



Fundación Universitaria
SAN MATEO

INGENIERÍA EN SEGURIDAD Y
SALUD EN EL TRABAJO



Fundación Universitaria
SAN MATEO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y AFINES
INGENIERIA EN SEGURIDAD Y SALUD PARA EL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RIESGOS BIOMECÁNICOS Y
LESIONES MUSCULOESQUELÉTICAS EN TRABAJADORES DEL SECTOR MINERO
SUBTERRÁNEO EN EL MUNICIPIO DE SOCHA, BOYACÁ, EN EL AÑO 2025**

TRABAJO DE GRADO MODALIDAD DE OPCIÓN DE GRADO

DAYANA ANDREA ALFONSO HORMAZA

DIRECTOR (A)
KATHERINE MONTAÑA OVIEDO

BOGOTÁ
2025

NOTA DE SALVEDAD DE RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL

“La Fundación Universitaria San Mateo NO se hace responsable de los conceptos emitidos en el presente documento, el departamento de investigaciones velará por el rigor metodológico de la investigación”.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	16
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
JUSTIFICACIÓN	19
OBJETIVOS	21
<i>Objetivo general</i>	21
<i>Objetivos específicos</i>	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
BASES TEÓRICAS O FUNDAMENTOS CONCEPTUALES	26
BASES LEGALES DE LA INVESTIGACIÓN	33
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	36
TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
POBLACIÓN	37
TÉCNICAS O HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
FASES METODOLÓGICAS	41
CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	41
CAPÍTULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	43
RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 1	43
RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 2	45

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 3.....	49
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama del proceso productivo	43
Ilustración 2 Frecuencia de molestias musculoesqueléticas por región corporal (últimos 12 meses).....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Etapas del proceso productivo en Minería Subterránea	27
Tabla 2 Principales Factores de Riesgo Biomecánico en Minería Subterránea	29
Tabla 3 Metodologías de valoración del riesgo.	31
Tabla 4 Jerarquización de controles enfocado al riesgo Biomecánico	33
Tabla 5 Matriz legal en Seguridad y Salud en el trabajo aplicada a la minería subterránea.	34
Tabla 6 Fases Metodológicas	41
Tabla 7. Etapas del proceso productivo y factores de riesgo biomecánico identificados	43
Tabla 8. Frecuencia de condiciones de trabajo y exposición a riesgo biomecánico	45
Tabla 9. Regiones corporales afectadas y no afectadas (últimos 12 meses)	46
Tabla 10. Nivel de riesgo biomecánico por actividad e interpretación	47
Tabla 11 estrategias de intervención siguiendo la jerarquía de controles definida por la Guía Técnica Colombiana GTC 45:2012.....	49

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi compañía constante en cada paso de este camino. Por darme la sabiduría, la salud y la oportunidad de llegar hasta aquí. Sin su presencia en mi vida, nada de esto habría sido posible.

A mi familia, por ser mi soporte emocional, por sus palabras de ánimo, su compañía constante y por creer en mí sin condiciones. Y de manera especial, a mis padres, quienes con amor, sacrificio y ejemplo han sido mi mayor motivación para seguir adelante.

Y finalmente, dedico este trabajo A mí misma, por no rendirme, por seguir adelante a pesar de las dificultades, por confiar en mis capacidades y por mantener firme el propósito de alcanzar esta meta. Este logro es el reflejo del esfuerzo, la constancia y la dedicación que he entregado a lo largo del proceso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a la empresa que permitió el desarrollo de esta investigación, brindando acceso al entorno laboral y facilitando la participación de los trabajadores en las diferentes fases del estudio.

También expreso mi agradecimiento a los trabajadores que colaboraron con disposición y compromiso en la recolección de información, contribuyendo de forma significativa a los resultados de esta investigación.

A la Universidad, por ofrecer el espacio académico y metodológico para el desarrollo de este trabajo, y a la docente asesora, por su acompañamiento, orientación y observaciones oportunas que fortalecieron cada etapa del proceso.

Finalmente, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, aportaron su apoyo, conocimientos o motivación para que este proyecto se llevara a cabo con compromiso y responsabilidad.

