Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Evaluación de riesgo por exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto mediante la metodología ISO 2631-1

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial.

Elaborado por

Kevin Axel Pezo Santamaría

0009-0007-4607-9446

Asesor

Msc. Rosa Amparo Becerra Páucar

0000-0002-7406-5072

LIMA – PERÚ

2024

Citar/How to cite	Pezo Santamaría [1]
Referencia/Reference Estilo/Style: IEEE (2020)	[1] K. Pezo Santamaría, "*Evaluación de riesgo por exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto mediante la metodología ISO 2631-1*" [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024.

Citar/How to cite	(Pezo, 2024)
Referencia/Reference Estilo/Style: APA (7ma ed.)	Pezo, K. (2024). *Evaluación de riesgo por exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto mediante la metodología ISO 2631-1*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.

Dedicatoria

A Dios, familiares, y maestros.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a Dios por la oportunidad de tener vida y salud para poder concluir este trabajo, a mis familiares por el apoyo constante para cumplir mis sueños, y a mis maestros por enseñarme y guiarme incondicionalmente en mi crecimiento profesional.

Resumen

Este trabajo de investigación explora el uso de la metodología ISO 2631-1 para la evaluación de riesgo por exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en los operadores de camiones mineros, con el fin de conocer si los operadores de camiones mineros se encuentran en riesgo por exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero. Para ello, se realizó la evaluación de vibración ocupacional a seis operadores de camiones mineros bajo la metodología ISO 2631-1, por lo cual, como resultados de la evaluación básica se obtuvo que el 33 % de los operadores evaluados registraron aceleraciones ponderadas inferiores al valor límite permisible pero superiores al nivel de acción establecido en el D.S. 024-2016-EM, concluyéndose que no existe riesgo a la salud por exposición a vibración cuerpo entero, pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora, y se obtuvo que el 67 % de los operadores evaluados registraron aceleraciones ponderadas inferiores al valor límite permisible y al nivel de acción establecido en el D.S. 024-2016-EM, concluyéndose que no existe riesgo a la salud por exposición a vibración cuerpo entero y a su vez no es necesario tomar acciones de control y mejora. Así mismo, como resultado de la evaluación por ponderación de frecuencia se obtuvo que el 100% de los operadores evaluados registraron aceleraciones ponderadas inferiores al valor límite permisible establecido en la NOM-024-STPS-2001, concluyéndose que no existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones en las frecuencias evaluada de 1 a 63 Hz.

Palabras clave — Exposición ocupacional, vibración de cuerpo entero, higiene ocupacional, aceleración ponderada.

Abstract

This research explores the use of the ISO 2631-1 methodology for risk assessment due to exposure to whole-body occupational vibration in mining truck operators, in order to determine whether mining truck operators are at risk due to exposure to whole body vibration. For this purpose, the occupational vibration evaluation was carried out on six mining truck operators under the ISO 2631-1 methodology, therefore, as results of the basic evaluation, it was obtained that 33% of the evaluated operators recorded weighted accelerations lower than the value permissible limit but higher than the action level established in the D.S. 024-2016-EM, concluding that there is no health risk due to exposure to whole body vibration, but control and improvement actions must begin, and it was obtained that 67% of the evaluated operators recorded weighted accelerations lower than the value permissible limit and at the action level established in the D.S. 024-2016-EM, concluding that there is no health risk due to exposure to whole body vibration and in turn it is not necessary to take control and improvement actions. Likewise, as a result of the frequency weighting evaluation, it was obtained that 100% of the evaluated operators recorded weighted accelerations lower than the permissible limit value established in NOM-024-STPS-2001, concluding that there is no health risk due to exposure to vibrations at the evaluated frequencies of 1 to 63 Hz.

Keywords — Occupational exposure, whole body vibration, occupational hygiene, weighted acceleration.

Tabla de Contenido

Pág.

Resumen v

Abstract vi

Introducción xi

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo 1

1.1 Generalidades 1

1.2 Descripción del problema de investigación 1

1.3 Objetivos del estudio 1

1.3.1 Objetivo general 1

1.3.2 Objetivos específicos 1

1.4 Antecedentes investigativos 2

Capítulo II. Marcos teórico y legal 4

2.1 Marco teórico 4

2.1.1 Definiciones generales de higiene ocupacional 4

2.1.2 Definiciones generales de las vibraciones 4

2.1.3 Clasificación de vibraciones según las oscilaciones 10

2.1.4 Exposición profesional a vibraciones 11

2.1.5 Efecto de las vibraciones de cuerpo entero 15

2.1.6 Medición de vibraciones según la ISO 2631-1 19

2.2 Marco legal 21

2.2.1 Normativa nacional 21

2.2.2 Normativa internacional 24

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación 27

3.1 Metodología de evaluación de la vibración según la ISO 2631-1 27

3.1.1 Método de evaluación básico usando el valor eficaz de la aceleración ponderada . 27

3.1.2 Aplicabilidad del método de evaluación básica 29

3.1.3 Evaluación adicional de vibraciones cuando el método de evaluación básico no es suficiente 30

3.1.4 Ponderación en frecuencia 31

3.2 Caracterización del puesto de trabajo 33

3.3 Trabajo de campo y recolección de datos 34

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados 36

Conclusiones 40

Recomendaciones 42

Referencias bibliográficas 44

Anexos 47

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1: Límite de exposición diaria de vibración. 24

Tabla 2: Ponderación de frecuencia para el cálculo del A(8). 28

Tabla 3: Ponderaciones en frecuencia principales en bandas de octava 32

Tabla 4: Muestra de estudio de los operadores de camiones. 34

Tabla 5: Recolección de datos de la muestra de estudio. 35

Tabla 6: Categorización del riesgo a la salud por exposición 36

Tabla 7: Categorización del riesgo a la salud por exposición por frecuencia. 37

Tabla 8: Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por el método de evaluación básica. 37

Tabla 9: Aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores cresta elevados. 38

Tabla 10: Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje X. 38

Tabla 11: Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje Y. 39

Tabla 12: Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje Z. 39

Lista de Figuras

Figura 1: Direcciones lineales y rotacionales de la vibración transmitida al cuerpo. 12

Figura 2: Direcciones lineales y rotacionales de la vibración transmitida a las manos. 13

Figura 3: Límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en direcciones transversales (ejes X e Y) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición. 25

Figura 4: Límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en dirección longitudinal (eje Z) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición. 26

Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad evaluar el riesgo de exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en los operadores de camiones mineros usando la metodología ISO 2631-1.

El trabajo se desarrolla como una necesidad de calcular el nivel de riesgo de exposición de operadores de camiones mineros para a su vez determinar las recomendaciones pertinentes al estudio, con el fin de prevenir enfermedades ocupacionales que podrían aquejar a los colaboradores expuestos a vibración ocupacional de cuerpo entero. Por lo que se optó por el uso de la metodología ISO 2631-1, que, según sus métodos de estudios, permite calcular cuantitativamente las aceleraciones ponderadas para luego ser comparadas con la normativa nacional vigente y con normativas internacionales estandarizadas.

El trabajo se permitirá también servir como un precedente para futuras investigaciones sobre la vibración ocupacional, ya que a nivel nacional no hay una variedad exacta de referencias bibliográficas que puedan sustentar el desarrollo de una investigación en vibración ocupacional.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1 Generalidades

El presente capítulo del trabajo se describirá la parte introductoria, la cual, hará mención del planteamiento de la problemática de la investigación, así como también se presentará los objetivos tanto general como específicos y por ultimó se describirá los antecedentes usados para el desarrollo del presente trabajo.

1.2 Descripción del problema de investigación

El estudio de la vibración ocupacional no ha sido tan amplio en nuestro país, sin embargo, debido a los nuevos avances tecnológicos y a los estudios en higiene ocupacional, se puede dar a entender que la vibración ocupacional es un factor de riesgo que puede afectar directa y principalmente a los operadores de vehículos, por lo cual, basado en estos hechos se decidió profundizar en el estudio de la vibración ocupacional por cuerpo entero en puestos de trabajos que laboran continuamente operando vehículos. Entonces, por lo antes expuesto, es importante y necesario determinar lo siguiente: ¿Existe riesgo de exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto mediante la metodología ISO 2631-1?

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Determinar si existe riesgo de exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto mediante la metodología ISO 2631-1.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar y evaluar el nivel diario de exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero en operadores de camiones en mina tajo abierto según la normativa nacional vigente y normativa internacional.
- Identificar las fuentes principales de vibración ocupacional de cuerpo entero a la cual se exponen los operadores de camiones en mina tajo abierto.

- Proponer medidas de control de acuerdo con los resultados evaluados del nivel diario de exposición a vibración ocupacional de cuerpo entero de los operadores de camiones en mina tajo abierto.

1.4 Antecedentes investigativos

En 2012, Sáenz señaló en su informe de suficiencia para optar el Título Profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial, titulado Diseño de un Modelo de Evaluación del Riesgo por Exposición a Vibraciones de Cuerpo Entero para Operadores de Equipo Pesado en Mina de Tajo Abierto, propone determinar y entender la evaluación de la exposición a las vibraciones de cuerpo entero, así como también, los efectos producidos por las mismas vibraciones. (Sáenz, 2012). También, describe la metodología para realizar una buena identificación del riesgo por exposición a vibraciones y se detalla la propuesta de los puntos del modelo de evaluación del riesgo. (Sáenz, 2012). Para finalizar, se concluye que 8 de los 10 grupos de exposición similar evaluados, superan el límite máximo permisible para vibraciones de cuerpo entero establecido por el D.S. N.° 055-2010-EM. (Sáenz, 2012).

En 2019, Parra señaló en su proyecto de investigación para la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización, titulado Evaluación de Vibraciones de Cuerpo Entero en los Trabajadores que Manipulan el Equipo Caminero del GAD Municipal de Latacunga, propone evaluar las vibraciones de cuerpo entero al que están expuestos en los puestos de trabajo de los trabajadores que operan los equipos caminero del GAD Municipal de Lacatunga de los departamentos de Obras públicas y DIMPAL, dado que la institución está encargada de realizar obras viales por toda la provincia. (Parra, 2019). Así mismo, se aplicó la evaluación de la metodología ISO 2631-1, donde establecieron la identificación de las fuentes de peligro, la estimación del riesgo, y los valores límites de exposición a vibración de cuerpo entero a través del parámetro A (8) por cada puesto de trabajo. (Parra, 2019). Para finalizar, se concluye que, de un total de 42 trabajadores evaluados, 6 trabajadores reciben vibraciones sobre el nivel de acción y 5 trabajadores reciben vibraciones sobre el límite permisible. (Parra, 2019).

En 2016, Alfaro señaló en su proyecto de graduación para optar el Título de Ingeniero en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental con el Grado Académico de Bachiller Universitario, titulado Programa para el Control de la Exposición a Vibraciones de Cuerpo Entero en los Operadores de Montacargas del Complejo Portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, Limón, Costa Rica, propone principalmente establecer controles que reduzcan la exposición a vibraciones de cuerpo entero de los montacarguistas. (Alfaro, 2016). Así mismo, los resultados mostraron que la exposición a vibración no sobrepasa el límite permitido por la norma internacional ISO 2631-1 para la exposición diaria A (8). (Alfaro, 2016). Sin embargo, el 30% de los montacarguistas se exponen a vibraciones que se encuentren dentro del nivel de acción del valor de dosis de vibración. (Alfaro, 2016). Para finalizar, como el 30% de las mediciones del valor de dosis de vibración (VDV) se encuentran dentro del nivel de acción, se concluye que es necesario hacer controles para evitar que esa exposición a vibraciones aumente y pueda llegar a provocar daños directos a la salud de los colaboradores, por lo cual se propone la implementación de un programa para la mitigación de la exposición a vibraciones de cuerpo entero. (Alfaro, 2016).

En 2017, Samudio señaló en su informe de proyecto de graduación para optar el Título de Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional, titulado Vibraciones en Equipos Pesado en una empresa dedicada a la construcción, propone principalmente determinar los niveles de vibración presentes en las operaciones de equipos pesados midiendo la exposición de los operadores y comparando los resultados obtenidos. (Samudio, 2017). Así mismo, se analizó los efectos nocivos generados por las vibraciones sobre la salud de los operadores, motivándolos para que adopten las medidas de prevención y protección. (Samudio, 2017). Para finalizar, se dieron a conocer las medidas de mitigación para reducir los efectos nocivos a la salud de los operadores de equipos pesados con exposición a altas frecuencias de vibraciones, brindándose consideraciones relevantes para el análisis de resultados obtenidos en la población estudiada. (Samudio, 2017).

Capítulo II. Marcos teórico y legal

2.1 Marco teórico

2.1.1 Definiciones generales de higiene ocupacional

En 2012, Organismo Internacional del Trabajo describe en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo las siguientes definiciones acerca de higiene ocupacional:

Evaluación de Higiene Ocupacional. Es la evaluación realizada para diagnosticar y valorar la exposición de los trabajadores sobre los factores de riesgos a los que se encuentran expuestos con el fin brindar conclusiones sobre el nivel de riesgo y obtener información que permita establecer medidas de control para prevenir accidentes de trabo y/o enfermedades ocupacionales. (OIT, 2012).

Exposición Ocupacional por Vibración. Es la presencia de elevados niveles de vibración en el ambiente de trabajo, los cuales pueden ocasionar daños a la salud de los trabajadores. (OIT, 2012).

Ambiente de Trabajo. Es el entorno en el que se desarrolla el trabajo y que está determinado por todas las condiciones del ambiente, así mismo se incluyen los factores o agentes contaminantes químicos, biológicos, psicosociales, entre otros. (OIT, 2012).

Jornada Laboral. Es el día laborable sobre la cual se determina la exposición al factor, agente o contaminante. (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

Tiempo de exposición. Es el tiempo por el cual el trabajador se encuentra expuesto al factor, agente o contaminante. (OIT, 2012).

Periodo de medición. Es el tiempo durante el cual el higienista y/o evaluador mide los niveles de exposición al factor, agente o contaminante. (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

2.1.2 Definiciones generales de las vibraciones

En 2012, Organismo Internacional del Trabajo describe en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo las siguientes definiciones acerca de las vibraciones:

Vibración. La vibración es un movimiento oscilatorio, la cual es transmitido al cuerpo humano por estructuras sólidas capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia. (OiT, 2012). De acuerdo con el tipo de exposición, las vibraciones pueden ser de cuerpo entero y mano-brazo. (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

En 2018, ISO 2041 describe el termino vibración, en el ámbito normativo se define como la variación u oscilación mecánica alrededor de un punto de equilibrio en el tiempo. De acuerdo con el tipo de oscilaciones, las vibraciones pueden ser periódicas, aleatorias, entre otras. (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

Vibración senoidal. Una vibración senoidal se caracteriza perfectamente mediante la amplitud máxima amax, y la frecuencia f de la aceleración, de esta forma es posible representarla en un diagrama que, en abscisas exprese las frecuencias y en ordenadas las amplitudes, es la representación del espectro frecuencial. (OIT, 2012).

El periodo de la onda senoidal es el tiempo que separa dos puntos semejantes de la onda. (OIT, 2012). Está relacionado con la frecuencia mediante la expresión de 1 sobre el tiempo. (OIT, 2012).

Para definir una vibración se utiliza normalmente la aceleración en valor eficaz llamada también aceleración continua equivalente en rms, que tiene una relación directa con el contenido de energía de la señal, y se expresa en la ecuación 1 siendo a(t) la amplitud instantánea y T el tiempo de observación. (OIT, 2012).

$$a_{ef} = \left[\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)dt\right]^{1/2^2} \qquad (1)$$

Magnitud. Los movimientos oscilatorios de un objeto se caracterizan por alternar entre una velocidad en una dirección y luego en dirección opuesta. (OIT, 2012). Este cambio de velocidad implica que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y luego en la opuesta. (OIT, 2012). La intensidad de la vibración puede ser evaluada en función de su desplazamiento, velocidad o aceleración. (OIT, 2012). Para

propósitos prácticos, la aceleración suele ser medida utilizando acelerómetros. (Organización Internacional del Trabajo, 2012). La unidad estándar de aceleración es el metro por segundo al cuadrado. (Organización Internacional del Trabajo, 2012). En la superficie de la Tierra, la aceleración debido a la gravedad es aproximadamente de 9.81 m/s^2. (OIT, 2012).

La intensidad de una oscilación puede ser expresada de dos maneras: la distancia entre los puntos más alejados del movimiento o amplitud pico a pico, o la distancia desde un punto central hasta el máximo desplazamiento o amplitud pico. (OIT, 2012). A menudo, la magnitud de la vibración se representa como el promedio de la aceleración del movimiento oscilatorio, típicamente mediante el valor cuadrático medio o valor eficaz. (OIT, 2012). Para una vibración de una sola frecuencia senoidal, el valor eficaz es igual al valor pico dividido por la raíz cuadrada de 2. (OIT, 2012). En el caso de una vibración senoidal, la aceleración, a (en m/s^2), puede calcularse a partir de la frecuencia, f en ciclos por segundo, y el desplazamiento, d en metros, según lo descrito en la ecuación 2. (OIT, 2012).

$$a = (2\pi f)^2 d \qquad (2)$$

Esta expresión puede ser empleada para convertir mediciones de aceleración en desplazamientos, sin embargo, su precisión es limitada cuando el movimiento ocurre a una sola frecuencia. (OIT, 2012). A veces, se recurre a escalas logarítmicas para medir la magnitud de las vibraciones en decibelios. (Organización Internacional del Trabajo, 2012). Utilizando el nivel de referencia de la Norma Internacional 1683, el nivel de aceleración, La, se calcula mediante la ecuación 3, donde "a" representa la aceleración medida en m/s^2 r.m.s. y " a_0" es el nivel de referencia de 10^{-6} m/s^2. (OIT, 2012).

$$L_a = 20 \log 10\left({}^{a}/_{a_0}\right) \qquad (3)$$

Frecuencia. La frecuencia de vibración, medida en ciclos por segundo o hertzios, Hz, tiene un impacto en cómo las vibraciones se transfieren al cuerpo, ya sea a la superficie

de un asiento o a la empuñadura de una herramienta vibrante. (OIT, 2012). También afecta la propagación de las vibraciones a través del cuerpo, como desde el asiento hasta la cabeza, así como el efecto de las vibraciones en el cuerpo mismo. (OIT, 2012). La relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento también varía según la frecuencia de oscilación: un desplazamiento de un milímetro corresponde a una aceleración muy baja a bajas frecuencias, pero a una aceleración considerablemente mayor a frecuencias más altas. (OIT, 2012). No obstante, el desplazamiento de la vibración visible al ojo humano no proporciona una indicación precisa de la aceleración de las vibraciones. (OIT, 2012).

Los efectos de las vibraciones de cuerpo entero suelen ser más notorios en el extremo inferior del rango de frecuencias, que va desde 0,5 a 100 Hz. (OIT, 2012). Por otro lado, en el caso de las vibraciones transmitidas a las manos, frecuencias del orden de 1.000 Hz o superiores pueden resultar perjudiciales. (OIT, 2012). En contraste, frecuencias inferiores a aproximadamente 0,5 Hz pueden provocar mareo inducido por el movimiento. (OIT, 2012).

El contenido de frecuencia de la vibración se puede visualizar en los espectros. (OIT, 2012). En diversos tipos de vibraciones de cuerpo entero y vibraciones transmitidas a las manos, los espectros suelen ser complejos, con cierto nivel de actividad presente en todas las frecuencias. Sin embargo, es frecuente encontrar picos en las frecuencias que son más comunes en la mayoría de las vibraciones. (OIT, 2012).

Debido a que la reacción del cuerpo humano ante las vibraciones varía según la frecuencia, es esencial ajustar las mediciones de vibración considerando la cantidad de vibración presente en cada frecuencia. (OIT, 2012). Las ponderaciones en frecuencia determinan cuánto afecta la vibración no deseada en cada frecuencia. (Organización Internacional del Trabajo, 2012). Se requieren ponderaciones específicas para cada eje de vibración, ya sea para vibraciones de cuerpo entero, vibraciones transmitidas a las manos o mareo inducido por el movimiento. (OIT, 2012).

Duración. La respuesta humana a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las vibraciones. (OIT, 2012). Si las características de la vibración no varían en el tiempo, el valor eficaz de la vibración proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio. (OIT, 2012). En tal caso un cronómetro puede ser suficiente para evaluar la duración de la exposición. Si varían las características de la vibración, la vibración promedio medida dependerá del período durante el que se mida. (OIT, 2012).

Muchas exposiciones profesionales son intermitentes, tienen una magnitud variable en cada momento o contienen choques esporádicos. (OIT, 2012). La intensidad de tales movimientos complejos puede acumularse de manera que dé un peso apropiado a, por ejemplo, períodos cortos de vibración de alta magnitud y períodos largos de vibración de baja magnitud. (OIT, 2012).

La resonancia. La resonancia en un sistema sujeto a movimientos oscilatorios ocurre cuando la frecuencia del movimiento o la excitación coincide con la frecuencia natural del sistema. (OIT, 2012). Desde una perspectiva energética, durante la resonancia, la fuerza de excitación introduce más energía en el sistema en cada ciclo, lo que resulta en un aumento en el desplazamiento de la masa. (OIT, 2012).

La resonancia es un estado singular en el que existe el riesgo de observar vibraciones de gran intensidad si la amortiguación es débil. (OIT, 2012). Tanto el cuerpo humano como cualquier otra estructura mecánica tienen frecuencias de resonancia a las que muestran una respuesta mecánica máxima. (OIT, 2012). La explicación de las respuestas humanas a las vibraciones no puede basarse únicamente en una sola frecuencia de resonancia. (OIT, 2012). Hay múltiples resonancias en el cuerpo, y las frecuencias de resonancia varían entre personas y dependen de la postura (OIT, 2012).

Dirección. Las vibraciones pueden presentarse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. (OIT, 2012). En el caso de personas sentadas, los ejes lineales son el eje "x" en longitudinal, el eje "y" en lateral y el eje "z" en vertical. (OIT, 2012). Las rotaciones alrededor de los ejes "x", "y" y "z" se denominan "rx" o balanceo, "ry" o cabeceo y "rz" o

deriva, respectivamente. (OIT, 2012). Las vibraciones suelen ser medidas en la interfaz entre el cuerpo y las vibraciones. (OIT, 2012).

Biodinámica y transmisión de las vibraciones. Para relatar la forma en que la vibración ejecuta vibraciones en el cuerpo se suelen utilizar dos respuestas: transmisibilidad e impedancia. (OIT, 2012).

Transmisibilidad. Indica qué parte de la vibración se transmite, por ejemplo, desde el asiento a la cabeza. (OIT, 2012).

Impedancia. La impedancia mecánica indica la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia. (OIT, 2012).

Bandas de Octava. Son las divisiones del espectro convenidas internacionalmente, se trata de frecuencias limitadas por una relación de dos. (White, 2010). Estas bandas se individualizan por el valor de la frecuencia central. (White, 2010).

