



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

FACTORES DE RIESGOS  
DISERGONÓMICOS Y TRASTORNOS  
MUSCULOESQUELÉTICOS EN  
TRABAJADORES CONDUCTORES DE  
MAQUINARIA PESADA DEL SECTOR  
MINERÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA  
APLICADA AL TRABAJO

ISABEL GISELA NATEROS MARTINEZ

LIMA – PERÚ

2024



**ASESORA**

Mg. María Alejandra Urday Pareja.

**JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

MG. ARMANDO WILLY TALAVERANO OJEDA

PRESIDENTE

MG. MIRKO ROGERS PEZOA VILLANUEVA

VOCAL

MG. VICTOR RAUL ZAMATA MAQUERHUA

SECRETARIO

**DEDICATORIA.**

A mi madre, por su tenacidad y fortaleza

A mi esposo, por su invaluable apoyo

**AGRADECIMIENTOS.**

A mis docentes por sus enseñanzas.

**FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Tesis Autofinanciada



FACTORES DE RIESGOS  
DISERGONÓMICOS Y TRASTORNOS  
MUSCULOESQUELÉTICOS EN  
TRABAJADORES CONDUCTORES DE  
MAQUINARIA PESADA DEL SECTOR  
MINERÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA  
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN  
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA  
APLICADA AL TRABAJO

ISABEL GISELA NATEROS MARTINEZ



Informe estándar

Informe en inglés no disponible Más

17% Similitud estándar

5 Exclusiones →

Fuentes

Mostrar las fuentes solapadas

1 Trabajos del estudiante

Instituto Superior de Artes, Cie

1 bloques de bloques 264 palabra coincide

2 Trabajos del estudiante

Integración Blackboard

10 bloques de texto 216 palabra coincide

3 Internet

www.scielo.org.co

5 bloques de texto 144 palabra coincide

4 Internet

## TABLA DE CONTENIDOS

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	OBJETIVOS .....	5
	<b>2.1 Objetivo general</b> .....	5
	<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	5
III.	METODOLOGÍA.....	6
	<b>3.1 Diseño del estudio</b> .....	6
	<b>3.2 Procedimientos y Técnicas</b> .....	6
	<b>3.3 Análisis y procesamiento de datos</b> .....	8
	<b>3.4 Consideraciones Éticas</b> .....	9
IV.	DESARROLLO DEL ESTUDIO .....	10
	<b>4.1 Características del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.</b> .....	10
	<b>4.2 Factores de riesgo disergonómicos posturales y carga física en los conductores de maquinaria pesada en minería.</b> .....	19
	<b>4.3 Principales TME en los conductores de maquinaria pesada.</b> .....	29
	<b>4.4 Mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.</b> .....	35
V.	CONCLUSIONES .....	45
VI.	RECOMENDACIONES .....	47
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
VIII.	ANEXOS .....	

## **RESUMEN**

El presente estudio aborda los factores de riesgo disergonómicos que podrían desencadenar en trastornos musculoesqueléticos en los conductores de maquinaria pesada en el sector de minería. Se incluye además la descripción de las tareas del puesto de operador de maquinaria pesada en minería, la identificación de sus factores de riesgo disergonómicos posturales y carga física, la definición de los principales trastornos musculoesqueléticos en dichos operadores y finalmente la propuesta de mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería. La metodología empleada en el presente estudio siguió un diseño que involucra la revisión de artículos del tipo cualitativo, retrospectivo de análisis de literatura incluyendo información relacionada a los objetivos del estudio de investigación, por medio de fuentes de información existentes en sitios web que contienen artículos científicos y haciendo uso del pensamiento crítico a fin de extraer los aportes principales de los autores seleccionados. Se obtuvieron como conclusiones que los operadores de maquinaria pesada en minería están propensos a sufrir accidentes de trabajo y afectaciones a su salud originadas por la naturaleza de sus labores, que la postura sentada y la postura adoptada por desajustes disergonómicos son los principales factores de riesgo disergonómicos relacionados con la postura en el lugar de trabajo que están presentes en los operadores de maquinaria pesada en minería, que también está presente el factor físico de vibraciones de cuerpo entero con predominio en la dirección vertical (eje z), que los principales trastornos musculoesqueléticos relacionados con la postura y las vibraciones de cuerpo entero que suelen desarrollar los operadores de maquinaria pesada en minería son las dolencias en la zona lumbar

y que las mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería apuntan principalmente a un buen diseño y selección del asiento sobre el cual se posicionará el referido operador.

### **PALABRAS CLAVES**

**RIESGOS DISERGONÓMICOS, TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS,  
CONDUCTORES DE MAQUINARIA PESADA, MINERÍA, LUMBALGIA.**

## **ABSTRACT**

This study addresses the dysergonomic risk factors that could trigger musculoskeletal disorders in heavy machinery drivers in the mining sector. It also includes the description of the tasks of the heavy machinery operator position in mining, the identification of its postural dysergonomic risk factors and physical load, the definition of the main musculoskeletal disorders in these operators and finally the proposal of improvements in the ergonomic design of the heavy machinery operator position in mining. The methodology used in the present study followed a design that involves the review of qualitative, retrospective literature analysis articles including information related to the objectives of the research study, by means of existing information sources in websites containing scientific articles and making use of critical thinking in order to extract the main contributions of the selected authors. It was concluded that heavy machinery operators in mining are prone to suffer occupational accidents and health problems caused by the nature of their work, that sitting posture and posture adopted due to dysergonomic disorders are the main dysergonomic risk factors related to posture in the workplace that are present in heavy machinery operators in mining, that the physical factor of whole body vibrations with predominance in the vertical direction (z-axis) is also present, that the main musculoskeletal disorders related to posture and whole body vibrations that usually develop in heavy machinery operators in mining are lower back disorders, and that improvements in the ergonomic design of the heavy machinery operator's position in mining are mainly aimed at a good design and selection of the seat on which the operator will be positioned.

**KEYWORDS**

DYSERGONOMIC RISKS, MUSCULOSKELETAL DISORDERS, HEAVY EQUIPMENT DRIVERS, MINING, LOWER BACK PAIN.

## I. INTRODUCCION

Una de las más importantes muestras de abundancia en nuestro país es la minería, habiendo sido clasificada en el cuarto lugar a nivel mundial en términos de potencial; siendo así dentro del sector económico como el más impulsor a través de ingresos monetarios por exportaciones, conceptos tributarios y fuentes de ingreso voluntarias. Su contribución en la mejora de proyectos de infraestructura, la generación de fuerza laboral y la mejora del nivel de vida es notable. (Deustua C., 2016), en ese sentido miles de trabajadores en el Perú han obtenido trabajo gracias a la minería a cielo abierto, la cual les genera ingresos a costa de demandantes jornadas de trabajo que llegan a alcanzar las doce horas, propiciando que se expongan a elevadas probabilidades de sufrir lesiones musculoesqueléticas. En un estudio realizado en Estados Unidos se identificó que la minería junto a la construcción son dos industrias con una alta tasa de incidentes de 1,5% y 1,6% respectivamente para los trastornos lumbares (Bandyopadhyay et al.(2012)). Dentro de las actividades de un operador de maquinaria pesada en mina es mover los materiales, haciendo uso de camiones mineros de grandes dimensiones donde están comprendidos unidades con sistema mecánico de gran magnitud y unidades con sistema eléctrico. A diferencia de las unidades convencionales, los camiones mineros cuentan con neumáticos de gran tamaño para aguantar volúmenes con mucha masa en superficies que no son regulares. Los usos que más se les suele dar a dichas unidades comprenden, la distribución de minerales en minas a cielo abierto, su transporte en superficies empinadas y caminos irregulares, conteniendo masas que pueden llegar a las 400 toneladas; todo lo anterior contribuye a la

aparición de lesiones musculoesqueléticas por el uso de dichas unidades. Además de la conducción del vehículo el operario también levanta cargas pesadas, realiza movimientos repetitivos, rotaciones de columna, posturas forzadas que causan lesiones como esguinces, distensiones y trastornos musculoesqueléticos en miembros superiores y columna vertebral principalmente (Abedi et otros, (2017); Hoozemans et al, (2014); Kulkarni y Dealkar, (2018). Estas molestias se experimentan en muchas partes diferentes del cuerpo, como dolores que afectan a los músculos, ligamentos, tendones y huesos, de modo que, si no se previenen o tratan, pueden provocar trastornos crónicos (Chicoine, D., St-Vincent, M., & Simoneau, S., 1996). Por ejemplo el dolor lumbar (lumbalgia) y el dolor local en la columna cervical, los hombros y el cuello son las quejas que generalmente se reportan durante o inmediatamente después de realizar la labor de conducir (Chahak Ali, F., y otros, 2017). En una revisión sistemática han informado que la prevalencia de enfermedades musculoesqueléticas en conductores osciló entre el 43,1% y el 93%. El dolor lumbar es el más común, con una tasa de prevalencia del 53% seguido de la parte superior de la espalda, cuello y hombros ostentando así la mayor prevalencia entre los conductores. (Joseph, L., y otros, Prevalence of musculoskeletal pain among professional drivers: A systematic review. *Journal of Occupational Health*, 62, 1–17, 2020). La postura estática durante un largo periodo y al esfuerzo sobre la zona lumbar, el cuello, los hombros, las rodillas y las muñecas provocan un aumento de la presión sobre las articulaciones donde los músculos y tendones que las rodean ven aumentada la tensión que soportan. (Punnett & Wegman, 2004).

Otros factores que incrementan la carga física en el trabajador son el laborar bajo entornos de trabajo con hipoxia, presencia de contaminantes en el entorno de trabajo, calor o frío extremos. Por lo tanto, es necesario centrarse en la seguridad de los trabajadores que están expuestos a movimientos repetitivos, posturas forzadas y vibración del cuerpo entero durante el trabajo. A largo plazo estas condiciones pueden ocasionar perjuicio y dolencias en zonas del cuerpo como son: piernas, pies, espalda, brazos o cuello. Asimismo, se advierte que diseños ergonómicos de trabajo considerados en las tareas pueden mejorar la salud y el rendimiento laboral. (Douphrate, D.I., y otros, 2017)

En estudios se han identificado que un inadecuado diseño de vehículos puede ocasionar una mala línea de visión y posturas incómodas adoptadas por el operador, lo que aumentan el riesgo de producir lesiones musculo esqueléticas, por ejemplo una inadecuada ubicación del retrovisor lateral, lo que genera mayor ángulos de rotación del cuello (Eger, T.R., y otros, Why vehicle design matters: Exploring the link between line-of-sight, driving posture and risk factors for injury. Work (Reading, Mass.), 35(1), 27–37). Así mismo el ángulo de rotación del asiento anti horario ( $45^\circ$  versus  $0^\circ$ ) evita giros extremos en los movimientos de rotación del tronco, la flexión lateral del tronco y la rotación del cuello (Godwin, A., Eger, T., Salmoni, A., Grenier, S., & Dunn, P., 2007). Otras medidas antropométricas importantes a tener en cuenta son la estatura, altura poplítea, longitud poplítea de la nalga, anchura de cadera, espacio libre para los muslos, profundidad abdominal, longitud del brazo, altura de hombros sentado para el diseño de los asientos a fin de asegurar el confort y la prevención de lesiones osteomusculares. (Halder, y otros,

Ergonomic considerations for designing truck drivers' seats: The 1 case of Bangladesh, 2018)

Por otro lado la exposición prolongada a las vibraciones también puede desencadenar un efecto acumulativo en la columna vertebral y presenta una relación transparente entre la postura del conductor y el efecto sobre el sistema musculoesquelético que compromete rápidamente la absorción y disipación de fuerzas (Seidel, 2005). Los camiones mineros incluyen una amplia gama de diferentes aplicaciones que pueden producir muchas vibraciones debido a su trabajo y su capacidad. Las medidas cuantitativas que combinan vibraciones de todo el cuerpo y exposiciones a posturas incómodas han demostrado correlacionarse significativamente con la aparición de dolor lumbar (Raffler, Ellegast, Kraus, & Ochsmann, 2016) el cual se explica por múltiples factores asociados por levantamiento de cargas con gran masa según una investigación realizada. (Skandfer, Talykova, Brenn, Nilsson, & Vaktsjold, Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics, *Ergonomics*, 57:10, 1541-1548, 2014)

Con la presente revisión narrativa se pretende poder identificar factores de riesgo disergonómicos que podrían desencadenar en enfermedades osteomusculares. Existe una necesidad urgente de formular y aplicar planes de intervención de diseño ergonómico relacionados con el trabajo para la seguridad y salud en el trabajo así como en el bienestar de la fuerza laboral existente en el sector minero.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- a) Revisión de artículos científicos relacionados a los factores de riesgo disergonómicos y trastornos musculoesqueléticos en puesto de operador de maquinaria pesada del sector minería.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Describir las tareas del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.
- b) Identificar factores de riesgo disergonómicos posturales y carga física en los conductores de maquinaria pesada en minería.
- c) Definir los principales trastornos musculoesqueléticos en los conductores de maquinaria pesada.
- d) Proponer mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño del estudio**

El presente trabajo de investigación siguió un diseño de tipo narrativo que involucra la revisión de artículos del tipo cualitativo, retrospectivo de fuentes de información existentes en sitios web tales como Pubmed, Scielo, Scopus, ScienceDirect, entre otros sobre el tema de estudio con un tiempo de antigüedad de 10 años.