ABREVIATURAS

- ANM: Agencia Nacional de Minería
- APA: American Psychological Association (Asociación Americana de Psicología)
- ARL: Administradora de Riesgos Laborales
- EPP: Equipos de Protección Personal
- EPS: Entidad Promotora de Salud
- GATISO: Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Trastornos Osteomusculares
- GTC: Guía Técnica Colombiana para la identificación de peligros y valoración de riesgos
- IARC: International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer)
- ICA: Informe de Cumplimiento Ambiental
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (España)
- ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización)
- ND: Nivel de Deficiencia
- NE: Nivel de Exposición
- NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional)
- NP: Nivel de Probabilidad
- NC: Nivel de Consecuencia
- NR: Nivel de Riesgo
- OCRA: Occupational Repetitive Action (Índice de evaluación de acciones repetitivas ocupacionales)

- OIT: Organización Internacional del Trabajo
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- OWAS: Ovako Working Posture Analysis System (Método para análisis de posturas de trabajo)
- REBA: Rapid Entire Body Assessment (Evaluación Rápida de Todo el Cuerpo)
- RULA: Rapid Upper Limb Assessment (Evaluación Rápida de los Miembros Superiores)
- SG-SST: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo
- SST: Seguridad y Salud en el Trabajo

RESUMEN

La minería subterránea es una de las principales actividades económicas en Socha, Boyacá, y constituye el sustento para gran parte de su población. No obstante, estas labores implican condiciones físicas exigentes que exponen a los trabajadores a factores de riesgo biomecánico como posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación manual de cargas, que pueden generar lesiones musculoesqueléticas y afectar su productividad.

El objetivo del estudio fue evaluar la exposición ocupacional a estos riesgos en trabajadores del sector minero subterráneo, identificar los factores predominantes y proponer estrategias de control para mejorar sus condiciones laborales.

Se aplicó un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando observación estructurada, entrevistas, el Cuestionario Nórdico y la Guía Técnica Colombiana GTC 45:2012 para clasificar el nivel de riesgo por actividad.

Los resultados evidenciaron que el 75 % de los trabajadores reportó molestias musculoesqueléticas, principalmente en cuello, hombros y tobillos/pies; las tareas de cargue y descarga presentaron riesgo muy alto, mientras que transporte y sostenimiento mostraron riesgo medio.

Se concluye que implementar controles de ingeniería y administrativos resulta esencial para prevenir lesiones y fortalecer la gestión preventiva en el Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo.

PALABRAS CLAVE: Factores biomecánicos; Trastornos musculoesqueléticos; Minería subterránea; Ergonomía; Postura.

ABSTRACT

Underground mining is one of the main economic activities in the municipality of Socha, Boyacá, and represents the livelihood for a large part of its population. However, these tasks involve demanding physical conditions that expose workers to biomechanical risk factors such as forced postures, repetitive movements, and manual handling of loads, which can lead to musculoskeletal injuries and affect productivity.

The aim of this study was to evaluate occupational exposure to these risks in workers of the underground mining sector, identify the predominant risk factors, and propose control strategies to improve their working conditions.

A quantitative and descriptive approach was applied, using structured observation, interviews, the Nordic Musculoskeletal Questionnaire, and the Colombian Technical Guide GTC 45:2012 to classify the risk level by activity.

The results showed that 75% of the workers reported musculoskeletal discomfort, mainly in the neck, shoulders, and ankles/feet; loading and unloading tasks presented very high risk, while transportation and support activities showed medium risk.

It is concluded that implementing engineering and administrative controls is essential to prevent injuries and strengthen preventive management in the Occupational Health and Safety System.

KEYWORDS: Biomechanical factors; Musculoskeletal disorders; Underground mining; Ergonomics; Posture.

INTRODUCCIÓN

La minería subterránea es una de las principales actividades económicas en el municipio de Socha, Boyacá, y representa una fuente importante de empleo y desarrollo para la región. Sin embargo, las condiciones laborales en este sector exponen a los trabajadores a riesgos biomecánicos significativos, derivados de la manipulación manual de cargas pesadas, posturas forzadas y movimientos repetitivos. Estas condiciones han sido identificadas como factores determinantes en la aparición de trastornos musculoesqueléticos y enfermedades ocupacionales (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2021).

Este proyecto tiene como propósito evaluar la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos en trabajadores de minería subterránea en Socha, Boyacá, con el fin de identificar los principales factores de riesgo y diseñar estrategias de control que permitan reducir la incidencia de lesiones musculoesqueléticas. La importancia de este estudio radica en la necesidad de mejorar la seguridad y el bienestar de los trabajadores mineros, así como en contribuir al desarrollo de mejores prácticas ergonómicas dentro del sector.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio adoptará un enfoque cuantitativo, aplicando herramientas de evaluación como la Guía Técnica Colombiana GTC 45 para la identificación de peligros biomecánicos (ICONTEC, 2012, el Cuestionario Nórdico para la valoración de síntomas musculoesqueléticos (Kuorinka et al., 1987), observación estructurada y entrevistas estructuradas para caracterizar los factores de riesgos biomecánicos presentes en las actividades mineras. Con estos resultados, se espera diseñar estrategias de mitigación que puedan ser implementadas para mejorar las condiciones laborales y reducir la incidencia de lesiones en el sector minero subterráneo.