La octava representa un intervalo de frecuencias perceptibles para el oído humano, y el análisis de banda de octavas se ha establecido como una norma en el análisis acústico. (White, 2010). Cada banda de octava tiene una anchura de banda de aproximadamente el 70% de su frecuencia central. (White, 2010). Este tipo de espectro se conoce como banda a porcentaje constante, ya que la anchura de cada banda es un porcentaje constante de su frecuencia central. (White, 2010). En resumen, las bandas de análisis se amplían proporcionalmente a sus frecuencias centrales (White, 2010).

Se podría argumentar que la precisión de la resolución de frecuencias en un análisis de banda de octavas puede resultar insuficiente para ser altamente útil, especialmente al analizar las características de vibración de la maquinaria. (White, 2010). No obstante, es factible definir un análisis de bandas con anchuras de frecuencia más estrechas y constantes en porcentaje. (White, 2010). Un ejemplo común de esto es el espectro de un tercio de octava, donde las bandas tienen una anchura de aproximadamente el 27% de sus frecuencias centrales. (White, 2010). Tres bandas de un tercio de octava forman una octava, lo que proporciona una resolución tres veces mejor que la de un espectro de banda

de octava. (White, 2010). Este tipo de espectros, conocidos como espectros de un tercio de octava, son ampliamente utilizados en mediciones acústicas (White, 2010).

2.1.3 Clasificación de vibraciones según las oscilaciones

En 2012, Organismo Internacional del Trabajo describe en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo las siguientes definiciones acerca de las vibraciones según las oscilaciones:

Vibración periódica. Una vibración periódica es aquella donde los valores del parámetro de vibración se repiten dentro de ciertos intervalos de tiempo de igual duración que la variable independiente tiempo. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Así mismo, se repite exactamente en intervalos de tiempo iguales; la vibración senoidal es un ejemplo específico de este fenómeno. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las vibraciones periódicas pueden ser descompuestas en una combinación de funciones senoidales, cada una con su propia frecuencia y amplitud característica. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Vibración aleatoria. Una vibración aleatoria es aquella en la que no se puede predecir con certeza la amplitud en un momento dado. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Describir un fenómeno aleatorio implica utilizar conceptos probabilísticos; conocer el espectro frecuencial no es suficiente, ya que se requiere información adicional sobre la función de distribución de los valores instantáneos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Vibración Transitoria y Choques. Las vibraciones transitorias y los choques son un tipo específico de vibraciones aleatorias que se distinguen por ser breves en duración y ocurrir de forma súbita. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Al igual que con las vibraciones periódicas, las vibraciones aleatorias pueden descomponerse en una combinación de funciones senoidales de distintas frecuencias, lo que permite obtener su espectro frecuencial mediante la suma de estos componentes. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). En la práctica, la mayoría de las vibraciones que se encuentran corresponden al tipo aleatorio. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

2.1.4 Exposición profesional a vibraciones

En 2012, Organismo Internacional del Trabajo describe en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo las siguientes definiciones acerca de la exposición profesional a vibraciones:

Vibraciones transmitidas a cuerpo entero. Las vibraciones de cuerpo entero suelen ocurrir cuando el cuerpo entra en contacto con una superficie vibrante, como al sentarse en un asiento vibrante, estar de pie sobre un suelo vibrante o recostarse sobre una superficie en vibración. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Este tipo de vibraciones se experimenta en todas las formas de transporte y al trabajar cerca de maquinaria industrial. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Sin embargo, en operaciones de minería a cielo abierto, las vibraciones se generan y transmiten de manera notable cuando se está sentado en el asiento de maquinaria pesada o vehículos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

La exposición profesional a vibraciones de cuerpo entero se encuentra principalmente en el sector del transporte, así como en ciertos procesos industriales. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). El transporte por tierra, mar y aire puede generar vibraciones que pueden provocar malestar, interferir con las actividades cotidianas e incluso causar lesiones. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las situaciones más comunes de exposición a vibraciones y choques intensos suelen darse en vehículos todo terreno, como maquinaria de movimiento de tierras, camiones industriales y tractores agrícolas. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

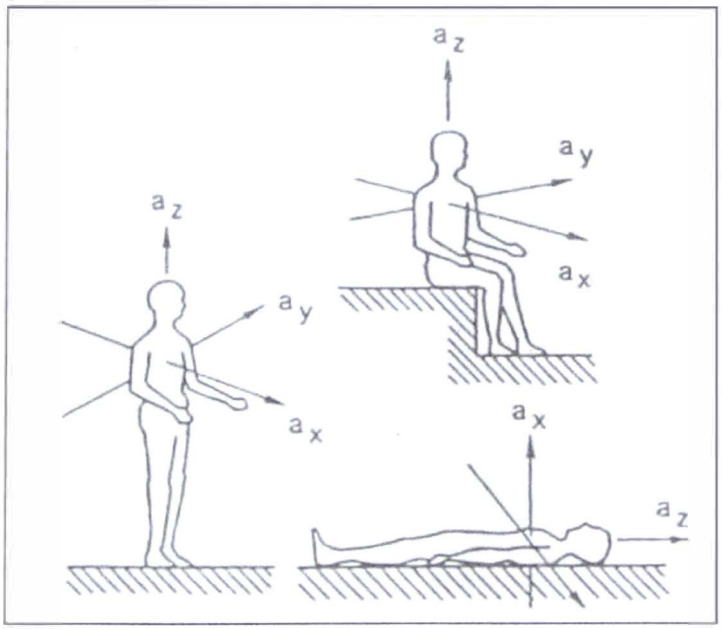
Así como todas las estructuras mecánicas, el cuerpo humano tiene frecuencias de resonancia a las que responde con una máxima respuesta mecánica. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). La explicación de las respuestas humanas a las vibraciones no puede basarse únicamente en una sola frecuencia de resonancia. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Existen numerosas resonancias en el cuerpo, y las frecuencias de resonancia varían de una persona a otra y dependen de la postura. (OIT, 2012).

La vibración vertical de un asiento puede ocasionar vibraciones en múltiples ejes en la cabeza. (OIT, 2012). En el caso específico del movimiento vertical de la cabeza, la transmisibilidad suele alcanzar su punto máximo en el intervalo de frecuencia de 3 a 10 Hz. (OIT, 2012).

Los sistemas principales de coordenadas empleados para medir las vibraciones de cuerpo entero están representados en la figura 1. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Figura 1

Direcciones lineales y rotacionales de la vibración transmitida al cuerpo.



Nota: fuente https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2016/Julio/28/DS-024-2016-EM-GUIAS-3.pdf (Guía 3 de monitoreo de vibración).

La impedancia vertical del cuerpo humano suele mostrar una resonancia aproximadamente a 5 Hz, aunque esta puede variar según la masa corporal. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Esta impedancia, que abarca la mencionada resonancia, tiene un impacto significativo en la manera en que la vibración se propaga a través de los asientos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Vibraciones transmitidas a las manos. Son las vibraciones que entran en el cuerpo a través de las manos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Están causadas por distintos procesos de la industria, la agricultura, la minería y la construcción,

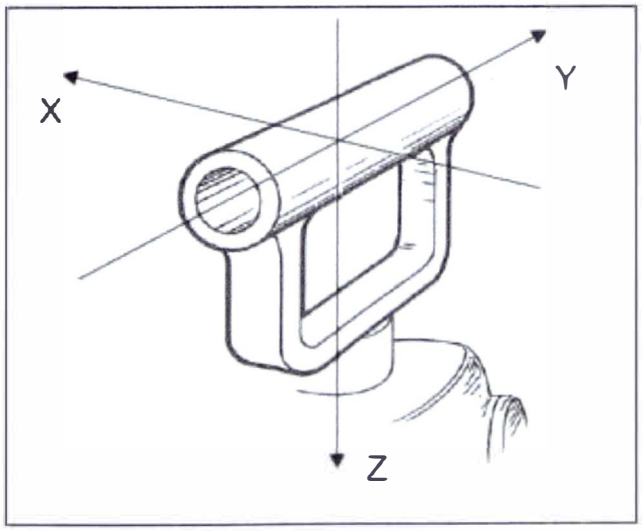
en los que se agarran o empujan herramientas o piezas vibrantes con las manos o los dedos. (OIT, 2012).

La exposición a las vibraciones transmitidas a las manos puede provocar diversos trastornos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las vibraciones mecánicas producida por procesos o herramientas a motor y que penetran en el cuerpo por los dedos o la palma de las manos se denominan vibraciones transmitidas a las manos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Como sinónimos de vibraciones transmitidas a las manos se utilizan con frecuencia las expresiones vibraciones mano-brazo y vibraciones locales o segmentarias. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Los sistemas principales de coordenadas para medir las vibraciones de las manos se muestran en la figura. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Figura 2

Direcciones lineales y rotacionales de la vibración transmitida a las manos.



Nota: fuente https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2016/Julio/28/DS-024-2016-EM-GUIAS-3.pdf (Guía 3 de monitoreo de vibración).

La exposición profesional a vibraciones transmitidas a las manos proviene principalmente de herramientas motorizadas utilizadas en diversos sectores, como la fabricación (por ejemplo, herramientas de percusión para trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, llaves de impacto), la explotación de canteras, la minería y la construcción (como martillos perforadores de roca, martillos rompedores de piedra,

martillos picadores y compactadores vibrantes). (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Además, la agricultura y trabajos forestales también generan exposición a vibraciones transmitidas a las manos a través de herramientas como sierras de cadena, sierras de recortar y descortezadoras. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Incluso en servicios públicos, como la construcción de carreteras, se puede producir exposición a vibraciones transmitidas a las manos mediante el uso de martillos rompedores de asfalto y hormigón, martillos perforadores y amoladoras de mano. (OIT, 2012). También es posible la exposición a vibraciones transmitidas a las manos al sostener piezas vibrantes durante tareas como el amolado o al manejar controles manuales vibrantes, como al utilizar cortacéspedes o controlar rodillos vibrantes para compactación de carreteras. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Cabe suponer que los factores que influyen en la transmisión de vibraciones al sistema de los dedos, la mano y el brazo desempeñan un papel importante en la génesis de lesiones por vibraciones. (OIT, 2012). La transmisión de vibraciones depende de las características físicas de la vibración (magnitud, frecuencia, dirección) y de la respuesta dinámica de la mano. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Los resultados experimentales señalan que el comportamiento mecánico de la extremidad superior humana es complejo, dado que la impedancia del sistema de la mano y el brazo, es decir, su resistencia a vibrar, exhibe marcadas variaciones en respuesta a cambios en la amplitud, frecuencia y dirección de la vibración, así como a las fuerzas aplicadas y la orientación de la mano y el brazo respecto al eje del estímulo. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Además, la constitución corporal y las diferencias estructurales entre las distintas partes de la extremidad superior, como la disparidad en la impedancia mecánica entre los dedos y la palma de la mano, también tienen un impacto en la impedancia general del sistema. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). En términos generales, se observa que a medida que aumentan los niveles de vibración y las presiones de agarre de la mano, la impedancia tiende a ser mayor. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

2.1.5 Efecto de las vibraciones de cuerpo entero

En 2012, el Organismo Internacional del Trabajo proporcionó definiciones en la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo sobre el efecto de las vibraciones de cuerpo entero. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Estas definiciones indican que las vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo ocurren a través de la superficie sobre la que está en contacto directo con una estructura vibrante. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Por lo general, estas vibraciones son de baja frecuencia. Aunque sus efectos se han estudiado principalmente en laboratorio, es difícil extrapolar los resultados a las exposiciones profesionales. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Esto se debe a que los estudios experimentales suelen emplear vibraciones senoidales de corta duración, mientras que las exposiciones profesionales suelen implicar vibraciones estocásticas durante períodos prolongados, a menudo durante varios años o décadas. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

La exposición excesiva a vibraciones transmitidas a las manos puede provocar trastornos en los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se emplea comúnmente la expresión "síndrome de vibraciones mano-brazo" (HAV) para describir los síntomas relacionados con esta exposición. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Estos síntomas abarcan trastornos vasculares, trastornos neurológicos periféricos, trastornos óseos y articulares, trastornos musculares, así como otros trastornos que pueden afectar todo el cuerpo o el sistema nervioso central. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Según Helmut Seidel y Michael Griffin consideran tres tipos de efectos por vibraciones: Efectos agudos, efectos a largo plazo, y alteraciones de las funciones fisiológicas.

Los efectos agudos tienden a presentarse inmediatamente luego de haber estado expuesto al factor de riesgo, es por ello por lo que los efectos agudos se clasifican en lo siguiente:

Malestar. El malestar causado por la aceleración de la vibración depende de la frecuencia de vibración, la dirección de la vibración, el punto de contacto con el cuerpo y la duración de la exposición a la vibración. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). En la vibración vertical de personas sentadas, el malestar causado por la vibración vertical a cualquier frecuencia aumenta en proporción a la magnitud de la vibración: si se reduce ésta a la mitad, el malestar tenderá a reducirse a la mitad. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Interferencia con la actividad. Las vibraciones pueden deteriorar la adquisición de información (por ejemplo, por los ojos), la salida de información (p. ej., mediante movimientos de las manos o de los pies) o los procesos centrales complejos que relacionan la entrada con la salida (por ejemplo, el aprendizaje, memoria, y toma de decisiones). (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Los mayores efectos de las vibraciones de cuerpo entero se producen en los procesos de entrada (principalmente la visión) y en los de salida (principalmente el control continuo de las manos). (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Los efectos a largo plazo tienden a presentarse posteriormente a muchas exposiciones continuas en un periodo largo de tiempo, por lo que los efectos a largo plazo se clasifican en lo siguiente:

Efectos sobre la columna vertebral. Los estudios epidemiológicos a menudo indican un riesgo significativo para la salud de la columna vertebral en trabajadores expuestos durante largos períodos a vibraciones intensas de cuerpo entero, como los que laboran en tractores o maquinaria pesada. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se han realizado análisis exhaustivos de la literatura científica al respecto, concluyendo que la exposición prolongada a estas vibraciones puede tener un efecto negativo en la columna vertebral y aumentar el riesgo de desarrollar molestias lumbares. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Estas molestias pueden ser consecuencia de una degeneración primaria de las vértebras y los discos intervertebrales. (OIT, 2012).

Efectos sobre el sistema nervioso, órgano vestibular y audición. Las vibraciones de cuerpo entero intensas a frecuencias superiores a 40 Hz pueden causar daños y alteraciones del sistema nervioso central. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se han comunicado datos contradictorios sobre los efectos de la vibración de cuerpo entero a frecuencias inferiores a 20 Hz. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Solo en algunos estudios se ha encontrado un aumento de molestias inespecíficas, tales como dolor de cabeza y aumento de la irritabilidad (OIT, 2012).

Efectos sobre el sistema circulatorio y digestivo. Se han detectado cuatro grupos principales de alteraciones circulatorias con mayor incidencia entre trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo entero: Trastornos periféricos, tales como el síndrome de Raynaud, cerca del punto de aplicación de la vibración de cuerpo entero (es decir, los pies de los operarios sen posición de pie o, en menor grado, las manos de los conductores), venas varicosas de las piernas, hemorroides y varicocele, cardiopatía isquémica e hipertensión, y alteraciones neurovasculares (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Efectos sobre los órganos reproductores femeninos, embarazo y sistema genitourinario masculino. Se cree que el aumento del riesgo de aborto, alteraciones menstruales y anomalías posicionales (por ejemplo, desprendimiento de útero) puede estar relacionado con la exposición de larga duración a las vibraciones de cuerpo entero (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Y finalmente, los efectos sobre las alteraciones de las funciones fisiológicas se manifiestan cuando los individuos están expuestos a un ambiente de vibraciones de cuerpo entero en condiciones de laboratorio. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las alteraciones típicas, como la "respuesta de sobresalto" (por ejemplo, aumento de la frecuencia cardíaca), tienden a normalizarse rápidamente con la exposición continuada, mientras que otras reacciones pueden persistir o desarrollarse gradualmente. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Este último aspecto puede depender de diversas características de las vibraciones, incluyendo el eje, la magnitud de la aceleración y el tipo de vibración (senoidal o aleatoria), así como de otras variables como el ritmo circadiano y

las características individuales de los sujetos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Por lo tanto, este tipo de efecto se puede clasificar en lo siguiente:

Alteraciones neuromusculares. Durante el movimiento natural activo, los mecanismos de control motor funcionan como un sistema de información constante, ajustado continuamente por la retroalimentación adicional de los sensores en los músculos, tendones y articulaciones. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las vibraciones de cuerpo entero generan un movimiento pasivo artificial del cuerpo humano, una condición que difiere esencialmente de las vibraciones autoinducidas por la locomoción. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). La falta de control de la información durante las vibraciones de cuerpo entero es la alteración más notable de la función fisiológica normal del sistema neuromuscular. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). La amplia gama de frecuencias asociada con las vibraciones de cuerpo entero (entre 0,5 y 100 Hz), en comparación con el movimiento natural (entre 2 y 8 Hz para movimientos voluntarios, y menos de 4 Hz para la locomoción), es otra diferencia significativa que contribuye a explicar las respuestas de los mecanismos de control neuromuscular a frecuencias tanto muy bajas como altas. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas. Las alteraciones observadas durante la exposición a vibraciones se han comparado con aquellas que ocurren durante el trabajo físico moderado, como aumentos en la frecuencia cardíaca, la presión arterial y el consumo de oxígeno, incluso cuando la magnitud de la vibración se acerca al límite de tolerancia voluntaria. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se cree que el aumento de la ventilación puede atribuirse en parte a las oscilaciones del aire en el sistema respiratorio. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Sin embargo, las alteraciones respiratorias y metabólicas pueden no estar necesariamente correlacionadas, lo que sugiere una posible perturbación en los mecanismos de control de la respiración. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se han informado diversos hallazgos, algunos de ellos contradictorios, en relación con las alteraciones de las

hormonas adrenocorticotrópicas (ACTH) y las catecolaminas. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central. Se ha argumentado la posibilidad de que las vibraciones de cuerpo entero puedan afectar la función vestibular, lo que a su vez podría influir en la regulación de la postura. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). No obstante, esta afirmación se fundamenta en un sistema de control postural sumamente complejo, en el cual las alteraciones en la función vestibular pueden ser compensadas en gran medida por otros mecanismos. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Las modificaciones en la función vestibular parecen ser más notorias cuando las exposiciones ocurren a frecuencias muy bajas o cercanas a la resonancia de cuerpo entero. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012). Se plantea que una discrepancia sensorial entre la información proveniente del sistema vestibular, visual y propioceptivo (de los tejidos internos) podría ser un mecanismo relevante para explicar las respuestas fisiológicas ante ciertos tipos de movimiento artificial. (Organismo Internacional del Trabajo, 2012).

2.1.6 Medición de vibraciones según la ISO 2631-1

En 2008, Organismo Internacional de Normalización describe en la ISO 2631-1 los siguientes criterios de medición de vibraciones:

- La magnitud de las vibraciones se describe principalmente mediante la aceleración, la cual se mide en metros por segundo cuadrado (m/s^2) para vibraciones de tipo translacional y en radianes por segundo cuadrado (rad/s^2) para vibraciones de tipo rotacional. (ISO, 2008).
- En el caso de bajas frecuencias y magnitudes de vibración, se pueden realizar mediciones de velocidad y después convertirlas a aceleración. (ISO, 2008).
- Las vibraciones deben medirse en relación con un sistema de coordenadas que parta desde un punto desde el que se considera que las vibraciones entran en el cuerpo humano. (ISO, 2008).

- En situaciones en las que no sea posible lograr una alineación precisa de los transductores de vibraciones con los ejes básicos preferidos, los ejes sensibles de los transductores pueden desviarse hasta 15 grados de los ejes preferidos si es necesario. (ISO, 2008). Por ejemplo, al evaluar a una persona sentada en un asiento inclinado, la orientación relevante debería basarse en los ejes del cuerpo, lo que podría implicar que el eje z no sea necesariamente vertical. (ISO, 2008). Además, es importante considerar la orientación de los ejes básicos con respecto al campo gravitacional. (ISO, 2008).
- Es esencial asegurar que los transductores estén colocados de manera ortogonal en el punto de medición. (ISO, 2008). Si se emplean múltiples acelerómetros translacionales orientados en diferentes ejes en un solo punto de medición, se recomienda ubicarlos lo más cercanos posible entre sí. (ISO, 2008).
- Además, los transductores deben ser posicionados de tal manera que permitan la medición de la vibración en el punto de contacto entre el cuerpo humano y la fuente de vibración. (ISO, 2008). Es fundamental captar la vibración transmitida al cuerpo a través de la superficie en contacto directo entre el cuerpo y la fuente de vibración. (ISO, 2008).
- Para realizar mediciones de la vibración transmitida al cuerpo desde un material no rígido o elástico, como un cojín de asiento o un sofá, es fundamental colocar el transductor entre la persona y las áreas principales de contacto de la superficie. (ISO, 2008). Esto se logra asegurando los transductores en un montaje adecuado que no altere significativamente la distribución de la presión sobre la superficie del material elástico. (ISO, 2008). Durante las mediciones en superficies no rígidas, es importante que la persona adopte una posición normal para el entorno. (ISO, 2008).
- Los procedimientos de evaluación de vibraciones definidos incluyen métodos de promedio de vibraciones en el tiempo y en bandas de frecuencia. (ISO, 2008). La respuesta de frecuencia del transductor de vibraciones y la señal asociada acondicionada antes del procesamiento deben ser adecuadas para el rango de

frecuencias especificado en el capítulo correspondiente de esta parte de la norma. (ISO, 2008).

- La duración de la medición debe ser lo suficientemente extensa como para garantizar una precisión estadística adecuada y para capturar la vibración típica de las exposiciones que se están evaluando. (ISO, 2008). Es importante registrar la duración de la medición. (ISO, 2008).
- Cuando la exposición total conste de varios períodos con características diferentes, puede ser necesario realizar un análisis separado de estos períodos. (ISO, 2008).
- Si se utilizan métodos diferentes a los descritos en esta parte de la norma, es fundamental registrar los métodos empleados. (ISO, 2008).
- Es necesario registrar tanto la magnitud como la duración de cualquier exposición a vibraciones que se esté evaluando. (ISO, 2008). Si se aplican métodos de evaluación adicionales, como el factor de cresta, se deben registrar tanto el valor base como el valor adicional. (ISO, 2008). Si se determina el factor de cresta, se debe registrar el período de tiempo durante el cual se realizó la medición. (ISO, 2008).
- La especificación de la gravedad de las condiciones de vibración complejas a través de uno o unos pocos valores es conveniente y, a menudo, esencial. (ISO, 2008). No obstante, sería deseable contar con información más detallada sobre las condiciones de vibración, incluyendo cómo estas condiciones cambian a lo largo del tiempo y cualquier otro factor que pueda influir en el efecto resultante. (ISO, 2008).

