

Evaluación de las vibraciones globales transmitidas a trabajadores en una empresa agroindustrial productora de azúcar.

Assessment of global vibrations transmitted to workers in an agroindustrial company producing sugar.

Giovanni de Jesús Arias Castro¹, Ciro Martínez Oropesa² & Cesar Augusto Reyes³

Resumen

El objetivo de este estudio consistió en medir la intensidad de las vibraciones (en términos de aceleración) originados por máquinas en una empresa del sector agroindustrial, con la finalidad de ser comparados con los límites de exposición permisibles sugeridos en la norma ISO 2631-1 para establecer el riesgo al que están expuestos los colaboradores. El equipo utilizado fue un monitor de vibraciones VI- 400 Pro Quest Technologies, compuesto por un acelerómetro triaxial de pies - asiento o PCB 356B40. La investigación se efectuó en el pasillo donde están ubicadas dos centrifugas por medio de las cuales se recibe la masa cocida proveniente del tacho y se separa el cristal de la miel y en tres (3) grúas de hilo a través de las cuales se realiza el descargue de los trenes cañeros. Los hallazgos demostraron que existen diferencias en las vibraciones generadas por las grúas y en el pasillo donde están ubicadas las centrifugas, las intensidades de las vibraciones mostraron el siguiente comportamiento: 45,5% de las aceleraciones obtenidas por medio de mediciones en campo oscilan en un rango entre 8,0 m/s² y 1,15 m/s², representando un riesgo elevado para la salud de los trabajadores, el 54,5% de las mediciones superaron la intensidad de aceleración de 1,15 m/s². Se recomienda realizar estudios posteriores que permitan la reducción del riesgo por exposición y el adecuado mantenimiento de las máquinas.

Palabras claves: aceleración, vibración, riesgo.

Abstract

The objective of this study was to measure the intensity of vibration (in terms of acceleration) caused by different machines in an agrobusiness company and compare them to the permissible exposure limits listed in the ISO 2631 Standard, and define any risks to which employees may be exposed. The equipment used was a 400 Pro Quest VI Technologies vibration monitor, which consists of a triaxial foot to seat accelerometer or PCB 356B40, which meets international standards ISO 2631-1, ISO 5349-2001, ANSI S3.34, ACGIH WBV 2004. The measurements were conducted in a hall where two centrifuges are located, through which the cooked mass sugarcane is run in order to separate honey from glass, and in three thread (3) cranes used to unload sugarcane trains. Results showed differences in vibration levels generated by the cranes and the halls where the centrifuges are located. Vibration intensity was as follows: 45.5% of the accelerations obtained through measurements varied from 8.0 m/s² to 1.15 m/s², representing a high health risk for workers; 54.5% of the measurements exceeded an acceleration intensity of 1.15 m/s². Recommendations include reduction of exposure levels and better machine maintenance.

Keywords: acceleration, vibration, risk.

¹Ingeniero Industrial, Master en Ingeniería Industrial, Especialista en Higiene y Seguridad Industrial, Profesor asociado, Departamento de Operaciones y Sistemas, Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia. garias@uao.edu.co

²Economista Industrial. Magíster en Dirección y Master en Prevención de Riesgos Laborales. Departamento de Operaciones y Sistemas. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Occidente. Departamento de Ciencias Sociales. Facultad de Ingeniería y Administración. Universidad Nacional de Colombia. cmartinezo@uao.edu.co; cmartinezo@unal.edu.co

³Ingeniero Industrial, Especialista en Gerencia, Universidad San Buenaventura, Cali, Colombia. careyes4@usbcali.edu.co

Introducción

Las vibraciones de origen mecánico representan un riesgo para la salud de las personas, cuando éstas se exponen al operar herramientas, equipos o máquinas que generan vibraciones. Desde una perspectiva de la Seguridad y Salud en el Trabajo, se ha demostrado que la exposición a vibraciones críticas en cuerpo entero, combinada con otros factores, tales como demandas posturales incómodas, pueden afectar sensiblemente la salud y el bienestar de los trabajadores. Con el fin de intervenir en este riesgo se han elaborado normas de carácter internacional que permiten la identificación, evaluación e intervención de los riesgos asociados a las vibraciones mecánicas. El desarrollo de la presente investigación se sustentó en la Norma ISO 2631 de 1997, la cual establece criterios metodológicos utilizados para el estudio de las vibraciones en cuerpo entero.

Vibraciones

La palabra vibración se refiere a los movimientos oscilatorios (en todas las direcciones) de las estructuras, de los sistemas mecánicos o de sus componentes.... Las vibraciones son causadas siempre por fuerzas no continuas, esto es, fuerzas que puedan ser oscilatorias en magnitud o dirección, o fuerzas que se aplican o liberan de repente.... En general, la vibración puede describirse como un movimiento oscilatorio de un sistema. El movimiento puede ser un movimiento armónico simple o puede ser extremadamente complejo. El sistema puede ser gaseoso, líquido o sólido. (Henao, 2007, p. 81).

Según McPhee, Foster & Long (2009, p. 6) “La vibración se refiere a los movimientos oscilatorios de los cuerpos sólidos (...) surge de fuentes mecánicas con las que los seres humanos tienen el contacto físico”, se describen dos tipos de exposición a las vibraciones mano brazo y cuerpo entero.

La vibración cuerpo entero se produce cuando una persona está de pie o sentado en una superficie que está vibrando. La vibración se transmite a través del cuerpo a la cabeza. Así que para una persona que está sentada en un camión y transita por una carretera llena de baches, el trayecto de la transmisión

se produce desde lacarretera, pasando a través del sistema de suspensión del vehículo al asiento y luego, a través del cuerpo y el esqueleto del conductor, al cráneo. (Burgess & Foster, 2012, p. 26).