Los criterios de inclusión que se tomaron como referencia fueron:

- a) Estudios descriptivos, experimentales y cualitativos.
- b) Estudios cuya fecha de publicación va desde enero de 2013 a enero de 2024, esto es, dentro de la década más reciente, de libre acceso y en formato pdf. Se incluyeron libros y publicaciones anteriores de no identificarse información más reciente.
- c) Documentos normativos vigentes al mes de junio de 2024.
- d) Artículos en idioma español, inglés y portugués.

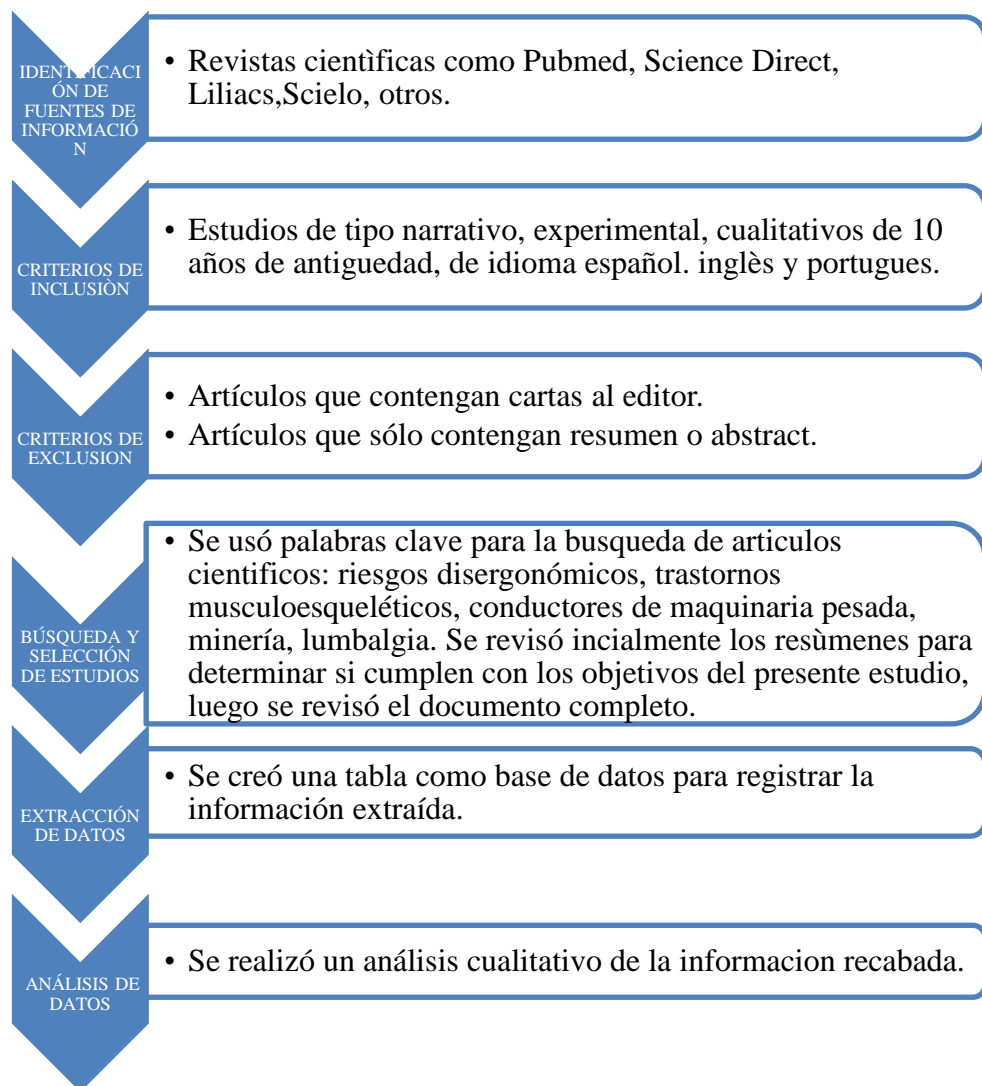
Los criterios de exclusión que se tomaron como referencia fueron:

- a) Artículos que contengan cartas al editor.
- b) Artículos que sólo contengan resumen o abstract.

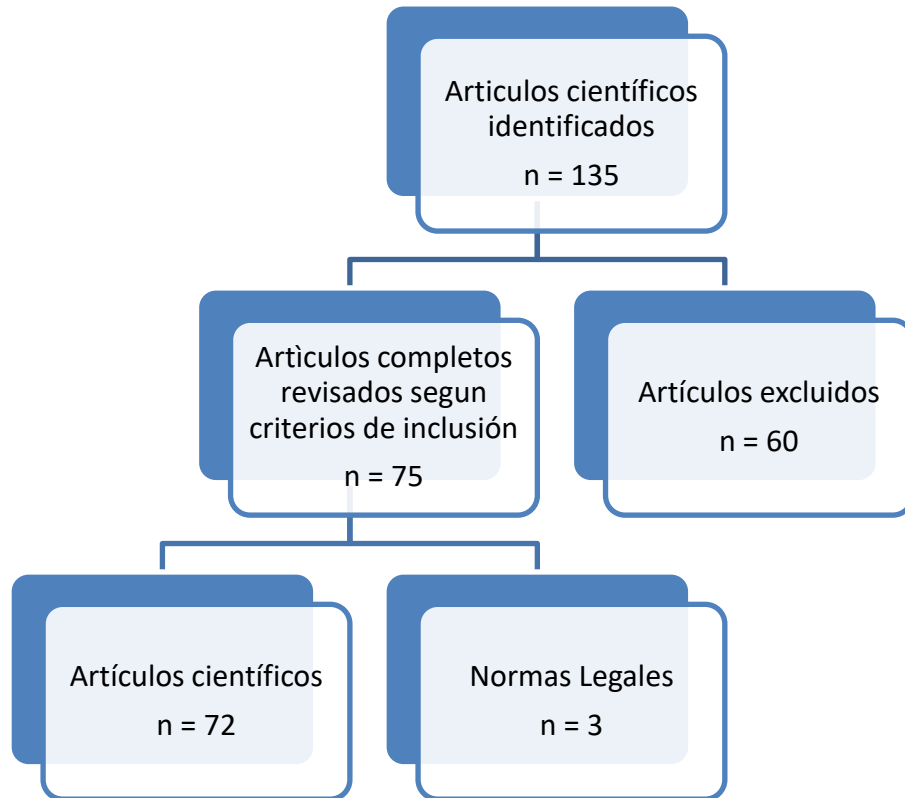
#### **3.2 Procedimientos y Técnicas**

- a) Se abordó fuentes de información existentes en sitios web que contienen artículos científicos tales como Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, ScienceDirect, entre otros sobre el tema de estudio.

- b) Se seleccionó los documentos relevantes para cumplir los objetivos del estudio de investigación.
- c) Se aplicó una matriz que facilitó el recojo de los datos mediante el análisis documental. La metodología del estudio es revisión sistemática, mediante una búsqueda exhaustiva de la literatura científica del tema mediante el siguiente flujo:



- d) Según lo recabado, se identificaron 135 artículos científicos de los cuales 73 cumplieron los criterios de inclusión y 62 fueron excluidos por no contar con los criterios ya descritos.



### 3.3 Análisis y procesamiento de datos

- a) Los datos recolectados y registrados en la matriz fueron organizados y analizados a la luz de los objetivos propuestos.
- b) Se hizo uso del pensamiento crítico a fin de extraer los aportes principales de los autores seleccionados y así se elaboró las conclusiones y recomendaciones finales.

### **3.4 Consideraciones Éticas**

- a) Se realizó una solicitud al Comité de Ética de la UPCH (Universidad Peruana Cayetano Heredia) a fin de que brinde su visto bueno al presente proyecto de trabajo de investigación.
- b) Investigaciones primarias fueron utilizadas para el presente trabajo de investigación.
- c) Se consideraron los principios bioéticos, así como los derechos de autoría intelectual tanto en el diseño como en la puesta en marcha del presente estudio. Por ser una revisión documental no implica riesgo alguno para las personas, pero sí el tratamiento de la información se ajustó a la práctica de la conducta ética responsable en investigación.

## **IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO**

### **4.1 Características del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.**

En la industria de la minería, el operador de maquinaria pesada realiza labores que son llevadas a cabo en lo que se conoce como explotación minera a cielo abierto. Sin importar el mineral que se planea extraer, lo anterior involucra llevar a cabo movimientos de material terrestre en ciertos volúmenes los cuales se difieren según la magnitud de dicha explotación. A efectos de extraer la materia prima que luego se venderá con diferentes niveles de transformación, se requiere el uso de la maquinaria pesada. La elección de la maquinaria antes mencionada, tanto en términos de tipo como de modelo, está influenciada por varios factores, y la decisión final suele estar relacionada con el mineral que se va a extraer.

Un estudio realizado en Finlandia, en una mina de cielo abierto clasifican el trabajo del operador de maquinaria pesada en i) Trabajo fuera de la cabina, ii) Trabajos dentro de la cabina. Trabajar fuera de la cabina incluye criterios detallados específicos del vehículo para las tareas que los operadores realizan en el exterior la cabina (es decir, controles de rutina diarios antes de las operaciones, repostaje del vehículo y acceso a la cabina), mientras que trabajar dentro de la cabina se compone de criterios sobre el tamaño y diseño de la cabina y factores físicos. Y como tercer punto iii) Factores de carga física del trabajo y riesgos psicosociales. (Reiman A, Sormunen E, Morris D., 2016).

El movimiento de tierras consta de varias fases, de las que, en una explotación minera, solamente se realizan las de arranque, carga, transporte y descarga; en algunos casos especiales como son la construcción de pistas, explanadas, etc., se

completa el movimiento de tierras con el resto de las fases: extendido, nivelación, compactación y refino.

El Arranque es la operación que presenta mayor dificultad, porque se trata de pasar un material de su estado natural, en el que lleva muchos años, al de material suelto, de forma que esta nueva situación permita realizar el resto de las fases.

La Carga es una fase en la que, comparativamente, las dificultades son menores; consiste en mover el material desde la situación en la que queda en la fase anterior hasta introducirlo, en la mayoría de los casos, dentro de la caja de un volquete, para su transporte.

El Transporte es la operación que, a pesar de su aparente facilidad, representa el mayor porcentaje en el coste final por tonelada movida; la razón es simple: se necesitan varias unidades de transporte para absorber toda la carga que es capaz de mover la máquina que efectúa la carga; dicho de otro modo, a pesar del enorme tamaño que han alcanzado los volquetes, aún son, y seguirán siendo, pequeños en relación con los equipos de carga, porque nunca será rentable fabricar una cargadora que llene el volquete con un solo cucharón. en esta fase cobra una importancia especial las distancias a que se vaya a transportar el material y la diferencia de cotas que deban superar los componentes del equipo de transporte.

La Descarga se realiza por el propio volquete, en la mayoría de los casos elevando su caja; en función del material transportado, se hará en una escombrera si es estéril o en una tolva si se trata de la materia prima a transformar.

Un operador de maquinaria pesada trabaja con una variedad de éstas maquinarias pesadas que son descritas a continuación:

- Excavadora hidráulica. Que suelen presentarse como excavadora de carga frontal o con equipo de retroexcavación (retroexcavadora), ambas pueden realizar el arranque y la carga simultáneamente en la mayoría de los materiales que se arrancan con Tractor.
- Pala cargadora. De menor fuerza de arrancamiento que la excavadora, puede arrancar y cargar al mismo tiempo aquellos materiales que el tractor arranca usando solamente la hoja de empuje; son materiales blandos; como hemos visto, puede desplazarse sobre ruedas o sobre cadenas.
- Mototralla. Es una máquina que realiza casi todo el movimiento de tierras porque es capaz de hacer el arranque, la carga, el transporte, la descarga, el extendido e, incluso, iniciar la compactación por su peso y las presiones de inflado de sus neumáticos.
- Tractores de ruedas. son máquinas auxiliares que se utilizan para realizar trabajos de limpieza y mantenimiento tanto en los frentes de carga cuando se utiliza cualquier tipo de excavadora hidráulica, como en las escombreras, especialmente cuando se trabaja con un gran número de volquetes que descargan parcialmente su carga. También se utilizan para realizar otros trabajos auxiliares, como remolcar torres de iluminación, compresores y retirar rocas de las pistas de acarreo, entre otros.
- Motoniveladoras. Son las máquinas básicas para realizar trabajos de nivelación y refinamiento. Su característica principal es la precisión en el acabado, aunque en las explotaciones mineras, principalmente en el mantenimiento de pistas de acarreo, no se requiere la misma precisión que en los trabajos de construcción. Las motoniveladoras disponibles en el mercado actual vienen en presentación

como articuladas, lo que, junto con su alcance lateral al extender el círculo y la hoja de trabajo, permite nivelar y limpiar los bordes de las pistas y escombreras con total seguridad. esto permite que la parte más pesada de la máquina circule alejada del borde, mientras que la rueda más exterior del eje delantero puede ir prácticamente pisando el borde del talud.