Además, se tendrán en cuenta lineamientos técnicos como la Guía GATISO Osteomuscular (Ministerio de la Protección Social, 2007) y lo establecido en el Decreto 1072 de 2015, que consolida la normativa en materia de seguridad y salud en el trabajo en Colombia, para orientar la evaluación ergonómica física de los riesgos biomecánicos presentes en la minería subterránea.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Presentación del problema de investigación

En el municipio de Socha, Boyacá, la minería subterránea es una de las principales fuentes de empleo. No obstante, los trabajadores enfrentan condiciones ergonómicas adversas, derivadas de la manipulación manual de cargas pesadas, posturas forzadas y movimientos repetitivos, que incrementan el riesgo de lesiones musculoesqueléticas. Aunque algunas empresas han implementado medidas como pausas activas y capacitaciones en prevención de riesgos, estas estrategias no han sido suficientes para mitigar el impacto de las actividades mineras en la salud de los trabajadores. La falta de estudios específicos en la región genera un vacío de información sobre las condiciones ergonómicas y su relación con la incidencia de accidentes y enfermedades laborales (Ministerio de Trabajo, 2020).

Las condiciones ergonómicas en la minería subterránea están influenciadas por múltiples factores. Entre las principales causas del problema se encuentran:

- Manipulación manual de cargas pesadas, lo que aumenta el riesgo de sobreesfuerzos (OIT, 2021).
- Posturas forzadas en espacios confinados, lo que incrementa la fatiga y las lesiones musculoesqueléticas (IARC, 2022).
- Movimientos repetitivos, como el uso continuo del martillo neumático y otras herramientas manuales (ANM, 2022).
- Falta de herramientas ergonómicas que faciliten la ejecución de las tareas (Ministerio de Minas y Energía, 2015).
- Aplicación parcial de normativas de seguridad y salud en el trabajo (Congreso de Colombia, 2012).

La minería subterránea en Socha está clasificada bajo el código B0510 – Extracción de hulla (carbón mineral) en el sistema de riesgos laborales de Colombia, y se considera una actividad de riesgo clase V (muy alto), según la Resolución 4059 de 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social. Esta clasificación refuerza la necesidad urgente de abordar los riesgos biomecánicos presentes en el sector, particularmente aquellos derivados de la manipulación de cargas pesadas, las posturas inadecuadas y los movimientos repetitivos.

A nivel global, la OIT (2021) ha señalado que los trabajadores mineros tienen un riesgo significativamente mayor de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en comparación con otros sectores industriales. Este riesgo se debe a la carga física extrema de la actividad y a la exposición constante a condiciones laborales desfavorables. En Colombia, el Ministerio del Trabajo (2022) ha destacado la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención ergonómica en la minería subterránea, dada la alta exigencia física que conlleva esta actividad. Además, la Guía Técnica de Implementación del SG-SST para la Pequeña Minería establece que la minería está clasificada en el Riesgo V, lo que exige la implementación de medidas ergonómicas eficaces.

En la actualidad, la explotación minera subterránea en Socha presenta una de las tasas más altas de enfermedades laborales en Colombia, con una cifra alarmante de 111,72 casos por cada 100 mil trabajadores (Consejo Colombiano de Seguridad, 2024). Esta cifra refleja la necesidad de acciones inmediatas para reducir los riesgos biomecánicos que afectan a los trabajadores mineros. Los trastornos musculoesqueléticos, que representan más del 60 % de los casos registrados, son los más comunes y afectan principalmente la zona lumbar, los hombros y las extremidades superiores.

La implementación de estrategias ergonómicas sigue siendo insuficiente en el sector minero subterráneo, a pesar de las normativas vigentes, como la Ley 1562

de 2012 y el Decreto 1886 de 2015, que buscan regular la seguridad y salud en el trabajo. En este contexto, es crucial llevar a cabo un estudio que permita identificar los factores de riesgo ergonómicos más críticos y proponer soluciones prácticas para mitigar su impacto en la salud de los trabajadores mineros.

Para abordar esta problemática, se hace necesario realizar un estudio detallado que permita evaluar la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos físicos, en los trabajadores de minería subterránea en Socha, Boyacá. Este análisis permitirá generar estrategias de intervención que contribuyan a mejorar las condiciones laborales y reducir la incidencia de lesiones musculoesqueléticas en el sector.