La exposición a vibraciones de cuerpo entero (VCE) afecta a los trabajadores que operan tractores, excavadoras, carretillas elevadoras, vehículos blindados, camiones, y muchos otros vehículos y máquinas, en este sentido, el conocimiento es incompleto, algunas investigaciones apuntan que dicha exposición a las vibraciones y movimientos oscilatorios pueden causar un incremento del riesgo de dolor en la zona baja de la espalda, aunque el principal efecto de las vibraciones se manifiesta en esta zona del organismo; también se pueden presentar daños a los órganos internos, de acuerdo con el Canada's National Centre for Occupational Health and Safety - CCOHS (2008) y Health and Safety Executive (2011). Las investigaciones han demostrado que las vibraciones de cuerpo entero pueden incrementar el ritmo cardiaco, intensidad de la respiración y el consumo de oxígeno, y puede producir cambios en la sangre y la orina, generando a su vez sensación de malestar y decrecimiento del desempeño de los trabajadores, así como náuseas que afectan el mecanismo de balanceo en el oído, estos efectos son generados entre las frecuencias de 0.1 a 1 Hz.

En muchos estudios desarrollados en campo o laboratorios se han investigado las respuestas objetivas y subjetivas de los seres humanos a las vibraciones. Los objetivos de estos estudios han sido diversos, desde la identificación de los factores que afectan las respuestas biodinámicas a las vibraciones (Nawayseh & Griffin, 2012) hasta los factores que afectan el *confort* y la salud (Basri & Griffin, 2012, 2013; Gallais, 2008 y Subashi, Nawayseh, Matsumoto & Griffin, 2009)

En algunos estudios, las variables independientes estudiadas han estado relacionadas con las características físicas de las vibraciones (la dirección, la frecuencia, magnitud, forma de onda y duración). En otros estudios, la postura de la persona (sedente erguida, postura encorvada o normal) o las condiciones de asiento (con o sin respaldo, ángulo de la superficie de asiento, y el ángulo de respaldo) fueron las variables independientes (Wang, Rakheja & Boileau, 2004).

Los problemas de salud más comunes en los conductores como consecuencia a la exposición prolongada a las vibraciones de alto nivel, son los

trastornos músculo-esqueléticos (dolor lumbar, el cuello, los hombros y dolores al arrodillarse), los trastornos mentales (cansancio, tensión, fatiga mental), trastorno del sueño, etc. (Alperovitch-Najenson, Santo, Masharawi, Katz-Leurer, Ushvaev & Kalichman, 2010).

Una variable adicional de las causas de la incomodidad del asiento, es el tiempo durante el cual un individuo se expone a las vibraciones en postura sedente. Estudios anteriores como los De Carvalho & Callaghan (2011) y Smith, Mansfield, Gyi, Pagett & Bateman (2015), han demostrado analíticamente la sensación de un aumento general de malestar en el tiempo. A través de una serie de estudios asociados al movimiento vibratorio y los largos periodos de exposición en postura sedente (Mansfield, Mackrill, Rimell & MacMull, 2014) demostraron que el malestar aumenta en la misma medida que lo hace la magnitud de la vibración y prolongación de la postura sedente.

Según Morgan & Mansfield (2014), el efecto secundario más frecuente de la vibración cuerpo entero se refleja como dolor en la zona baja de la espalda y el cuello.

Por otro lado, se ha evidenciado que la masa corporal en relación con la exposición a vibraciones, ha sido uno de los factores intrínsecos más comúnmente investigados. Las investigaciones han sido desarrolladas en diferentes condiciones experimentales, como en vehículos con suspensiones, diversos tipos de asientos, respaldos, condiciones de las superficies y vehículos. El establecimiento de una relación lineal negativa entre la masa corporal y los niveles de exposición a vibraciones (Bluthner, Hinz, Menzel, Schust & Seidel, 2006). La sangre y otros (Blood, Ploger & Johnson, 2010 y Blood, Ploger, Yost, Ching & Johnson, 2010).

Metodología

El estudio se desarrolló en una empresa agroindustrial del Departamento del Valle del Cauca en Colombia, en el año 2013, en las áreas de centrifugación y en grúas de hilo. El tamaño de la muestra correspondió a una población finita, basada en los puestos de trabajos que corresponden a las áreas previamente seleccionadas, en función de las características de los equipos utilizados. Para la investigación se seleccionaron las áreas y máquinas donde está presente el factor de riesgo físico vibraciones, en la que laboran 10 trabajadores, expuesto al mismo durante las ocho

(8) horas de la jornada. La selección de la muestra se obtuvo por medio de entrevistas realizadas al personal de estas dos áreas, y un análisis minucioso del estado técnico de las máquinas y condiciones de trabajo, que permitió identificar de forma acertada las áreas y equipos que posiblemente transmitían más vibraciones al ser humano. En este proceso, se identificaron los siguientes equipos: tres (3) grúas de hilo y dos (2) pasillos correspondientes a las áreas de centrifugado. En la Figura N° 1 se pueden observar los lugares donde se realizaron las mediciones.

Figura N° 1. Sitios donde se desarrollaron las mediciones Grúa de hilo



Operario de grúa de hilo



Pasillo de Centrifugas



Fuente: Datos de la investigación, 2013

las áreas y equipos que posiblemente transmitían más vibraciones al ser humano. En este proceso, se identificaron los siguientes equipos: tres (3) grúas de hilo y dos (2) pasillos correspondientes a las áreas de centrifugado. En la Figura N° 1 se pueden observar los lugares donde se realizaron las mediciones.