- Compactadores. Se utilizan para realizar la compactación de nuevas pistas o explanadas. Los compactadores de rodillo vibratorio son los más comunes y cumplen con los requisitos de compactación de la mayoría de los materiales.
- Retrocargadoras. También conocidas como retropalas o mixtas, son máquinas muy versátiles que cuentan con un cucharón frontal para realizar trabajos de carga en pequeños volúmenes y con materiales blandos. además, tienen una retro posterior que les permite excavar zanjas de hasta 6-7 metros de profundidad, lo que les permite abrir drenajes, cunetas, entre otros.
- Manipuladoras telescópicas. Son máquinas capaces de elevar cargas de hasta 5 o 6 toneladas a una altura de más de 12 metros. Pueden montar una variedad de equipos que les permiten multiplicar sus aplicaciones. Por ejemplo, pueden tener una cesta para elevar a dos personas, lo que les permite alcanzar lugares elevados en cintas transportadoras para realizar tareas como el reemplazo de rodillos o reductores averiados, cambio de bombillas, limpieza de cristales, entre otros. Es importante destacar que el operario que va en la cesta es quien maneja todos los movimientos de la máquina.
- Palas Cargadoras Compactas. Son máquinas de tamaño muy pequeño que pueden moverse dentro de recintos estrechos. Estas máquinas reemplazan al trabajo manual de carga con pala. Su facilidad de maniobra las hace ideales para

trabajos en lugares estrechos, y la variedad de equipos que pueden montar multiplica sus aplicaciones.

Las funciones o tareas que suelen ser encomendadas a los operadores de maquinaria pesada se señalan, mas no se limitan, a continuación:

- **Revisión previa.** Es una función de suma importancia para garantizar la seguridad tanto del operador de la máquina como de las personas que se encuentran cerca de ella. Consiste en realizar una inspección visual externa antes de acceder a la cabina, lo que permitirá asegurar de cierta forma que no hay nadie en las cercanías que pueda resultar dañado cuando la máquina comience a funcionar. Además, esta revisión permitirá verificar que se cuenta con suficiente aceite, agua y combustible para trabajar durante al menos unas pocas horas. Es especialmente importante realizar esta revisión después de realizar el mantenimiento de la máquina, para prevenir posibles errores humanos que puedan afectar los niveles de los fluidos o el ajuste adecuado de los tapones.
- **Acceso a la cabina de la máquina.** Esta tarea también suele representar cierta criticidad en términos de seguridad. Muchos accidentes, aunque no revistan gravedad a veces, ocurren al subir o bajar de las máquinas. Para realizar esta operación de manera segura, es importante seguir las siguientes condiciones:  
**Siempre enfrentando a la máquina:** Esto es habitual al subir a la máquina, pero a menudo se pasa por alto al bajar de ella, muchas veces se hace de espaldas o incluso saltando, lo cual es aún más peligroso.  
**Siempre manteniendo tres puntos de apoyo:** Esto puede ser utilizando las dos manos y un pie o los dos pies y una mano.

Utilizando todos los peldaños que ofrece la máquina: Esto ayuda a evitar posturas forzadas que pueden provocar esguinces o torceduras. En el caso de las excavadoras hidráulicas, a menudo es necesario caminar sobre las orugas, especialmente si alguno de los peldaños está dañado. Esto representa un riesgo de resbalón que puede resultar en la caída del operador al mismo nivel o a un nivel inferior.

- Puesta en marcha del motor. Esta función debe realizarse en zonas bien ventiladas, lo cual es normalmente el caso, pero puede no ser así cuando la máquina se encuentra en el interior del taller. En ese caso, es recomendable dejar las puertas abiertas para permitir la circulación de aire y evacuar rápidamente los gases producidos por la combustión.

- Ubicación de la máquina en la zona de trabajo. Durante el traslado de la máquina al lugar de trabajo, es importante tener en cuenta lo siguiente:

Al comienzo de la jornada, la máquina aún está fría y debe conducirse con precaución para permitir que se caliente rápidamente.

Durante el traslado, se deben seguir las normas de tráfico establecidas por cada entidad para todas las unidades que trabajan en la explotación. Las personas que pertenecen a alguna contratista o subcontratista también están obligadas a cumplir con estas normas.

- Parqueo de la máquina. Al finalizar la jornada de trabajo, es necesario estacionar la máquina en los lugares designados para ello, evitando obstaculizar el paso de otras máquinas, obstruir la circulación o afectar la visibilidad. La forma de realizar esta operación se estudia en el próximo capítulo.

- Realización del mantenimiento correspondiente. Después de la jornada, se deben realizar las tareas de mantenimiento correspondientes según las horas de trabajo acumuladas. Por lo general, al menos en las unidades antiguas, será necesario engrasar los diferentes puntos de engrase de la máquina.
- Repostado de la unidad. Aquí se presenta la situación de que los fabricantes instalan depósitos de combustible con capacidad para trabajar una jornada completa de 10 horas, con una pequeña reserva del 10%. Sin embargo, el consumo de combustible puede variar según las condiciones de trabajo. Aunque generalmente queda suficiente combustible al finalizar la jornada, es recomendable repostar la máquina antes de marcharse para tener el depósito más limpio y evitar preocuparse por el momento en que será necesario repostar al día siguiente. Cada explotación tiene su propio sistema de repostado y se deben seguir las normas establecidas por ella.
- Reporte a la línea de mando superior. Durante la jornada, es importante informar a los superiores sobre cualquier incidencia que haya ocurrido en el trabajo con la máquina y que pueda afectar la seguridad en los días siguientes, como la rotura de espejos, cristales o peldaños. Todo lo que el operador haya observado debe ser comunicado a los superiores al finalizar la jornada para su pronta reparación o seguimiento si ha sido una anomalía circunstancial. (Secretaría de Estado de Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio., 2009)

Al mismo tiempo, los operadores de maquinaria pesada deben tener las siguientes habilidades:

- Coordinación mano-ojo. La capacidad de coordinar lo que se ve con los movimientos de la mano para alcanzar y agarrar objetos adecuadamente.
- Fuerza física. Muchos trabajos de operadores de maquinaria pesada requieren la capacidad de levantar y transportar objetos grandes.
- Conocimiento de seguridad. Los operadores de maquinaria pesada deben conocer las regulaciones establecidas en las instituciones gubernamental y otras pautas de seguridad para poder completar los proyectos.
- Gestión del tiempo: A menudo, los operadores de maquinaria pesada deben completar tareas en plazos ajustados, por lo que una buena gestión del tiempo es clave, sin que ello le genere niveles excesivos de estrés u otras afectaciones de índole psicológico-mental. (Hinton, 2023)

Un estudio realizado en Malasia analizó datos de entrevistas con quince directores de proyectos de construcción que supervisan a trabajadores que operan maquinaria pesada. Este estudio sugiere que las causas de los accidentes con maquinaria pesada incluyen mantenimiento insuficiente, negligencia por parte de los operadores, capacitación inadecuada, factores humanos y condiciones del sitio. Por otro lado, se identificaron competencias clave para mitigar los accidentes relacionados con maquinaria pesada. Estas competencias incluyen el conocimiento de los incentivos y sanciones relacionados con la seguridad, la capacitación en seguridad, la capacidad para realizar sesiones informativas de seguridad, la inspección de la maquinaria pesada y las condiciones del sitio, y habilidades de comunicación efectiva. Es importante destacar que la seguridad en el manejo de maquinaria pesada es fundamental para prevenir accidentes y proteger la integridad de los

trabajadores. Por lo tanto, es necesario que los directores de proyectos y los operadores de maquinaria pesada estén conscientes de estas causas y competencias para tomar las medidas adecuadas y garantizar un entorno de trabajo seguro. (Bedi, Rahman, & Din, 2021).

Los operadores de maquinaria móvil pesada conducen vehículos sobre terrenos accidentados y superficies irregulares durante gran parte de su jornada laboral (Griffin, 1990). Muchas exposiciones a vibraciones ocupacionales incluyen grandes impactos y sacudidas como por ejemplo en baches o rompemuelles (Johanning, 2011) que se han identificado como un importante factor de riesgo para desarrollar lesiones lumbares. Se cree que estas lesiones están relacionadas con el alto nivel de aceleración y el estrés mecánico excesivo resultante. (ISO 2631-5, 2004).

Por todo lo expuesto, se entiende que los trabajadores de maquinaria pesada en minería están expuestos a diferentes riesgos disergonómicos, en esa línea la normativa legal peruana (DS 024-2016-EM) precisa que todo Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional deberá tomar en cuenta la interacción hombre - máquina - ambiente así mismo deberá identificar los factores, evaluar y controlar los riesgos disergonómicos de manera que la zona de trabajo sea segura, eficiente y cómoda, considerando los siguientes aspectos: diseño del lugar de trabajo, posición en el lugar de trabajo, manejo manual de cargas, carga límite recomendada, posicionamiento postural en los puestos de trabajo, movimiento repetitivo, ciclos de trabajo - descanso, sobrecarga perceptual y mental, equipos y herramientas en los puestos de trabajo. Así mismo contamos con una normativa nacional peruana (Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico aprobada mediante RM 375-2008-TR) y sus modificatorias, que se

ha, enfocando en describir y evaluar los riesgos disergonómicos con el objetivo de prevenir la ocurrencia de accidentes y/o enfermedades en el trabajo.

#### **4.2 Factores de riesgo disergonómicos posturales y carga física en los conductores de maquinaria pesada en minería.**

Un estudio elaborado por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos define a los factores de riesgo disergonómicos como situaciones laborales que provocan desgaste en el cuerpo y pueden provocar lesiones. Dentro de dicha definición se incluyen: posturas incómodas y estáticas, movimientos repetitivos y forzados. Se hace referencia también a que la presencia de múltiples factores de riesgo disergonómicos aumenta el riesgo de desarrollar trastornos musculoesqueléticos. (Midwest Worker Center Ergonomic Training Project (MWCETP)). Cabe resaltar que varios autores han informado otros factores de riesgo asociados que podrían comportarse como potenciadores de trastornos musculoesqueléticos tales como las vibraciones de cuerpo entero, golpes, sacudidas forzadas, temperaturas extremas, ruido y estrés laboral y mala línea de visión. (Reiman A, Sormunen E, Morris D., 2016) polvo y gases de escape, temperaturas extremas y riesgos psicosociales para la salud; presión de tiempo y trabajo por turnos. (Morten Skandfer, Ljudmila Talykova, Tormod Brenn, Tohr Nilsson & Arild Vaktskjold, 2014). edad, el peso, el índice de masa corporal (IMC) y la antropometría, así como el tabaquismo, el abuso de alcohol, la condición física, los factores psicosociales, los trastornos de las articulaciones y los músculos, las enfermedades cardiovasculares y metabólicas, la fatiga muscular, la rigidez y la incomodidad. Estos factores también pueden desempeñar un papel como factores de confusión. (Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2022)

#### **4.2.1 Factores de riesgo disergonómico en conductores de maquinaria pesada en mina.**

Los factores de riesgo disergonómicos relacionados con la postura en el lugar de trabajo son el resultado de adoptar posturas poco saludables, realizar movimientos repetitivos y levantar objetos pesados durante las tareas laborales. Estos factores pueden causar problemas de salud que podrían evitarse fácilmente, al mismo tiempo que afectan negativamente la productividad de la organización para la cual trabajan. (Temitayo S. Ogedengbe, y otros, 2023). A pesar de la automatización y las buenas prácticas y soluciones, los factores de riesgo disergonómicos siguen prevaleciendo en trabajo de los operadores de maquinaria pesada en minería. Existe una amplia evidencia que sugiere que varios factores podrían estar relacionados con un mayor riesgo de TME en el trabajo, incluyendo la exposición a vibraciones, posturas incómodas, factores personales (Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2022)

En una postura neutra, las articulaciones pueden absorber la fuerza más fácilmente que en otras. Las posturas incómodas y forzadas aumentan la susceptibilidad a sufrir lesiones, ya que pueden estresar los componentes de las articulaciones y reducir o bloquear el flujo sanguíneo. En el trabajo, algunas de estas posturas incluyen sentarse (durante períodos prolongados), levantar objetos, girar el cuerpo o inclinarse. (Case Western Reserve University, s.f.). En esa línea, la postura sentada se define como la posición del cuerpo en la que el peso del cuerpo se transfiere a un área de apoyo: las tuberosidades isquiáticas de la pelvis y los tejidos blandos circundantes. Las consideraciones biomecánicas de las posturas sentadas incluyen

la columna, los brazos y las piernas. (Makhsous, y otros, 2009), por ejemplo, los músculos de la parte posterior de los muslos influyen en la posición relativa de la columna y la pelvis, finalmente la medida la ubicación y la inclinación del área de trabajo influyen en la posición del cuello, los hombros y las extremidades superiores cuando un individuo está sentado. Por lo tanto, es fundamental que no sólo se tenga en cuenta el diseño del asiento sino también el trabajo a realizar y los hábitos individuales que cada persona tenga al sentarse. (Magnusson M. , Pope, Wilder, & Areskoug, 1996).