2.2 Marco legal

2.2.1 Normativa nacional

Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (MINTRA, 2011). En el artículo 36 de Servicios de Seguridad y Salud en el Trabajo se indica que todo empleador organiza un servicio de seguridad y salud en el trabajo propio o común a varios empleadores, cuya finalidad es esencialmente preventiva. (MINTRA, 2011). Sin perjuicio

de la responsabilidad de cada empleador respecto de la salud y la seguridad de los trabajadores a quienes emplea y habida cuenta de la necesidad de que los trabajadores participen en materia de salud y seguridad en el trabajo, los servicios de salud en el trabajo aseguran que las funciones siguientes sean adecuadas y apropiadas para los riesgos de la empresa para la salud en el trabajo (MINTRA, 2011):

a. Identificación y evaluación de los riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo. (MINTRA, 2011).
b. Vigilancia de los factores del medio ambiente de trabajo y de las prácticas de trabajo que puedan afectar a la salud de los trabajadores, incluidas las instalaciones sanitarias, comedores y alojamientos, cuando estas facilidades sean proporcionadas por el empleador. (MINTRA, 2011).
c. Asesoramiento sobre la planificación y la organización del trabajo, incluido el diseño de los lugares de trabajo, sobre la selección, el mantenimiento y el estado de la maquinaria y de los equipos y sobre las substancias utilizadas en el trabajo. (MINTRA, 2011).
d. Participación en el desarrollo de programas para el mejoramiento de las prácticas de trabajo, así como en las pruebas y la evaluación de nuevos equipos, en relación con la salud. (MINTRA, 2011).
e. Asesoramiento en materia de salud, de seguridad e higiene en el trabajo y de ergonomía, así como en materia de equipos de protección individual y colectiva. (MINTRA, 2011).
f. Vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con el trabajo. (MINTRA, 2011).
g. Fomento de la adaptación del trabajo a los trabajadores. (MINTRA, 2011).

Decreto Supremo N.° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (MINTRA, 2012). En el artículo 26 se indica que el empleador está obligado a:

a. Garantizar que la seguridad y salud en el trabajo sea una responsabilidad conocida y aceptada en todos los niveles de la organización. (MINTRA, 2012).
b. Definir y comunicar a todos los trabajadores, cuál es el departamento o área que identifica, evalúa o controla los peligros y riesgos relacionados con la seguridad y salud en el trabajo. (MINTRA, 2012).
c. Disponer de una supervisión efectiva, según sea necesario, para asegurar la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores. (MINTRA, 2012).
d. Promover la cooperación y la comunicación entre el personal, incluidos los trabajadores, sus representantes y las organizaciones sindicales, a fin de aplicar los elementos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en la organización en forma eficiente. (MINTRA, 2012).
e. Cumplir los principios de los Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo señalados en el artículo 18 de la Ley y en los programas voluntarios sobre seguridad y salud en el trabajo que adopte el empleador. (MINTRA, 2012).
f. Establecer, aplicar y evaluar una política y un programa en materia de seguridad y salud en el trabajo con objetivos medibles y trazables. (MINTRA, 2012).
g. Adoptar disposiciones efectivas para identificar y eliminar los peligros y los riesgos relacionados con el trabajo y promover la seguridad y salud en el trabajo. (MINTRA, 2012).
h. Establecer los programas de prevención y promoción de la salud y el sistema de monitoreo de su cumplimiento. (MINTRA, 2012).
i. Asegurar la adopción de medidas efectivas que garanticen la plena participación de los trabajadores y de sus representantes en la ejecución de la Política de Seguridad y Salud en el Trabajo y en los Comités de Seguridad y Salud en el Trabajo. (MINTRA, 2012).
j. Proporcionar los recursos adecuados para garantizar que las personas responsables de la seguridad y salud en el trabajo, incluido el Comité de Seguridad

y Salud en el Trabajo o el Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo, puedan cumplir los planes y programas preventivos establecidos. (MINTRA, 2012).

D.S. 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. (MINEM, 2016). En la guía 3 de Monitoreo de Vibración se indica que el valor máximo permisible de la aceleración en 8 hora será de 1.15m/s2 y el nivel de acción de la aceleración en 8 horas será de 0.5m/s2. (MINEM, 2016).

R.M. 375-2008-TR, Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico. (MINTRA, 2008). Los límites de la exposición cuerpo total en cualquiera de las direcciones x,y,z (ACGIH), se rigen por la tabla 1 (MINTRA, 2008):

Tabla 1

Límite de exposición diaria de vibración.

Límite de exposición diaria 8 horas	Nivel de acción akeq (m/s2)	Limite akeq (m/s2)
Cuerpo entero	0,5	1,15

Nota: Adaptado de norma R.M. 375-2008-TR

2.2.2 Normativa internacional

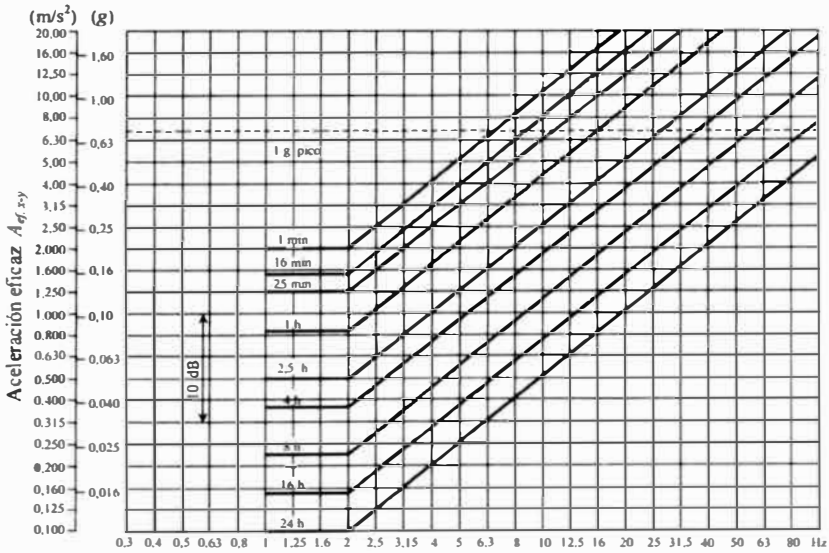
UNE-ISO 2631-1:2008, Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. (ISO, 2008). **Parte 1: Requisitos generales.** (ISO, 2008). Esta norma es idéntica a la Norma Internacional ISO 2631-1:1997, la cual define los métodos para la medición de vibraciones de cuerpo entero periódicas, aleatorias y transitorias. (ISO, 2008). Así mismo, se indican los principales factores que se combinan para determinar el grado a la que la exposición a vibraciones será aceptable. (ISO, 2008).

UNE-ISO 2041:2018, Monitoreo de condiciones, choques y vibraciones mecánicas. Vocabulario. (ISO, 2018). Esta norma es idéntica a la Norma Internacional ISO 2041:1990, la cual define la terminología y vocabulario para el monitoreo de condiciones, choques y vibraciones mecánicas, desarrollando el apartado 3 de la ISO 2631-1. (ISO, 2018).

Norma Oficial Mexicana NOM-024-STPS-2001, Vibraciones-Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo: Límites máximos permisibles de exposición a vibraciones. (Norma Oficial Mexicana, 2001). Esta norma define el límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en direcciones transversales (ejes X e Y) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición descrito en la figura 3, y define el límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en dirección longitudinal (eje Z) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición descrito en la figura 4. (Norma Oficial Mexicana, 2001).

Figura 3

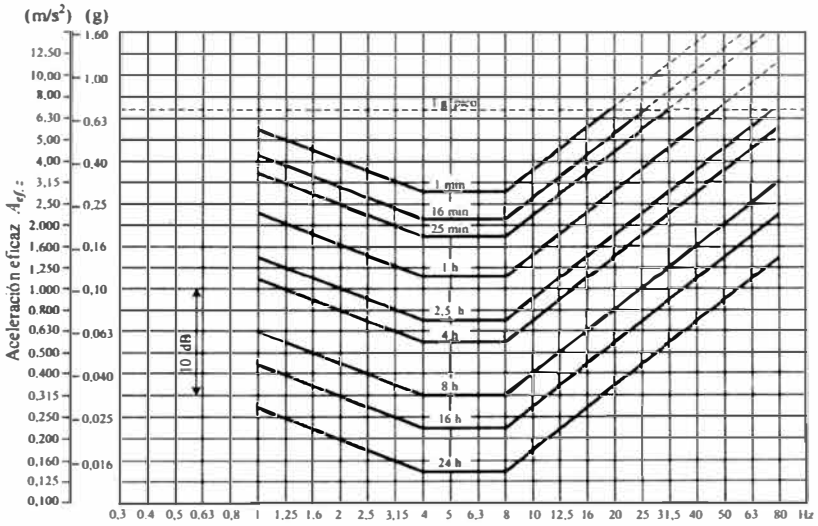
Límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en direcciones transversales (ejes X e Y) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición.



Nota: fuente https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-024.pdf (NOM-024-STPS-2001).

Figura 4

Límite de capacidad reducida por la fatiga para la aceleración eficaz en dirección longitudinal (eje Z) en función de la frecuencia y del tiempo diario de exposición.



Nota: fuente https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-024.pdf (NOM-024-STPS-2001).

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

El presente trabajo tiene como objetivo determinar si los operadores de camiones en mina tajo abierto se encuentra expuestos a vibración ocupacional de cuerpo entero. El método utilizado está basado en la norma ISO 2631-1 "Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales". Cabe resaltar que los puestos de trabajo se midieron de acuerdo con el punto 5 y se evaluaron de acuerdo con el punto 6 de la ISO 2631-1, en la cual, se usó el método de evaluación básico usando el valor eficaz de la aceleración ponderada, comparando los resultados con los límites de la normativa nacional D.S. N.º 024-2016-EM. Así mismo, se determinó la aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores cresta elevados para conocer si se requiere de la evaluación adicional de vibraciones siempre y cuando el método de evaluación básica no sea suficiente. Asu vez, se aplicó el análisis de ponderación en frecuencias para un análisis más exhaustivo, comparando los resultados obtenidos de frecuencias de banda de octava con los límites de las normativas internacionales del NOM-024-STPS-2001. Para finalizar, el trabajo concluye brindando propuestas y recomendaciones de mejora de acuerdo con el análisis de los resultados.

3.1 Metodología de evaluación de la vibración según la ISO 2631-1

3.1.1 Método de evaluación básico usando el valor eficaz de la aceleración ponderada

En 2008, Organismo Internacional de Normalización describe en la ISO 2631-1 el método de la evaluación de la vibración, en la cual, debe incluir siempre mediciones del valor eficaz de la aceleración ponderada (r.m.s. raíz media cuadrática), tal como se define en este apartado. (ISO, 2008).

El valor r.m.s de la aceleración ponderada se expresa en metros por segundo al cuadrado (m/s2) para vibración translacional y en radianes por segundo al cuadrado (rad/s2) para vibración rotacional. (ISO, 2008). El valor r.m.s. de la aceleración ponderada

debe calcularse de acuerdo con la ecuación 4 o sus equivalentes en el campo de frecuencia. (ISO, 2008).

$$a_w(t_0) = \left\{ \frac{1}{t} \int_{t_0 - t}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{1/2} \qquad (4)$$

Sabiendo que aw(t) es la aceleración ponderada (traslacional o rotacional) como una función del tiempo (historia temporal), en metros por segundo al cuadrado (m/s2) o radianes por segundo al cuadrado (rad/s2) respectivamente y t es la duración de la medición en segundos. (ISO, 2008).

La evaluación del efecto de la vibración en la salud debe realizarse independientemente en cada eje. (ISO, 2008). Y debe efectuarse con respecto a la aceleración de más alta frecuencia ponderada determinada en cualquier eje en la base del asiento. (ISO, 2008).

La ponderación en frecuencia debe aplicarse a personas con los factores de multiplicación k que se indican a continuación: (ISO, 2008).

Tabla 2

Ponderación de frecuencia para el cálculo del A(8).

Eje	Ponderación	Aceleración ponderada en frecuencia	Factor de multiplicación (k)	Aceleración eficaz
Eje x	Wd	awx	1.4	Ax (8)
Eje y	Wd	awy	1.4	Ay (8)
Eje z	Wk	awz	1	Az (8)

Nota: Tabla adaptada de la norma D.S. 024-2016-EM

Así mismo, la ecuación 5 relaciona los parámetros mencionados en la tabla 2:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i} = k_i a_{wli} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \qquad (5)$$

Y dependiendo del eje del que estemos calculando, a continuación, se presenta la ecuación 6 para el eje X, la ecuación 7 para el eje Y, y la ecuación 8 para el Z, las cuales explican la aceleración ponderada en frecuencia normalizada a 8 horas la cual será

comparada con el límite máximo permisible, siendo T_{exp} la duración de la exposición en segundos y T_0 el tiempo al cual se está normalizando los valores (8 horas):

$$A_x(8) = 1.4a_{wx}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad (6)$$

$$A_y(8) = 1.4a_{wy}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad (7)$$

$$A_z(8) = a_{wz}\sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \qquad (8)$$

El criterio de la evaluación del efecto de la vibración sobre la salud debe ser hecho comparando las aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas (A(8)) de cada eje coordenado con el límite máximo permisible de manera independiente. (ISO, 2008).

3.1.2 Aplicabilidad del método de evaluación básica

En 2008, Organismo Internacional de Normalización describe en la ISO 2631-1 la aplicabilidad del método de evaluación básica:

Definición del factor de cresta. (ISO, 2008). El factor cresta se define como el módulo de la relación entre el máximo valor de pico instantáneo de la señal de la aceleración ponderada en frecuencia y su valor r.m.s. (ISO, 2008). El valor de pico debe determinarse a lo largo de la duración de la medición. (ISO, 2008).

Aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores cresta elevados. (ISO, 2008). El factor cresta puede usarse para investigar si el método de evaluación básico es adecuado para describir la severidad de la vibración en relación con sus efectos sobre los seres humanos. (ISO, 2008). Para vibraciones con factores cresta inferiores o iguales a 9, el método de evaluación básico es normalmente suficiente. (ISO, 2008).

3.1.3 Evaluación adicional de vibraciones cuando el método de evaluación básico no es suficiente

En 2008, Organismo Internacional de Normalización describe en la ISO 2631-1 la evaluación adicional en los casos donde el método de evaluación básico pueda subestimar los efectos de las vibraciones (factores cresta elevados, choques esporádicos, vibraciones transitorias), debería determinarse también una de las medidas alternativas descritas a continuación (ISO, 2008) :

Método del valor eficaz móvil de la aceleración ponderada. El método del valor eficaz móvil de la aceleración ponderada toma en cuenta los impactos esporádicos y las vibraciones transitorias mediante el uso de una constante de tiempo de integración corta. (ISO, 2008). La magnitud se define como el valor máximo de vibración transitoria (MTVV). (ISO, 2008).

La discrepancia en los resultados es mínima para aplicaciones que involucran choques de corta duración en comparación con el tiempo total, y puede ser un poco mayor (hasta un 30%) cuando se aplica a choques y vibraciones transitorias de larga duración. (ISO, 2008).

Método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia. El método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia es más sensible a los picos que el método de evaluación básico, ya que utiliza la cuarta potencia en lugar de la segunda potencia del historial temporal de la aceleración como base para el promedio. (ISO, 2008). El valor de dosis de vibración a la cuarta potencia (VDV) se expresa en metros por segundo elevado a la potencia 1.75 (m/s^1.75) o en radianes por segundo elevado a la potencia 1.75 (rad/s^1.75). (ISO, 2008).

Relaciones usadas para la comparación de los métodos de evaluación básico y adicional. (ISO, 2008). La experiencia indica que será crucial emplear métodos de evaluación adicionales para valorar los efectos de las vibraciones en los seres humanos cuando se excedan las siguientes relaciones, de acuerdo con las ecuaciones 9 y 10 (según el método adicional que se esté utilizando), para evaluar la salud o el bienestar (ISO, 2008):

$$\frac{MTVV}{a_w} = 1.5 \qquad (9)$$

$$\frac{VDV}{a_w T^{1/4}} = 1.75 \qquad (10)$$

Se recomienda utilizar el método de evaluación básico para evaluar las vibraciones. Sin embargo, en los casos en que se emplee también uno de los métodos adicionales, es importante registrar tanto el valor de la evaluación básica como el valor de la evaluación adicional. (ISO, 2008).

3.1.4 Ponderación en frecuencia

En 2008, Organismo Internacional de Normalización describe en la ISO 2631-1 la ponderación en frecuencia:

Ponderación en frecuencia del histórico en el tiempo de la aceleración. (ISO, 2008). La forma en que las vibraciones afectan la salud, el bienestar, la percepción y el mareo por movimiento depende del índice de frecuencia de la vibración. (ISO, 2008). Se necesitan ponderaciones en frecuencia específicas para los distintos ejes de vibración. (ISO, 2008). Se incorpora una ponderación en frecuencia especial para evaluar las vibraciones de baja frecuencia que influyen en el mareo por movimiento. (ISO, 2008).

Limitación de banda de frecuencia. (ISO, 2008). Para lograr la limitación de la banda de frecuencia inferior y superior, se deben emplear filtros de paso alto y paso bajo de dos polos, respectivamente. (ISO, 2008). Estos filtros deben tener características Butterworth, con una pendiente asintótica de -12 dB por octava. (ISO, 2008). Las frecuencias de corte de los filtros de banda limitante deben situarse un tercio de octava fuera del rango de frecuencia nominal de la banda pendiente. (ISO, 2008).

Tolerancias. (ISO, 2008). Dentro de las bandas de frecuencia nominal y las bandas de un tercio de octava desde los límites de frecuencia, la tolerancia combinada de la ponderación en frecuencia y la banda limitante debe ser de ±1 dB. (ISO, 2008). Fuera de este rango, la tolerancia debe ser de ±2 dB. (ISO, 2008).

Ponderación en frecuencia del espectro de la aceleración. (ISO, 2008).La señal de aceleración puede ser analizada y registrada como un espectro de banda ancha constante o de banda ancha proporcional, como una banda de un tercio de octava, de la aceleración sin ponderar. (ISO, 2008). En el caso de las bandas de un tercio de octava, las frecuencias centrales deben coincidir con las establecidas en las tablas 3 y 4. (ISO, 2008). En cualquier forma de análisis de frecuencia, analógico o digital, se pueden utilizar los datos directos de las bandas de un tercio de octava o los datos de la suma de las bandas reducidas. (ISO, 2008). El método de análisis de datos debe ser consistente con las especificaciones del filtro de banda de un tercio de octava establecidas en la Norma IEC 1260. (ISO, 2008).

La aceleración r.m.s. ponderada en frecuencia se determina mediante la ponderación y la suma apropiada de los datos de banda estrecha o de los datos de bandas de un tercio de octava. (ISO, 2008). Para convertir los datos de las bandas de un tercio de octava, se deben utilizar los factores de ponderación proporcionados en la tabla 5. (ISO, 2008). La aceleración ponderada total se determina de acuerdo con la siguiente ecuación, o su equivalente digital en el dominio del tiempo o frecuencia. (ISO, 2008).

Las ponderaciones de frecuencias Wd y Wk para las vibraciones de cuerpo entero deben aplicarse para personas sentadas, siendo los ejes transversales X – Y, y el eje longitudinal Z, para lo cual, en la figura siguiente se describe la curva de ponderación de frecuencias detallando los factores multiplicadores "k" por cada frecuencia de banda de octava. (ISO, 2008).

Tabla 3

Ponderaciones en frecuencia principales en bandas de octava.

Número de banda de frecuencia	Frecuencia en Hz	Wk	Wd	Wf
0	1	0.482	1.011	0.024
3	2	0.531	0.890	0.002
6	4	0.967	0.512	0.001
9	8	1.036	0.253	
12	16	0.768	0.125	
15	31.5	0.405	0.063	
18	63	0.186	0.029	

Nota: Tabla adaptada de la norma ISO 2631-1

3.2 Caracterización del puesto de trabajo

El área de Operaciones Mina cuenta con una diversidad de puestos de trabajos que laboran durante la excavación y recolección del material (mineral) y/o desmonte. Cabe resaltar que dicha área cuenta con un total de 18 operadores de camiones cuyas funciones principalmente son el traslado de material y/o desmonte en diferentes rutas de la mina de tajo abierto. Así mismo, cada operador de camión labora dentro de una jornada de 12 horas diarias de trabajo y dentro de un régimen de 14 días de trabajo y 7 días de descanso, siendo 7 primeros días en turno noche y los 7 días restantes en turno día hasta finalizar su régimen de trabajo. Cabe precisar que todos los colaboradores pertenecientes al área de operaciones mina se encuentran aclimatados y cuentan con años de experiencia. Así mismo, en la mina de tajo abierto se mantuvieron las condiciones climáticas.

Cabe resaltar que la principal actividad realizada por los operadores de camiones es la conducción de los camiones mineros para acarreo de material (mineral) o para acarreo de desmonte, de acuerdo con ello, se determina la ruta de tránsito de los camiones, siendo la velocidad de manejo establecida entre 10 a 40 km por hora.

Acerca de las rutas de tránsito de los camiones, se resalta que los camiones que acarrean material (mineral) transitan del tajo hacia la chancadora o de la chancadora hacia la zona de lixiviación, y los camiones que acarrean desmonte transitan del tajo hacia los botadores. Cabe resaltar que el tipo de terreno de las rutas de tránsito es de tierra arcillosa.

Acera de los camiones mineros, se resalta que todos los camiones reciben un mantenimiento preventivo cada 500 horas de uso y correctivo cuando sea necesario. Así mismo, cada camión minero cuenta con suspensión neumática como amortiguación del asiento, así mismo, el material del asiento es de tela y se hace uso constante del sobre asientos.

Entonces, de acuerdo a lo descrito, se señala principalmente que los operadores de camiones mineros realizan una actividad similar y se encuentran bajo similares condiciones tanto de rutas de tránsito como en el uso de los camiones mineros (en total 06

equipos), por lo cual se tomó como muestra de estudio a 06 colaboradores en diferentes fechas y turnos de trabajo, con la finalidad de evaluar aleatoriamente el nivel de vibración ocupacional de cuerpo entero por el uso de los camiones mineros.

A continuación, la tabla 4 describe la muestra de estudio de los operadores de camiones:

Tabla 4

Muestra de estudio de los operadores de camiones.

ítem	Área de trabajo	Puesto de trabajo	Nombre del trabajador	Equipo
1	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	Jorge Paredes Alvarado	Camión Minero 01 Marca CAT Modelo 777F
2	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	Wilmer Gervolio	Camión Minero 02 Marca CAT Modelo 777F
3	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	Gerónimo Asunción Acevedo	Camión Minero 03 Marca CAT Modelo 777F
4	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	David Rojas	Camión Minero 04 Marca CAT Modelo 777F
5	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	José Ocas Estacio	Camión Minero 05 Marca CAT Modelo 777F
6	Operaciones Mina	Operador de Camión Minero	Wilson Barrios Esquivel	Camión Minero 06 Marca CAT Modelo 777F

3.3 Trabajo de campo y recolección de datos

Debido a que se ha determinado tomar como muestra de estudio a 06 operadores de camiones mineros para la evaluación de vibración ocupacional de cuerpo entero, se programaron diferentes fechas y turnos de trabajo para la recolección de los datos la cual se muestra en la tabla 5.