El equipo utilizado para realizar la medición correspondió a un monitor de vibraciones VI-400 Pro de la firma *Quest Technologies*, el cual cumple con especificaciones de normas internacionales ISO 2631-1, ISO 8041 Type 1, ISO 5349-2001, ANSI S3.34, ACGIH 2004 WBV; compuesto por un acelerómetro triaxial de pies - asiento ó PCB 356B40 y un acelerómetro triaxial miniatura ó PCB 356A67. Este equipo dispone de almacenamiento de datos, los cuales pueden ser descargados en un computador, mediante el *software de Quest Technologies, QuestSuite™ Professional II (QSP II)*. El *software* permite la visualización y análisis de la evolución temporal de las vibraciones globales, que permite ser analizadas por medio de una hoja de cálculo electrónica.

Acorde con la metodología recomendada por la norma ISO 2631-1, las vibraciones corresponden a cuerpo entero (o vibraciones globales), siendo los datos registrados por el instrumento correspondiente a la raíz cuadrática media (sigla en inglés RMS) para el componente de aceleración, medidos en los ejes X, Y y Z y en unidades de m/s^2 . En este sentido, se ubicó el sensor entre el equipo y la persona de acuerdo con la siguiente secuencia: estando sentada, en el respaldo y base del asiento, para el análisis de resultados se toman los valores más altos en cada posición estando la persona sentada, para ser comparados con los límites permisibles de exposición. La norma establece que el tiempo de muestreo en cada parte del cuerpo debe ser mínimo de un (1) minuto; para generar un mayor grado de confianza el muestreo se realizó por tres (3) minutos en cada punto del asiento.

Con relación a los efectos de la vibración sobre la salud, se escogió el mayor valor ponderado RMS de los ejes X, Y, Z de la aceleración, siendo de ellos el eje dominante el que afecta al trabajador. Para el análisis de los efectos de las vibraciones sobre el *confort* y la percepción, se utiliza el valor ponderado de la aceleración total. Por último, se analizaron los límites de capacidad de trabajo, comparándolos con los valores máximos permisibles, definiendo su exposición para el riesgo, sus posibles consecuencias (enfermedades) a largo y corto plazo y el nivel de *disconfort* que

provoca la exposición. Los factores de ponderación para personas sentadas y de pie se detallan en la Tabla N° 1.

Los factores de ponderación de frecuencia para percepción, en cualquier posición (sentado, pie o en posición yacente) y eje (X, Y, Z) corresponde a $K=1$. Los criterios de evaluación de *confort* se pueden observar en la Tabla N° 2.

Resultados

En función de los resultados expuestos en la Figura N° 2, los niveles de aceleración medidos en los equipos grúas de hilo y centrífugas sobrepasaron los límites permisibles que corresponden a $1,15 m/s^2$ (Norma ISO 2631-1) a la exposición diaria por jornada laboral, siendo la grúa de hilo 3, la que reporta un comportamiento crítico respecto a las restantes mediciones, con una magnitud de la aceleración de $4,385 m/s^2$. En todos los equipos, corresponde a la jornada laboral diaria. Se observa, además, que, en los pasillos de las centrífugas, donde los trabajadores permanecen en posición postura bipedestal, la exposición es considerada como de cuerpo entero, no sobrepasan los límites permisibles, ya que el valor de las vibraciones en esta área corresponde a $0,8 m/s^2$. Respecto a esta exposición en los pasillos de las centrífugas 3A, se reportan los valores de mayor intensidad correspondiente a valores de aceleración de $1,783 m/s^2$.

Se puede observar en la Tabla N° 3, que las familias de grúas de hilo presentan magnitudes de aceleración que de acuerdo con lo establecido por la norma ISO 2631-1, representan niveles de *confort* molesto hasta muy molesto. Siendo los valores más representativos los valores de aceleración de la grúa de hilo 1, en la cual se registraron valores de aceleración total de $1,16 m/s^2$, que representa un grado de *confort* molesto en el asiento. La grúa de hilo 2, registra valores de aceleración en el asiento de $1,324 m/s^2$, siendo interpretado este valor como un grado de *confort* muy molesto. De modo general en las grúas se alcanzan valores elevados además del asiento, en la espalda y en la postura bipedestal, lo que califica los niveles de *confort* molesto y muy molesto. En las centrífugas se pudo evidenciar valores que generan grados de *confort* molestos.

En relación a la percepción de la vibración, comparando los valores con el umbral medio de $0,015 m/s^2$, se comprueba que para la familia de grúas de hilo y los pasillos de centrífugas, las vibraciones se perciben en cualquier posición.

Tabla N° 1. Factores de ponderación para personas sentadas, respaldo del asiento y soporte de los pies en relación a los efectos de la vibración sobre la salud y *comfort*

Alcance del efecto	Lugar de medición	Factores de ponderación			
Salud	Asiento	K	Wd (x)=1,4	Wd (y)=1,4	Wk (z)=1
	Asiento	K	Wd (x)=1	Wd (y)=1	Wk (z)=1
Confort	Respaldo del asiento	K	Wa (x)=0,8	Wd (y)=0,5	Wd (z)=0,4
	Soporte de Pies	K	Wk (x)=0,25	Wk (y)=0,25	Wk (z)=0,4