En conductores de vehículos, dentro de los cuales se incluyen a los conductores de maquinaria pesada, los factores físicos identificados con más frecuencia son el estar sentado durante mucho tiempo, y es en este punto donde se identifican desajustes disergonómicos, es decir, la disparidad entre las medidas antropométricas de los conductores y su entorno físico, incluidos los mecanismos de conducción (automáticos o manuales, etc.), un claro ejemplo es que en los Estados Unidos, entre 1992 y 1997, aproximadamente el 5% de las reclamaciones de compensación para conductores de autobuses se atribuyeron directamente al diseño del asiento del conductor del autobús. (Yasobant, Chandran, & Reddy, 2015)

Existe una herramienta llamada formulario de evaluación ergonómica de sillas de Cornell la cual brinda un concepto destacado sobre el área de incomodidad de los operadores de vehículos frente a varios factores, como el nivel de comodidad del asiento, el grado de ajuste de la silla, la facilidad de uso, la proporción de soporte del cuerpo y la experiencia general del asiento. (Das, Patra, Danda, Mallick, & Pandey, 2022). Otra investigación tipo metaanálisis determinó en qué medida las

posturas de trabajo junto a las vibraciones/impactos de todo el cuerpo se asocian con trastornos lumbares y cervicales entre los operadores de equipo pesado en minería, teniendo en cuenta factores individuales (es decir, edad, sexo, antecedentes de trastornos de la espalda o el cuello), ocupacionales (es decir, manejo de materiales, condiciones climáticas, factores psicosociales) y factores de confusión, donde se encontró que el riesgo meta relativo era 2,21, lo que indica que los operadores expuestos a conducir vehículos de maquinaria pesada tienen más del doble de riesgo de desarrollar dolor lumbar en comparación con aquellos no expuestos a conducir dichos vehículos. Por lo tanto, parece posible que exista una relación causal entre trabajar como operador y el desarrollo de trastornos lumbares. (Waters, Genaidy, Viruet, & Makola, 2008)

Las evaluaciones posturales revelaron que los operadores debían asumir posturas incómodas en la región lumbar, el cuello, los hombros y el tronco mientras realizaban su trabajo. (Kittusamy & Buchholz, 2000), por lo tanto, se puede considerar a la postura como un cofactor en el riesgo de dolor lumbar en conductores sentados expuestos a vibraciones de todo el cuerpo. (Maduagwu, S. M., y otros, 2021).

Al monitorear los problemas de salud a través de síntomas auto reportados, se encontró que el dolor de rodilla es la queja principal en los operadores de equipos no relacionados con maquinaria pesada. Esto se debe a la postura prolongada sentada durante el trabajo, la postura estática en el trabajo y los movimientos repetitivos y frecuentes de las piernas. Sin embargo, no se ha establecido una relación dosis-respuesta, ya que muchos factores físicos, ocupacionales,

ergonómicos y demográficos influyen en el grado de riesgo. (Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2020).

En el proceso de extracción minera, se presenta una frecuente interacción entre dos equipos mineros: la pala hidráulica o eléctrica que alimenta a los camiones de acarreo. Dependiendo de la capacidad de la pala, cada 'pase' puede contener material con un peso promedio de 80 toneladas. A pesar de seguir los mejores estándares de operación minera, algunos de estos pases pueden producir contacto intempestivo con la tolva u otras partes del camión, o puede aparecer una roca de gran tamaño no detectada por parte del operador de la pala, ocasionando daños a los equipos, pero sobre todo lesiones a los operadores. En un reciente estudio en Colombia sobre estos eventos en los años 2007 a 2012, encontraron 93 accidentes que generaron diversas lesiones a los conductores (Piedrahíta H., 2014).

#### **4.2.2 Factor de riesgo físico de vibraciones de cuerpo entero en conductores de maquinaria pesada en mina.**

Se concluirá que existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo, cuando una o más aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas ( $A_{eq}(8)$ ) de cualquier eje coordinado sea mayor que el límite máximo permisible; si estas fueran menores o iguales al límite máximo permisible, pero mayores que el nivel de acción, se concluirá que no existe riesgo a la salud pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora; finalmente si estas fueran menores al nivel de acción se concluirá que no existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo y no es necesario tomar acciones. (Norma ISO2631-1:1997)

La vibración de cuerpo entero (WBV por sus siglas en inglés) se refiere a la transferencia de vibración de baja frecuencia (1-80 Hz) al cuerpo humano a través de una amplia área de contacto. Sin embargo, los operadores son más sensibles a la WBV en el rango de frecuencia de 1 a 20 Hz, aunque algunas mediciones también incluyen frecuencias más altas. Un estudio llevó a cabo mediciones de WBV en operadores de volquetes en las tres direcciones siguiendo las pautas de la norma ISO 2631-1:1997. Se encontró que la vibración en la dirección vertical (eje z) era la más dominante. Los valores de WBV medidos en términos de valores rms oscilaban entre 0.68-2.14 m/s<sup>2</sup>, y el VDV (valor de vibración diaria) se encontraba entre 9.85-27.04 m/s<sup>4</sup>. La exposición de los operadores a niveles altos de vibración en ciertas minas de carbón indica que es probable que los operadores de volquetes sufran riesgos para la salud relacionados con la vibración, lo cual también se confirma con los síntomas que ellos mismos reportan. Se han establecido relaciones entre la magnitud de la vibración, la edad del operador y los años de exposición con afecciones como el dolor lumbar, la presión arterial y la disfunción eréctil. Según el modelo BN (Bayesian Network), los resultados iniciales muestran que la probabilidad de que los valores de VDV sean mayores a 17 m/s<sup>4</sup> es del 69.1% y la probabilidad de dolor lumbar es del 52.6%. El estudio de las relaciones causales y el cambio en los valores de probabilidad cuando se analizan las probabilidades condicionales indica el impacto de las variables independientes en los efectos en la salud de los operadores. (Atal, M. K., Palei, S. K., Chaudhary, D. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2022). Un estudio evaluó exhaustivamente los riesgos disergonómicos a los que están expuestos los operadores de maquinaria pesada, consideró varios aspectos, como la vibración en la interfaz entre el asiento y el

operador, la transmisibilidad de las vibraciones en el eje Z, las calificaciones psicofísicas del nivel de vibración y la incomodidad causada por la vibración, así como los requisitos posturales del trabajo. Los resultados revelaron que la operación de excavación presentaba niveles más altos de aceleración ponderada total en comparación con las condiciones de ralentí alto o bajo. Además, los datos de transmisibilidad mostraron que el asiento amplificaba la vibración, especialmente en las frecuencias más bajas. Estos hallazgos sugieren que los asientos pueden no ser suficientes para proteger a los operadores de los efectos a largo plazo de la exposición a las vibraciones. (Kittusamy & Buchholz, 2001)

La exposición a vibración de cuerpo entero en los equipos de maquinaria pesada puede estar asociada con varios otros factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos, lo que dificulta identificar un factor de riesgo específico para los operadores de dichos equipos. Según los resultados obtenidos de un estudio, las vibraciones podrían considerarse como un factor físico significativo y principal que causa trastornos musculoesqueléticos, aunque no hay evidencia directa y otros factores de riesgo también desempeñan un papel. El estudio revela también que los operadores de equipos de maquinaria pesada están expuestos a niveles elevados de vibración de cuerpo entero en comparación con los operadores de equipos no relacionados con maquinaria pesada. Estos equipos, en comparación con otros, pueden considerarse como más irregulares debido a que operan en superficies irregulares, lo que expone a los operadores a múltiples sacudidas o impactos.

Las vibraciones de cuerpo entero también tienen impactos directos en la vigilancia del conductor al aumentar el estrés físico y cognitivo en el conductor. A diferencia de estar sentado estáticamente, la actividad dinámica de conducir requiere una

mayor actividad muscular para mantener la estabilidad. (Santos, y otros, 2008) Además, las vibraciones de cuerpo entero disminuyen el control postural del tronco, lo que lleva a una mayor flexión de la columna vertebral y una respuesta neuromotora retardada. (Li, Lamis, & Wilson, 2008)

Se realizó un estudio en una mina de Colombia donde demostraron que el cargue de material rocoso genera mayores aceleraciones en todos los ejes comparado con material arenoso. Así mismo tiempo, se encontró que el cargue en la parte anterior de la tolva posee mayores aceleraciones que cuando se hace en el medio o atrás, igualmente en todos los ejes. (Piedrahíta H., 2014)

Muchos diseños actuales de asientos carecen de ajustabilidad de características del asiento y pueden hacer que los conductores adopten posturas corporales incómodas. El tiempo prolongado pasado en posturas no neutrales (especialmente flexión del tronco) puede causar una tensión significativa en el cuerpo, lo que puede activar los receptores del dolor y causar molestias o dolor. El diseño más común de los asientos es adecuado para el hombre promedio en el percentil 50. (Kolic, 2003) Debido a que la mayoría de la población está fuera de este rango de diseño, a menudo se observa una postura de columna cifótica al conducir debido al tiempo prolongado pasado en un asiento de tamaño excesivo. (Reed & Schneider, 1996) El tiempo prolongado pasado en posturas incómodas al sentarse produce tensión en los tejidos pasivos (ligamentos, disco, fascia) (Shin & Mirka, 2007) y comprime los vasos capilares en la región poplíteica. (Levin, E., Macintosh, D., Baker, T., Weatherall, M.W., & Beasley, R. , 2009) Ambos factores pueden estar relacionados con molestias si el asiento no está diseñado para la antropometría del conductor. (De Carvalho & Callaghan, 2011)

Además, estos trabajadores están expuestos a inhalación de sustancias tóxicas, incluyendo diversos polvos y productos químicos como polvo de carbón, diésel, concreto, madera o disolventes orgánicos. Estas exposiciones mixtas pueden actuar de manera aditiva o sinérgica con la vibración para contribuir al desarrollo de muchas enfermedades reportadas en mineros. (Weissman & Howard, 2018)

Los trabajadores en los sectores de minería pueden estar expuestos regularmente a vibración de cuerpo entero al conducir equipos de maquinaria pesada, como bulldozers y camiones volquete. La combinación de exposición a estas vibraciones, además de tener que mantener posturas incómodas o estáticas y levantar cargas pesadas, contribuye al desarrollo de lesiones y trastornos musculoesqueléticos. (Eger, y otros, 2014).

Se evidencia que los estudios relacionados con un enfoque sistemático para el diseño de intervenciones para reducir la exposición a las vibraciones de todo el cuerpo son escasos sin embargo existe un estudio con enfoque sistemático para identificar, seleccionar y priorizar intervenciones de seguridad, se tomaron un total de 130 lecturas de vibraciones para operadores de volquetes en dos minas de mineral de hierro de superficie para identificar determinantes significativos de la exposición al WBV (Vibraciones de cuerpo entero), se plantearon como factores determinantes la edad, el peso, el diseño del asiento, la postura incómoda, la antigüedad de la máquina, el tonelaje de carga, la velocidad del dumper y el estado del camino de acarreo. Según los resultados, los factores hipotéticos se clasificaron en factores individuales, disergonómicos y ocupacionales. Se encontró que los factores ocupacionales y ergonómicos estaban significativamente asociados con la exposición al WBV por medio de la regresión lineal múltiple y se utilizaron para

formular intervenciones de seguridad para reducir la exposición al WBV. (Upadhyay, R., y otros, 2023)

En un estudio se encontró una correlación positiva alta entre las calificaciones asignadas a nivel de vibración y malestar por vibración; sin embargo, se encontró una correlación positiva moderada entre las calificaciones antes mencionadas y los niveles de vibración obtenidos cuantitativamente. (Kittusamy & Buchholz, 2000)

Respecto a las vibraciones mano brazo (HAV) muchos de los operadores de maquinaria pesada en minería también están expuestos a este riesgo, según datos europeos se desprende que estos riesgos son altos en la minería y la construcción. Factores importantes son las herramientas, la pieza de trabajo y el tiempo de uso. La exposición individual también depende de la eficacia con la que se transmiten las vibraciones desde el mango de la herramienta al cuerpo. Algunos trabajadores siempre tienen un agarre firme y fuerte que fomenta una transmisión efectiva, mientras que otros pueden sujetar la misma herramienta sólo con tanta fuerza como sea necesario para controlar la acción. El diseño de algunas herramientas/tareas puede requerir un agarre firme, estudios muestran que no son sólo las herramientas grandes y poderosas las que pueden producir una alta exposición al HAV para el operador. La medida de mitigación más eficaz para HAV es reducir la fuente de vibración, ya sea cambiando el funcionamiento de la herramienta o incorporando amortiguación de vibraciones en el diseño de la herramienta. (Gary Foster , Marion Burgess , 2012)

### **4.3 Principales TME en los conductores de maquinaria pesada.**

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) de origen laboral son aquellos síntomas caracterizados por molestia, daño o dolor en órganos del cuerpo humano como músculos, huesos, tendones, entre otras. Estos trastornos cada año cobran mayor importancia a nivel nacional y mundial. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), este tipo de trastornos constituye una de las principales causas de ausentismo laboral en todo el mundo y es un área prioritaria de la salud laboral. Según la Agencia Europea de Salud y Seguridad en el Trabajo (AESS), estos trastornos se han incrementado de una manera exponencial en las últimas décadas, afectando a trabajadores de todos los sectores y ocupaciones, independientemente de la edad y el género. (Hermoza L., 2016). Tanto en países de alto grado de desarrollo como aquellos que se encuentran en camino a ello, esta problemática ostenta vital importancia en el campo de la salud laboral y en la economía según investigaciones de índole epidemiológica llevadas a cabo en varios países (Shojaei, I., Vazirian, M., Croft, E., Nussbaum M.A., & Bazrgari, B., 2016), al mismo tiempo que lo antes señalado conlleva para la sociedad un elevado costo. (Karimi, N., Moghimbeigi, A., Motamedzade, M., & Roshanaei, G., 2016).

