_k)^6]^{1/6}$	Estrés compresivo estático equivalente, $m_k$ son factores recomendados para cada eje, $D_k$ es la dosis de aceleración.
9	$S_{ed} = [\sum_{k=x,y,z} (m_k D_{kd})^6]^{1/6}$	Dosis de compresión estática diaria equivalente, calcula a partir de Dosis de exposición diaria $D_{kd}$
10	$R = \left[ \sum_{i=1}^n \left( \frac{S_{ed} \cdot N^{1/6}}{S_{ui-c}} \right)^6 \right]^{1/6}$	Factor de Riesgo, $i$ es el contador anual; $n$ es el número de años de exposición; $c$ cte representa la tensión estática debida a la fuerza de la gravedad; $S_{ui}$ es la fuerza máxima de la columna lumbar para una persona de edad $(b + i)$ años; $b$ edad a la que comienza la exposición. $c = 0.25 MPa$ ; $S_{ui} = 6.75 - 0.066(b + i)$

Tabla 2. Ecuaciones de los parámetros para el análisis de la exposición.

La Directiva 2002/44/CEE establece límites para evaluar la exposición: Valor Límite que da lugar a una Acción (VLA) ( $1.15 \geq A(8) \geq 0.5 ms^{-2}$  o  $21 \geq VDV \geq 9.1 ms^{-1.75}$ ) y Valor Límite de Exposición (VLE) ( $A(8) \geq 1.15 ms^{-2}$  o  $VDV \geq 21 ms^{-1.75}$ ). Por otro lado, la norma ISO2631-5 determina que si:  $R < 0,8$  o  $S_{ed} < 0.5 MPa$  indica baja probabilidad de efectos adverso para la salud;  $R > 1,2$  o  $S_{ed} > 0.8 MPa$  indica alta probabilidad de efectos adverso para la salud.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección muestra los resultados obtenidos en los tres casos. En primer lugar, se han analizado las señales de acuerdo a los métodos de la normativa citada (sección 1). Posteriormente, se han comparado los valores obtenidos según las características de exposición.

#### 3.1. Vibraciones transmitidas durante el desplazamiento sobre diferentes superficies.

La Tabla 3 resume los principales resultados del caso 1 según las diferentes superficies.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

Superficie	Eje	FC	rms ( $\text{ms}^{-2}$ )	vdv ( $\text{ms}^{-1.75}$ )	Sed (Mpa)	Factor R
Asfalto	x	10.80	0.30	2.98	0.52	0.67
	y	7.54	0.34	2.80		
	z	13.90	0.42	3.67		
Grava	x	8.15	0.52	3.48	0.69	0.82
	y	7.25	0.48	3.30		
	z	6.61	0.56	3.35		
Off road	x	9.71	0.64	4.44	1.24	1.59
	y	5.40	0.39	2.16		
	z	20.82	0.50	4.79		

Tabla 3. Resultados de la exposición a vibraciones. Caso 1.

Se observa que las vibraciones transmitidas contienen múltiples choques, la señal presenta un factor cresta alto en varios ejes (eje z en asfalto y off road). La superficie de desplazamiento que supone la transmisión de vibraciones más desfavorables para la salud del trabajador es off road (superficie con mayor irregularidad), presenta los valores rms y vdv más altos de las tres superficies. La Figura 1a y 1b muestran la evolución de los parámetros A(8) y VDV conforme aumenta el tiempo de exposición del conductor. En todos los casos, el método de VDV es mucho más restrictivo que el método de exposición diaria A(8). En el caso del desplazamiento off road, con el método A(8) se alcanza el límite VLA en 2h 29', mientras que con el método VDV se alcanza en 13'. La situación es similar en el caso de desplazamientos en grava y asfalto.