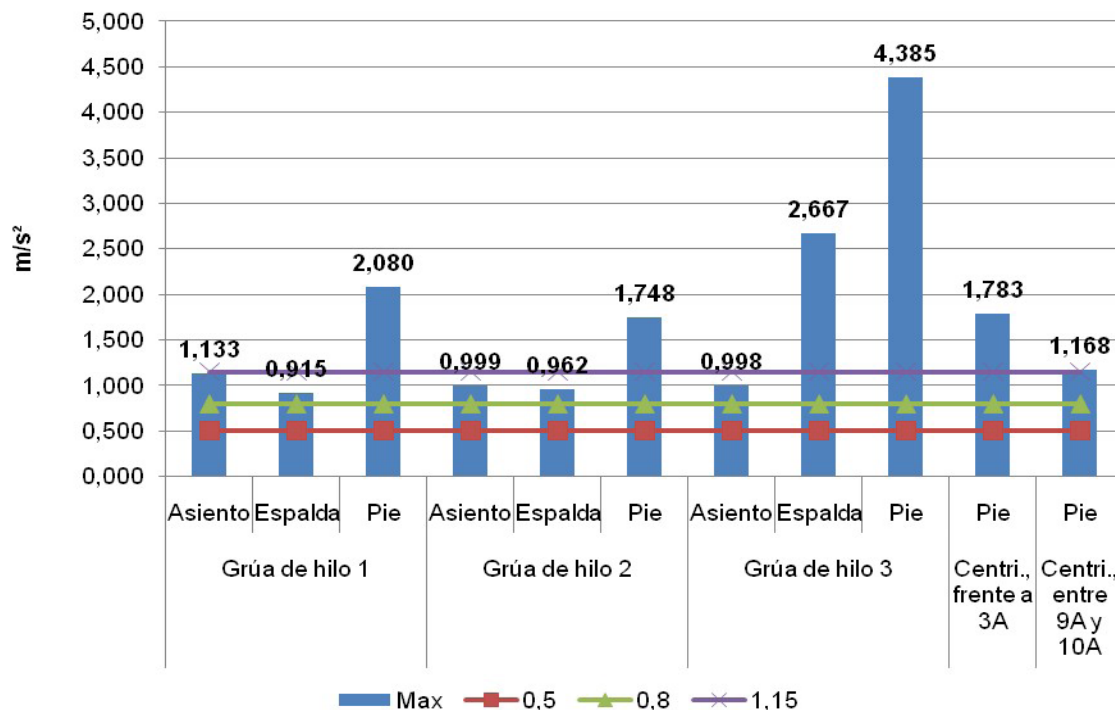
Fuente: ISO 2631-1 (1997). Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole - body vibration

Tabla N° 2. Criterios para la evaluación de la exposición de las vibraciones sobre el *comfort*, percepción y mareo producido por el movimiento

Tipo de confort y percepción	Magnitud (m/s ²)
No molesto	> 0,315
Ligeramente molesto	0,315 a 0,63
Bastante molesto	0,5 a 1
Molesto	0,8 a 1,6
Muy molesto	1,25 a 2,5
Extremadamente molesto	> 2

Fuente: ISO 2631-1 (1997). Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole - body vibration

Figura N° 2. Niveles de aceleración medidos en las grúas de hilo y centrífugas y su comparación con los límites máximos permisibles



Fuente: Datos de la investigación, 2013

Tabla N° 3. Criterios de confort frente a entornos vibratorios para la familia de grúas de hilo y pasillos de centrifugas

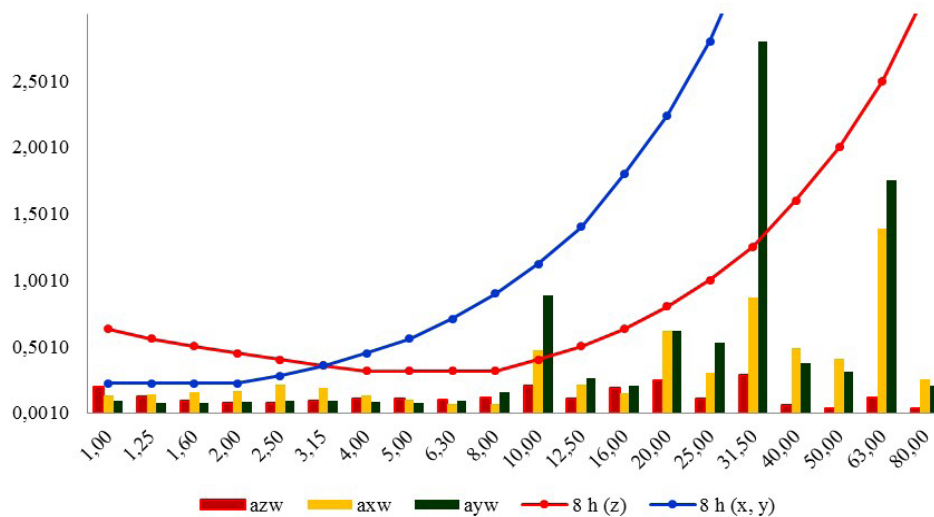
Máquina	Localización de la medida	av (m/s ²)	Confort
Grúa de hilo 1	Asiento	1,116	Molesto
	Espalda	0,637	Ligeramente molesto
	Pie	0,840	Molesto
Grúa de hilo 2	Asiento	1,324	Muy molesto
	Espalda	0,696	Ligeramente molesto
	Pie	0,706	Ligeramente molesto
Grúa de hilo 3	Asiento	1,070	Molesto
	Espalda	1,321	Muy molesto
	Pie	1,770	Muy molesto
Centrifugas, frente a pasillo 3A	Pie	1,525	Molesto
Centrifugas, entre pasillos 9A y 10A	Pie	0,999	Molesto

Fuente: Datos de la investigación, 2013

En la Figura No 3, se describen los valores de las vibraciones medidas a nivel del asiento para el caso de la grúa de hilo 1, mostrando un comportamiento creciente de la aceleración a partir de la frecuencia de

10 Hz y hasta 80 Hz. Sin embargo, en las frecuencias de 31,5 Hz, se muestra el comportamiento de aceleración más notable, no se llega a superar los límites de establecidos para las ocho (8) horas de exposición.