Estos trastornos musculoesqueléticos se producen por contactos inesperados o sostenidos en el tiempo, las partes del cuerpo más afectados son las extremidades superiores, inferiores, el cuello y la espalda baja. por dolor muscular o distensión, esguinces. Los TME han resultado ser los trastornos profesionales más importantes, representando un tercio de todas las enfermedades registradas y también se consideran el problema de salud más común. (Temitayo S. Ogedengbe, Oluranti A.

Abiola, Omolayo M. Ikumapayi, Sunday A. Afolalu, Adekunle I. Musa, Abiola O. Ajayeoba, Timothy A. Adeyi, 2023)

Si bien la naturaleza y las causas de los trastornos musculoesqueléticos han sido estudiadas en gran profundidad en diversas industrias en el mundo, a la fecha se cuentan con estudios limitados sobre las consecuencias para la salud debido a exposición ocupacional en el sector minero. En una revista de investigación científica que aborda temas de seguridad, salud y medio ambiente en los Estados Unidos, se precisa que los accidentes y enfermedades ocurridos entre el 2009 y 2013 en el sector minero de los Estados Unidos, los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo fueron notificados con más frecuencia. (Weston, Nasarwanji, & Pollard, 2016, págs. 274-283)

Los operadores mineros que dedican la mayor parte de su trabajo en una posición sentada estática mientras operan maquinarias y conducen vehículos tiene un alto riesgo de sufrir molestias y trastornos musculoesqueléticos. (Aminian, y otros, 2016) La tendencia moderna en la industria minera ha sido reemplazar humanos con máquinas en todos los niveles de la cadena de valor (Sanda, M. A., Johansson, J., Johansson, B., & Abrahamsson, L, 2012) para reducir dichos riesgos y mejorar la productividad general. Sin embargo, las tareas relacionadas con equipos mineros pesados, como perforación, carga, acarreo y vertido todavía se realizan diariamente por varios tipos de operadores. (Reiman A, Sormunen E, Morris D., 2016)

Un estudio señala que el mayor grado de malestar en conductores se reportó en la zona lumbar (35,9%), lo que puede ocurrir debido al mal diseño del asiento. Otras regiones del cuerpo, como la parte superior del brazo, el antebrazo y los músculos

del hombro, se ven obstaculizadas debido a la postura corporal extendida. (Strasser, H., Fleischer, R., & Keller, E., 2004)

Otro estudio proporcionó una visión general de la incidencia del dolor lumbar entre conductores de transporte, porteadores y especialistas en papelería. Descubrieron que el 81% de los conductores estadounidenses y el 49% de los conductores suecos padecían dolor lumbar. Los autores también detallaron que los conductores de transporte tenían el mayor riesgo de sufrir dolor de espalda entre los tres grupos relacionados con el trabajo. Investigaciones anteriores también revelaron que los transportadores masculinos eran varias veces más que cualquier otro probable especialista estacionario en desarrollar una hernia de disco deslizante. (Krause, y otros, 1997)

Un tercer estudio refirió que el 50% de un grupo de conductores profesionales sufrió dolor lumbar. Los factores de riesgo más frecuentes para el dolor de espalda y cuello fueron la exposición prolongada a vibraciones, el levantamiento de objetos pesados y el levantamiento frecuente. Una combinación de exposición prolongada a vibraciones y levantamiento frecuente de objetos conllevaba el mayor riesgo de dolor lumbar. La pérdida de trabajo por dolor lumbar estuvo influenciada por el estrés laboral percibido. (Magnusson M. , Pope, Wilder, & Areskoug, 1996)

La pérdida de la curvatura fisiológica de la espalda puede explicarse por la naturaleza inherente del trabajo: los trabajadores deben inclinarse para ver el terreno que están cavando o moviendo. La desviación del hombro puede explicarse por los requisitos de operar varios controles (es decir, palancas y engranajes) ubicados dentro de la cabina. La desviación de la curvatura del cuello se debió principalmente a que el operador mantuvo contacto visual con el trabajo, que estaba ubicado al

nivel del suelo o debajo de él. (Kittusamy N. , Ergonomic Risk Factors - A Study Of Heavy Earthmoving Machinery Operators., 2002) Se encontró que los operadores de equipos de transporte en minas de carbón a cielo abierto tenían un mayor riesgo de sufrir dolor lumbar en comparación con los operadores de equipos no relacionados con el transporte, como taladros y palas. (Atal, M. K., Palei, S. K., Chaudhary, D. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2022)

Se llevó a cabo un estudio transversal para examinar el impacto combinado de la exposición a vibración de cuerpo entero y posturas incómodas en los trastornos musculoesqueléticos experimentados por los operadores de volquetes en dos mineras metálicas en la India. Se utilizaron medidas antropométricas y la evaluación rápida de las extremidades superiores (método RULA) para evaluar las posturas estáticas y dinámicas, respectivamente. La prevalencia de TME se evaluó mediante el cuestionario musculoesquelético nórdico. Los resultados mostraron que los operadores excedieron los límites establecidos por la Norma ISO 2631-1:1997 en cuanto a las vibraciones. El estudio de postura dinámica reveló que la mayoría de los operadores de volquetes adoptaban posturas incómodas, y entre el 58% y el 74% de ellos estaban expuestos a niveles altos y medios de riesgo de TME. El análisis de riesgo ajustado mostró que las posturas más incómodas estaban asociadas con una mayor exposición a vibración de cuerpo entero, lo que se identificó como el factor de riesgo significativo para los problemas de TME entre los operadores. (Upadhyay, R., Jaiswal, V., Bhattacharjee, A. y Patra, A.K., 2021)

Se encontró que el 50.3% de los conductores de camiones experimentaron dolor lumbar en un período de un mes. (Miyamoto, Shirai, Nakayama, Gembun, & Kaneda, 2000)

La resonancia magnética ha demostrado en personas sanas que el pasar mucho tiempo sentado y la edad avanzada son factores de riesgo importantes para llegar a desarrollar hernia de disco lumbar (L4/L5). El estar sentado durante largos períodos de tiempo provoca un deterioro significativo en la espalda debido a la falta de nutrientes en los discos intervertebrales, la fatiga neuromuscular y el estrés en los ligamentos espinales. Además, los conductores de camiones a menudo tienen que realizar tareas físicas pesadas una vez que llegan a su destino, como cargar objetos pesados, asegurar lonas, desacoplar remolques y entrar y salir frecuentemente del camión y el remolque. La combinación de la conducción prolongada y el trabajo manual pesado aumenta el riesgo de sufrir lesiones. (Cardoso, M., Fulton, F., McKinnon, C., Callaghan, J. P., Johnson, M. J., & Albert, W. J., 2018).

Otro estudio tuvo como finalidad evaluar si el diseño de la cabina del operador de maquinaria pesada era adecuado y determinar qué porcentaje de trabajadores presentaba síntomas musculoesqueléticos. Se diseñó un cuestionario para recopilar información demográfica, laboral, historial de trabajo y síntomas musculoesqueléticos en dichos operadores. Se evaluaron diferentes aspectos de la cabina, como el diseño del asiento/silla, palancas, pedales, vibración molesta, calidad de salida del equipo, mantenimiento preventivo y reparaciones, y su antigüedad. Se examinaron varias regiones del cuerpo del operador, obteniéndose que cinco de dichas regiones presentaron el mayor porcentaje de síntomas más graves, en orden descendiente: la zona lumbar, rodilla, hombro/brazo superior, codo/antebrazo y muñeca/mano. (Kittusamy, N. Kumar; Spokane Research Laboratory (National Institute for Occupational Safety and Health), 2003).

La exposición repetitiva a la vibración a largo plazo resulta en una reducción de la sensibilidad táctil, pérdida de destreza manual y espasmos vasoespásticos inducidos por el frío que causan palidez en los dedos y las manos. Estos cambios pueden ser el resultado de un aumento en la inflamación sistémica y la actividad oxidativa, o pueden ser el resultado de alteraciones en el flujo sanguíneo hacia varios órganos. La exposición a la vibración de cuerpo entero se ha asociado principalmente con un aumento del dolor lumbar, cervical y de hombros. Además de la vibración, aunado a otros factores de exposición pueden exacerbar las lesiones como el mantener posiciones estáticas durante mucho tiempo y girar o torcerse mientras están sentados para ver el área alrededor del vehículo y levantar objetos pesados durante la carga y descarga del vehículo. Y en muchos casos las carreteras en mal estado, pueden provocar compresión de los discos y tensión en los tejidos blandos, lo que contribuye al dolor de espalda. Aunque otros factores como las largas horas de trabajo, el estrés y la exposición a productos químicos tóxicos también pueden contribuir al desarrollo de estas enfermedades. (Krajnak, 2018).

Otro estudio muestra que el dolor musculoesquelético en varias regiones, como el cuello, el hombro y la mano, es estadísticamente significativo para los operadores de maquinaria pesada tanto en equipos de transporte como en equipos no transportadores. La prevalencia de dolor lumbar es la más alta, reportándose un 54.8% entre los operadores de transporte. (Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C., 2022)

#### **4.4 Mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería.**

El sistema de automatización no debe verse sólo desde la perspectiva de diseño de sistemas y automatización adaptable al ser humano, sino los seres humanos deberían ser considerados más bien como parte integral del recurso cuya integración puede mejorar la posibilidad de diseñar mejores sistemas a esto le podemos llamar una automatización inteligente. (Mohammed-Aminu Sanda , Jan Johansson , Bo Johansson & Lena Abrahamsson, 2014)

Dentro de un sistema de gestión de riesgos que busca controlar la exposición a factores de riesgos disergonómicos presentes en los ambientes laborales, los controles de ingeniería resultan ser los más idóneos ya que se centran en el diseño o rediseño del puesto de trabajo el cual debe ser adaptado al operador. Cuando estos controles no sean factibles en cuanto a su implementación, se podrán utilizar controles administrativos para limitar la referida exposición.

Un estudio (Kittusamy & Buchholz, 2001) realizado en operadores de maquinaria pesada establece como recomendaciones prioritarias para los siguientes factores de riesgo:

-Vibración de todo el cuerpo

- 1) Diseñar y seleccionar asientos basándose en las características de transmisibilidad y no sólo en la comodidad inmediata del operador.
- 2) Diseñar y seleccionar asientos que amortigüen adecuadamente la vibración en todas las frecuencias, pero de manera importante en las frecuencias más bajas (1 a 8 Hz).

3) Mantener adecuadamente el equipo para reducir el desgaste que podría provocar un aumento de la vibración.

4) Limitar la velocidad del equipo cuando se conduce, especialmente sobre superficies irregulares o con baches.

5) Los trabajadores no deben saltar del equipo al salir, ya que esto introduce un choque en el cuerpo que acaba de ser vibrado durante varias horas.

- Postura incómoda:

1) Rediseñar las cabinas para acomodar una mejor visibilidad hacia arriba y/o hacia abajo.

2) Hacer que un compañero de trabajo guíe al operador (señales con las manos) cuando se realicen trabajos visiblemente desafiantes.

3) Instalar espejos para proporcionar una mejor visibilidad (laterales y bajo tierra).