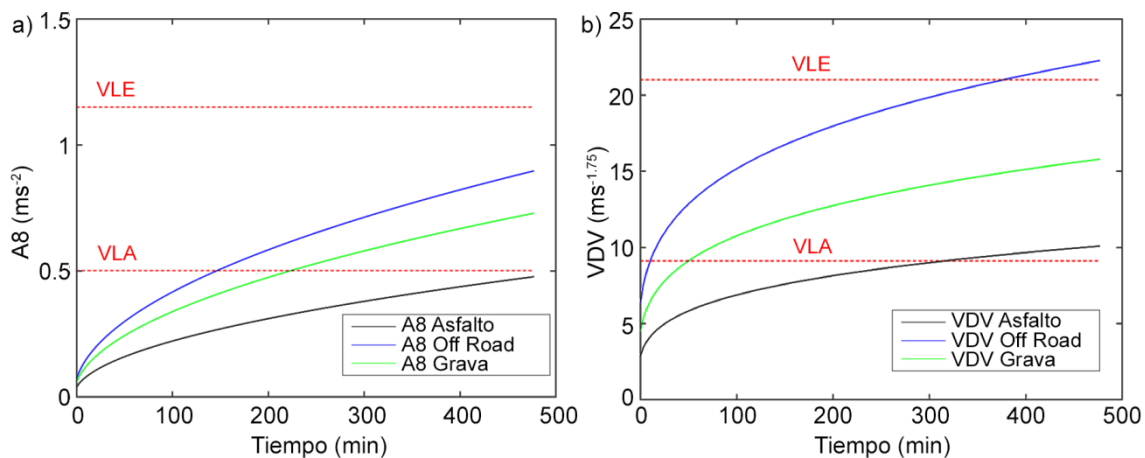


Figura 1. a) Evolución A(8) en cada superficie en 8h. b) evolución VDV en cada superficie en 8h.

La evolución del parámetro  $S_{ed}$  (ver Figura 2) definido en la ISO2631-5 aporta conclusiones similares a los métodos de evaluación anteriores. El desplazamiento sobre superficie off road es el que tiene un  $S_{ed}$  y factor R más alto si se comparan las tres superficies teniendo en cuenta que se ha considerado unas condiciones óptimas para su cálculo: 35 años de experiencia del trabajador y desplazamientos de estas características 4 horas al día durante 150 días al año.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

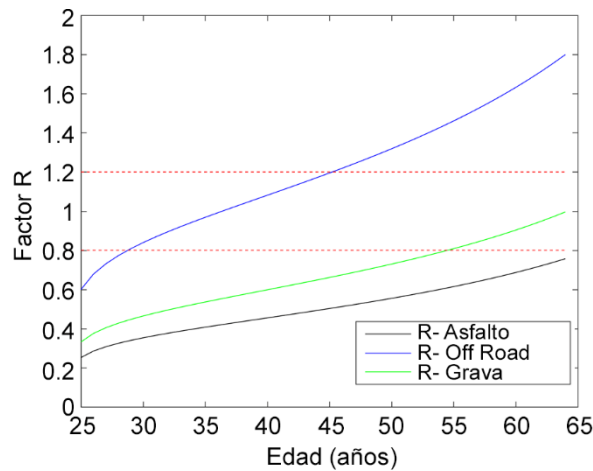


Figura 2: Evolución del factor R del conductor según la superficie de desplazamiento.

### 3.2. Vibraciones transmitidas durante uso de apero de labranza a velocidad constante.

Los principales resultados obtenidos del análisis de las vibraciones transmitidas en el caso 2 se muestran en la Tabla 4. El eje z presenta un factor cresta muy superior al de los ejes x e y, aunque este dato no determina que el rms y vdv de la señal en este eje sean los más desfavorables de la exposición.

Superficie	Eje	FC	rms ( $\text{ms}^{-2}$ )	vdv ( $\text{ms}^{-1.75}$ )	Sed (Mpa)	Factor R
Off road	x	7.91	0.68	6.47	0.93	1.19
	y	7.87	0.51	4.94		
	z	17.65	0.58	6.20		

Tabla 4. Resultados de la exposición a vibraciones. Caso 2.

En este caso, al conductor se le indicó que realizara la actividad con normalidad y que informara de si se producía alguna variación respecto a una jornada típica. Los datos obtenidos de rms y vdv son muy altos, por lo que para un tiempo de exposición prolognado, la exposición es muy severa para la salud del trabajador. Tras calcular la exposición diria  $A(8)$  y  $VDV$  para un tiempo de exposición de 4 horas, se obtiene  $A(8)_{\text{exp}=4\text{h}} = 0.67 \text{ ms}^{-2}$  y  $VDV_{\text{exp}=4\text{h}} = 16.06 \text{ ms}^{-1.75}$ , valores muy superiores al VLA. El parámetro  $S_{\text{ed}}$  también muestra que una exposición prolongada con las características de la actividad analizada, supone un alto riesgo para la salud del conductor (ver Figura 3).

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

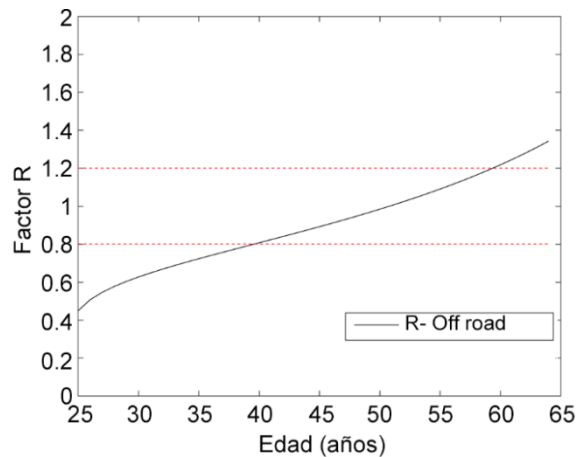


Figura 3: Evolución del factor R del conductor en el caso 2.