Así mismo, durante la evaluación en campo, se entrevistaron a todos los colaboradores que fueron evaluados, con el fin de determinar las tareas y rutas de tránsito durante el monitoreo, así como también, determinar la correcta ejecución de las medidas de control estipuladas por la unidad minera la cual se muestra en la tabla 5.

Cabe resaltar que la medición de vibración por cuerpo entero se realizó con un medidor de vibraciones (vibrómetro) de marca Svantek que fue instalado en el asiento del conductor del equipo en uso, cuyo ficha técnica y certificado de calibración vigente durante el monitoreo se puede apreciar en los anexos. Dicho equipo fue configurado para detectar las aceleraciones ponderadas para cuerpo entero en el eje X, Y, y Z a lo largo de toda la

jornada de trabajo. Para finalizar se tomaron las fotografías que evidencian la instalación del equipo de monitoreo en el puesto de trabajo, las cuales también se pueden apreciar en los anexos.

Tabla 5

Recolección de datos de la muestra de estudio.

ítem	Equipo	Fecha de medición	Hora de medición inicial	Hora de medición final	Tarea
1	Camión minero 01	19/11/2021	19:03	06:57	Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.
2	Camión minero 02	2/12/2021	07:35	18:30	Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.
3	Camión minero 03	3/12/2021	07:06	18:58	Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación.
4	Camión minero 04	13/12/2021	07:30	18:14	Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.
5	Camión minero 05	11/12/2021	07:36	18:23	Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.
6	Camión minero 06	10/12/2021	19:03	06:57	Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

Se empleará el criterio establecido en la normativa nacional D.S. N.° 024-2016-EM para evaluar y clasificar el riesgo para la salud relacionado con la exposición a vibraciones de cuerpo entero de acuerdo con la tabla 6. Según este criterio, se considerará que existe riesgo para la salud debido a la exposición a vibraciones de cuerpo entero si una o más aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizadas a 8 horas (A(8)) en cualquiera de los ejes coordinados superan el límite máximo permisible. En caso de que estas aceleraciones sean menores o iguales al límite máximo permisible, pero superen el nivel de acción, se concluirá que no existe riesgo para la salud, pero se deberán implementar medidas de control y mejora. (MINEM, 2016). Por último, si las aceleraciones son inferiores al nivel de acción, se determinará que no hay riesgo para la salud debido a la exposición a vibraciones de cuerpo entero y no será necesario tomar medidas adicionales. (MINEM, 2016).

Tabla 6

Categorización del riesgo a la salud por exposición.

Riesgo a la salud por exposición	Interpretación	Acciones para tomar
Exposición menor o igual al Nivel de Acción	No existe riesgo a la salud por exposición	No es necesario tomar acciones.
Exposición mayor al Nivel de Acción y menor o igual que al Límite Máximo Permisible	No existe riesgo a la salud por exposición	Se debe empezar a tomar acciones de control y mejora
Exposición mayor al Límite Máximo Permisible	Si existe riesgo a la salud por exposición	Se debe tomar acciones de control y mejora.

Nota: Adaptado de norma D.S. 024-2016-EM

Así mismo, para analizar el riesgo a la salud por exposición por frecuencia de acuerdo a la tabla 7, se tomará en cuenta el criterio descrito en la normativa internacional NOM-024-STPS-2001, ya que ambas normas cuentan con los mismos límites permisibles de cada frecuencia por tiempo de exposición, con lo cual se concluirá que existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo entero, cuando una o más aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas (A(8)) de cualquier eje coordenado sea mayor que el límite permisible; y si estas fueran menores o iguales al límite permisible, se concluirá que no existe riesgo a la salud. (MINEM, 2016).

Tabla 7

Categorización del riesgo a la salud por exposición por frecuencia.

Riesgo a la salud por exposición	Interpretación	Acciones para tomar
Exposición menor o igual al Límite Máximo Permisible	No existe riesgo a la salud por exposición	No es necesario tomar acciones.
Exposición mayor al Límite Máximo Permisible	Si existe riesgo a la salud por exposición	Se debe tomar acciones de control y mejora.

Los resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por el Método de Evaluación Básica de la ISO 2631-1 se presentan en la tabla 8, cabe resaltar que por cada puesto de trabajo evaluado se realizó la comparación de las aceleraciones normalizadas a 8 horas de los tres ejes con el límite máximo permisible de la aceleración en 8 horas y el nivel de acción de la aceleración en 8 horas establecidos en la norma nacional D.S. N° 024-2016-EM. (MINEM, 2016).

Tabla 8

Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por el método de evaluación básica.

Equipo	Ax(8) (m/s2)	Ay(8) (m/s2)	Az(8) (m/s2)	NA (m/s2)	LMP (m/s2)	Resultado por el método de evaluación básica
Camión minero 01	0.368	0.411	**0.585**	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición, pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora.
Camión minero 02	0.502	0.446	**0.699**	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición, pero se debe empezar a tomar acciones de ccntrol y mejora.
Camión minero 03	0.404	0.361	0.495	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición y no es necesario tomar acciones.
Camión minero 04	0.389	0.368	0.475	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición y no es necesario tomar acciones.
Camión minero 05	0.386	0.352	0.448	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición y no es necesario tomar acciones.
Camión minero 06	0.382	0.332	0.492	0.5	1.15	No existe riesgo a la salud por exposición y no es necesario tomar acciones.

Así mismo, los análisis de la Aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores cresta elevados de la ISO 2631-1 se presentan en la tabla 9, cabe resaltar que por cada puesto de trabajo evaluado se realizó la comparación del factor de

cresta de los tres ejes con el valor de 9 para determinar si el Método de Evaluación Básica es Suficiente o Insuficiente.

Tabla 9

Aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores cresta elevados.

Equipo	Aceleración eficaz (m/s2)			Pico (m/s2)			Factor cresta			Aplicabilidad del método
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
Camión minero 01	0.256	0.286	0.570	1.831	1.952	4.582	7.152	6.825	8.039	Suficiente
Camión minero 02	0.312	0.277	0.608	2.327	2.175	5.087	7.458	7.852	8.367	Suficiente
Camión minero 03	0.247	0.221	0.424	1.954	1.577	3.603	7.911	7.136	8.498	Suficiente
Camión minero 04	0.228	0.216	0.390	1.787	1.405	3.114	7.838	6.505	7.985	Suficiente
Camión minero 05	0.238	0.217	0.387	1.832	1.559	3.002	7.697	7.184	7.757	Suficiente
Camión minero 06	0.235	0.204	0.424	1.695	1.354	3.345	7.213	6.637	7.889	Suficiente

Los resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por Ponderación en Frecuencia de la ISO 2631-1 se presentan en la tabla 10 para el eje X, en la tabla 11 para el eje Y, y en la tabla 12 para el eje Z, cabe resaltar que por cada puesto de trabajo evaluado se realizó la comparación de las aceleraciones normalizadas a 8 horas por cada frecuencia de banda de octava con el límite máximo permisible de la aceleración en 8 horas establecidos en la norma internacional NOM-024-STPS-2001.

Tabla 10

Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje X.

Equipo	Ponderación en frecuencias de banda de octava (m/s2)							Resultado por ponderación en frecuencia
	1 Hz	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	
Camión minero 01	0.157	0.089	0.088	0.078	0.021	0.013	0.004	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 02	0.193	0.163	0.039	0.059	0.039	0.012	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 03	0.090	0.126	0.026	0.053	0.023	0.009	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 04	0.094	0.103	0.029	0.062	0.017	0.010	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición

Camión minero 05	0.097	0.097	0.030	0.054	0.028	0.008	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 06	0.100	0.091	0.024	0.065	0.027	0.011	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición

Tabla 11

Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje Y.

Equipo	Ponderación en frecuencias de banda de octava (m/s2)							Resultado por ponderación en frecuencia
	1 Hz	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	
Camión minero 01	0.168	0.171	0.056	0.087	0.049	0.015	0.005	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 02	0.101	0.193	0.046	0.054	0.012	0.007	0.003	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 03	0.084	0.056	0.036	0.050	0.015	0.008	0.004	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 04	0.085	0.065	0.039	0.045	0.011	0.005	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 05	0.078	0.053	0.034	0.038	0.011	0.006	0.002	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 06	0.077	0.055	0.031	0.052	0.012	0.006	0.003	No existe riesgo a la salud por exposición

Tabla 12

Resultados del riesgo a la salud por exposición a vibración por ponderación en frecuencia para el eje Z.

Equipo	Ponderación en frecuencias de banda de octava (m/s2)							Resultado por ponderación en frecuencia
	1 Hz	2 Hz	4 Hz	8 Hz	16 Hz	31.5 Hz	63 Hz	
Camión minero 01	0.170	0.330	0.208	0.252	0.157	0.055	0.011	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 02	0.206	0.335	0.221	0.206	0.104	0.066	0.009	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 03	0.118	0.210	0.079	0.150	0.085	0.037	0.010	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 04	0.108	0.202	0.079	0.144	0.087	0.024	0.004	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 05	0.122	0.165	0.094	0.136	0.073	0.016	0.004	No existe riesgo a la salud por exposición
Camión minero 06	0.091	0.202	0.103	0.149	0.086	0.024	0.007	No existe riesgo a la salud por exposición

Conclusiones

De acuerdo con el análisis de la evaluación, obtenidas por el monitoreo de vibración en los puestos de trabajo evaluados, se concluye que:

- En los puestos de operador de camión minero 01 y 02, durante la tarea de conducción para acarreo de desmonte de fase 8 hacia el botadero 2, bajo el método de evaluación básica según la ISO 2631-1, se determinó que registran aceleraciones ponderadas inferiores al Valor Límite Permisible pero superiores al Nivel de Acción establecido en el D.S. N° 024-2016-EM, por tanto, no existe riesgo a la salud por exposición a vibración cuerpo entero, pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora.
- En el puesto de operador de camión minero 03, durante la tarea de conducción para acarreo de mineral de fase 7 hacia el PAD de lixiviación, bajo el método de evaluación básica según la ISO 2631-1, se determinó que registra aceleraciones ponderadas inferiores al Valor Límite Permisible y al Nivel de Acción establecido en el D.S. N° 024-2016-EM, por tanto, no existe riesgo a la salud por exposición a vibración cuerpo entero y no es necesario tomar acciones.
- En los puestos de operador de camión minero 04, 05 y 06, durante la tarea de conducción para acarreo de mineral de fase 7 hacia el PAD de lixiviación y para acarreo de desmonte de fase 9 hacia el botadero 2, bajo el método de evaluación básica según la ISO 2631-1, se determinó que registran aceleraciones ponderadas inferiores al Valor Límite Permisible y al Nivel de Acción establecido en el D.S. N° 024-2016-EM, por tanto, no existe riesgo a la salud por exposición a vibración cuerpo entero y no es necesario tomar acciones.
- En todos los puestos evaluados de camión minero, durante la ejecución de sus tareas, se determinó que el factor de cresta no supera el valor de 9, por tanto, el método de evaluación básico es suficiente y no se requiere de una evaluación

adicional por el método de vibración del valor eficaz móvil de la aceleración ponderada (MTVV) ni por el método del valor de dosis de vibración (VDV).

- En todos los puestos de evaluados de camión minero, durante la ejecución de sus tareas, se determinó que registra aceleraciones ponderadas inferiores al valor límite permisible por cada banda de frecuencia establecido en la norma internacional NOM-024-STPS-2001, por tanto, no existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones en las frecuencias evaluadas de 1 Hz a 63 Hz.
- La principal fuente de vibración son los camiones mineros, cabe resaltar que los camiones mineros son una fuente de vibración constante mientras el equipo esté en funcionamiento, sin embargo, los principales factores que afectan en el incremento de las vibraciones son la velocidad de manejo y las rutas de tránsito, lo cual determinan que la vibración recibida por cada operador de camión minero sea una vibración cíclica ya que las tareas de acarreo de mineral y/o desmonte son repetitivas por cada ciclo de viaje.

Recomendaciones

La ley 29783 establece una jerarquización de controles que abarca eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal. En base a ello recomendamos lo siguiente:

- Informar a los trabajadores los resultados de las evaluaciones realizadas de Vibración, posibles efectos a la salud por exposición a vibraciones en cuerpo entero y medidas preventivas que adopte la empresa.
- Es recomendable continuar reforzando a los operadores en temas de conducción (control de velocidad, aceleración y freno), con la finalidad de sensibilizar en la conducción del equipo para reducir y/o mantener los niveles de aceleración aceptables en el tiempo.
- Se recomienda continuar verificando que los equipos pesados cuenten con suspensión en los ejes de las llantas en óptimas condiciones que permitan atenuar la transmisión de la vibración cuerpo entero.
- Se recomienda mantener nivelado y fijado el terreno de las rutas de tránsito de vehículos para evitar irregularidades y obstáculos que puedan incrementar los niveles de vibración generados. Es recomendable el uso de motoniveladores de gran capacidad con el fin de que puedan nivelar toda la ruta de tránsito con mayor efectividad, sobretodo para las temporadas de lluvias ya que se forma lodo que conlleva que los baches y/o desniveles se acrecienten.
- Se recomienda continuar brindando capacitaciones al personal en posturas adecuadas de trabajo y/o de ergonomía durante el manejo de los equipos pesados.
- Asimismo, vigilar y asegurar el cumplimiento del programa de pausas activas en todos los operadores con posturas sedentarias y manejo de equipos pesados. Es recomendable una pausa de 5 a 10 minutos por cada hora, ya que permite a moderar los efectos de la vibración percibidos durante la jornada laboral.

- Se recomienda continuar con el programa de mantenimiento preventivo a las unidades para prevenir un desgaste o falla que pueda incrementar los niveles de vibración generados. Es recomendable realizar los mantenimientos periódicos de las maquinarias de acuerdo con las instrucciones del fabricante, ya que es imprescindible para garantizar el buen funcionamiento de todos los dispositivos y reducir la emisión de vibraciones.
- Se recomienda mantener las sillas de los operadores en buen estado, y continuar verificando el correcto funcionamiento de las suspensiones neumáticas, así como también continuar verificando el buen tapizado de las sillas, con el fin de mantener y/o reducir las vibraciones hacia el trabajador.
- Se recomienda continuar con el uso de los sobre asientos en los vehículos, ya que permite la reducción de las vibraciones y evita la transpiración de las piernas cuando el operador se encuentre sentado en el asiento del equipo.
- Como medida de control organizativo, es recomendable que los operadores reciban información para reconocer la magnitud de las vibraciones, y de los síntomas y signos asociados a ellas.

Referencias bibliográficas

Alfaro, J. (2016). *Programa para el Control de la Exposición a Vibraciones de Cuerpo Entero en los Operadores de Montacargas del Complejo Portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, Limón, Costa Rica.* [Proyecto de graduación de pregrado, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio institucional del Tecnologico de Costa Rica. *https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6631/Programa_control_exposicion_vibraciones_cuerpo_entero_operadores_montacargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y*

Decreto Supremo N.° 005-2012-TR. Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (01 de noviembre de 2016). https://www.gob.pe/institucion/presidencia/normas-legales/462577-005-2012-tr

Decreto Supremo N.° 024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (28 de julio de 2016). https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/741887-024-2016-em

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2020). Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1 - Requisitos generales (0,1 Hz a 80 Hz) (IRAM 4078-1). https://catalogo.iram.org.ar/#/normas/detalles/4682

Ley N.° 29783. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (20 de agosto de 2011). https://diariooficial.elperuano.pe/Normas/obtenerDocumento?idNorma=38

Miyara, F. (2005). *Criterios sobre vibraciones.* [Trabajo de Investigación de posgrado, Universidad Nacional de Rosario]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Rosario. https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/vibraciones

Organización Internacional de Normalización. (2008). Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales (ISO 2631-1). https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0041539

Organización Internacional de Normalización. (2018). Monitoreo de condiciones, choques y vibraciones mecánicas - Vocabulario. (ISO 2041). https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso?c=068734

Organismo Internacional del Trabajo. (2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. https://www.ilo.org/safework/info/publications/WCMS_162039/lang--es/index.htm

Parra, J. (2019). *Evaluación de Vibraciones de Cuerpo Completo en los Trabajadores que Manipulan el Equipo Caminero del GAD Municipal de Latacunga*. [Proyecto de Investigación de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Ambato. https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/29722

Resolución Ministerial N.° 375-2008-TR. Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico (28 de noviembre de 2008). https://www.gob.pe/institucion/mtpe/normas-legales/394457-375-2008-tr

Samudio, L. (2017). *Vibraciones en Equipos Pesados en una Empresa dedicada a la construcción*. [Informe Final de Proyecto de Graduación de maestría, Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología]. Repositorio institucional de la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología. https://www.idi-unicyt.org/wp-content/uploads/2017/11/Samudio-L.-2017.pdf

Sáenz, R. (2012). *Diseño de un Modelo de Evaluación del Riesgo por Exposición a Vibraciones de Cuerpo Entero para Operadores de Equipo Pesado en Mina de Tajo Abierto*. [Trabajo de Suficiencia Profesional de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Univerdad Nacional de Ingeniería.

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2002). Vibraciones-Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo (NOM-024-STPS-2001). https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-024.pdf

White, G. (2010). Introducción al Análisis de Vibraciones. Azima DLI. https://termogram.com/images/pdf/analisis-vibraciones/introduccion-al-analisis-de-vibraciones-azima-dli.pdf

Anexos

Pág.

Anexo 1: Formato de recopilación de información 1

Anexo 2: Formatos de campo..... 2

Anexo 3.1: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 01..... 8

Anexo 3.2: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 02..... 10

Anexo 3.3: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 03..... 12

Anexo 3.4: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 04..... 14

Anexo 3.5: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 05..... 16

Anexo 3.6: Fichas de evaluación ocupacional de operador de camión 06..... 18

Anexo 4.1: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 01 ... 20

Anexo 4.2: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 02 ... 21

Anexo 4.3: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 03 ... 22

Anexo 4.4: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 04 ... 23

Anexo 4.5: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 05 ... 24

Anexo 4.6: Diagrama de frecuencias de banda de octavas de operador de camión 06 ... 25

Anexo 5: Certificado de calibración 26

Anexo 1

TRABAJADOR					
Nombre del trabajador				DNI	
Cargo o puesto de trabajo				Edad	
Área de trabajo				Rég. Laboral	
Horario de trabajo		N° de personas expuestas		Refrigerio	

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
	Tarea 1:		
	Tarea 2:		
	Tarea 3:		
			(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

	Nivel de producción	☐ Bajo ☐ Promedio ☐ Alto **Sustentar:** _____

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO								
	Equipo pesado	Tipo de equipo						
		Marca		Modelo		Código / Placa		Año	
	Estado del asiento	☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar: _____			
	Material del asiento	☐ Cuero	☐ Metal	☐ Plástico	Uso de sobre asiento		☐ Si	☐ No
	Amortiguación del asiento	☐ Suspensión neumática		☐ Suspensión mecánica			☐ No cuenta	
	Tipo de terreno	☐ Asfalto	☐ Tierra	☐ Concreto	☐ Plataforma metálica	Otros: _____		
	Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar: _____			

CONDICIONES EVAL. MANO - BRAZO						
	Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta				
		Marca		Modelo		Año	
	Velocidad / Presión					
	Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica	☐ Concreto	☐ Roca	☐ Plástico	☐ DryWall	Otros: _____

CONTROLES ACTUALES		
	Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria ☐ Mantenimiento **preventivo/correctivo** (frecuencia): _____ ☐ Amortiguación del asiento ☐ Alfombra antivibratoria Otros: _____
	Administrativos	☐ Procedimiento de trabajo ☐ Capacitación en vibración ☐ Rotación de personal ☐ Pausas activas ☐ Velocidad de manejo establecida: _____ Otros: _____
	EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibracion: Si ( ) No ( ) Marca: _____ Modelo: _____ Estado: ☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo Otros: _____
	Controles recomendados por el trabajador:	

MEDICION Y EQUIPO						
	Tipo de Medición	☐ Vibración Cuerpo Entero			☐ Vibración Mano Brazo	
	Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☐ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado	
	Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha			☐ Mano Izquierda	
	Vibrometro	Marca		Código		Serie	

DATOS DE MEDICIONES	Tarea Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	
	Observaciones y / o recomendaciones:

Anexo 2

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	JORGE PALENES ALVARADO	DNI	41085401
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMION MINERO	Edad	40
Área de trabajo	OPERACIONES MINA	Rég. Laboral	14x7
Horario de trabajo	07:00 – 07:00 AM	N° de personas expuestas: 1	Refrigerio: 1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1: CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 8 HACIA EL BOTADERO 2.	22 MINUTOS POR CADA CICLO / 30 CICLOS POR JORNADA	CAMION MINERO N°1 EN FUNCIONAMIENTO
Tarea 2		
Tarea 3		

(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción: ☐ Bajo ☒ Promedio ☐ Alto — Sustentar: PRODUCCION CONSTANTE

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo: CAMION MINERO								
	Marca: CAT		Modelo: 777F		Código / Placa: 01		Año: —		
Estado del asiento	☒ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar: ASIENTO SIN DESGASTE					
Material del asiento	☒ Cuero	☐ Metal	☐ Plástico	Uso de sobre asiento			☒ Si	☐ No	
Amortiguación del asiento	☒ Suspensión neumática		☐ Suspensión mecánica				☐ No cuenta		
Tipo de terreno	☐ Asfalto	☒ Tierra	☐ Concreto	☐ Plataforma metálica	Otros:				
Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno	☒ Regular	☐ Malo	Sustentar: TERRENO NIVELADO					

CONDICIONES EVAL. MANO - BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta: —					
	Marca: —		Modelo: —		Año: —	
Velocidad / Presión	—					
Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica	☐ Concreto	☐ Roca	☐ Plástico	☐ DryWall	Otros: —

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria	☒ Mantenimiento preventivo/correctivo (frecuencia): CADA SEIS HORAS			
	☐ Amortiguación del asiento	☐ Alfombra antivibratoria	Otros:		
Administrativos	☒ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en vibración	☒ Rotación de personal	☒ Pausas activas	
	☒ Velocidad de manejo establecida: DE 25 A 40 KM/H		Otros: —		
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibración: SI ( ) NO (X)		Marca:	Modelo:	
	Estado: ☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Otros:	
Controles recomendados por el trabajador:	NINGUNA				

MEDICION Y EQUIPO

Tipo de Medición	☒ Vibración Cuerpo Entero				☐ Vibración Mano Brazo	
Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☒ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado		
Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha			☐ Mano Izquierda		
Vibrometro	Marca: SVANTEK		Código: 11790		Serie: 36372	

DATOS DE MEDICIONES

Tarea Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
Tarea 1: CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 8 HACIA EL BOTADERO 2	1063	20:25	04:51	08H 16MIN	0.256	0.286	0.570

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZÓ EL 19/11/2021
EL OPERADOR RECOMIENDA CAMBIO DEL CAMIÓN.