¿Cuál es la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos y lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores del sector minero subterráneo en el municipio de Socha, Boyacá, en el año 2025?

Esta pregunta permitirá establecer la relación entre la exposición a factores de riesgo ergonómico y su impacto en la salud de los trabajadores, delimitando la población objetivo, el sector productivo y el contexto geográfico y temporal en el que se desarrollará el estudio.

Justificación

La gestión del riesgo biomecánico es un pilar fundamental en la seguridad y salud en el trabajo, especialmente en actividades de alto riesgo como la minería subterránea. Los trabajadores de este sector están expuestos a sobreesfuerzos físicos, posturas forzadas y movimientos repetitivos, lo que incrementa la incidencia de lesiones musculoesqueléticas y enfermedades laborales (OIT, 2021) (Organización Internacional del Trabajo, 2021). A nivel mundial, los trastornos musculoesqueléticos son una de las principales causas de incapacidad laboral en la industria minera. En Colombia, según el Ministerio del Trabajo (2023), se diagnosticaron y calificaron cerca de 32 mil casos de enfermedades laborales en 2022, siendo el síndrome del túnel carpiano, la epicondilitis y la hernia discal algunas de las más frecuentes (Ministerio de Trabajo, 2023).

A pesar de la existencia de normativas como la Ley 1562 de 2012, el Decreto 1886 de 2015 y la Resolución 2400 de 1979, la aplicación de estrategias ergonómicas sigue siendo limitada. Estrategias como pausas activas y capacitaciones han demostrado ser insuficientes, lo que subraya la necesidad de una evaluación más detallada para diseñar medidas preventivas efectivas. Es necesario fortalecer el marco normativo relacionado con la exposición a riesgos biomecánicos en el sector minero, haciendo énfasis en evaluaciones de salud ocupacional específicas para este tipo de actividades. En este sentido, la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores (Ministerio de Protección Social, 2006) proporciona lineamientos para la prevención y manejo de estas afecciones, destacando la importancia de la detección temprana y la intervención ergonómica en sectores laborales de alto riesgo, como la minería subterránea, con el fin de mitigar el impacto de estos trastornos en la productividad y calidad de vida de los trabajadores.

Asimismo, la Guía para la Evaluación de Riesgos Musculoesqueléticos en el Trabajo (GATISO), una herramienta clave para la identificación de trastornos osteomusculares en entornos laborales, es esencial para la correcta evaluación de los riesgos en este sector (Ministerio de Trabajo, 2021). Esta guía establece una metodología para la identificación temprana de riesgos biomecánicos, que debe ser integrada en las estrategias de gestión de riesgos laborales en minería subterránea.

La Resolución 0312 de 2019 establece los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), exigiendo medidas preventivas para reducir riesgos biomecánicos en sectores de alto impacto, como la minería subterránea. A pesar de estas normativas, la implementación de medidas efectivas de salud ocupacional, como evaluaciones ergonómicas periódicas, sigue siendo insuficiente, lo que limita la capacidad de prevenir las lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores.

Este proyecto busca generar conocimiento y soluciones concretas para prevenir enfermedades laborales y mejorar las condiciones de trabajo en la minería subterránea a través de tres acciones clave:

1. **Recolección de información:** Identificar los principales riesgos ergonómicos en las tareas laborales y analizar su impacto en la salud de los trabajadores.
2. **Análisis comparativo:** Evaluar la normativa vigente y casos similares en otras minas para determinar las mejores prácticas en la gestión del riesgo Biomecánico.
3. **Propuesta de soluciones:** Diseñar estrategias efectivas para reducir la incidencia de lesiones y mejorar la seguridad laboral en la minería subterránea.

El desarrollo de este estudio permitirá proponer soluciones aplicables y alineadas con la normativa vigente, contribuyendo a la reducción de riesgos en el sector minero y fortaleciendo las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos y lesiones musculoesqueléticas en trabajadores del sector minero subterráneo en el municipio de Socha, Boyacá, en el año 2025.

Objetivos específicos

- Establecer el proceso productivo y los riesgos ocupacionales en los trabajadores del sector minero subterráneo.
- Estimar el nivel de riesgo ocupacional biomecánico y las lesiones musculoesqueléticas en los trabajadores del sector.
- Proponer estrategias de control para mitigar la exposición a agentes de riesgo en los trabajadores del sector minero subterráneo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

El marco teórico proporciona la base conceptual para comprender y analizar los riesgos biomecánicos físicos en la minería subterránea. Su importancia radica en la identificación de los principales factores que contribuyen a la aparición de lesiones musculoesqueléticas, así como en el análisis de estudios previos que han abordado esta problemática en distintos contextos.

Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a posturas forzadas, sobreesfuerzos y movimientos repetitivos en minería subterránea aumenta el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, afectando el desempeño y bienestar de los trabajadores (Ministerio del Trabajo, 2020; Universidad del Rosario, 2022). A pesar de la existencia de normativas como el Decreto 1886 de 2015 y la Ley 1562 de 2012, la implementación de estrategias ergonómicas sigue siendo limitada en muchas operaciones mineras.

En este capítulo se presentan los antecedentes más relevantes relacionados con la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos en minería subterránea, incluyendo investigaciones previas que han analizado la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos, las condiciones ergonómicas de trabajo y la efectividad de estrategias de mitigación.

Antecedentes de la investigación

La investigación sobre los riesgos biomecánicos en minería subterránea es esencial para comprender los factores que afectan la salud ocupacional de los mineros. Diversos estudios han abordado este tema desde diferentes perspectivas, analizando las condiciones laborales y la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos asociados con el trabajo en este sector. A continuación, se presentan algunos de los antecedentes clave que han influido en la formulación de este estudio.

Paz Ortega (2020) realizó un estudio titulado Peligros biomecánicos en minería subterránea: una aproximación a la salud ocupacional de los trabajadores, en el que se analizó la exposición a riesgos biomecánicos en mineros subterráneos de Antioquia. Este estudio identificó que la principal causa de lesiones musculoesqueléticas era la combinación de posturas forzadas, sobrecarga física y la manipulación manual de materiales pesados. Además, la investigación, que aplicó el método de evaluación GTC 45, evidenció que más del 70% de los trabajadores presentaban síntomas de fatiga y dolor en la zona lumbar y extremidades superiores. Este antecedente es relevante para el presente estudio, ya que subraya la necesidad de evaluar y mitigar los riesgos biomecánicos en minería subterránea, lo cual es comparable con las condiciones laborales en Socha, Boyacá, donde se busca abordar problemáticas similares.

En una línea similar, Díaz y Ramírez (2019) llevaron a cabo un estudio en la Universidad Nacional de Colombia titulado Evaluación de riesgos ergonómicos en minería subterránea, en el que analizaron las condiciones laborales de los mineros en el departamento de Cundinamarca. Sus hallazgos indicaron que el 65% de los trabajadores presentaban signos de trastornos musculoesqueléticos asociados con la manipulación de herramientas pesadas y la exposición a movimientos repetitivos. También evidenciaron que el diseño inadecuado de los

espacios de trabajo aumentaba el riesgo de fatiga y lesiones crónicas. Este estudio aporta una perspectiva útil al comparar cómo diferentes condiciones laborales afectan la salud ocupacional de los mineros, permitiendo establecer paralelismos con el contexto de Socha.

Martínez y Gómez (2018), en su artículo publicado en la Revista de Seguridad y Salud Ocupacional, se centraron en los efectos de la carga física en minería subterránea en el departamento de Boyacá. Los resultados mostraron que el 80% de los trabajadores realizaban sobreesfuerzos al levantar cargas manualmente, excediendo los límites establecidos por la Norma ISO 11228. Además, destacaron que las pausas activas implementadas no eran suficientes para mitigar los efectos de la fatiga acumulativa. Este estudio ofrece una visión crítica sobre la efectividad de las medidas preventivas en la región, proporcionando información relevante para la presente investigación.

López et al. (2017) realizaron una investigación titulada Ergonomía y prevención de lesiones en minería subterránea en Perú, en la cual analizaron la relación entre las condiciones laborales y la salud musculoesquelética de los mineros. Sus hallazgos indicaron que los trabajadores expuestos a largas jornadas en posturas incómodas tenían un 60% más de probabilidades de desarrollar trastornos musculoesqueléticos en comparación con aquellos en otros sectores laborales. Esta investigación enfatiza la importancia de adaptar las herramientas y las posturas laborales para mejorar la seguridad y salud de los mineros, lo cual es un aspecto fundamental para la implementación de estrategias en el entorno de trabajo de Socha.

Por otro lado, García y Torres (2016) realizaron un análisis sobre la implementación de medidas ergonómicas en minería subterránea en Chile. Su investigación reveló que, tras la introducción de tecnologías ergonómicas y capacitaciones especializadas, los índices de lesiones musculoesqueléticas disminuyeron en un

40%. Este antecedente es relevante para el presente estudio, ya que demuestra la efectividad de las estrategias de intervención ergonómica en la reducción de riesgos laborales en el sector minero.