Figura N° 3. Comportamiento de la aceleración por ejes y frecuencias en la grúa de hilo 1, medida a nivel del asiento

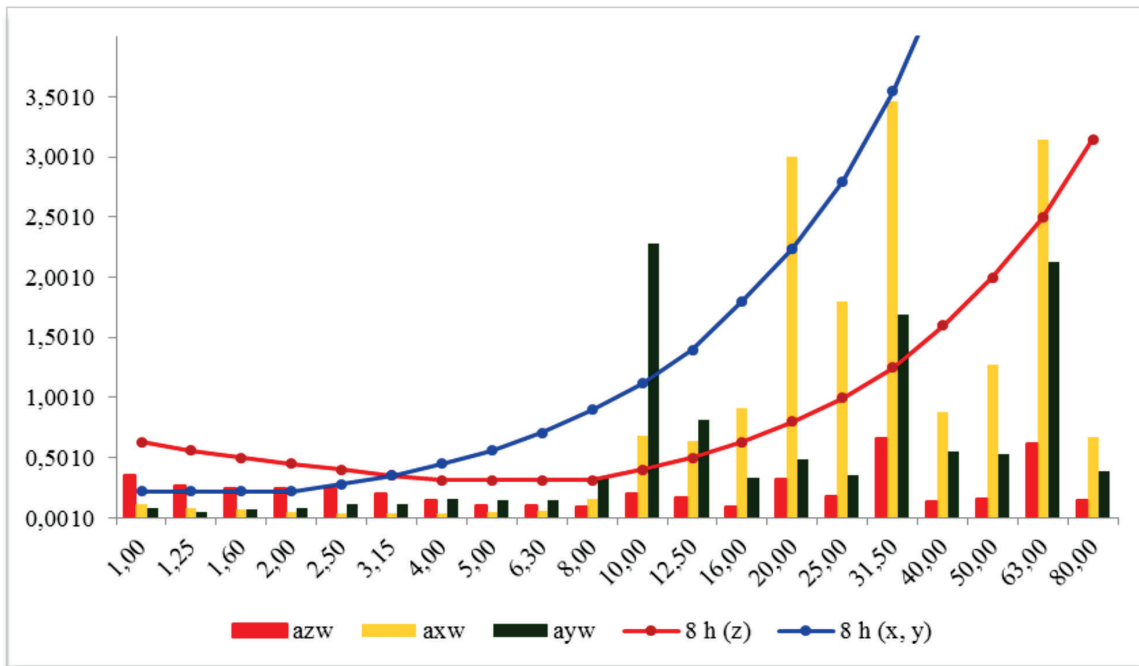


Fuente: Datos de la investigación, 2013

En la Figura No 4, se observa que los niveles de aceleración medidos en espalda y discriminados por frecuencias indican que el eje dominante es X, el cual supera el límite permisible de exposición para una jornada laboral. Esta incidencia reflejada sobre la espalda del trabajador influye en un comportamiento más crítico en frecuencias mayores a 20 Hz, lo que a corto plazo puede provocar enfermedades laborales como: lumbalgias, hernias discales, lesiones en vertebrae y

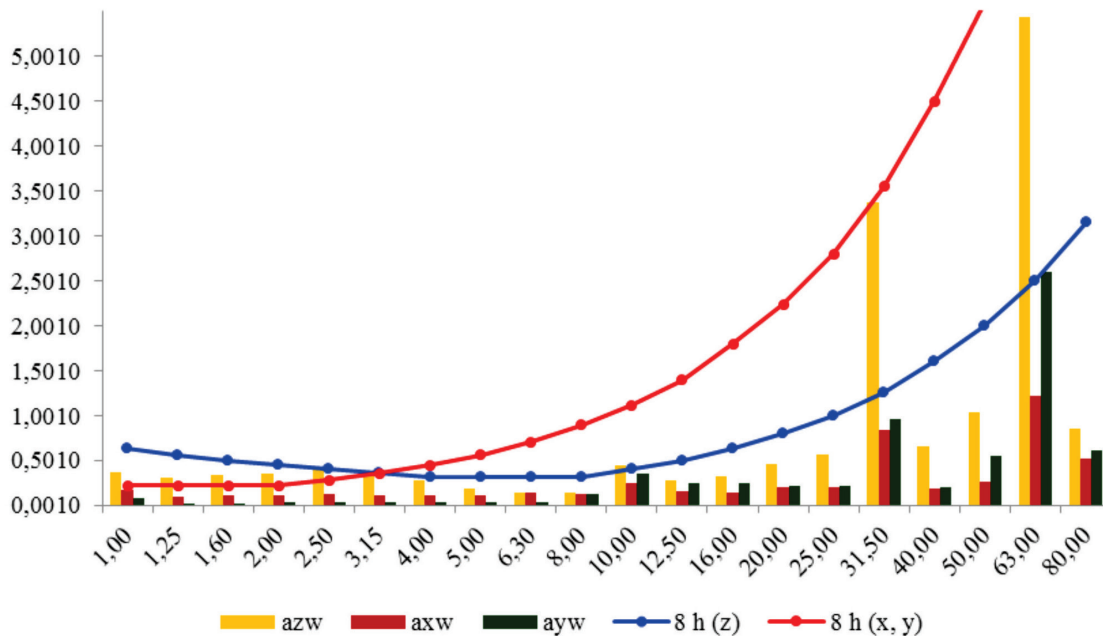
discos intervertebrales. Estos niveles de exposición también pueden provocar modificaciones del centro de gravedad en la postura de trabajo sedente, que finalmente, condicionan la adopción de posturas incorrectas. La norma ISO 2631-1 de 1997, establece un monitoreo del comportamiento de la aceleración en postura sedente a nivel de espalda (medida en el respaldo del asiento) y glúteos (medida en el asiento).