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	WILMER GERVOLIO QUISPE	DNI	71634583
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMION MINERO	Edad	42
Área de trabajo	OPERACIONES MINA	Rég. Laboral	14 x 7
Horario de trabajo	07.00PM - 07.00 AM — Nº de personas expuestas: 1	Refrigerio	1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1: CONDUCCION PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 8 HACIA EL BOTADERO 2	24 MINUTOS POR CADA CICLO / 29 CICLOS POR JORNADA	CAMION MINERO Nº2 EN FUNCIONAMIENTO
Tarea 2		
Tarea 3		
		(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción: ☐ Bajo ☒ Promedio ☐ Alto — Sustentar: PRODUCCION CONSTANTE

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo: CAMION MINERO							
	Marca: CAT	Modelo: 777F	Código / Placa: 02	Año: —				
Estado del asiento	☒ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar: ASIENTO SIN DESGASTE				
Material del asiento	☒ Cuero	☐ Metal	☐ Plástico	Uso de sobre asiento	☒ Si	☐ No		
Amortiguación del asiento	☒ Suspensión neumática	☐ Suspensión mecánica	☐ No cuenta					
Tipo de terreno	☐ Asfalto	☒ Tierra	☐ Concreto	☐ Plataforma metálica	Otros:			
Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno	☒ Regular	☐ Malo	Sustentar: TERRENO NIVELADO				

CONDICIONES EVAL. MANO - BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta: —					
	Marca: —	Modelo: —	Año: —			
Velocidad / Presión	—					
Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica	☐ Concreto	☐ Roca	☐ Plástico	☐ DryWall	Otros: —

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria	☒ Mantenimiento preventivo/correctivo (frecuencia): CADA 500 HORAS		
	☐ Amortiguación del asiento	☐ Alfombra antivibratoria	Otros:	
Administrativos	☒ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en vibración	☒ Rotación de personal	☒ Pausas activas
	☒ Velocidad de manejo establecida: DE 25 A 40 KM/H	Otros:		
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibración: Si ( ) No ( )	Marca:	Modelo:	
	Estado: ☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Otros:
Controles recomendados por el trabajador: NINGUNA				

MEDICION Y EQUIPO

Tipo de Medición	☒ Vibración Cuerpo Entero	☐ Vibración Mano Brazo		
Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☒ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado
Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha	☐ Mano izquierda		
Vibrometro	Marca: SVANTEK	Código: 11790	Serie: 36372	

DATOS DE MEDICIONES

Tarea Realizada durante la medición	Nº de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
TAREA 1 CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 8 HACIA EL BOTADERO 2	1064	19:43	06:17	10H 34 MIN	0.312	0.277	0.608

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZÓ EL 02/12/2021

LA INFORMACION FUE RECABADA DEL PARTE DIARIO DE CONTROL DE EQUIPOS

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	GERÓNIMO ASUNCIÓN ALEVEDO	DNI	41947099
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMIÓN	Edad	45
Área de trabajo	OPERACIONES / MINA	Rég. Laboral	14x7
Horario de trabajo	07.00 AM - 01.00 PM	N° de personas expuestas: 1	Refrigerio	1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1: CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA EL PAD DE LIXIVIACIÓN	40 MINUTOS EN PROMEDIO POR CADA CICLO DE TRABAJO	CAMION MINERO N°3 EN FUNCIONAMIENTO
Tarea 2:		
Tarea 3:		
		(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción: ☐ Bajo ☒ Promedio ☐ Alto — Sustentar: PRODUCCION CONSTANTE

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo: CAMION MINERO						
	Marca: CAT	Modelo: 7771	Código / Placa: 03	Año: —			
Estado del asiento	☒ Bueno ☐ Regular ☐ Malo	Sustentar: ASIENTO SIN DESGASTE					
Material del asiento	☒ Cuero ☐ Metal ☐ Plástico	Uso de sobre asiento	☒ Si ☐ No				
Amortiguación del asiento	☒ Suspensión neumática ☐ Suspensión mecánica ☐ No cuenta						
Tipo de terreno	☐ Asfalto ☒ Tierra ☐ Concreto ☐ Plataforma metálica	Otros:					
Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno ☒ Regular ☐ Malo	Sustentar: TERRENO NIVELADO					

CONDICIONES EVAL. MANO BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta: —				
	Marca: —	Modelo: —	Año: —		
Velocidad / Presión	—				
Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica ☐ Concreto ☐ Roca ☐ Plástico ☐ DryWall	Otros: —			

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria	☒ Mantenimiento preventivo/correctivo (frecuencia): CADA 4 SEMANAS		
	☐ Amortiguación del asiento	☐ Alfombra antivibratoria	Otros:	
Administrativos	☒ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en vibración	☒ Rotación de personal	☒ Pausas activas
	☒ Velocidad de manejo establecida: DE 25 A 40 KM/H		Otros: —	
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibración: Si ( ) No (X)		Marca:	Modelo:
	Estado: ☐ Bueno ☐ Regular ☐ Malo		Otros:	
Controles recomendados por el trabajador: NINGUNA				

MEDICION Y EQUIPO

Tipo de Medición	☒ Vibración Cuerpo Entero				☐ Vibración Mano Brazo		
Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☒ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado			
Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha				☐ Mano izquierda		
Vibrometro	Marca: SVANTEK	Código: 11790	Serie: 36372				

DATOS DE MEDICIONES

Tarea Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
TAREA 1: CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA EL PAD DE LIXIVIACIÓN	106 S	09:35	15:30	10 H 56 Min.	0.247	0.221	0.424

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZO EL 03/12/2021

A PARTIR DE LAS 12:00 HORAS EMPEZÓ A LLOVER

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	DAVID IZQUIAS			DNI	45171946
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMION MINERO			Edad	37
Área de trabajo	OPERACIONES MINA			Rég. Laboral	14x7
Horario de trabajo	07:00 AM - 07:00 PM	N° de personas expuestas	1	Refrigerio	1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1 CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE MINERAL DE	296 MINUTOS /	CAMION MINERO
FASE 7 HACIA EL PAD DE LIXIVIACIÓN Y PARA	8 VIAJES DE	N°4 EN
ACARREO DE DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2	FASE 7 A PAD	FUNCIONAMIENTO
Tarea 2		
	300 MINUTOS /	
	11 VIAJES DE	
Tarea 3	FASES A BOTADERO 2	
		(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción	☐ Bajo	☒ Promedio	☐ Alto	Sustentar:	PRODUCCIÓN CONSTANTE	

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo	CAMION MINERO							
	Marca	CAT	Modelo	777F	Código / Placa	U4	Año	—	
Estado del asiento	☒ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar:	ASIENTO SIN DESGASTE				
Material del asiento	☒ Cuero	☐ Metal	☐ Plástico	Uso de sobre asiento	☒ Si	☐ No			
Amortiguación del asiento	☒ Suspensión neumática		☐ Suspensión mecánica		☐ No cuenta				
Tipo de terreno	☐ Asfalto	☒ Tierra	☐ Concreto	☐ Plataforma metálica	Otros				
Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno	☒ Regular	☐ Malo	Sustentar:	TERRENO NIVELADO				

CONDICIONES EVAL. MANO BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta	—				
	Marca	—	Modelo	—	Año	—
Velocidad / Presión	—					
Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica	☐ Concreto	☐ Roca	☐ Plástico	☐ DryWall	Otros —

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria	☒ Mantenimiento preventivo/correctivo (frecuencia)	CADA 500 HORAS	
	☐ Amortiguación del asiento	☐ Alfombra antivibratoria	Otros	
Administrativos	☒ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en vibración	☒ Rotación de personal	☒ Pausas activas
	☒ Velocidad de manejo establecida	DE 25 A 40 KM/H	Otros —	
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibracion SI ( ) NO ( )		Marca	Modelo
	Estado ☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Otros
Controles recomendados por el trabajador:	NINGUNA			

MEDICION Y EQUIPO

Tipo de Medición	☒ Vibración Cuerpo Entero			☐ Vibracion Mano Brazo		
Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☒ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado		
Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha			☐ Mano izquierda		
Vibrometro	Marca	SUANTEK	Código	11795	Serie	36372

DATOS DE MEDICIONES

Tareas Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
TAREA 1 CONDUCCIÓN PARA ACARREO	0010	01:06	18:58	11H 52MIN	0.275	0.216	0.390
DE MINERAL DE FASE 7 HACIA EL PAD							
DE LIXIVIACION Y PARA ACARREO DE							
DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2							

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZÓ EL 13/12/2021

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	JOSE ACAS ESTACIO			DNI	26624332
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMION MINERO			Edad	41B
Área de trabajo	OPERACIONES MINA			Rég. Laboral	14x7
Horario de trabajo	07:00 AM - 07:00 PM	N° de personas expuestas	1	Refrigerio	1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1: CONDUCCION PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA EL PAD DE LIXIVIACION Y PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2	192 MINUTOS / 12 VIAJES DE FASE 7 HACIA EL PAD	CAMION MINERO EN FUNCIONAMIENTO
Tarea 2:	450 MINUTOS / 15 VIAJES DE FASES HACIA EL BOTADERO 2	
Tarea 3		

(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción: ☐ Bajo ☒ Promedio ☐ Alto — Sustentar: PRODUCCION CONSTANTE

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo	CAMION MINERO							
	Marca	CAT	Modelo	777F	Código / Placa	05	Año	—	
Estado del asiento	☒ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Sustentar: ASIENTO SIN DESGASTE					
Material del asiento	☒ Cuero	☐ Metal	☐ Plástico	Uso de sobre asiento	☒ Si	☐ No			
Amortiguación del asiento	☒ Suspensión neumatica	☐ Suspensión mecánica	☐ No cuenta						
Tipo de terreno	☐ Asfalto	☒ Tierra	☐ Concreto	☐ Plataforma metálica	Otros:				
Estado de la ruta / terreno	☐ Bueno	☒ Regular	☐ Malo	Sustentar: TERRENO NIVELADO					

CONDICIONES EVAL. MANO - BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta	—				
	Marca	—	Modelo	—	Año	—
Velocidad / Presión	—					
Tipo de superficie de contacto	☐ Metálica	☐ Concreto	☐ Roca	☐ Plástico	☐ DryWall	Otros: —

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	☐ Herramienta antivibratoria	☒ Mantenimiento preventivo/correctivo (frecuencia)	CADA 500 HORAS	
	☐ Amortiguación del asiento	☐ Alfombra antivibratoria	Otros:	
Administrativos	☒ Procedimiento de trabajo	☐ Capacitación en vibración	☒ Rotación de personal	☒ Pausas activas
	☒ Velocidad de manejo establecida	25 A 40 KM/H	Otros:	
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibracion	SI ( ) NO (X)	Marca:	Modelo:
	Estado: ☐ Bueno	☐ Regular	☐ Malo	Otros:
Controles recomendados por el trabajador:	NINGUNA			

MEDICION Y EQUIPO

Tipo de Medición	☒ Vibración Cuerpo Entero		☐ Vibración Mano Brazo	
Posición - Eval. Cuerpo Entero	☐ Sentado - Respaldar	☒ Sentado - Asiento	☐ Parado	☐ Acostado
Posición - Eval. Mano - Brazo	☐ Mano derecha		☐ Mano izquierda	
Vibrometro	Marca: SVANTEK	Código: 17790	Serie: 36372	

DATOS DE MEDICIONES

Tarea Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
TAREA 1: CONDUCCION PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA EL PAD DE LIXIVIACION Y PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2	1069	07:30	18.14	10H 44MIN	0.238	0.217	0.387

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZO EL 11/12/2021

EL CAMION PASO PRIMERO DE DATA LOGGER A LAS 07.44

FORMATO DE CAMPO: MONITOREO DE VIBRACION

TRABAJADOR

Nombre del trabajador	WILSON BARRIOS ESQUIVEL	DNI	41313257
Cargo o puesto de trabajo	OPERADOR DE CAMIÓN	Edad	41
Área de trabajo	OPERACIONES MINA	Rég. Laboral	14 x 7
Horario de trabajo	07:00 AM - 07:00 PM / N° de personas expuestas: 1	Refrigerio	1 HORA

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

Tareas realizadas durante la medición	Duración / Horario de la tarea	Fuentes de Vibración por tarea
Tarea 1: CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA AL PAD DE LIXIVIACIÓN Y PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2.	70 MINUTOS / 2 VIAJES DE FASE 7 HACIA EL PAD	CAMIÓN MINERO N° 6 EN FUNCIONAMIENTO
Tarea 2:	450 MINUTOS / 18 VIAJES DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2	
Tarea 3:		
		(C) Continua (I) Cíclica (V) Variable

Nivel de producción	[ ] Bajo	[X] Promedio	[ ] Alto	Sustentar: PRODUCCIÓN CONSTANTE

CONDICIONES EVAL. CUERPO ENTERO

Equipo pesado	Tipo de equipo	CAMIÓN MINERO				
	Marca: CAT	Modelo: 777F	Código / Placa: 06	Año: —		
Estado del asiento	[X] Bueno	[ ] Regular	[ ] Malo	Sustentar: ASIENTO SIN DESGASTE		
Material del asiento	[X] Cuero	[ ] Metal	[ ] Plástico	Uso de sobre asiento	[X] Sí	[ ] No
Amortiguación del asiento	[X] Suspensión neumática	[ ] Suspensión mecánica	[ ] No cuenta			
Tipo de terreno	[ ] Asfalto	[X] Tierra	[ ] Concreto	[ ] Plataforma metálica	Otros	
Estado de la ruta / terreno	[ ] Bueno	[X] Regular	[ ] Malo	Sustentar: TERRENO NIVELADO		

CONDICIONES EVAL. MANO BRAZO

Herramienta y accesorio	Tipo de herramienta: —					
	Marca: —	Modelo: —	Año: —			
Velocidad / Presión	—					
Tipo de superficie de contacto	[ ] Metálica	[ ] Concreto	[ ] Roca	[ ] Plástico	[ ] DryWall	Otros: —

CONTROLES ACTUALES

Ingeniería	[ ] Herramienta antivibratoria	[X] Mantenimiento preventivo/correctivo (Frecuencia): CADA 500 HORAS		
	[ ] Amortiguación del asiento	[ ] Alfombra antivibratoria	Otros	
Administrativos	[X] Procedimiento de trabajo	[ ] Capacitación en vibración	[X] Rotación de personal	[X] Pausas activas
	[X] Velocidad de manejo establecida: 25 - 40 KM/H		Otros	
EPP (Mano - Brazo)	Uso de Guantes antivibración Sí ( ) No (X)	Marca	Modelo	
	Estado: [ ] Bueno [ ] Regular [ ] Malo	Otros		
Controles recomendados por el trabajador: NINGUNA				

MEDICIÓN Y EQUIPO

Tipo de Medición	[X] Vibración Cuerpo Entero		[ ] Vibración Mano Brazo	
Posición - Eval. Cuerpo Entero	[ ] Sentado - Respaldar	[X] Sentado - Asiento	[ ] Parado	[ ] Acostado
Posición - Eval. Mano - Brazo	[ ] Mano derecha		[ ] Mano izquierda	
Vibrómetro	Marca: SVANTEK	Código: 11790	Serie: 36772	

DATOS DE MEDICIONES

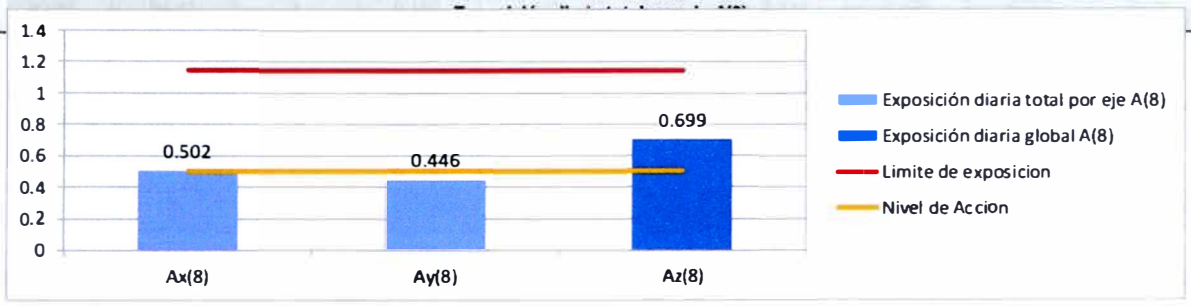
Tarea Realizada durante la medición	N° de Archivo	Hora Inicial	Hora Final	T. Medición	Aeq X	Aeq Y	Aeq Z
TAREA 1 CONDUCCIÓN PARA ACARREO DE MINERAL DE FASE 7 HACIA AL PAD DE LIXIVIACIÓN Y PARA ACARREO DE DESMONTE DE FASE 9 HACIA EL BOTADERO 2	L06 8	07:36	18 23	10H 47MIN	0 235	0 204	0 424

OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS

Observaciones y / o recomendaciones: EL MONITOREO SE REALIZÓ EL 10/12/2021
EL CAMIÓN PRESENTÓ UNA FALLA EN SU ESPEJO RETROVISOR IZQUIERDO POR LO QUE SE DIRIGIÓ A LAS 11 20 AL TALLER DE MANTENIMIENTO A LAS 11 30 SE TERMINÓ DE HACER LAS REPARACIONES Y EL CAMIÓN SE DIRIGIÓ A CONTINUAR SUS ACTIVIDADES DE TRASLADO DE DESMONTE HACIA EL BOTADERO 2

Anexo 3.1

Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	Wilmer Gervolio							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°02							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	19:00 - 07:00							
Fecha de monitoreo	2/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 25 a 40 km/h. Uso de sobreaslentos.					**Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°02 - Wilmer Gervolio**		
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 02 Marca CAT Modelo 777F							
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	aw_x	aw_y	aw_z	**Exposición diaria parcial A(8)**		
						$A_x(8)$	$A_y(8)$	$A_z(8)$
Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.	19:43	06:17	0.312	0.277	0.608	0.502	0.446	0.699
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.502**	**0.446**	**0.699**
Exposición diaria global A(8)						**0.699**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Limite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**MODERADO**		

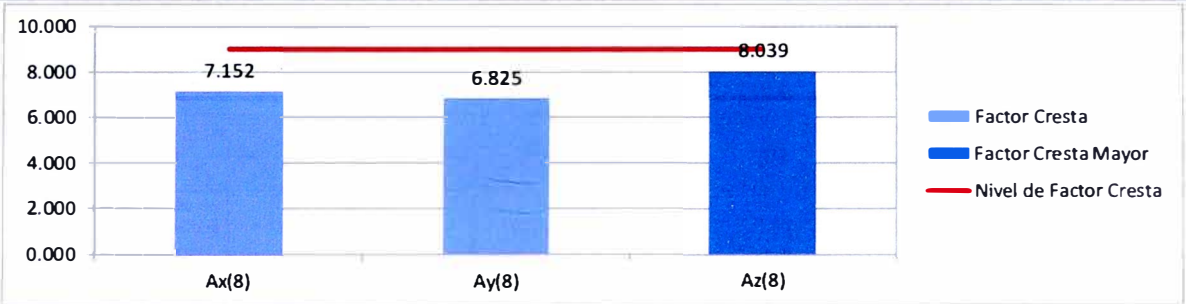


Ruta de Manejo	Velocidad de Manejo	Horario	Detalle de la actividad
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	10:43 - 11:07	Traslado de desmonte 93 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:07 - 11:33	Traslado de desmonte 95 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:33 - 11:56	Traslado de desmonte 92 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:56 - 00:24	Traslado de desmonte 90 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	00:24 - 00:53	Traslado de desmonte 91 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	00:53 - 01:22	Traslado de desmonte 96 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	01:22 - 01:46	Traslado de desmonte 93 Toneladas

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio. La información fue recabada del parte diario de control de equipos, ya que la medición se hizo en turno noche.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	Hora Inicial	Hora Final	aw_x	aw_y	aw_z	Pico (m/s2)		
						X	Y	Z
Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.	20:25	04:51	0.256	0.286	0.570	1.831	1.952	4.582
Factor Cresta						**7.152**	**6.825**	**8.039**
Factor Cresta global						8.039		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

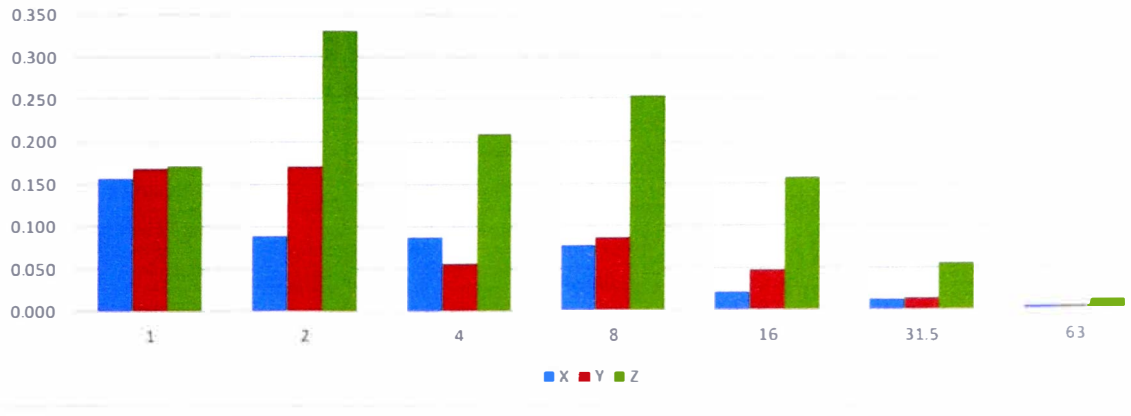
Comparación de Factor Cresta



Análisis por Frecuencias

Hora Inicial	Hora Final	Bandas de Octavas 1/1							
		Eje	1	2	4	8	16	31.5	63
20:25	04:51	X	0.151	0.097	0.167	0.299	0.167	0.194	0.142
20:25	04:51	Y	0.162	0.187	0.107	0.333	0.380	0.225	0.156
20:25	04:51	Z	0.344	0.606	0.210	0.237	0.199	0.133	0.060
Promedio A(8)		X	0.157	0.089	0.088	0.078	0.021	0.013	0.004
		Y	0.168	0.171	0.056	0.087	0.049	0.015	0.005
		Z	0.170	0.330	0.208	0.252	0.157	0.055	0.011

Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1

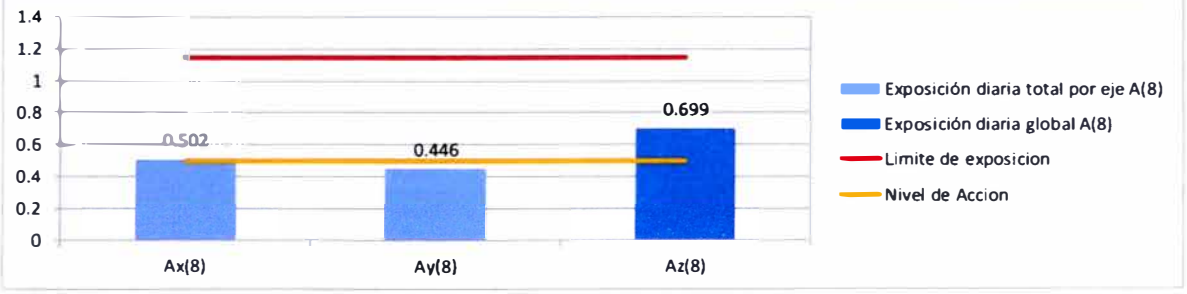


Anexo 3.2

Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	Wilmer Gervolio							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°02							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	19:00 - 07:00							
Fecha de monitoreo	2/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 25 a 40 km/h. Uso de sobreasientos.							
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 02 Marca CAT Modelo 777F							
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Exposición diaria parcial Ai(8)**		
						$A_{xi}(8)$	**$A_{yi}(8)$**	**$A_{zi}(8)$**
Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.	19:43	06:17	0.312	0.277	0.608	0.502	0.446	0.699
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.502**	**0.446**	**0.699**
Exposición diaria global A(8)						**0.699**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Limite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**MODERADO**		

Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°02 - Wilmer Gervolio

Exposición diaria total por eje A(8)

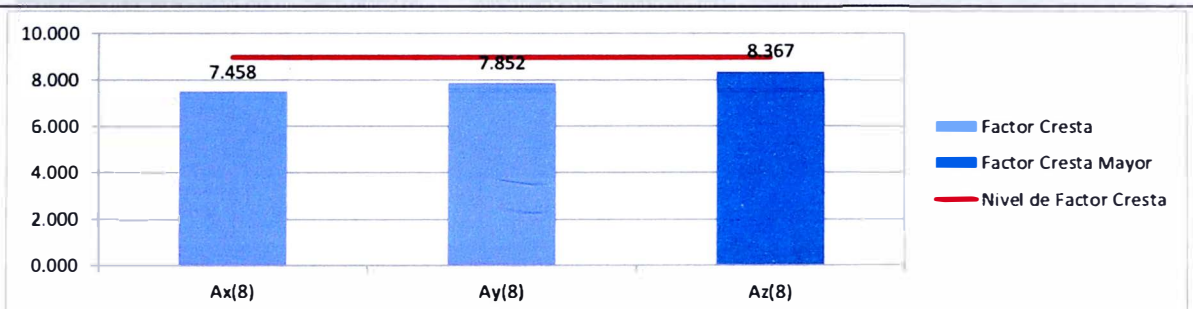


Ruta de Manejo	Velocidad de Manejo	Horario	Detalle de la actividad
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	10:43 - 11:07	Traslado de desmonte 93 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:07 - 11:33	Traslado de desmonte 95 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:33 - 11:56	Traslado de desmonte 92 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	11:56 - 00:24	Traslado de desmonte 90 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	00:24 - 00:53	Traslado de desmonte 91 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	00:53 - 01:22	Traslado de desmonte 96 Toneladas
Fase 8 hasta Botadero 2.	9 - 35 km/h	01:22 - 01:46	Traslado de desmonte 93 Toneladas

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio. La información fue recabada del parte diario de control de equipos, ya que la medición se hizo en turno noche.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Pico (m/s2)**		
						X	**Y**	**Z**
Conducción para acarreo de desmonte de Fase 8 hacia el Botadero 2.	19:43	06:17	0.312	0.277	0.608	2.327	2.175	5.087
Factor Cresta						**7.458**	**7.852**	**8.367**
Factor Cresta global						8.367		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

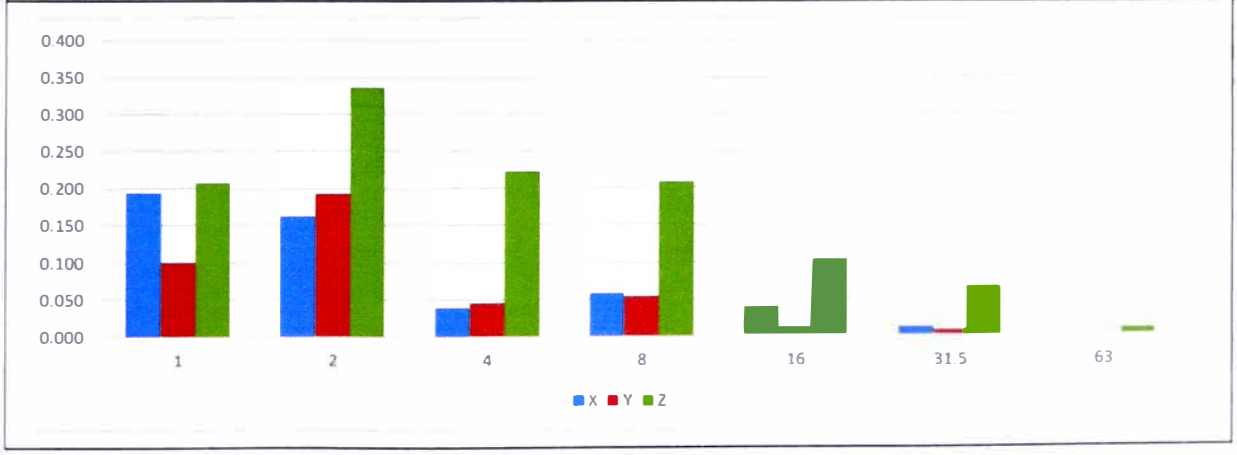
Comparación de Factor Cresta



Análisis por Frecuencias

Hora Inicial	Hora Final	Bandas de Octavas 1/1							
		Eje	**1**	**2**	**4**	**8**	**16**	**31.5**	**63**
19:43	06:17	X	0.166	0.159	0.066	0.202	0.270	0.159	0.071
19:43	06:17	Y	0.087	0.189	0.079	0.187	0.082	0.098	0.078
19:43	06:17	Z	0.372	0.549	0.199	0.173	0.118	0.142	0.041
Promedio A(8)		X	0.193	0.163	0.039	0.059	0.039	0.012	0.002
		Y	0.101	0.193	0.046	0.054	0.012	0.007	0.003
		Z	0.206	0.335	0.221	0.206	0.104	0.066	0.009

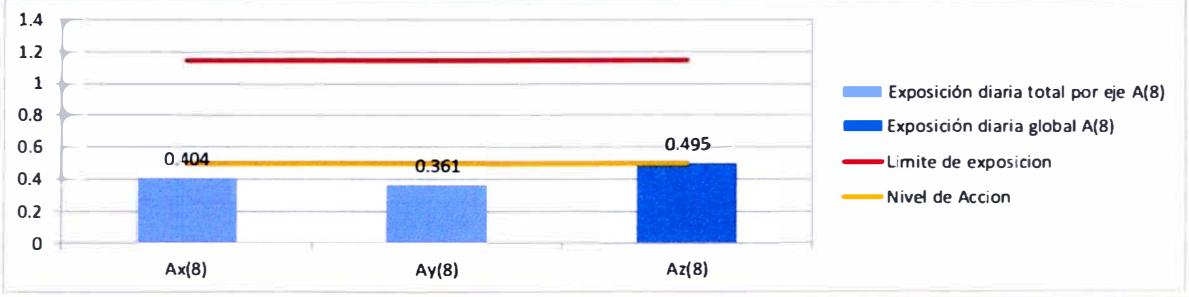
Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1



Anexo 3.3

Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	Gerónimo Asunción Acevedo							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°03							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	07:00 - 19:00							
Fecha de monitoreo	2/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 09 a 30 km/h. Uso de sobreasientos.							
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 03 Marca CAT Modelo 777F					**Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°03 - Gerónimo Asunción Acevedo**		
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Exposición diaria parcial Ai(8)**		
						$A_{xi}(8)$	**$A_{yi}(8)$**	**$A_{zi}(8)$**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación.	07:35	18:30	0.247	0.221	0.424	0.404	0.361	0.495
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.404**	**0.361**	**0.495**
Exposición diaria global A(8)						**0.495**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Limite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**ACEPTABLE**		

Exposición diaria total por eje A(8)

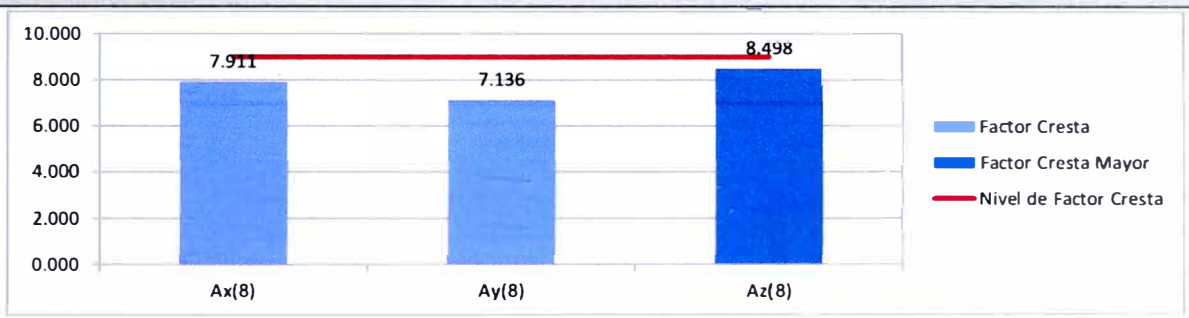


Ruta de Manejo	Velocidad de Manejo	Horario	Detalle de la actividad
Fase 7 hasta PADde Lixiviacion.	9 - 12 km/h	16:41 - 16:57	Con carga de mineral 98 Toneladas
PAD de Lixiviacion hasta Fase 7.	20 - 30 km/h	16:57 - 17:11	Sin carga de mineral
Fase 7 hasta PADde Lixiviacion.	9 - 12 km/h	17:11 - 17:25	Con carga de mineral 100 Toneladas
PAD de Lixiviacion hasta Fase 7.	20 - 30 km/h	17:25 - 17:32	Sin carga de mineral
Fase 7 hasta PADde Lixiviacion.	8 - 12 km/h	17:32 - 17:50	Con carga de mineral 91 Toneladas
PAD de Lixiviacion hasta Fase 7.	20 - 30 km/h	17:50 - 17:57	Sin carga de mineral
Fase 7 hasta PADde Lixiviacion.	9 - 12 km/h	17:57 - 18:15	Con carga de mineral 96 Toneladas
PAD de Lixiviacion hasta Fase 7.	20 - 30 km/h	18:15 - 18:30	Sin carga de mineral

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio. A partir de las 17:00 empezó a llover.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	Hora Inicial	Hora Final	aw_x	aw_y	aw_z	Pico (m/s2)		
						X	Y	Z
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación.	07:35	18:30	0.247	0.221	0.424	1.954	1.577	3.603
Factor Cresta						**7.911**	**7.136**	**8.498**
Factor Cresta global						8.498		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

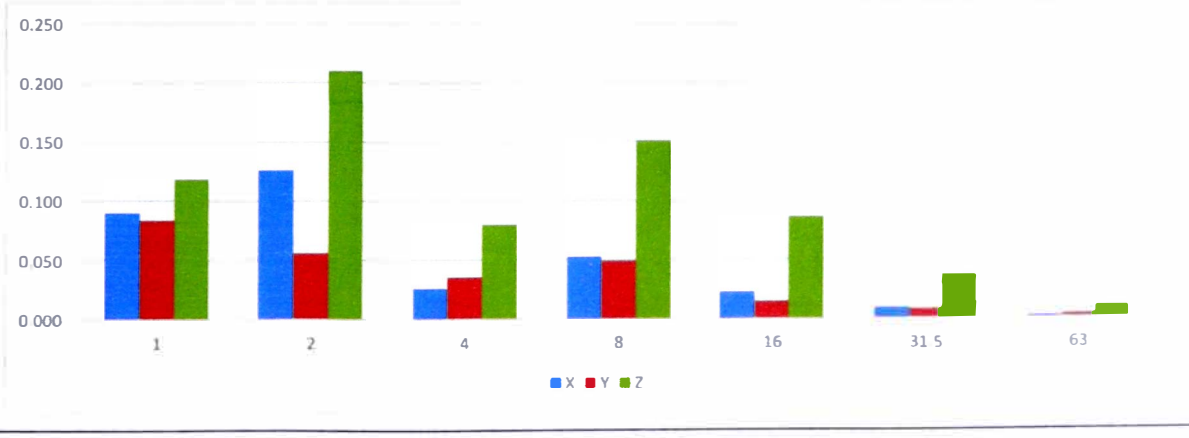
Comparación de Factor Cresta



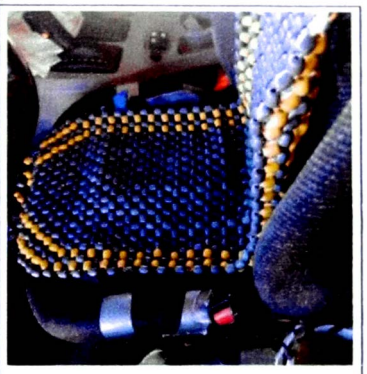
Análisis por Frecuencias

Hora Inicial	Hora Final	Bandas de Octavas 1/1							
		Eje	1	2	4	8	16	31.5	63
07:35	18:30	X	0.076	0.121	0.044	0.180	0.156	0.118	0.072
07:35	18:30	Y	0.071	0.054	0.060	0.168	0.104	0.110	0.108
07:35	18:30	Z	0.209	0.338	0.070	0.124	0.095	0.079	0.048
Promedio A(8)		X	0.090	0.126	0.026	0.053	0.023	0.009	0.002
		Y	0.084	0.056	0.036	0.050	0.015	0.008	0.004
		Z	0.118	0.210	0.079	0.150	0.085	0.037	0.010

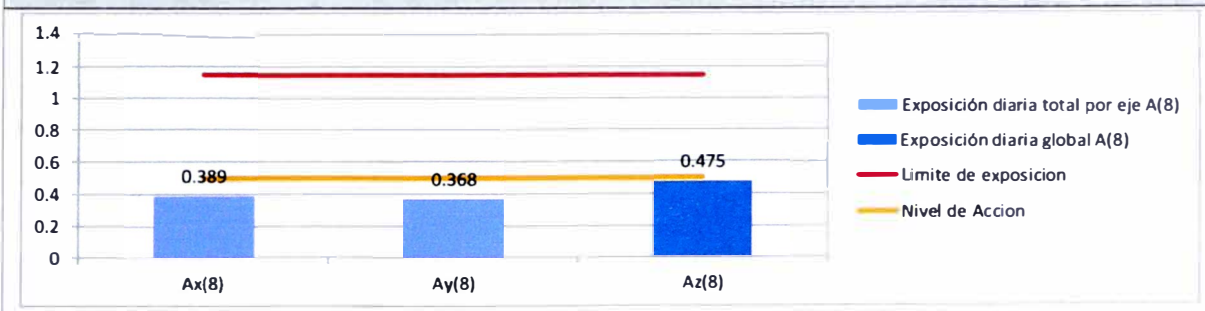
Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1



Anexo 3.4

Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	David Rojas							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°04							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	07:00 - 19:00							
Fecha de monitoreo	13/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 10 a 40 km/h. Uso de sobreasientos.							
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 04 Marca CAT Modelo 777F					**Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°04 - David Rojas**		
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Exposición diaria parcial Ai(8)**		
						$A_{xi}(8)$	**$A_{yi}(8)$**	**$A_{zi}(8)$**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:06	18:58	0.228	0.216	0.390	0.389	0.368	0.475
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.389**	**0.368**	**0.475**
Exposición diaria global A(8)						**0.475**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Limite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**ACEPTABLE**		

Exposición diaria total por eje A(8)

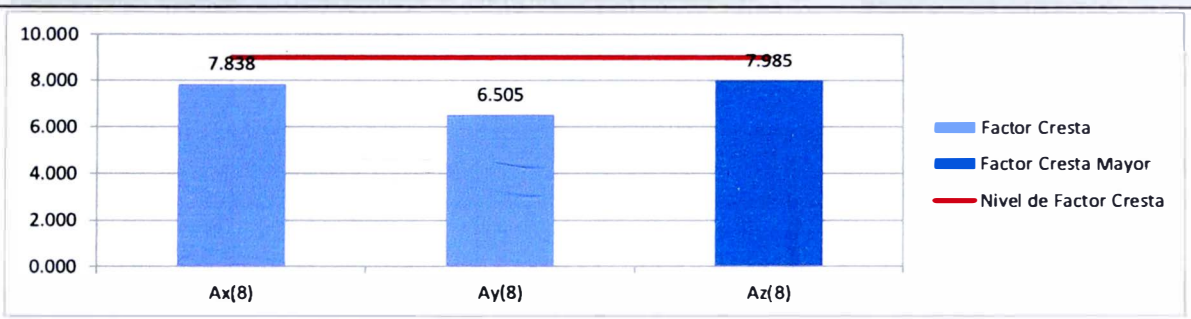


Ruta de Manejo	**Velocidad de Manejo**	**Duración / Viajes**	**Detalle de la actividad**
Fase 7 hasta PAD de Lixiviación.	10 - 12 km/h	296 minutos / 08 viajes	Con carga de mineral
PAD de Lixiviación hasta Fase 7.	35 - 40 km/h		Sin carga de mineral
Fase 9 hasta el Botadero 2.	10 - 12 km/h	300 minutos / 11 viajes	Con carga de desmonte
Botadero 2 hasta el Fase 9.	35 - 40 km/h		Sin carga de desmonte

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Pico (m/s2)**		
						X	**Y**	**Z**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:06	18:58	0.228	0.216	0.390	1.787	1.405	3.114
Factor Cresta						**7.838**	**6.505**	**7.985**
Factor Cresta global						7.985		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

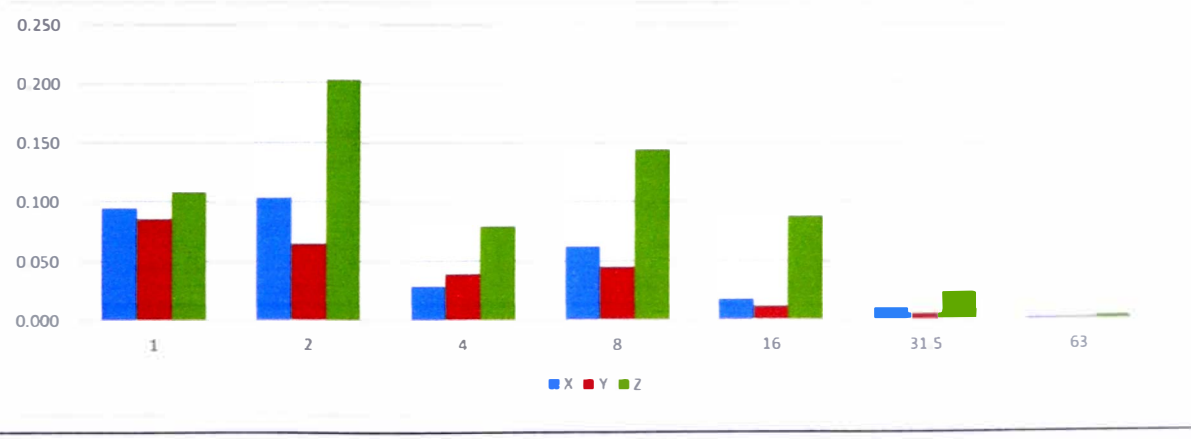
Comparación de Factor Cresta



Análisis por Frecuencias

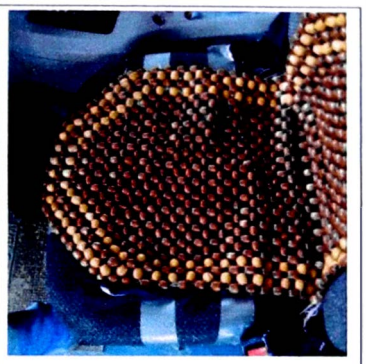
Hora Inicial	Hora Final	Bandas de Octavas 1/1							
		Eje	**1**	**2**	**4**	**8**	**16**	**31.5**	**63**
07:06	18:58	X	0.076	0.095	0.046	0.202	0.114	0.125	0.062
07:06	18:58	Y	0.069	0.060	0.062	0.147	0.074	0.069	0.064
07:06	18:58	Z	0.184	0.313	0.067	0.114	0.093	0.048	0.018
Promedio A(8)		X	0.094	0.103	0.029	0.062	0.017	0.010	0.002
		Y	0.085	0.065	0.039	0.045	0.011	0.005	0.002
		Z	0.108	0.202	0.079	0.144	0.087	0.024	0.004

Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1



Anexo 3.5

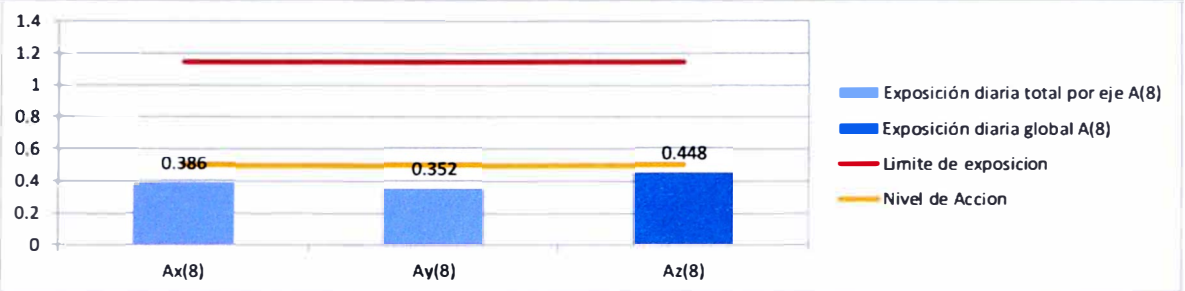
Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	José Ocas Estacio							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°05							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	07:00 - 19:00							
Fecha de monitoreo	11/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 10 a 40 km/h. Uso de sobreasientos.							
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 05 Marca CAT Modelo 777F							
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			



Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°05 - José Ocas Estacio

Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	aw_x	aw_y	aw_z	**Exposición diaria parcial Ai(8)**		
						$A_{xi}(8)$	$A_{yi}(8)$	$A_{zi}(8)$
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:30	18:14	0.238	0.217	0.387	0.386	0.352	0.448
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.386**	**0.352**	**0.448**
Exposición diaria global A(8)						**0.448**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Límite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**ACEPTABLE**		

Exposición diaria total por eje A(8)