Rodríguez et al. (2015), en un estudio llevado a cabo en España sobre minería subterránea, destacaron que los mineros que trabajaban en espacios confinados presentaban un mayor riesgo de enfermedades musculoesqueléticas debido a la falta de movilidad y el esfuerzo excesivo en posiciones forzadas. Sus hallazgos resaltaron la importancia de rediseñar los espacios de trabajo y mejorar la formación en técnicas ergonómicas. Esta investigación respalda la necesidad de evaluar las condiciones de trabajo en minería subterránea y adaptar medidas ergonómicas eficaces, algo que también debe considerarse en la realidad de los trabajadores en Socha.

Mendoza y Álvarez (2014), en un estudio realizado en México sobre la exposición a riesgos biomecánicos en la minería de carbón subterránea, encontraron que el 75% de los mineros evaluados presentaban síntomas de trastornos musculoesqueléticos en la espalda y extremidades superiores. Se concluyó que las pausas activas y el uso de equipos de protección personal no eran suficientes para mitigar los riesgos, por lo que se recomendó la implementación de tecnologías que reduzcan la manipulación manual de cargas. Este hallazgo es de gran relevancia, ya que refuerza la necesidad de desarrollar estrategias más efectivas para la reducción del riesgo biomecánico en minería.

Finalmente, Fernández y Castillo (2013), en su estudio sobre la salud ocupacional en minería en Argentina, encontraron que los trabajadores del sector minero sufrían tasas más altas de lesiones musculoesqueléticas en comparación con otros sectores industriales. Este estudio evidenció que la falta de adaptación ergonómica del entorno de trabajo era un factor determinante en la incidencia de estas lesiones. Sus conclusiones refuerzan la importancia de considerar

mejoras en el diseño de los espacios de trabajo y la introducción de tecnologías que reduzcan la carga física sobre los mineros.

Los estudios anteriores ofrecen una amplia base de conocimientos sobre los riesgos biomecánicos en minería subterránea, revelando patrones comunes relacionados con posturas inadecuadas, la manipulación manual de materiales pesados y la falta de medidas ergonómicas adecuadas. En todos los casos, se resalta la necesidad de mejorar las condiciones de trabajo para mitigar los efectos adversos sobre la salud musculoesquelética de los mineros. Estos antecedentes proporcionan valiosas referencias para el presente estudio, ya que permiten comparar las condiciones en Socha, Boyacá, con las experiencias y hallazgos obtenidos en otras regiones. La implementación de estrategias ergonómicas y la evaluación de los riesgos biomecánicos son esenciales para mejorar la calidad de vida laboral en el sector minero y prevenir problemas de salud a largo plazo.

Bases teóricas o fundamentos conceptuales

La comprensión de los fundamentos conceptuales es esencial para contextualizar el presente estudio sobre la exposición ocupacional a riesgos biomecánicos en minería subterránea. Esta sección aborda de manera estructurada los aspectos clave que permiten entender el entorno en el que se desarrollan las actividades laborales objeto de análisis. En primer lugar, se presenta la organización del sector minero en Colombia, seguido de una descripción de los procesos productivos más representativos. Posteriormente, se analizan los factores de riesgo que inciden directamente en la salud de los trabajadores, haciendo énfasis en el riesgo biomecánico. Además, se incluyen las principales estrategias utilizadas para la valoración de estos riesgos y, finalmente, se exponen los controles jerarquizados que pueden aplicarse para su mitigación.

1. Organización del sector en Colombia

La minería en Colombia es regulada por el Ministerio de Minas y Energía y la Agencia Nacional de Minería (ANM), y se clasifica según su escala de producción en pequeña, mediana y gran minería. La pequeña minería se caracteriza por operaciones de baja producción con tecnología básica, mientras que la mediana minería emplea maquinaria especializada y mayor capacidad de extracción. Por su parte, la gran minería involucra altos niveles de inversión y tecnología avanzada. Según la técnica de explotación, se divide en minería a cielo abierto y minería subterránea, siendo esta última la más compleja por sus condiciones de trabajo en espacios confinados y riesgos asociados.

2. Procesos productivos asociados al sector en Colombia

La minería subterránea en Colombia sigue un conjunto de procesos estructurados que permiten la extracción eficiente y segura de minerales, especialmente el carbón y otros materiales metálicos y no metálicos. Según la Agencia Nacional de Minería (ANM, 2022), estos procesos están diseñados para maximizar la rentabilidad y reducir los impactos ambientales y laborales.