Figura N° 4. Comportamiento de la aceleración por ejes y frecuencias en la grúa de hilo 1, medida a nivel de espalda y en relación con límites de la capacidad reducida por fatiga



Fuente: Datos de la investigación, 2013

Figura N° 5. Comportamiento de la aceleración por ejes y frecuencias en la grúa de hilo 1, en relación con límites de la capacidad

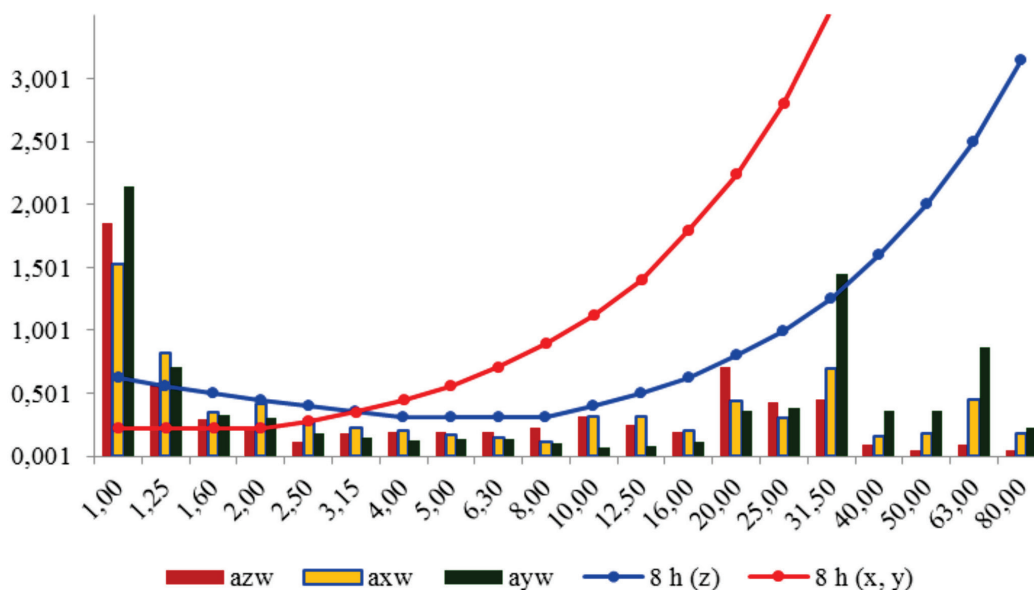


Fuente: Datos de la investigación, 2013

Se realizó además, un monitoreo de la aceleración en postura bipedestral medida en los pies, el cual se describe por medio de la Figura N° 5, igualmente se registran resultados alcanzados para el eje Z, donde los niveles de

aceleración sobrepasan el límite permisible de exposición para una jornada laboral, aún así, se debe reconocer que no se han encontrado evidencias de posibles enfermedades para esta postura.

Figura N° 6. Comportamiento de la aceleración por ejes y frecuencias en la grúa de hilo 2, medida a nivel del asiento y en relación con límites de la capacidad reducida por fatiga



Fuente: Datos de la investigación, 2013

Para el caso de la grúa de hilo 2, se presenta en la Figura N° 6 el comportamiento de la aceleración medida en postura sedente a nivel del asiento, entre 1 Hz y 2 Hz en el eje Y, que superan los límites permisibles de exposición para una jornada laboral y, pueden provocar efectos nocivos sobre el organismo, especialmente trastornos en el sistema nervioso central.

En las mediciones realizadas, las magnitudes de aceleración a nivel de espalda correspondieron a magnitudes entre 0,01 m/s² a 0,4 m/s² para frecuencias de 1 Hz a 25 Hz corresponden a magnitudes de 0,01 m/s² a 0,4 m/s², respectivamente, dichos valores no superan los límites permisibles de exposición para una jornada laboral de ocho (8) horas. Sin embargo, en frecuencias altas entre 31.5 Hz a los 63 Hz los valores superaron los 3,5 m/s², en estas intensidades de aceleración se pueden generar lesiones de columna vertebral a mediano y largo plazo según lo establecido en la norma ISO 2631-1.

El monitoreo de las aceleraciones que se realizaron en el área de centrífugas, permitió establecer que ninguno de los valores obtenidos por medio de las mediciones sobrepasaron los límites de capacidad de trabajo para una jornada laboral. Sin embargo, todos los resultados rebasaron los límites permisibles de 0,8 m/s², para el mismo periodo de tiempo.

En este caso de acuerdo con lo citado por Nawayseh & Griffin (2012) se evidencia un estado de *discomfort*, en virtud de que las molestias a los trabajadores se manifiestan en forma de espasmos musculares o calambres en pantorrillas, dolor de articulaciones en dedos de pies, edema o inflamación y sensación de hormigueo o parestesia en la planta de los pies.

Discusión

Se midieron y evaluaron las magnitudes de aceleración para cada una de las grúas de hilo y pasillos de centrífugas, por medio de las cuales se pudo evidenciar que la mayor parte de datos superan los límites permisibles de exposición para una jornada laboral, con el potencial de afectar la salud de los colaboradores de acuerdo con lo establecido en la norma ISO 2631-1.