**3.3. Vibraciones transmitidas durante uso de apero de labranza a diferentes tramos de velocidad.**

En este caso se le indicó al conductor que realizara la misma actividad que en el caso 2, pero controlando la velocidad. Los resultados obtenidos de su análisis se muestran en la Tabla 5.

Tramo Velocidad (km/h)	Eje	FC	rms (ms <sup>-2</sup> )	vdv (ms <sup>-1.75</sup> )	Sed (Mpa)	Factor R
2 – 3,5	x	3.68	0.38	1.76	0.26	0.33
	y	4.58	0.35	1.70		
	z	4.29	0.34	1.61		
3.5 – 5.5	x	3.94	0.48	2.32	0.42	0.54
	y	7.96	0.37	2.34		
	z	4.94	0.41	2.00		
5.5 – 7,5	x	6.68	0.77	4.36	0.62	0.80
	y	6.35	0.55	3.26		
	z	8.18	0.64	3.84		

Tabla 5. Resultados de la exposición a vibraciones. Caso 3.

Conforme a los datos de la Figura 4, el rms y vdv de las vibraciones transmitidas al conductor en cada tramo de velocidad se incrementa en todos los ejes conforme aumenta la velocidad de desplazamiento. En este caso el eje x es el más desfavorable, aunque a velocidades bajas la magnitud de las vibraciones transmitidas en todos los ejes se encuentra más próxima.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

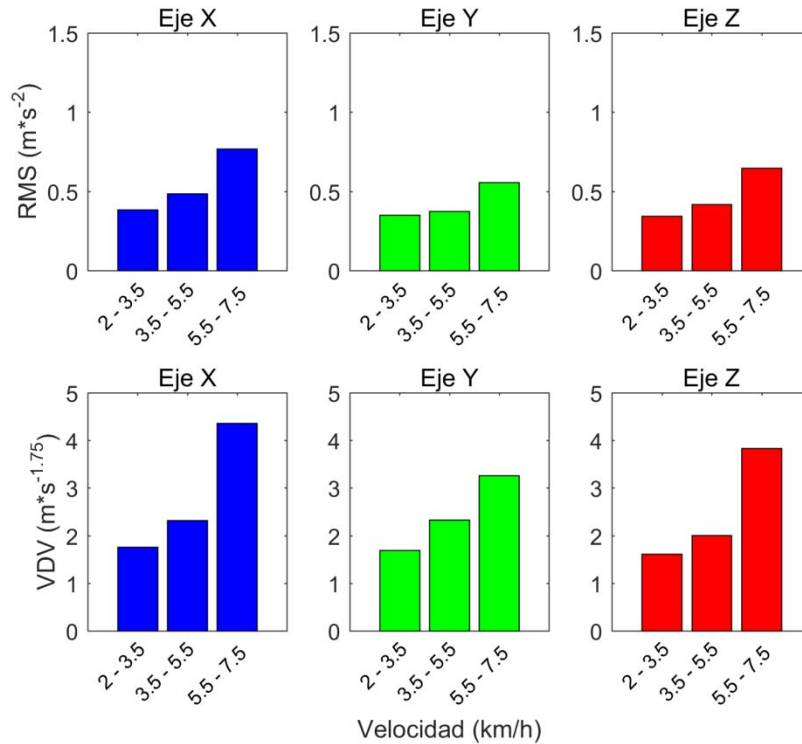


Figura 4. Evolución del rms y vdv en cada eje en diferentes tramos de velocidad.

Por lo tanto, el desplazamiento en un rango de velocidad alto sobre superficie off road determina que el conductor alcance el límite de exposición a VLA y VLE en menor tiempo. En este caso, evaluar la exposición con el método VDV (en el tramo de 5.5 - 7.5km/h alcanza VLE en 7h 28 minutos) es más restrictivo que con el método A(8) (alcanza VLE en 9h y 6minutos), como se aprecia en la Figura 5a y 5b.