Tabla 1 Etapas del proceso productivo en Minería Subterránea

Etapas	Descripción
Exploración	Consiste en la identificación y evaluación del yacimiento mediante estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos para determinar su viabilidad económica (Soto & Ramírez, 2021).
Planeación y Diseño de la Mina	Se establecen los métodos de extracción más adecuados, considerando la seguridad, la rentabilidad y el impacto ambiental (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

Etapas	Descripción
Preparación y Desarrollo	Se realizan las labores iniciales como la construcción de accesos, galerías y túneles para alcanzar los depósitos minerales (OIT, 2019).
Explotación	Se emplean técnicas como el corte y relleno, cámaras y pilares o hundimiento por subniveles para extraer el mineral de manera segura (ANM, 2022).
Cargue y Transporte	Una vez extraído, el material es cargado en vagonetas o cintas transportadoras y llevado a la superficie mediante malacates o sistemas mecanizados (Gómez & Torres, 2018).
Beneficio y Procesamiento	Incluye la trituración, molienda y concentración del mineral para su comercialización (ICONTEC, 2021).
Disposición de Residuos y Cierre de Mina	Se gestionan los desechos y se implementan planes de restauración ambiental y cierre progresivo de la mina (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Nota. Elaboración propia.

3. Factores de Riesgo que Causan Accidentes de Trabajo y/o Enfermedades Laborales - Enfoque en el Riesgo Biomecánico

En la minería subterránea, los riesgos biomecánicos son una de las principales causas de lesiones musculoesqueléticas y enfermedades laborales. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021) y la Agencia Nacional de Minería (ANM, 2022), estos riesgos incluyen sobreesfuerzos físicos, posturas forzadas, movimientos repetitivos, vibraciones mecánicas y carga estática. La siguiente tabla describe cada uno de estos factores con sus ejemplos en minería subterránea.

Tabla 2 Principales Factores de Riesgo Biomecánico en Minería Subterránea

Factor de Riesgo	Descripción	Ejemplo en Minería Subterránea
Sobreesfuerzos físicos	Levantamiento, empuje o tracción de cargas pesadas, lo que puede generar fatiga muscular y lesiones (OIT, 2021; ANM, 2022).	Manipulación manual de vagonetas y sacos de mineral.
Posturas forzadas	Posiciones de trabajo que imponen una carga adicional en articulaciones y columna vertebral (NIOSH, 2020).	Trabajo en espacios confinados y galerías angostas.
Movimientos repetitivos	Acciones mecánicas repetidas que afectan articulaciones y músculos (NIOSH, 2020).	Uso constante de martillos neumáticos y palas manuales.
Vibraciones mecánicas	Exposición prolongada a herramientas vibrantes que afectan el sistema osteomuscular (ISO 5349-1, 2019).	Manejo de perforadoras neumáticas y equipos de corte.
Carga estática y fatiga	Mantener una misma posición por tiempos prolongados sin posibilidad de cambio postural (ANSES, 2021).	Permanencia prolongada en cuclillas o de rodillas.

Nota. Elaboración propia.

Las consecuencias de la exposición prolongada a estos factores incluyen lumbalgias, tendinitis, hernias discales y síndrome del túnel carpiano (Ministerio de Trabajo de Colombia, 2022). Estudios recientes han indicado que hasta un 65% de los trabajadores mineros presentan algún tipo de dolencia musculoesquelética, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias de mitigación (Agencia Nacional de Minería [ANM], 2022).

Para reducir estos riesgos, es fundamental aplicar medidas preventivas como el rediseño ergonómico de herramientas, capacitaciones en posturas seguras y la implementación de ayudas mecánicas para la manipulación de cargas (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2021). La correcta evaluación de estos riesgos permitirá mejorar las condiciones laborales y reducir el impacto negativo en la salud de los mineros.

4. Estrategias de valoración del riesgo.

Las estrategias de valoración del riesgo biomecánico son esenciales para identificar y evaluar los peligros ergonómicos en el trabajo, especialmente aquellos relacionados con la manipulación de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos. Estas metodologías buscan detectar factores que pueden causar trastornos musculoesqueléticos, lo que es clave para implementar medidas preventivas efectivas (Karhu, Kansil & Kuorinka, 1977).