Se registraron valores que no superaron la aceleración en 1,15 m/s², condición de exposición en que los efectos sobre la salud no han sido documentados, igualmente, no se encontraron valores de aceleración entre 0,5 m/s² y 0,8 m/s², condición de exposición donde el riesgo está en progreso. El 45,5% de las medidas de aceleración registradas se ubicaron entre 0,8 m/s² y 1,15 m/s², condición en la que el riesgo es absoluto, mientras que el 54,5% restante superaron los 1,15 m/s².

Para el caso de los criterios de *comfort* y percepción frente a entornos vibratorios, la mayoría de las medidas de aceleración tomadas en grúas de hilo y pasillos de centrífugas, mostraron un comportamiento entre molesto y muy molesto; con excepción de las mediciones a nivel de la espalda en las grúas de hilo 1 y 2, que arrojaron resultados ligeramente molestos. En su conjunto se establece con mayor gravedad el estado de la grúa de hilo 3, seguida de la grúa de hilo 2 y, finalmente la 1, lo que demanda de acciones correctivas que posean un alcance integral en cada uno de estos equipos por orden de prioridad. En el caso de las mediciones realizadas en las centrífugas, se alcanzaron valores de *comfort* molestos.

La exposición laboral y límites de conservación de capacidad de trabajo son superados para una jornada de trabajo, como sucede con el caso de las grúas de hilo, que ocasionan problemas posturales, lesiones y enfermedades a mediano y largo plazo. En el caso de las centrífugas, los niveles de aceleración no rebasaron los límites de capacidad de trabajo para una jornada laboral, por cada una de las frecuencias analizadas. Sin embargo, se conoció por medio de entrevistas que los operadores de estos equipos mostraban dolores en la planta del pie, espasmos o calambres musculares en extremidades inferiores, dolor de articulaciones y sensación de hormigueo o parestesia en los dedos y planta de los pies, edema o inflamación, y dolor en el área lumbar.

No existe mayor información relacionada con la exposición al factor físico vibraciones y sus posibles consecuencias a corto y largo plazo cuando se trata de vibraciones globales. Las sensaciones de las personas expuestas a las vibraciones son subjetivas, y dependen en gran medida de factores predisponentes, que poseen estrecha relación, entre otros aspectos, con malformaciones de grupos o componentes osteomusculares, la edad, el género, su estado de salud, etc. Todo parece indicar que en la organización donde se realiza la investigación, como en otras muchas compañías donde se trabaja con estos tipos de equipos, no existen los conocimientos necesarios para desarrollar estrategias de control que al menos mitiguen el riesgo de exposición a las vibraciones. Se aprecia que las medidas para la prevención del riesgo, se adoptaron de forma empírica, sin el criterio de un especialista o experto en estos temas, muestra de ello es que se haya tratado de mitigar los niveles de aceleración que afectan a los trabajadores instalando bases de inercia o aisladores de

vibración, sin conocer las características de deflexión y peso máximo del sistema al cual se pretende aislar, y lo que se teme haya podido provocar un aumento del efecto de resonancia, el cual a mediano o largo plazo además de aumentar las vibraciones, produciendo daños al equipo.

En cuanto a las acciones de prevención, la investigación demuestra la necesidad de adoptar medidas encaminadas a reducir la exposición, e indica la conveniencia de realizar otros estudios a futuro, por medio de las cuales se pueda definir la duración de la exposición a través de límites de trabajo para los diferentes niveles de aceleraciones y duración de los períodos de pausas activas que minimicen el cansancio durante las jornadas de exposición. También es importante el adecuado mantenimiento de las grúas de hilo y centrífugas, que no solo redundará en beneficio del rendimiento óptimo de los equipos, sino también en el propósito de disminuir el riesgo de exposición para el trabajador.

Conclusiones

La exposición laboral y límites de conservación de capacidad de trabajo para el caso de las grúas de hilo, superan los límites de capacidad de trabajo de ocho horas, los niveles de aceleración medidos en estos equipos sobrepasaron los límites permisibles los cuales corresponden a $1,15 \text{ m/s}^2$ (Norma ISO 2631-1) para una jornada laboral de exposición diaria, siendo la grúa de hilo 3, lo que significa un comportamiento crítico respecto a las restantes mediciones, con una magnitud de la aceleración de $4,385 \text{ m/s}^2$, que podrían ocasionar enfermedades laborales a corto plazo tales como: lumbalgias, hernias discales, lesiones en vertebrae y discos intervertebrales. Igualmente, en estos equipos se califican las vibraciones en niveles de *comfort* molesto hasta muy molestos.

Como resultado del estudio, se evidenció una sobre exposición a vibraciones cuerpo entero según lo establecido en la Norma ISO 2631-1 en los operadores encargados de la operación de grúas y centrífugas. Igualmente, en el caso de las centrífugas ninguno de los resultados sobrepasó los límites de capacidad de trabajo para una jornada laboral y ninguna de las frecuencias inciden sobre la salud de los colaboradores. Sin embargo, todos los resultados rebasaron los límites permisibles de $0,8 \text{ m/s}^2$, para un período de ocho (8) horas, se realizaron entrevistas a los trabajadores del área los cuales refirieron dolores significativos en la planta de los pies, en las piernas y el área lumbar.

El monitoreo de las aceleraciones que se realizaron en el área de centrífugas, permitió establecer que ninguno de los valores obtenidos por medio de las mediciones sobrepasaron los límites de capacidad de trabajo para una jornada laboral.

Aunque no existe mayor evidencia relacionada al tema de la exposición laboral y sus consecuencias a largo y corto plazo, y una gran parte de ésta se encuentra fundamentada en las percepciones de los trabajadores, en las cuales influyen diversos factores predisponentes, de los mismos, existen trabajos muy bien fundamentados que sirven como guía metodológica de investigación científica pero que no dictan pautas de medición o monitoreo para el levantamiento de la información. En tal sentido, la Norma ISO 2631-1 fue de gran ayuda, para la evaluación de los ambientes de trabajo en donde se realizó la medición.