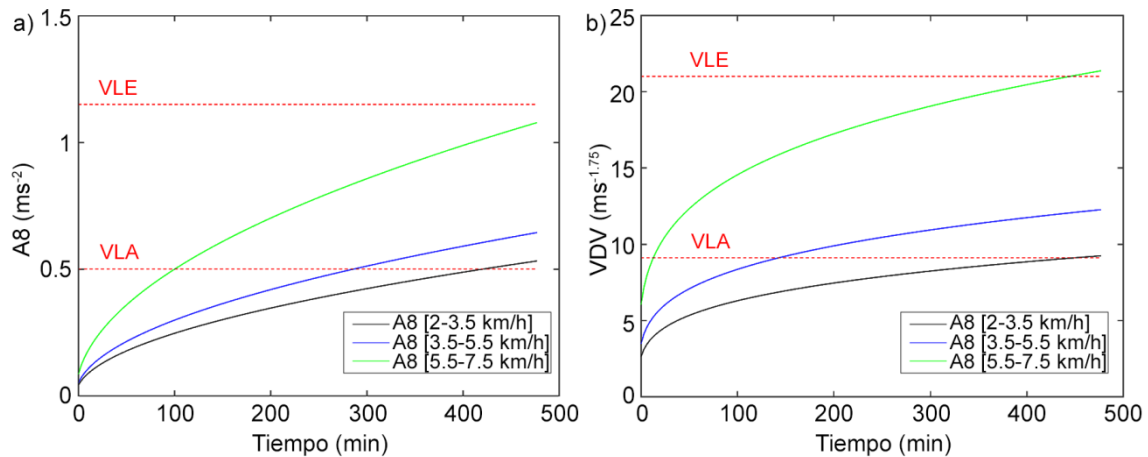


Figura 5. a) Evolución A(8) en distintos rangos de velocidad en 8h. b) Evolución del VDV en distintos rangos de velocidad en 8h.



## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

### 4. CONCLUSIONES

Son múltiples los métodos para la evaluación a la exposición a VCE recogidos en la normativa actual, sin embargo, los resultados obtenidos aplicando varios de ellos al mismo caso de estudio proporcionan valoraciones de la exposición diferentes.

De los distintos métodos normalizados, solamente la ISO 2631-5 tiene en cuenta la exposición a largo plazo y proporciona un método que permite determinar la severidad de la exposición a lo largo de los años. Los métodos definidos en la ISO 2631-1 y BS 6472-1 solo valoran la exposición durante una jornada laboral.

Los factores que influyen en la magnitud de las vibraciones transmitidas al conductor a través de la superficie del asiento son numerosos. La naturaleza de la superficie de desplazamiento y su índice de rugosidad, así como la velocidad a la que circule, son factores determinantes en la magnitud de las vibraciones transmitidas. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que al aumentar la irregularidad de la superficie también aumenta la magnitud de las vibraciones. Lo mismo ocurre al aumentar la velocidad de desplazamiento.

La adaptación de la velocidad al tipo de superficie puede ser un factor clave para la reducción de las vibraciones transmitidas. La formación y entrenamiento de conductores supone una estrategia que, junto con la mejora de los vehículos, puede reducir los niveles de vibraciones transmitidas y mejorar la calidad de vida de los conductores.

### 6. REFERENCIAS

- BS 6472-1:2008. Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock.
- Costa, N., Arezes, P., and Melo, R. (2014) Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance *Int J Ind Ergonom* 44(5) 654-661
- Cutini, M., Costa, C., and Bisaglia, C. (2016) Development of a simplified method for evaluating agricultural tractor's operator whole body vibration *J Terramech* 63 23-32
- Deboli, R., Calvo, A., and Preti, C. (2017) Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat *Int J Ind Ergonom* 58 69-78
- Fritz, M., Fischer, S., and Bröde, P. (2005) Vibration induced low back disorders—comparison of the vibration evaluation according to ISO 2631 with a force-related evaluation *Appl Ergonom* 36(4) 481-488
- ISO2631-1:2017 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.
- ISO 2631-5:2004. Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks.
- Kang, T.-H., and Kaizu, Y. (2011) Vibration analysis during grass harvesting according to ISO vibration standards *Comput Electron Agric* 79(2) 226-235
- Kubo, M., Terauchi, F., Aoki, H., and Matsuoka, Y. (2001) An investigation into a synthetic vibration model for humans: An investigation into a mechanical vibration human model constructed according to the relations between the physical, psychological and physiological reactions of humans exposed to vibration *Int J Ind Ergonom* 27(4) 219-232
- Langer, T. H., Ebbesen, M. K., and Kordestani, A. (2015) Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler *Int J Ind Ergonom* 47 79-83



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

Parlamento Europeo (2002). "Directiva 2002/44/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones)." Parlamento Europeo, Bruselas.

Zehsaz, M., Sadeghi, M., Etefagh, M., and Shams, F. (2011) Tractor cabin's passive suspension parameters optimization via experimental and numerical methods *J Terramech* 48(6) 439-450