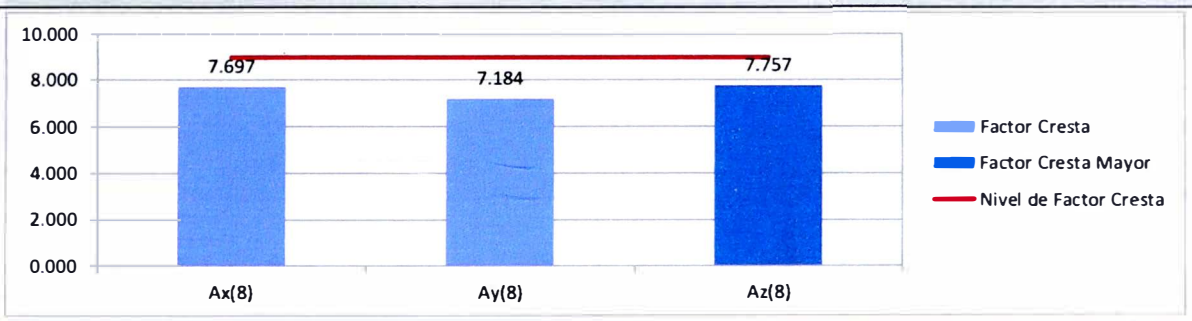


Ruta de Manejo	**Velocidad de Manejo**	**Duración / Viajes / Hora**	**Detalle de la actividad**
Fase 7 hasta el PAD de Lixiviación.	10 - 12 km/h	192 minutos / 12 viajes	Con carga de mineral
PAD de Lixiviación hasta Fase 7.	35 - 40 km/h		Sin carga de mineral
Fase 9 hasta el Botadero 2.	10 - 12 km/h	450 minutos / 15 viajes	Con carga de desmonte
Botadero 2 hasta Fase 9.	35 - 40 km/h		Sin carga de desmonte

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio. El camión ingreso a prueba de data logger a las 07:44.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Pico (m/s2)**		
						X	**Y**	**Z**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:30	18:24	0.238	0.217	0.387	1.832	1.559	3.002
Factor Cresta						**7.697**	**7.184**	**7.757**
Factor Cresta global						7.757		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

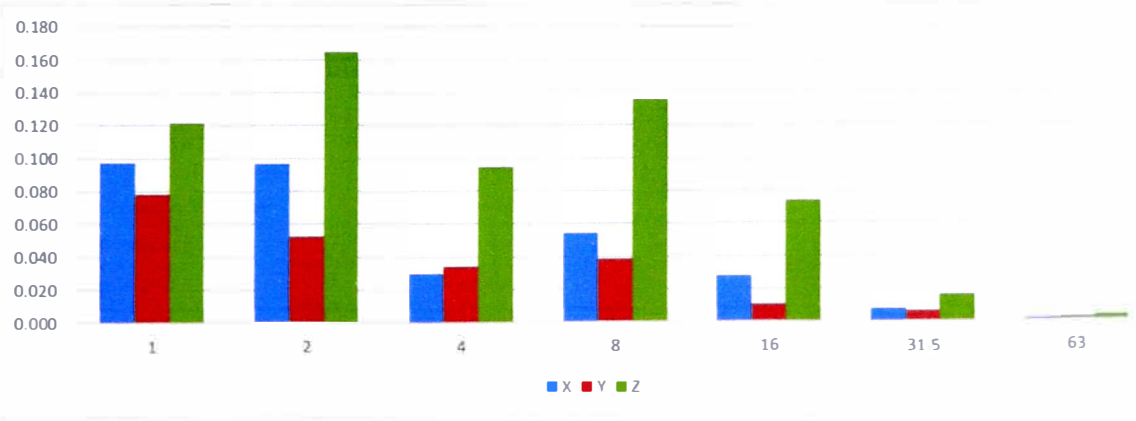
Comparación de Factor Cresta



Análisis por Frecuencias

Hora Inicial	**Hora Final**	**Bandas de Octavas 1/1**							
		Eje	**1**	**2**	**4**	**8**	**16**	**31.5**	**63**
07:30	18:14	X	0.083	0.094	0.051	0.184	0.196	0.107	0.049
07:30	18:14	Y	0.067	0.051	0.058	0.131	0.075	0.087	0.055
07:30	18:14	Z	0.218	0.268	0.084	0.113	0.082	0.035	0.017
Promedio A(8)		X	0.097	0.097	0.030	0.054	0.028	0.008	0.002
		Y	0.078	0.053	0.034	0.038	0.011	0.006	0.002
		Z	0.122	0.165	0.094	0.136	0.073	0.016	0.004

Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1

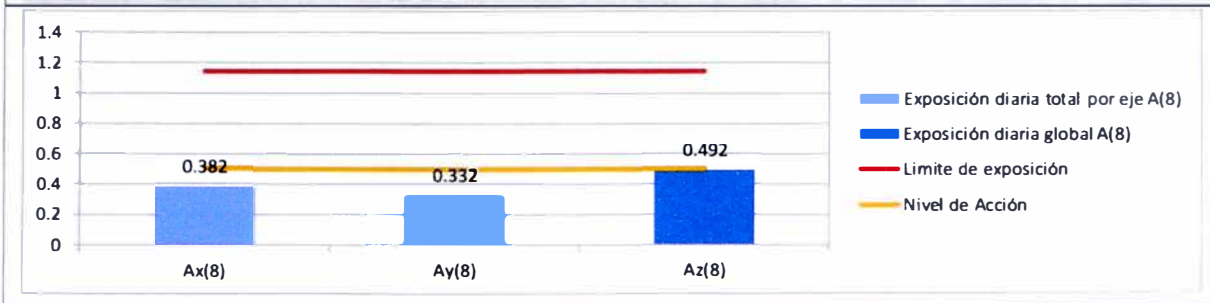


Anexo 3.6

Agente Físico	**Vibración Cuerpo Entero**							
Trabajador	Wilson Barrios Esquivel							
Puesto de trabajo	Operador de Camión Minero N°06							
Área de trabajo	Operaciones Mina							
Horario de trabajo	07:00 - 19:00							
Fecha de monitoreo	10/12/2021							
Controles actuales	Mantenimiento preventivo cada 500 horas y Amortiguación del asiento (suspensión neumática). Procedimiento de trabajo, Rotación de personal, Pausas activas de 2 min durante 2 veces al día y Velocidad de manejo establecida entre 10 a 40 km/h. Uso de sobreasientos.							
Tipo de Terreno	Tierra Arcillosa		**Estado de Terreno**		Regular			
Vehículo evaluado	Camión Minero N° 06 Marca CAT Modelo 777F							
Estado del asiento	Bueno		**Material del asiento**		Tela			
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Exposición diaria parcial Ai(8)**		
						$A_{xi}(8)$	**$A_{yi}(8)$**	**$A_{zi}(8)$**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:36	18:23	0.235	0.204	0.424	0.382	0.332	0.492
Exposición diaria total por eje A(8)						**0.382**	**0.332**	**0.492**
Exposición diaria global A(8)						**0.492**		
Nivel de Acción (m/s2)						0.5		
Limite de exposición (m/s2)						1.15		
Nivel de exposición						**ACEPTABLE**		

Operaciones Mina - Operador de Camión Minero N°06 - Wilson Barrios Esquivel

Exposición diaria total por eje A(8)

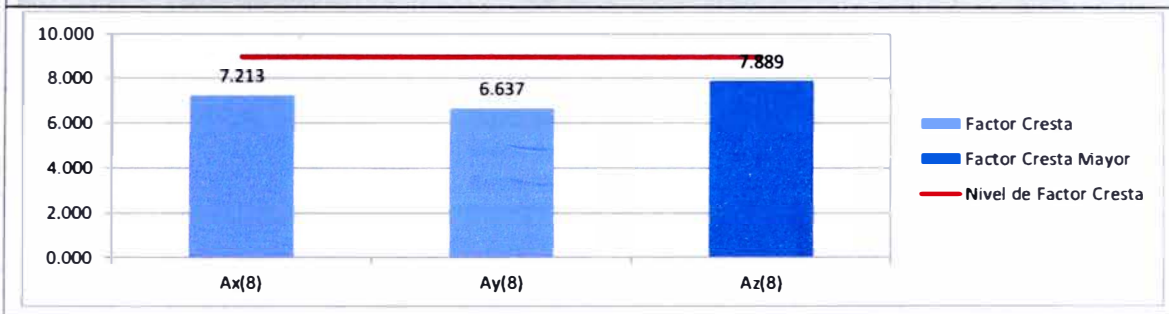


Ruta de Manejo	Velocidad de Manejo	Duración / Viajes / Hora	Detalle de la actividad
Fase 7 hasta el PAD de Lixiviación.	10 - 12 km/h	70 minutos / 2 viajes	Con carga de mineral
PAD de Lixiviación hasta Fase 7.	35 - 40 km/h		Sin carga de mineral
Fase 9 hasta el Botadero 2.	10 - 12 km/h	450 minutos / 18 viajes	Con carga de desmonte
Botadero 2 hasta Fase 9.	35 - 40 km/h		Sin carga de desmonte

Observaciones de campo: Nivel de producción promedio. El camión presentó una rotura en su espejo retrovisor izquierdo por lo que se dirigió a las 10:20 al taller de mantenimiento. A las 11:20 se termino de hacer las reparaciones y el camión se dirigió a continuar sus actividades de traslado de desmonte hacia el Botadero 02.

Aplicabilidad del Método de Evaluación Básica								
Tareas evaluadas	**Hora Inicial**	**Hora Final**	**aw_x**	**aw_y**	**aw_z**	**Pico (m/s2)**		
						X	**Y**	**Z**
Conducción para acarreo de mineral de Fase 7 hacia el PAD de Lixiviación y para acarreo de desmonte de Fase 9 hacia el Botadero 2.	07:36	18:23	0.235	0.204	0.424	1.695	1.354	3.345
Factor Cresta						**7.213**	**6.637**	**7.889**
Factor Cresta global						7.889		
Nivel de Factor Cresta						9		
Método de Evaluación Básica						**SUFICIENTE**		

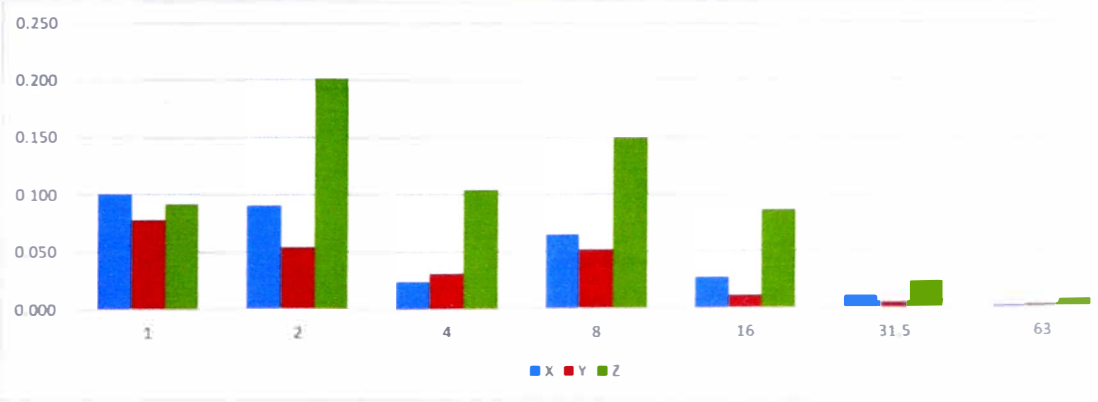
Comparación de Factor Cresta



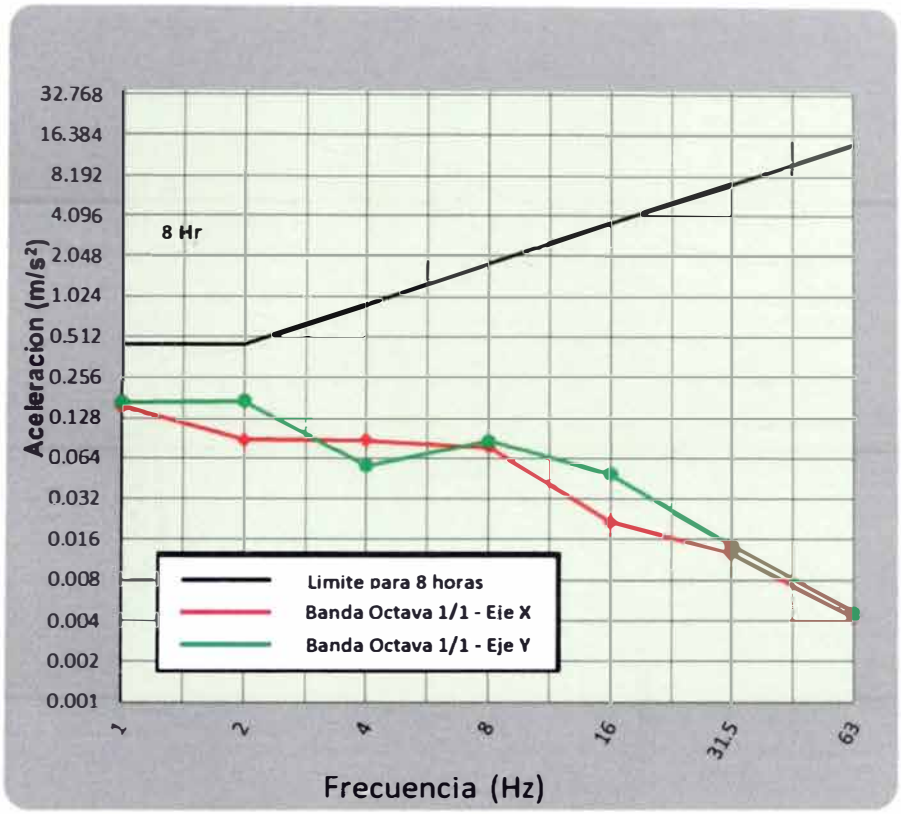
Análisis por Frecuencias

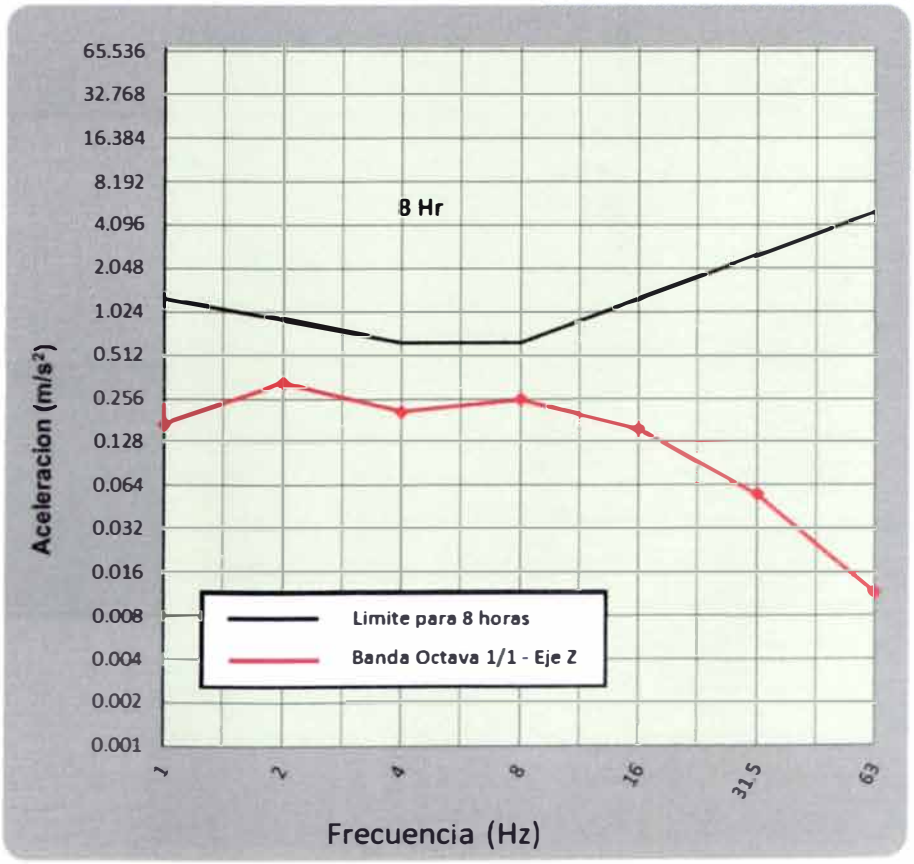
Hora Inicial	Hora Final	Bandas de Octavas 1/1							
		Eje	**1**	**2**	**4**	**8**	**16**	**31.5**	**63**
07:36	18:23	X	0.085	0.088	0.041	0.222	0.184	0.150	0.072
07:36	18:23	Y	0.066	0.053	0.052	0.178	0.080	0.082	0.083
07:36	18:23	Z	0.163	0.327	0.092	0.124	0.096	0.051	0.034
Promedio A(8)		X	0.100	0.091	0.024	0.065	0.027	0.011	0.002
		Y	0.077	0.055	0.031	0.052	0.012	0.006	0.003
		Z	0.091	0.202	0.103	0.149	0.086	0.024	0.007