Dentro de la organización o empresa, no existe una conciencia y conocimiento hacia el control de vibraciones, tanto de directivos como de operarios. La prevención frente a este riesgo se

hace de forma empírica, mas no con la aprobación de un especialista o experto en la materia, por lo general dentro de los puestos de trabajo el control a vibraciones se ha realizado instalando bases de inercia o aisladores de vibración, desconociendo las características de deflexión, peso máximo, entre otros, del sistema al cual se quiere aislar. Pues dicha prevención y control funcionan, hasta que las exigencias del colaborador aumentan por consecuencias en la salud o molestias o que se provoque el efecto de resonancia, el cual produce daño al equipo y aumenta las vibraciones.

Se recomienda realizar estudios posteriores que permitan la reducción del riesgo, enfocado en disminuir la duración de la exposición acorde a los límites de trabajo establecidos para dichas magnitudes y fijando suficientes periodos de pausas activas que reduzcan los niveles de fatiga física ocasionada por la exposición. Igualmente, es importante el adecuado mantenimiento de las máquinas, que procure su rendimiento óptimo y las condiciones biomecánicas favorables para el colaborador, reduciendo la incidencia de factores de riesgos relacionados con el ambiente laboral.

Referencias Bibliográficas

- Alperovitch-Najenson, D., Santo, Y., Masharawi, Y., Katz-Leurer, M., Ushvaev, D. & Kalichman, L. (2010). Low back pain among professional bus drivers: Ergonomic and occupational-psychosocial risk factors. *IMAJ*, 12, 26-31.
- Basri, B. & Griffin, M. (2012). Equivalent comfort contours for vertical seat vibration: effect of vibration magnitude and backrest inclination. *Applied Ergonomics*, 55(8), 909-922.
- Basri, B. & Griffin, M. (2013). Predicting discomfort from whole-body vertical vibration when sitting with an inclined backrest. *Applied Ergonomics*, 44(3), 423-434
- Blood, R., Ploger, J. & Johnson, P. (2010). Whole body vibration exposures in forklift operators: comparison of a mechanical and air suspension seat. *Applied Ergonomics*, 53(11), 1.385-1.394.
- Blood, R., Ploger, J., Yost, M., Ching, R. & Johnson, P. (2010). Whole body vibration exposures in metropolitan bus drivers: a comparison of three seats. *Journal of Sound and Vibration*, 329(1), 109-120.
- Bluthner, R., Hinz, B., Menzel, G., Schust, M. & Seidel, H. (2006). On the significance of body mass and vibration magnitude for acceleration transmission of vibration through seats with horizontal suspensions. *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), 627-637.
- Burgess, M. & Foster, G. (2012). Overview of the occupational exposure limits for hand-arm and whole-body vibration'. In *Australian Acoustical Society Conference 2012, Acoustics 2012: Acoustics, Development, and the Environment*. Fremantle, 21-23 november, 174-178.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety-CCOHS (2008) Vibration. Retrieved from http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/vibration/

- De Carvalho, D. & Callaghan, J. (2011). Passive stiffness changes in the lumbar spine and effect of gender during prolonged simulated driving. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 617-624.
- Gallais, L. & Griffin, M. (2006). Low Back Pain in Car Drivers. *Journal of sound and vibration*, 298, 499-513.
- Health and Safety Executive. (2011). Vibration at work. Retrieved from <http://www.hse.gov.uk/vibration/index.htm>
- Henao, R. (2007). *Riesgos Físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales*. Colombia: Ecoe Ediciones.
- Mansfield, N., Mackrill, J., Rimell, A. & MacMull, S. (2014). Combined Effects of Long-Term Sitting and Whole-Body Vibration on Discomfort Onset for Vehicle Occupants. ISRN Automotive Engineering. Retrieved from <http://www.hindawi.com/doi.org/10.1155/2014/852607>
- McPhee, B., Foster, G. & Long, A. (2009). *Bad vibrations: A handbook on whole body vibration and exposure in mining*. (2nd ed.). Retrieved from http://jkggroup.com.au/images/uploads/pdfs/Bad_Vibrations_2_April_09_Final.pdf
- Morgan, L. & Mansfield, N. (2014). A survey of expert opinion on the effects of occupational exposures to trunk rotation and whole-body vibration. *IMAJ*, 57(4), 563-574.
- Nawayseh, N. & Griffin, M. (2012). Power absorbed during whole-body fore-and-aft vibration: effects of sitting posture, backrest, and footrest. *Journal of Sound and Vibration*, 331, 252-262.
- Norma ISO 2631-1. (1997). *International STANDARD. Mechanical Vibration and shock-to whole-body vibration*. (2a ed.). Switzerland: ISO Copyright Office.
- Smith, J., Mansfield, N., Gyi, D., Pagett, M. & Bateman, B. (2015). Driving performance and driver discomfort in an elevated and standard driving position during a driving simulation. *Applied Ergonomics*, 49, 25-33.
- Subashi, G., Nawayseh, N., Matsumoto, Y. & Griffin, M. (2009). Nonlinear subjective and dynamic responses of seated subjects exposed to horizontal whole body vibration. *Journal of Sound and Vibration*, 321, 416-434
- Wang, W., Rakheja, S. & Boileau, P. (2004). Effects of sitting postures on biodynamic response of seated occupants under vertical vibration. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34(4), 289-306.

Fecha de recepción: 09 de agosto de 2015

Fecha de aceptación: 17 de febrero de 2016