Otro estudio evaluó las exposiciones ergonómicas entre operadores de equipos pesados y los resultados revelaron que los operadores que realizan tareas dinámicas están expuestos a vibraciones en todo el cuerpo superiores al límite permitido establecido por la Comisión Europea y determinó que los asientos se pueden mejorar para atenuar los niveles de vibración en las frecuencias más bajas así como la ubicación del trabajo (en, sobre o debajo del suelo) y la ubicación del operador dentro de la cabina que muchas veces dificultan asumir una postura neutral mientras trabajan, esto se puede solucionar diseñando cabinas que tengan en cuenta ambos factores. Los asientos y cojines pueden atenuar la exposición a las vibraciones de todo el cuerpo y minimizar los riesgos para la salud de los operadores de máquinas pesadas. Un estudio desarrolló con éxito algoritmos de redes neuronales (NN) donde se encontró que el colchón de aire mejoró significativamente las propiedades

de atenuación de vibraciones del asiento que inicialmente tenía un buen rendimiento, pero no para el asiento que tenía propiedades de atenuación de vibraciones relativamente pobres. Además, la antropometría y el sexo del operador influyeron en el rendimiento del cojín inflado con aire cuando el entorno de vibración incluía exposición a sacudidas. (Ji, Eger, & Dickey, 2017)

Se ha identificado que un inadecuado diseño de vehículos pueden ocasionar una mala línea de visión y posturas incómodas adoptadas por el operador lo que aumentan el riesgo de producir lesiones musculoesqueléticas, por ejemplo en un estudio se evidenció que el operador miraba 65% de veces hacia el lado izquierdo lo que ocasionaba una rotación extrema del cuello (mayor a 40 grados) en el 85% del ciclo de trabajo y la compresión máxima de L4-L5 fue de 1843 N (Eger, T.R., y otros, Why vehicle design matters: Exploring the link between line-of-sight, driving posture and risk factors for injury. , 2010); así mismo otro estudio identificó que a mayor ángulo de rotación del asiento anti horario (45° versus 0°) resultaba más beneficioso ya que evita giros extremos en los movimientos de rotación del tronco, la flexión lateral del tronco y la rotación del cuello (Godwin, A., Eger, T., Salmoni, A., Grenier, S., & Dunn, P., Postural implications of obtaining line-of-sight for seated operators of underground mining load-haul-dump vehicles., 2007). Finalmente, en un estudio en Bangladesh midieron la estatura, altura poplítea, longitud poplítea de la nalga, anchura de cadera, espacio libre para los muslos, profundidad abdominal, longitud del brazo, altura de hombros sentado a 120 conductores de camiones, tales dimensiones fueron inadecuadas para el 85% de los trabajadores, por lo que tuvieron que rediseñar los asientos para asegurar el confort

y la prevención de lesiones osteomusculares. (Halder, y otros, Ergonomic considerations for designing truck drivers' seats: The 1 case of Bangladesh, 2018)

Los estudios investigatorios sobre el mantenimiento de vehículos con maquinaria pesada son limitados por lo que hay escasa información sobre evaluaciones ergonómicas referidas al levantamiento de objetos con gran masa y a la presencia de los síntomas musculoesqueléticos asociados. (Morales Perrazo, Ramon Diaz, Collantes Vaca, & Aldas Salazar, 2019).

Un estudio en Nigeria concluyó que se debe llevar a cabo una sensibilización adecuada sobre el comportamiento de búsqueda de salud y las estrategias de afrontamiento a través de seminarios y talleres para mejorar dicho comportamiento, así como las estrategias antes mencionadas. (Maduagwu, S. M., y otros, 2021)

La ciencia del diseño está relacionada de muchas maneras a la ergonomía, ya que es una disciplina orientada a la tecnología que busca mejorar las condiciones humanas mediante Proporcionar conocimientos de ciencias del diseño que puedan utilizarse.

Se realizo un estudio en una mina a cielo abierto en el norte Finlandia, tipos de vehículos mineros pesados incluían: dos tipos de dumpers, dos tipos de excavadoras, dos tipos de cargadoras, una perforadora y una niveladora de caminos; totalizando ocho diferentes vehículos. Los vehículos observados eran típicos vehículos mineros que se venden a nivel mundial.

El asiento con suspensión activa redujo la exposición de los conductores de camiones a vibración de cuerpo entero en más de un 33 % en relación con su asiento con suspensión pasiva estándar que se usa actualmente en el rubro. Este estudio demostró que la reducción de la exposición de los conductores de camiones a

vibración de cuerpo entero redujo la fatiga y el desarrollo de malestar durante un día laboral. La introducción de la nueva tecnología de los asientos activos ha demostrado ser efectiva para reducir las exposiciones a la vibración de cuerpo entero hasta en un 55% en comparación con los asientos pasivos, lo que a su vez reduce la fatiga del conductor y mejora la vigilancia durante el día. Además, se observó que el rendimiento en las pruebas de vigilancia psicomotora fue más constante a lo largo de la semana en los conductores que utilizaban los asientos activos en comparación con los asientos pasivos. Los conductores también informaron de una menor aparición de molestias en forma de dolor de muñeca/antebrazo y dolor lumbar durante el día de trabajo cuando utilizaban los asientos activos en lugar de los asientos pasivos. (Du, B. B., Bigelow, P. L., Wells, R. P., Davies, H. W., Hall, P., & Johnson, P. W., 2017)

Un estudio comparó un nuevo prototipo de asiento de camión ajustable libremente con un asiento estándar de camión para evaluar las mejoras hipotetizadas en la postura al sentarse y la incomodidad durante la conducción del camión a larga distancia. Dicho prototipo de asiento consta de cuatro paneles ajustables que brindan soporte a diferentes áreas del cuerpo, como el cuello, el tórax, la región lumbar y la pelvis. Estos paneles se pueden ajustar de forma independiente en términos de posición y ángulo, lo que permite mejorar la postura y reducir la presión al sentarse. Además, el diseño del asiento busca aliviar la presión en las tuberosidades isquiáticas y distribuir la carga en los tejidos circundantes que tienen más área de superficie y tejido adiposo. También se enfoca en manipular la espina ilíaca posterior superior para lograr una postura lumbar adecuada cuyo objetivo principal del prototipo de asiento fue de mejorar la comodidad y reducir la presión

en diferentes áreas del cuerpo durante la conducción. A diferencia de un asiento de camión promedio, el panel lumbar en el prototipo de asiento no controlaba la lordosis lumbar del participante aplicando presión en la columna lumbar, sino que manipulaba la espina ilíaca posterior superior para lograr la lordosis. Los conductores a menudo rotan naturalmente la pelvis hacia atrás cuando se sientan por primera vez, pero el movimiento de flexión de la columna eventualmente conduce a cifosis en situaciones de conducción prolongada. El tiempo prolongado en flexión espinal aumenta la carga en los tejidos pasivos y puede provocar lesiones en los discos. La flexión espinal del asiento estándar del camión fue mayor que la del prototipo de asiento durante la primera hora de conducción. La combinación de un asiento ajustable (en el plano sagital) con un panel glúteo redujo la presión promedio y máxima al sentarse en comparación con el asiento estándar de la industria. Según los datos de mapeo de presión, los participantes del estudio mostraron un mayor cambio postural (que es un signo de incomodidad) en el asiento estándar en comparación con el prototipo de asiento, por lo que la configuración general del prototipo de asiento demostró ser exitosa tanto a nivel biomecánico como subjetivo. (Cardoso, M., McKinnon, C., Viggiani, D., Johnson, M. J., Callaghan, J. P., & Albert, W. J., 2017)

El prototipo de asiento antes mencionado demostró ser beneficioso (en términos de postura y reducción de incomodidad) tanto en una población joven y saludable como en una población de conductores de camiones, la mayoría de los cuales sufren de dolor lumbar. Aunque se encontraron beneficios significativos para los conductores de camiones, se recomiendan algunas pequeñas modificaciones de diseño para adaptarse al aumento de la antropometría corporal que se encuentra en

la población de conductores de camiones. Los participantes que pesaban más de 136 kg encontraron incómodo el asiento debido a la falta de cojín y a la estrechez del asiento. Por lo tanto, se deberían disponer dos versiones del asiento: una versión pequeña y otra grande que dependerían del peso (ya que el diseño actual del asiento puede adaptarse desde el percentil 5 de las mujeres hasta el percentil 95 de los hombres). Otra recomendación de diseño sería tener una característica que promueva la manipulación activa de los paneles. Se ha sugerido que no existe una postura única de la columna vertebral que sea buena para la salud de la columna o que cause incomodidad percibida. Por lo tanto, manipular activamente los paneles con el tiempo podría ayudar a las personas a mantener una postura adecuada y a sentirse cómodas. Subjetivamente, en ambas poblaciones estudiadas, la mayoría de los participantes prefirieron el prototipo de asiento en comparación con el asiento estándar del camión. Los participantes que eligieron el asiento estándar encajaban perfectamente en la categoría de hombres en el percentil 50 (lo que significa que su antropometría corporal se ajustaba al asiento y preferían no cambiar lo que estaban acostumbrados) o su peso superaba los 136 kg. Estos hallazgos de investigación sugieren que la manipulación de la espina ilíaca posterior superior ayuda a promover una postura adecuada, especialmente cuando se combina con un asiento ajustable con una indentación para los isquiones que ayuda a reducir la incomodidad percibida.

La lordosis lumbar fue más pronunciada en el prototipo de asiento en comparación con el asiento estándar, lo que se ha demostrado que reduce la presión en los discos intervertebrales y los tejidos paravertebrales. Además, los participantes del estudio experimentaron menos dolor lumbar en el lado derecho cuando usaban el prototipo

de asiento en comparación con el asiento estándar. También se observó que los participantes adoptaron una postura más extendida en el prototipo de asiento en comparación con el asiento estándar. La combinación del panel de respaldo glúteo con el asiento ajustable ayudó a reducir la presión al sentarse tanto en el asiento como en el respaldo. En resumen, el prototipo de asiento proporcionó varios beneficios posturales para los conductores de camiones, al igual que en una población joven y saludable. Dicho nuevo asiento innovador podría beneficiar no solo a los futuros conductores de camiones, sino también a cualquier profesión expuesta a la conducción prolongada. (Cardoso, M., Fulton, F., McKinnon, C., Callaghan, J. P., Johnson, M. J., & Albert, W. J., 2018)

Un estudio transversal examinó los efectos biomecánicos de dos sillas activas (AC1: tenía la función de pedalear y deslizarse hacia adelante en el asiento; AC2: un asiento con movimiento multiaxial) en comparación con una silla de oficina tradicional y una estación de trabajo de pie. El protocolo activo tuvo efectos positivos en el cuerpo, incluido un aumento de la actividad neuromuscular en los gastrocnemios, un aumento del movimiento general y un ángulo tronco-muslo más abierto. Se descubrió que sentarse activamente tiene efectos positivos en el cuerpo, como permitir a los asistentes aumentar el movimiento mientras están sentados sin una alta activación de la actividad muscular. Estar de pie también puede proporcionar un descanso positivo después de estar sentado. (Léger, M. C., Dion, C., Albert, W. J., & Cardoso, M. R., 2022)

Un estudio evaluó la incidencia de casos de lumbalgia en conductores de maquinaria pesada en una mina, concluyó que fueron los conductores de equipos pesados asociadas con el dolor lumbar, quienes mantuvieron una posición de

trabajo retorcida combinada con una temperatura baja en las cabinas abiertas (características específicas de estos vehículos) características particulares de estos vehículos. Para una mejor prevención del dolor lumbar, recomendamos hacer hincapié en mejorar las condiciones de la cabina y la vestimenta. (Morten Skandfer, Ljudmila Talykova, Tormod Brenn, Tohr Nilsson & Arild Vaktskjold, 2014)

En ese sentido, el diseño ergonómico del asiento basado en la antropometría de los operadores debe evaluarse al momento de adquirir nuevos equipos. (Upadhyay, R., Jaiswal, V., Bhattacharjee, A., & Patra, A. K., 2021)

Un estudio realizado en una mina de cielo abierto en Finlandia (Reiman A, Sormunen E, Morris D., 2016), identificó la ergonomía y el riesgo de accidentes del operador de vehículo minero pesado. Se creó la lista de verificación de seguridad donde se incluía una evaluación sistémica de 1) ergonomía relacionada con el vehículo. Y requisitos de seguridad, por ejemplo, Orientación para el acceso seguro a la cabina en diferentes entornos de trabajo como escaleras, escalas y pasamanos. y 2) trabajo dentro de la cabina como el espacio dentro de la cabina, ajustes de asientos y calefacción, distancias de mandos y volante, monitores y pantallas y presentación de información, visibilidad, ajustes de espejos, así como factores ambientales tales como Vibración de todo el cuerpo, temperatura de la cabina, ventilación, nivel de ruido, señales requeridas, luces, visceras de sol. Por último, el esfuerzo físico de trabajo como: Postura básica de trabajo, descansos en el trabajo para reducir estar sentado durante mucho tiempo, existencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y tiempo de recuperación.

Esta lista de verificación es una herramienta constructiva para Gestión de SST. Además, los criterios pueden ser aplicado a procesos de diseño de sistemas de trabajo para operadores de maquinaria pesada Esta lista de verificación cubre la ergonomía física y problemas de diseño de cabina y antropométrica. La cabina y el ambiente frío al aire libre requieren ajustes termorreguladores humanos y pueden causar más estrés al operador. Como señalaron tanto Zink como Fischer (Zink KJ, Fischer K, s.f.) y Haslam y Waterson (Haslam R, 2013). La lista de verificación propuesta aborda ese incluyendo criterios sobre metacognitivos y sociales. factores de carga de trabajo.