Exposición diaria A(8) total por eje y por banda de octavas 1/1

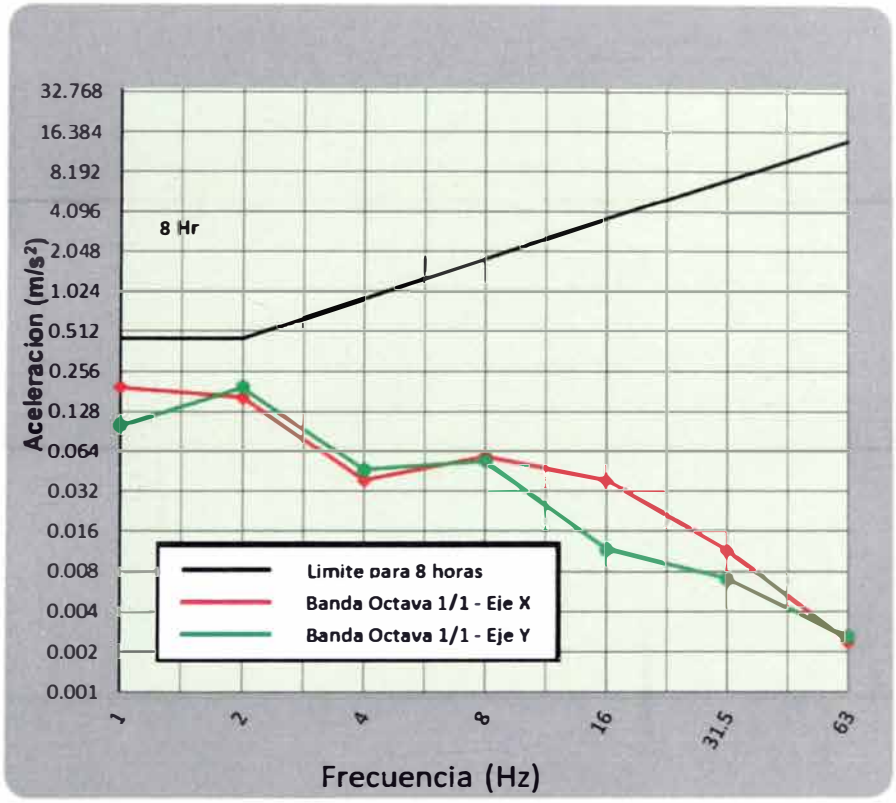


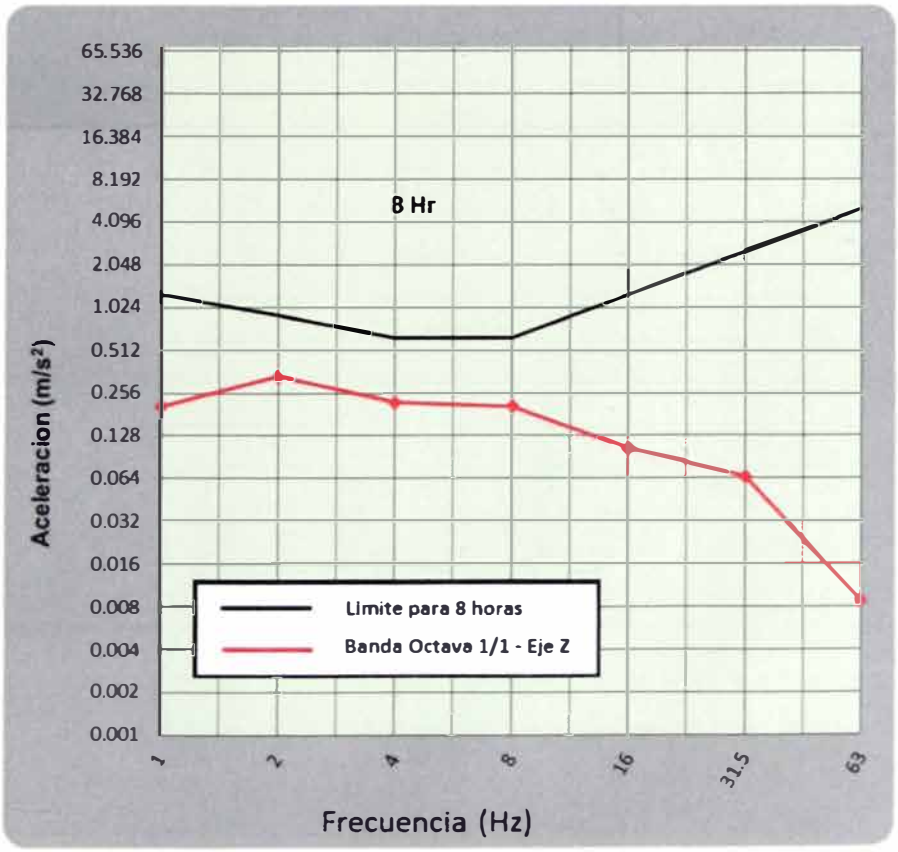
Anexo 4.1


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

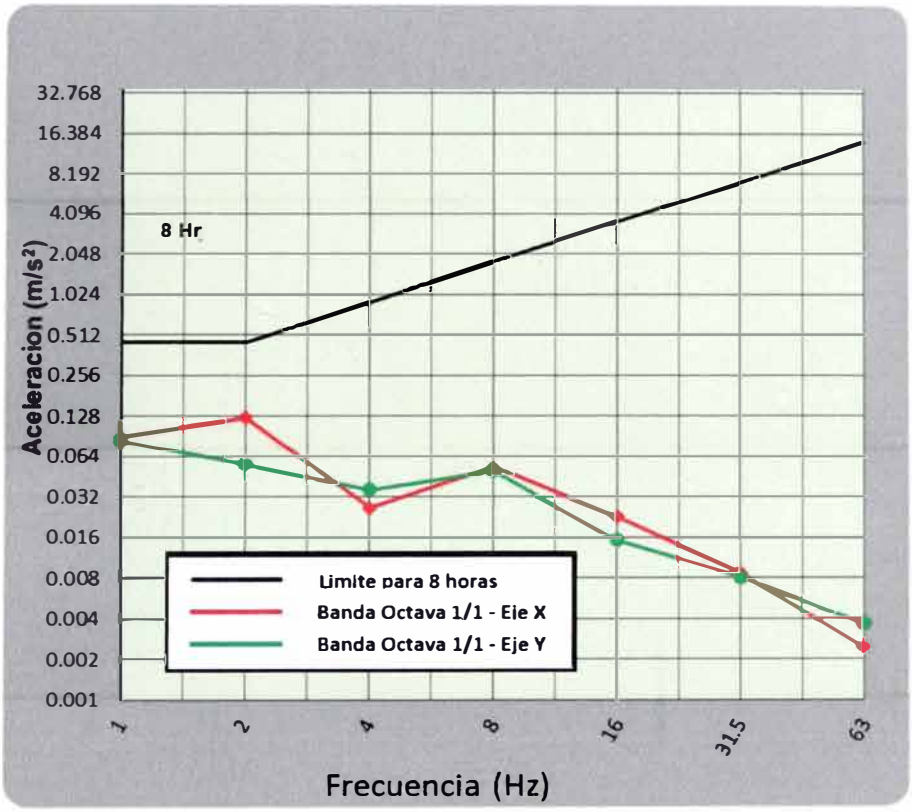

65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

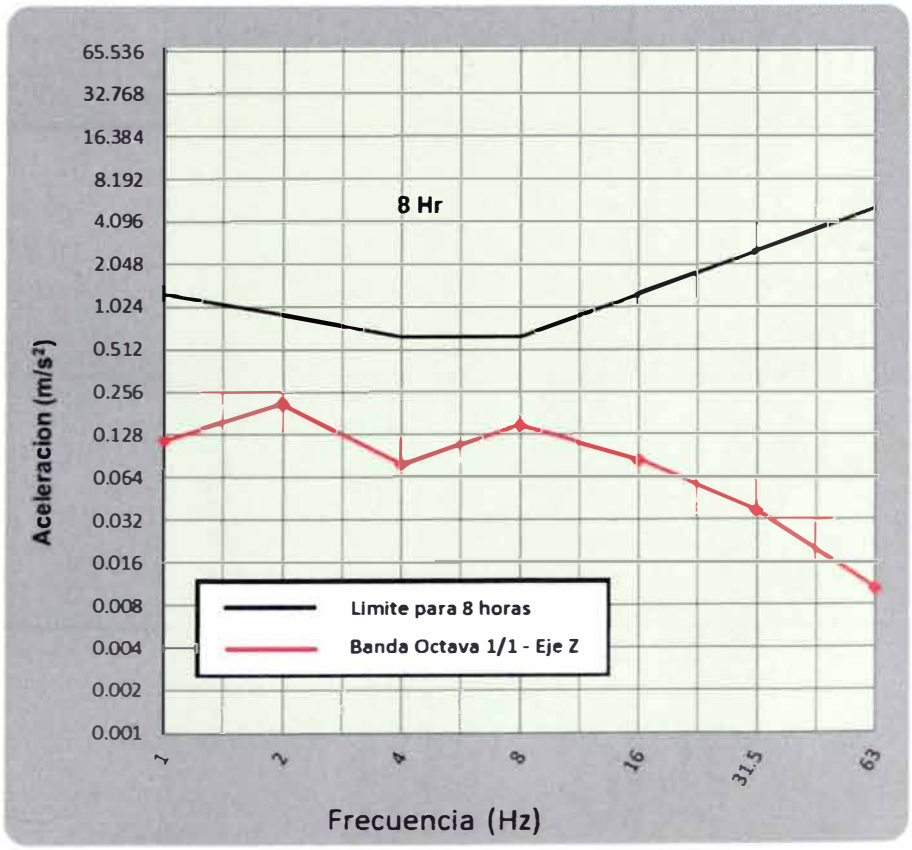
Anexo 4.2


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

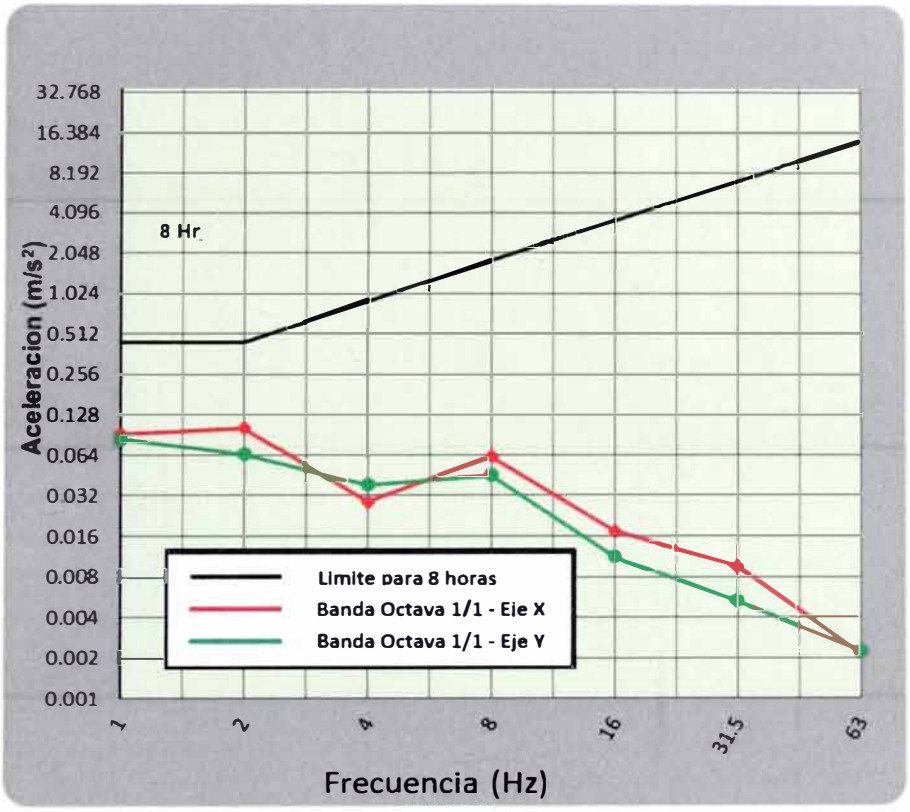

65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

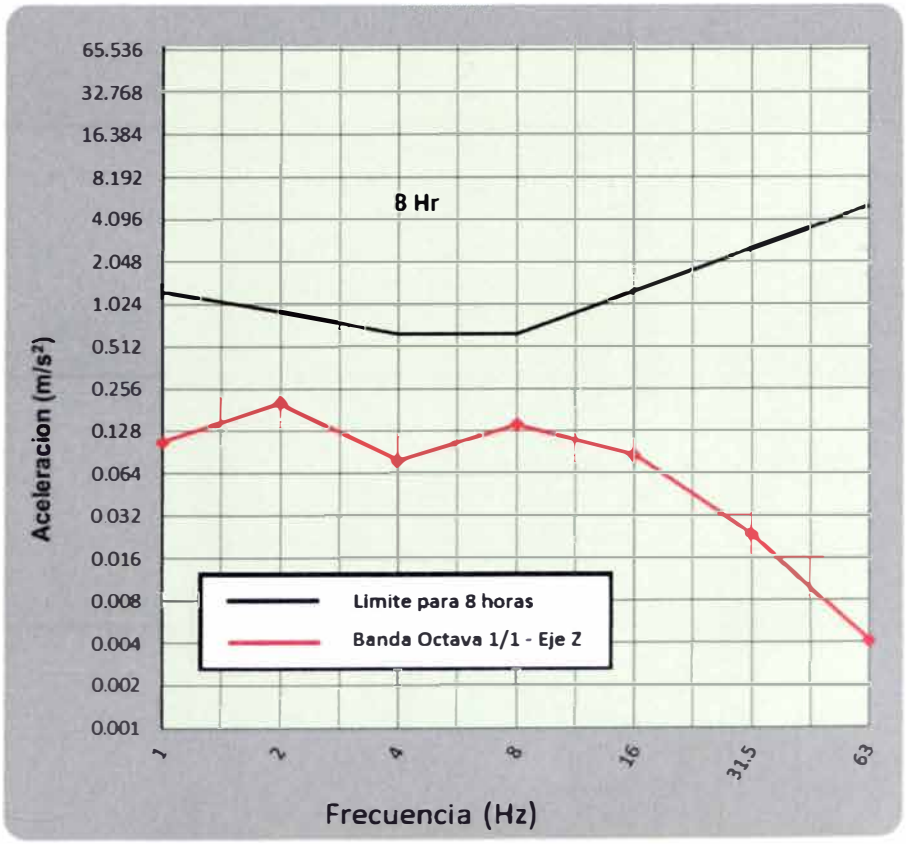
Anexo 4.3


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

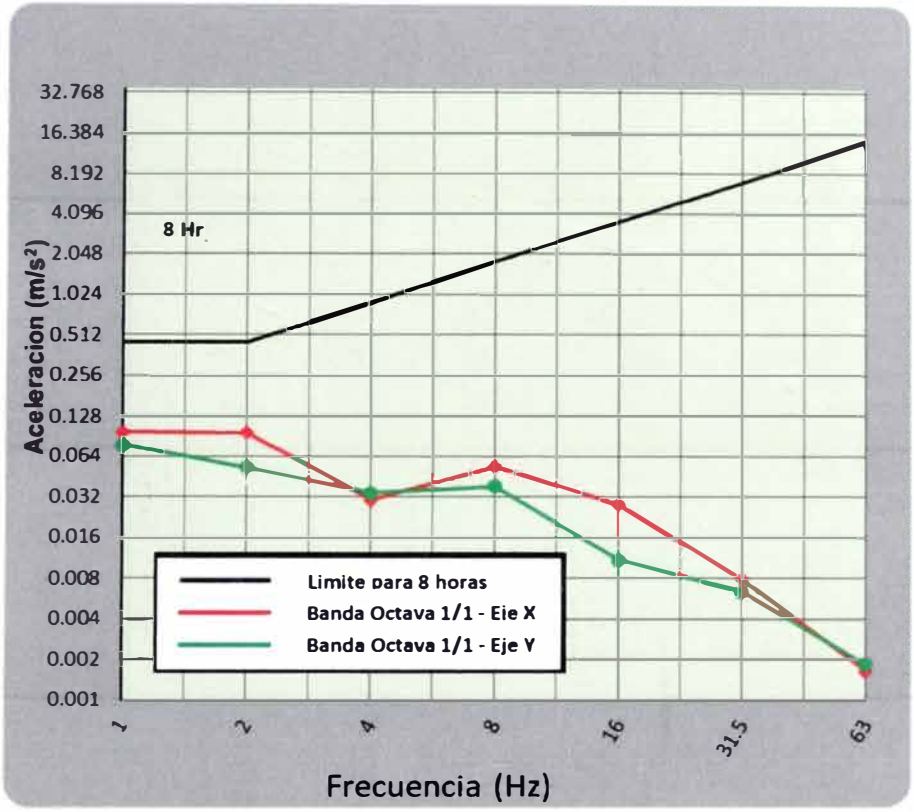

65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

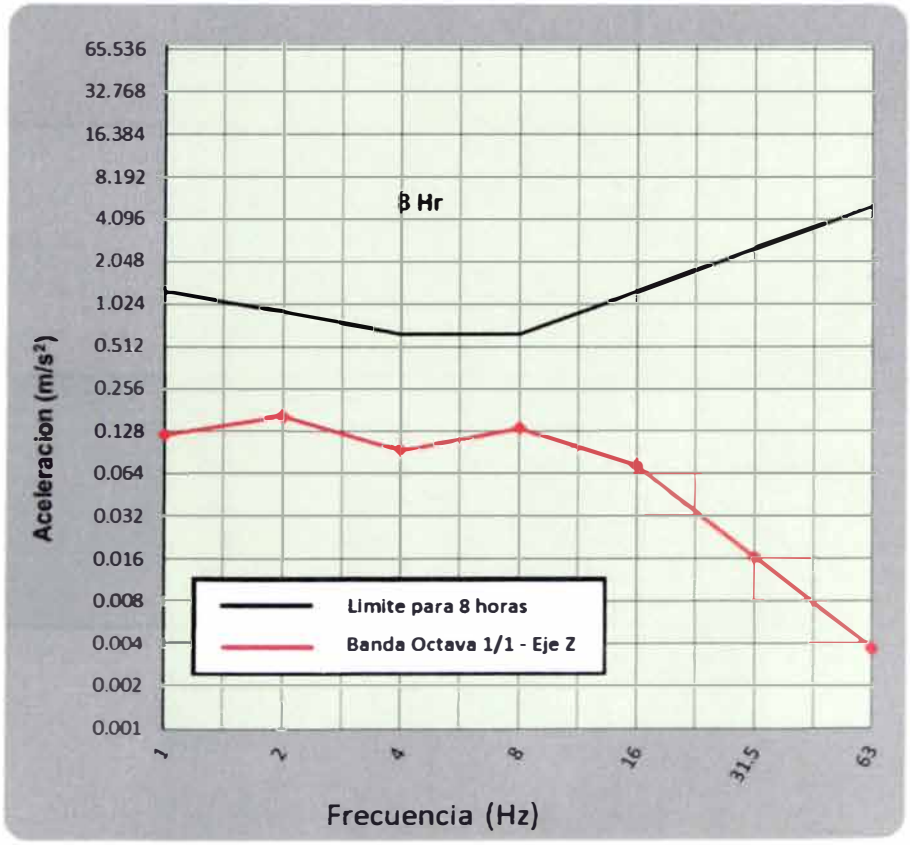
Anexo 4.4


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

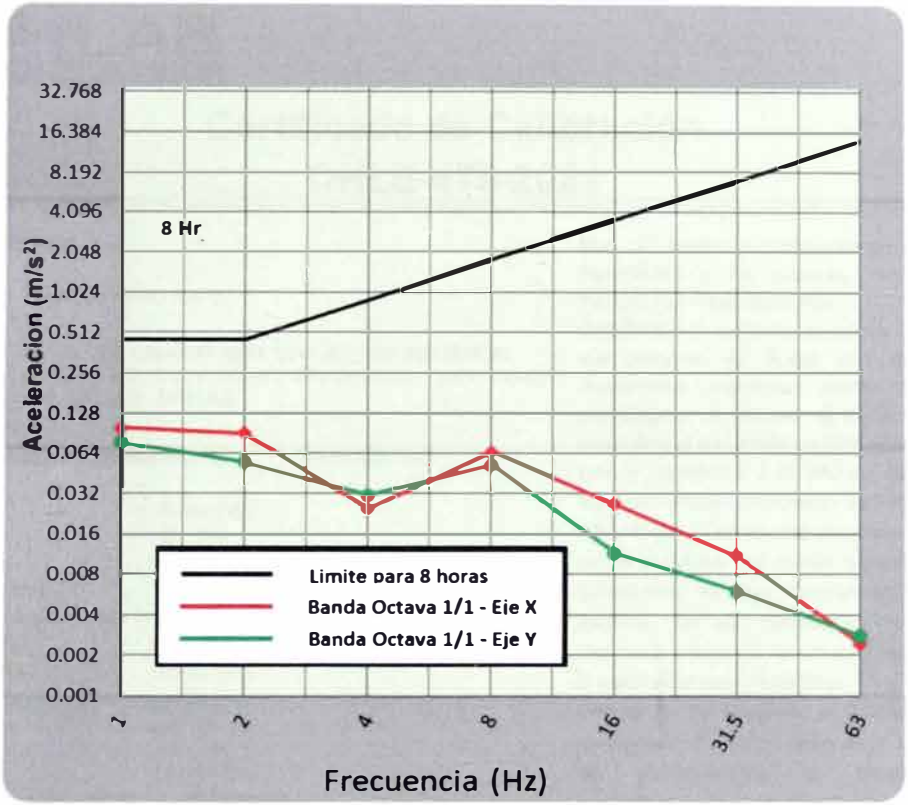

65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

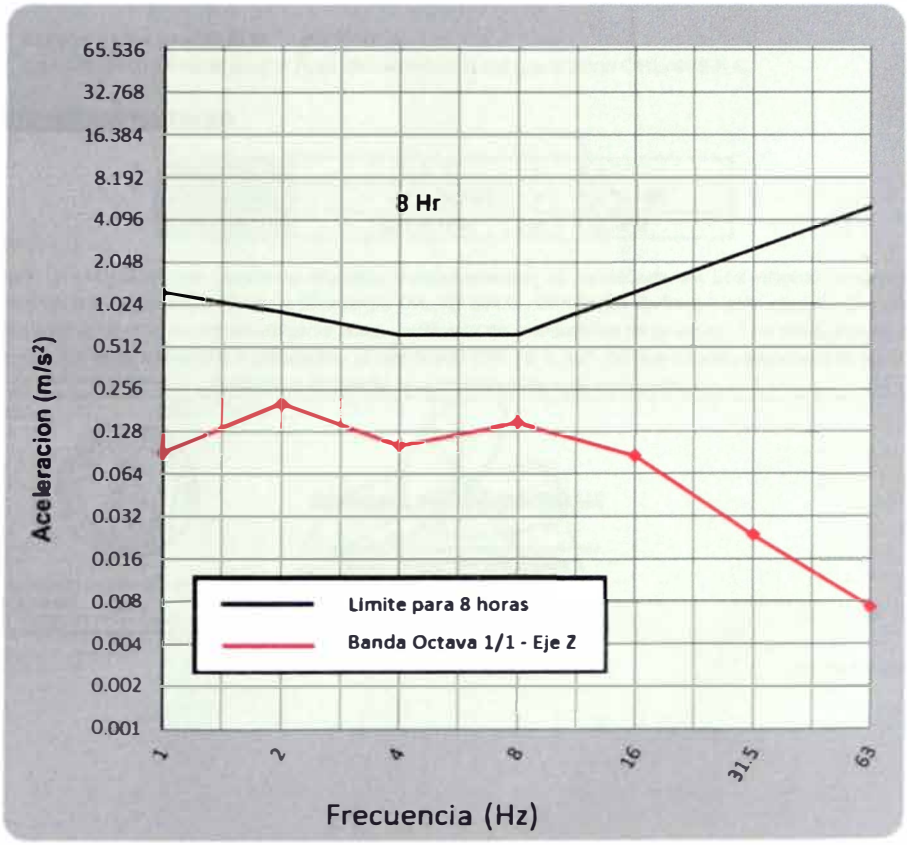
Anexo 4.5


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)


65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
Aceleracion (m/s²)
8 Hr
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

Anexo 4.6


32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
8 Hr
Aceleracion (m/s²)
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje X
Banda Octava 1/1 - Eje Y
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)


65.536
32.768
16.384
8.192
4.096
2.048
1.024
0.512
0.256
0.128
0.064
0.032
0.016
0.008
0.004
0.002
0.001
8 Hr
Aceleracion (m/s²)
Limite para 8 horas
Banda Octava 1/1 - Eje Z
1
2
4
8
16
31.5
63
Frecuencia (Hz)

Anexo 5

Certificado de Calibración
OHLE-478-2021

1.- SOLICITANTE

Nombre: SGS DEL PERU S.A.C.

Dirección: AV. ELMER FAUCETT NRO. 3348 Z.I. URB.INDUSTRIAL BOCANEGRA PROV. CONST. DEL CALLAO - PROV. CONST. DEL CALLAO - CALLAO

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN VIBROMETRO

Marca :	SVANTEK
Modelo :	SV 106
N° de Serie :	36372
Codigo interno :	11790
N° Serie Cuerpo Entero :	SV 38V / 41168
Resolución :	1 mm/s^2 / 0,01 m/s^2
Procedencia :	POLONIA

Este certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales (INACAL) y/o internacionales.
OHLAB S.A.C. custodia, conserva y mantiene sus patrones en Áreas con condiciones ambientales controladas, realiza mediciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el pais y contribuye a la difusión del sistema legal de unidades del medida del Perú.
OHLAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debe tener un control de mantenimiento y recalibraciones apropiadas para cada instrumento.

3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

- El instrumento se calibró el 2021-10-12
- La calibración se realizó en el Área de Electricidad del Laboratorio OHLAB S.A.C.

4.- CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	20,9 °C	±	0,4 °C
Humedad	46,3 % HR	±	1.4 % HR
Presión	1007,7 hPa	±	0,2 hPa

Este Certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos y/o modificaciones requieren la autorización del Laboratorio de Metrología OHLAB S.A.C.. Certificado sin firma y sello carecen de validez. Los resultados de este certificado no deben utilizarse como certificado de conformidad de producto. Los resultados se relacionan solamente con los items sometidos a calibración, el laboratorio OHLAB S.A.C. declina de toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciere de este certificado.

Fecha de emision: 2021-10-12

Sello

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Juan Diego Arribasplata
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGIA

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365. La Perla Callao - Peru
Telf. (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Certificado de Calibración
OHLE-478-2021

5.- PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Se tomo como referencia el Procedimiento específico: PEA02
CALIBRACIÓN SECUNDARIA DE ACELERÓMETROS PIEZOELÉCTRICOS POR COMPARACIÓN CON UN PATRÓN SEGÚN NORMA ISO 16063-21 del INTI-Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina

6.- TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM , en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

N° de Certificado	Patrón utilizado	Marca	Modelo
304844	Acelerómetro con una resolución de 0,0001 m/s^2	Brüel & Kjaer	4332
Brüel & Kjaer			
LE - 357 - 2020	Multimetro Digital de 6 1/2	Keysight	34461A
INACAL DM			

OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración está en función al uso y mantenimiento del equipo de medición.
- La incertidumbre de la medición ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza aproximado del 95%.

OCCUPATIONAL HYGIENE LABORATORY S.A.C.
Laboratorio de Metrología
Avenida La Marina N° 365, La Perla Callao - Peru
Telf.: (01) 454 3009 Cel.: (+51) 983 731 672
Email: comercial@ohlaboratory.com
Web: www.ohlaboratory.com

Certificado de Calibración
OHLE-478-2021

7.- RESULTADOS

Sensor Cuerpo entero

Eje	Valor convencionalmente verdadero	Indicación del instrumento	Error	U
1	205,04 mm/s²	201 mm/s²	-4,04 mm/s²	0,2 m/s²
	601,02 mm/s²	598 mm/s²	-3,02 mm/s²	0,2 m/s²
	1,0423 m/s²	0,92 m/s²	-0,1223 m/s²	0,2 m/s²
	1,4791 m/s²	1,38 m/s²	-0,0991 m/s²	0,2 m/s²
	2,0213 m/s²	1,99 m/s²	-0,0313 m/s²	0,2 m/s²
2	205,04 mm/s²	202 mm/s²	-3,04 mm/s²	0,2 m/s²
	601,02 mm/s²	600 mm/s²	-1,02 mm/s²	0,2 m/s²
	1,0423 m/s²	0,97 m/s²	-0,0723 m/s²	0,2 m/s²
	1,4791 m/s²	1,39 m/s²	-0,0891 m/s²	0,2 m/s²
	2,0213 m/s²	2,00 m/s²	-0,0213 m/s²	0,2 m/s²
3	205,04 mm/s²	200 mm/s²	-5,04 mm/s²	0,2 m/s²
	601,02 mm/s²	605 mm/s²	3,98 mm/s²	0,2 m/s²
	1,0423 m/s²	1,05 m/s²	0,0077 m/s²	0,2 m/s²
	1,4791 m/s²	1,49 m/s²	0,0109 m/s²	0,2 m/s²
	2,0213 m/s²	2,03 m/s²	0,0087 m/s²	0,2 m/s²

(Fin del documento)