## V. CONCLUSIONES

1. Los operadores de maquinaria pesada en minería realizan labores relacionadas con el movimiento de tierras haciendo uso de maquinarias de grandes dimensiones, labores que requieren ciertas habilidades, al mismo tiempo que se les asignan funciones donde están involucradas su seguridad, la de su entorno y del proceso que tienen bajo su enmienda. Sin embargo, producto del desarrollo habitual de dichas labores, están propensos a sufrir accidentes de trabajo ya sea por sus propias acciones, las de terceros o por las condiciones del entorno de trabajo como son terrenos accidentados y superficies irregulares, así como afectaciones a su salud relacionadas a factores de riesgo disergonómicos, físicos, psicosociales entre otros.
2. En los operadores de maquinaria pesada en minería, existen riesgos relacionados con la postura en el lugar de trabajo. Estos riesgos incluyen la postura adoptada al estar sentado durante largos períodos de tiempo, consideraciones biomecánicas y la postura causada por desajustes en el diseño del asiento de la cabina de la maquinaria. Sin embargo, también es importante tener en cuenta los factores personales que varían de una persona a otra. Las vibraciones de cuerpo entero pueden considerarse un factor físico significativo que causa trastornos musculoesqueléticos. La combinación de exposición a estas vibraciones, posturas incómodas o estáticas y levantar cargas pesadas aumenta la probabilidad de desarrollar lesiones y trastornos musculoesqueléticos.
3. Según lo revisado en 7 artículos científicos, el 90% de ellos concuerda que la región corporal más afectada el operador de maquinaria pesada es la zona lumbar con un porcentaje que va desde el 35% al 81%. Las dolencias en la zona

lumbar son los principales trastornos musculoesqueléticos relacionados con la postura que suelen desarrollar los operadores de maquinaria pesada en minería, cuya causa son contracturas musculares, hernias discales lumbares, discopatías; en tanto y también en menor medida son las dolencias en la zona cervical y en hombros, fatiga, mareos por movimiento y el desarrollo de ciertas enfermedades crónicas como hipertensión arterial y disfunción eréctil.

4. Las mejoras en el diseño ergonómico del puesto de operador de maquinaria pesada en minería se centran principalmente en el diseño y selección adecuada del asiento en el que se ubicará el operador. Además, en cuanto a las mejoras específicas para controlar la exposición a los riesgos disergonómicos relacionados con la postura en el lugar de trabajo, se busca rediseñar las cabinas para mejorar la visibilidad y aplicar listas de verificación antes de comenzar las tareas diarias, lo que beneficiará la postura de los operadores. También se considera importante proporcionar un mantenimiento adecuado al asiento, limitar la velocidad de conducción y fomentar que los operadores no salten del asiento al descender, como mejoras específicas para controlar la exposición a los riesgos disergonómicos. Además, se debe tener en cuenta la antropometría corporal de la población expuesta.
5. El 100% de los estudios revisados evidencian que el factor de riesgo disergonómico principal para el conductor de maquinaria pesada en mina es el de la postura forzada y/o estática, ya que por el sistema atípico de turnos pueden permanecer hasta 12 horas en su puesto de trabajo, lo que genera compresiones de los discos intervertebrales y discomfort o lesiones en miembros superiores a nivel hombro, codo y muñeca.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Las empresas del sector minero existentes en el país deben propender al fortalecimiento de los programas de salud ocupacional existentes que incluyan la exposición a factores de riesgo disergonómicos relacionados con la postura en el lugar de trabajo y al factor físico de vibraciones de cuerpo entero en los operadores de maquinaria pesada.
2. Brindar capacitación y entrenamiento permanentemente a los operadores de maquinaria pesada en lo que respecta a adoptar posturas adecuadas durante sus labores como “Escuela de Espalda” y pausas activas, además seguir los estándares de trabajo seguros establecidos en la organización; comunicando al mismo tiempo cualquier situación o anomalía que pueda generar repercusión a su salud, haciendo especial énfasis en aquellas afectaciones relacionadas con trastornos musculoesqueléticos.
3. En la medida de lo posible limitar la exposición a los factores de riesgo disergonómicos antes señalados adoptando medidas tales como, seguir una práctica de rotación de labores en la que los operadores de maquinaria pesada, después de un cierto período, sean trasladados a otro tipo de labores que involucren una menor afectación a su salud en el futuro. También es importante limitar la exposición a las vibraciones de cuerpo entero, no sobrepasar el límite máximo permisible, por ejemplo, mediante sensores incorporados a los equipos de maquinaria pesada, así mismo brindar mantenimiento regularmente a los caminos y suelos a fin de disminuir las sacudidas de éstos producen.

4. Los proveedores y/o fabricantes de asientos ubicados en las cabinas de los operadores de maquinaria pesada deben considerar un diseño ergonómico de dichos asientos, así como también la antropometría corporal de la población expuesta.
5. Es necesario ampliar estudios posturales en los conductores de maquinaria pesada en minería relacionados a otros factores modificables, tales como trabajo nocturno, número de horas trabajadas por día, entre otros de importancia, todo ello con la finalidad de formular políticas de salud ocupacional.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aminian, O., Jamshidi, Z., Seifmanesh, S., Mehrdad, R., Sadeghniaat-Haghighi, K., & Sekhavati, E. (2016). *Musculoskeletal disorders among Truck and taxi drivers: A retrospective study*. Obtenido de International Journal of Medical Research & Health Sciences, 5, 9S:309-315 : <https://www.ijmrhs.com/abstract/musculoskeletaldisorders-among-truck-and-taxi-drivers-a-retrospective-study-6676.html>
2. Atal, M. K., Palei, S. K., Chaudhary, D. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C. (2022). *Occupational exposure of dumper operators to whole-body vibration in opencast coal mines: an approach for risk assessment using a Bayesian network*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28(2), 758–765.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1828551>
3. Bedi, J., Rahman, R., & Din, Z. (2021). *Heavy Machinery Operators: Necessary Competencies to Reduce Construction Accidents*. Obtenido de IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/641/1/012007>
4. Cardoso, M., Fulton, F., McKinnon, C., Callaghan, J. P., Johnson, M. J., & Albert, W. J. (2018). *Ergonomic evaluation of a new truck seat design: a field study*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 25(3), 331–343.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1348056>
5. Cardoso, M., McKinnon, C., Viggiani, D., Johnson, M. J., Callaghan, J. P., & Albert, W. J. (2017). *Biomechanical investigation of prolonged driving in an ergonomically designed truck seat prototype*. Obtenido de Ergonomics, 61(3), 367–380.: <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1355070>
6. Case Western Reserve University. (s.f.). *Ergonomic Risk Factors*. Obtenido de <https://case.edu/ehs/safety-subject/ergonomics/ergonomic-risk-factors>
7. Chahak Ali, F., Emkani, M., HashemiNejad, N., Rahimi, S., & Sadeghi, N. (2017). *Exposure to vibration and its relationship with the low-back pain in the drivers of mining heavy vehicles*. Obtenido de International Journal of Occupational Hygiene, 9, 93-98: <https://ijoh.tums.ac.ir/index.php/ijoh/article/download/248/360>
8. Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C. (2022). *Whole-body vibration exposure of heavy earthmoving machinery operators in surface coal mines: a comparative assessment of transport and non-transport earthmoving equipment operators*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28(1), 174–183.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1785154>
9. Chicoine, D., St-Vincent, M., & Simoneau, S. (1996). *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)—A Better Understanding for More Effective Prevention*. Québec: IRSST.

10. Das, S., Patra, S., Danda, S., Mallick, B., & Pandey, A. (junio de 2022). *Working Posture Evaluation of Bus Drivers—Using CMDQ and RULA Technique*. Obtenido de *Ergonomics for Design and Innovation, Humanizing Work and Work Environment: Proceedings of HWWE 2021* (pp.163-174): [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-94277-9\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-94277-9_15)
11. De Carvalho, D., & Callaghan, J. (2011). *Passive stiffness changes in the lumbar spine and effect of gender during prolonged simulated driving*. . Obtenido de *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(6), 617-624.: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.08.002>
12. Deustua C., J. R. (2016). *Sociedad, ciencia y tecnología: Mariano de Rivero, la minería y el nacimiento del Perú como República, 1820-1850*.
13. Douphrate, D.I., Fethke, N.B., Nonnenmann, M.W., Rodriguez, A., Hagevoort, R., & . (2017). *Full-shift and task-specific upper extremity muscle activity among US large-herd dairy parlour workers*. Obtenido de *Ergonomics*, 60(8), 1042–1054.: <https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1262464>
14. DS 024-2016-EM. (s.f.). Reglamento en Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
15. Du, B. B., Bigelow, P. L., Wells, R. P., Davies, H. W., Hall, P., & Johnson, P. W. (2017). *The impact of different seats and whole-body vibration exposures on truck driver vigilance and discomfort*. Obtenido de *Ergonomics*, 61(4), 528–537.: <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1372638>
16. Eger, T., Thompson, A., Leduc, M., Krajnak, K., Goggins, K., Godwin, A., & House, R. (2014). *Vibration induced white-feet: overview and field study of vibration exposure and reported symptoms in workers*. Obtenido de *Work* 47:101–10: <https://content.iospress.com/articles/work/wor01692>
17. Eger, T.R., Godwin, A.A., Henry, D.J., Grenier, S.G., Callaghan, J., & Demerchant, A. (Enero de 2010). *Why vehicle design matters: Exploring the link between line-of-sight, driving posture and risk factors for injury*. . Obtenido de *Work*, 35(1), 27–37: <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2010-0955>
18. Gary Foster , Marion Burgess . (2012). *Assessment of Vibration Exposure in the Mining* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.qmihscconference.org.au/wp-content/uploads/qmihsc-2012-writtenpaper-foster.pdf>
19. Godwin, A., Eger, T., Salmoni, A., Grenier, S., & Dunn, P. (2007). *Postural implications of obtaining line-of-sight for seated operators of underground mining load-haul-dump vehicles*. Obtenido de *Ergonomics*, 50(2), 192–207.: <https://doi.org/10.1080/00140130600951970>
20. Griffin, M. (1990). *Handbook of human vibration*. Londres: Academic press.
21. Halder, P., Mahmud, T., Sarker, E., Karmaker, ChitraLekha, Kundu, S., . . . Shah, K. (Enero de 2018). *Ergonomic considerations for designing truck drivers' seats: The 1 case of Bangladesh*. Obtenido de *J Occup Health*, 60(1):64-73.: <https://doi.org/10.1539%2Fjoh.16-0163-OA>

22. Halder, P., Mahmud, T., Sarker, E., Karmaker, ChitraLekha, Kundu, S., . . . Shah, K. (2018). *Ergonomic considerations for designing truck drivers' seats: The 1 case of Bangladesh*.
23. HashemiNejad, N., Emkani, M., Rahimi, S., Sadeghi, N., & Chahak Ali, F. (2017). *Exposure to vibration and its relationship with the low-back pain in the drivers of mining heavy vehicles*. *International Journal of Occupational Hygiene*, 9, 93-98.
24. Haslam R, W. P. (2013). *Ergonomics and Sustainability*.
25. Hermoza L., M. (2016). *Riesgos disergonómicos por carga física en las labores de minería subterránea y la mejora de la seguridad y la salud de los trabajadores*. Obtenido de Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas, 19(38), 77-83.: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i38.13571>
26. Hinton, D. (Febrero de 2023). *Brunel*. Obtenido de <https://www.brunel.net/en-us/blogs/the-workplace/heavy-equipment-operator-career-guide>
27. ISO 2631-5. (2004). *Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration - Part 5: Method for Evaluation of Vibration Containing Multiple Shocks*. Obtenido de International Organization for Standardization.
28. Ji, X., Eger, T., & Dickey, J. (2017). *Evaluation of the vibration attenuation properties of an air-inflated cushion with two different heavy machinery seats in multi-axis vibration environments including jolts*. Obtenido de Applied Ergonomics, 59, 293-301: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.06.011>
29. Johannig, E. (2011). *Vibration and shock exposure of maintenance-of-way vehicles in the railroad industry*. Obtenido de Appl. Ergon. 42, 555-562: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.06.018>
30. Joseph, L., Standen, M., Paungmali, A., Kuisma, R., Sitalertpisan, P., & Pirunsan, U. (2020). *Prevalence of musculoskeletal pain among professional drivers: A systematic review*. Obtenido de Journal of Occupational Health, 62, 1–17: <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12150>
31. Karimi, N., Moghimbeigi, A., Motamedzade, M., & Roshanaei, G. (2016). *Evaluation of RelateRisk Factors in Number of Musculoskeletal Disorders Among Carpet Weavers in Iran*. Obtenido de Safety and Health at Work, (May), 1–4: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.04.004>
32. Kittusamy, N. (2002). *Ergonomic Risk Factors - A Study Of Heavy Earthmoving Machinery Operators*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/mining/works/coversheet1439.html>
33. Kittusamy, N. Kumar; Spokane Research Laboratory (National Institute for Occupational Safety and Health). (2003). *Self-Reported Musculoskeletal Symptoms Among Operators Of Heavy Construction Equipment*. Obtenido de Ergonomics in the Digital Age: Proceedings of the XVth Triennial Congress of the International Ergonomics Association, and The 7th Joint Conference of the Ergonomics Society of Korea/Japan Ergonomics Society. Seoul, Korea: Ergonomics Society of Korea: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/10026>

34. Kittusamy, N., & Buchholz, B. (2000). *Assessment of Ergonomic Exposures among Operators of Construction Equipment*. Obtenido de Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting. 44. 173-176.: <http://dx.doi.org/10.1177/154193120004402946>
35. Kittusamy, N., & Buchholz, B. (2001). *An ergonomic evaluation of excavating operations: A pilot study*. Obtenido de Applied occupational and environmental hygiene, 16(7), 723–726. : <https://doi.org/10.1080/10473220120652>
36. Kolich, M. (2003). *Automobile seat comfort: Occupant preferences vs. anthropometric*. Obtenido de Applied Ergonomics, 34(2), 177-184.: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00142-4](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00142-4)
37. Krajnak, K. (2018). *Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration*. Obtenido de Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 21(5), 320–334.: <https://doi.org/10.1080/10937404.2018.1557576>
38. Krause, N., Greiner, B., Ragland, D., Fisher, J., Holman, B., & Selvin, S. (1997). *Physical Workload and Ergonomic Factors Associated With Prevalence of Back and Neck Pain in Urban Transit Operators*. Obtenido de Spine 22(18):p 2117-2126: <https://doi.org/10.1097/00007632-199709150-00010>
39. Léger, M. C., Dion, C., Albert, W. J., & Cardoso, M. R. (2022). *The biomechanical benefits of active sitting*. Obtenido de Ergonomics, 66(8), 1072–1089.: <https://doi.org/10.1080/00140139.2022.2132298>
40. Levin, E., Macintosh, D., Baker, T., Weatherall, M.W., & Beasley, R. . (2009). *Effect of sitting in ergonomic chairs on lower limb venous blood flow*. . Obtenido de Occupational ergonomics, 8, 125-132.: <https://content.iospress.com/articles/occupational-ergonomics/oer00163>
41. Li, L., Lamis, F., & Wilson, S. (2008). *Whole-body vibration alters proprioception in the trunk*. Obtenido de International Journal of Industrial Ergonomics 38 (9–10): 792–800.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1785154>
42. Maduagwu, S. M., Galadima, N. M., Umeonwuka, C. I., Ishaku, C. M., Akanbi, O. O., Jaiyeola, O. A., & Nwanne, C. A. (2021). *Work-related musculoskeletal disorders among occupational drivers in Mubi, Nigeria*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28(1), 572-580.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1834233>
43. Magnusson, M., Pope, M., Wilder, D., & Areskoug, B. (1996). *Are occupational drivers at an increased risk for developing musculoskeletal disorders?* Obtenido de Spine 21(6):p 710-717: <https://doi.org/10.1097/00007632-199603150-00010>
44. Makhsous, M., Lin, F., Bankard, J., Hendrix, R., Hepler, M., & Press, J. (2009). *Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: evaluation of sitting load and back muscle activity*. Obtenido de BMC Musculoskelet Disord 10, 17: <https://doi.org/10.1186%2F1471-2474-10-17>
45. Midwest Worker Center Ergonomic Training Project (MWCETP). (s.f.). *Identifying and Addressing Ergonomic Hazards Workbook*. Obtenido de Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of

- Labor: [https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy15\\_sh-27643-sh5\\_ErgonomicsWorkbook.pdf](https://www.osha.gov/sites/default/files/2018-12/fy15_sh-27643-sh5_ErgonomicsWorkbook.pdf)
46. Miyamoto, M., Shirai, Y., Nakayama, Y., Gembun, Y., & Kaneda, K. (2000). *An Epidemiologic Study of Occupational Low Back Pain in Truck Drivers*. Obtenido de Journal of Nihon Medical School = Nihon Ika Daigaku zasshi. 67. 186-90.: <http://dx.doi.org/10.1272/jnms.67.186>
  47. Mohammed-Aminu Sanda , Jan Johansson , Bo Johansson & Lena Abrahamsson. (2014). *Using systemic structural activity approach in identifying strategies enhancing human*. Obtenido de Theoretical Issues in Ergonomics Science, 15:3,: <http://dx.doi.org/10.1080/1463922X.2012.705916>
  48. Morales Perrazo, L., Ramon Diaz, M., Collantes Vaca, S., & Aldas Salazar, D. (Junio de 2019). *Riesgo ergonómico por levantamiento de cargas: Caso de estudio “Talleres de mantenimiento vehicular de maquinaria pesada”*. Obtenido de Revista Científica y Tecnológica UPSE 6(1):17-26: <http://dx.doi.org/10.26423/rctu.v6i1.328>
  49. Morten Skandfer, Ljudmila Talykova, Tormod Brenn, Tohr Nilsson & Arild Vaktskjold. (2014). *Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics*. Obtenido de Ergonomics, 57:10, 1541-1548: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2014.904005>
  50. Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico aptobada mediante RM 375-2008-TR. (s.f.).
  51. Norma ISO2631-1:1997. (s.f.). Vibracion de Cuerpo Entero.
  52. Piedrahíta H. (2014). *Algunas experiencias de la aplicación de la ergonomía en el sector miner*. Obtenido de . Rev Cienc Salud 2014;12(Especial):69-76.: [dx.doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.05ResumenIntroducción](http://dx.doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.05ResumenIntroducción): Cerrejón, al igual que la mayoría de las empresas en Colombia, presenta retos complejos en materia de salud y seguridad en el trabajo. En 2012, en Cerrejón, cerca del 75 % de los días perdid
  53. Punnett, L., & Wegman, D. (2004). *Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate*. Obtenido de Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 14(1), 13–23.: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.015>
  54. Raffler, N., Ellegast, R., Kraus, T., & Ochsmann, E. (2016). *Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: an analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders*, *Ergonomics*, 59:1, 48-60.
  55. Reed, M., & Schneider, L. (1996). *Lumbar Support in Auto Seats: Conclusions from a Study* . Society of Automotive Engineers, Inc.
  56. Reiman A, Sormunen E, Morris D. (2016). *Ergonomics in the arctic - a study and checklist for heavy machinery in open pit mining*. Obtenido de Work. 2016 Nov 22;55(3):643-653.: 10.3233/WOR-162425
  57. Sanda, M. A., Johansson, J., Johansson, B., & Abrahamsson, L. (2012). *Using systemic structural activity approach in identifying strategies enhancing human performance in mining production drilling activity*.

- Obtenido de heoretical Issues in Ergonomics Science, 15(3), 262–282.: <https://doi.org/10.1080/1463922X.2012.705916>
58. Santos, B., Larivière, C., Delisle, A., Plamondon, A., Boileau, P.-É., Imbeau, D., & Vibration Research Group. (2008). *A laboratory study to quantify the biomechanical responses to whole-body vibration: The influence on balance, reflex response, muscular activity and fatigue*. Obtenido de International Journal of Industrial Ergonomics 38 (7–8): 626–639.: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.01.015>
59. Secretaría de Estado de Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2009). *Manual de formación preventiva específica para el desempeño del puesto de operador de maquinaria de arranque/carga/viales en actividades extractivas de exterior*. Obtenido de Laboratorio Oficial J. M. Madariaga. Universidad Politécnica de Madrid: <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/mineria/Seguridad/Guias/Manuales/Manual-operador-maquinaria-arranque-ET-2001-1-08.pdf>
60. Seidel, H. (2005). *On the Relationship between Whole-body Vibration Exposure and Spinal Health Risk*. . Obtenido de Industrial health. 43. 361-77.: <http://dx.doi.org/10.2486/indhealth.43.361>
61. Shin, G., & Mirka, G. (2007). *An in vivo assessment of the low back response to prolonged flexion: Interplay between active and passive tissues*. Obtenido de Clinical Biomechanics, 22(9), 965-971.: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.06.003>
62. Shojaei, I., Vazirian, M., Croft, E., Nussbaum M.A., & Bazrgari, B. (2016). *Age related differences in mechanical demands imposed on the lower back by manual material handling tasks*. Obtenido de Journal of Biomechanics, 49(6), 896–903: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2016.04.004>
63. Simoneau, S., St-Vincent, M., & Chicoine, D. (1996). *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)—A Better Understanding for More Effective Prevention*. Québec: IRSST.
64. Skandfer, M., Talykova, L., Brenn, T., Nilsson, T., & Vaktajold, A. (2014). *Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics*. Obtenido de Ergonomics, 57(10):1-8: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2014.904005>
65. Stanley M. Maduagwu, Nasir M. Galadima, Chuka I. Umeonwuka, Cornelius M. Ishaku, Olutunde O. Akanbi, Olabode A. Jaiyeola, & Chiamaka Ann Nwanne. (2022). *Work-related musculoskeletal disorders among occupational drivers in Mubi, Nigeria, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28:1, 572-580.
66. Strasser, H., Fleischer, R., & Keller, E. (2004). *Muscle strain of the hand-arm-shoulder system during typing at conventional and ergonomic keyboards*. Obtenido de Occupational ergonomics, 4, 105-119.: <https://content.iospress.com/articles/occupational-ergonomics/oer00076>
67. Temitayo S. Ogedengbe, Oluranti A. Abiola, Omolayo M. Ikumapayi, Sunday A. Afolalu, Adekunle I. Musa, Abiola O. Ajayeoba, Timothy A. Adeyi. (2023). *Ergonomics Postural Risk Assessment and Observational*

- Techniques in the 21st Century*. Obtenido de Procedia Computer Science 217. 1335–1344: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.331>
68. Upadhyay, R., Jaiswal, V., Bhattacharjee, A., & Patra, A. K. (2021). *Role of whole-body vibration exposure and posture of dumper operators in musculoskeletal disorders: a case study in metalliferous mines*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28(3), 1711–1721.: <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1932111>
69. Upadhyay, R., Senapati, A., Chau, K., Bhattacharjee, A., Patra, A. K., & Chau, N. (Enero de 2023). *Development of an intervention program to reduce whole-body vibration exposure based on occupational and individual determinants among dumper operators*. Obtenido de International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 30(1), 41–55: <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2159176>
70. Waters, T., Genaidy, A., Viruet, H., & Makola, M. (2008). *The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders*. Obtenido de Ergonomics, 51(5), 602–636: <https://doi.org/10.1080/00140130701779197>
71. Weissman, D., & Howard, J. (2018). *Work-Related Lung Cancer: The Practitioner's Perspective*. Obtenido de Am. J. Public Health 108:1290–92: <https://doi.org/10.2105/AJPH.2018.304660>
72. Weston, E., Nasarwanji, M., & Pollard, J. (2016). *Identification of Work-Related Musculoskeletal Disorders in Mining*. Obtenido de Journal of Safety, Health & Environmental Research. 12. 274-283. : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4902268/>
73. White, C. M. (2015). *Proactive Ergonomics: Stopping Injuries Before They Occur*. American Society of Safety Engineers.
74. Yasobant, S., Chandran, M., & Reddy, E. (2015). *Are Bus Drivers at an Increased Risk for Developing Musculoskeletal Disorders? Obtenido de An Ergonomic Risk Assessment Study*. Journal of Ergonomics. S3. 1-5.: <http://dx.doi.org/10.4172/2165-7556.S3-011>
75. Zink KJ, Fischer K. (2013). *Do we need sustainability as a new.*

## **VIII. ANEXOS**

### Anexo 1. Presupuesto

<b>Presupuesto del Trabajo de Investigación</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor unitario (S/.)</b>	<b>Subtotal (S/.)</b>
Papel bond	1	Ciento	12.00	12.00
Lapiceros	2	Unidad	2.00	4.00
Laptop	1	Unidad	2500.00	2500.00
Impresora	1	Unidad	800.00	800.00
Internet	9	Mes	70.00	630.00
Energía eléctrica	9	Mes	50.00	450.00
Otros gastos	1	Unidad	100.00	100.00
<b>Total</b>				<b>S/ 4496.00</b>

## Anexo 2. Cronograma

<b>Cronograma del Trabajo de Investigación</b>					
<b>Año</b>	<b>2024</b>				
<b>Etapa Mes</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>
1. Proyecto de Investigación.	X				
2. Registro del Proyecto de Investigación en la Escuela de Postgrado Víctor Alzamora Castro EPGVAC.	X				
3. Aprobación del Proyecto de Investigación en la Facultad de Medicina FAMED.		X			
4. Aprobación del Proyecto de Investigación por el Comité de Ética.		X			
5. Ejecución del Trabajo de Investigación y análisis de información.			X	X	
6. Informe final del trabajo de investigación.					X