Entre las principales herramientas utilizadas en salud ocupacional destacan:

1. **GTC 45**, que ofrece una evaluación cualitativa y semicuantitativa del riesgo en distintos sectores productivos (ICONTEC, 2012).
2. **REBA y RULA**, que se centran en la evaluación de posturas, especialmente en extremidades superiores, y en la prevención de lesiones relacionadas con posturas inadecuadas (Hignett & McAtamney, 2000; McAtamney & Corlett, 1993).
3. **OCRA**, que mide el riesgo de lesiones derivado de la repetitividad de movimientos (Occhipinti & Colombini, 2001).

Estas metodologías permiten una evaluación estructurada y cuantificable de los riesgos ergonómicos, ayudando a las organizaciones a tomar decisiones informadas para mejorar las condiciones laborales y reducir los riesgos de trastornos musculoesqueléticos.

Tabla 3 Metodologías de valoración del riesgo.

Metodología	Objetivo de la metodología	Ámbito de aplicación	Criterios de evaluación	Perfil de las personas que aplican la metodología	Ventajas	Limitaciones
GTC 45 (ICONTEC, 2012)	Identificar peligros y evaluar riesgos laborales y proponer medidas de control en el entorno de trabajo.	Aplicable a cualquier sector productivo.	Evaluación cualitativa y semicuantitativa del riesgo.	Profesionales en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST).	Estandarizada en Colombia y fácil de aplicar.	No específica para riesgos biomecánicos.
Evaluación Rápida del Cuerpo Completo (REBA) (Hignett y McAtamney, 2000)	Evaluar posturas laborales en diferentes segmentos del cuerpo.	Sectores con trabajos manuales repetitivos y esfuerzo físico.	Puntuación basada en posiciones del cuerpo y cargas manipuladas.	Ergónomos y especialistas en SST.	Fácil y rápida de aplicar en campo.	No evalúa factores como la repetitividad.
Evaluación Rápida de Extremidades Superiores (RULA) (McAtamney y Corlett, 1993)	Analizar posturas en extremidades superiores durante el trabajo.	Sectores donde predominan movimientos de brazos y manos.	Escala de puntuación para identificar riesgos posturales.	Especialistas en ergonomía y salud ocupacional.	Enfoque específico en brazos y manos.	No considera la influencia del esfuerzo repetitivo.
Acciones Repetitivas Ocupacionales (OCRA) (Occhipin y Colombini, 2001)	Evaluar el riesgo derivado de movimientos repetitivos.	Trabajos con esfuerzo manual continuo y repetitivo.	Índices de repetitividad y esfuerzo físico.	Ergónomos y profesionales en SST.	Sensible a variaciones en la tarea y detallado en su análisis.	Requiere capacitación especializada y más tiempo de aplicación.
Sistema de Análisis de Posturas de Trabajo Ovako (OWAS) (Karhu, Kansu y Kuorinka, 1977)	Analizar posturas forzadas en el trabajo.	Tareas con alta carga física y esfuerzo postural.	Clasificación de posturas y necesidad de intervención.	Supervisores y ergónomos.	Identifica cambios posturales y permite priorizar riesgos.	Puede ser subjetivo y requiere observación detallada.

Nota. Elaboración propia.

Las estrategias de valoración del riesgo biomecánico son herramientas clave para identificar y mitigar los peligros relacionados con las cargas, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos en el entorno laboral. Metodologías como GTC 45, REBA, RULA, OCRA y OWAS ofrecen enfoques específicos para evaluar y clasificar estos riesgos biomecánicos, cada una con sus características y áreas de aplicación particulares. Estas metodologías proporcionan evaluaciones estructuradas y objetivas que facilitan la toma de decisiones informadas, permitiendo implementar medidas preventivas eficaces para reducir los trastornos musculoesqueléticos derivados de factores biomecánicos. Aunque cada metodología tiene limitaciones, su aplicación proporciona una visión integral de los riesgos, lo que permite realizar intervenciones más precisas y adecuadas para mejorar la salud laboral.

5. Estrategias de control específicos en el sector y para los riesgos (Jerarquización de controles) - enfocado al riesgo biomecánico

La gestión del riesgo biomecánico en la minería subterránea debe seguir la Jerarquía de Controles establecida por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, 2015) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021). Este enfoque prioriza la eliminación o reducción del peligro en la fuente antes de recurrir a medidas de protección personal. En el sector minero, la implementación de estrategias de control efectivas es crucial para disminuir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con sobreesfuerzos, posturas forzadas y movimientos repetitivos.

A continuación, se presenta la jerarquización de controles aplicada a la minería subterránea con enfoque en riesgos biomecánicos:

Tabla 4 Jerarquización de controles enfocado al riesgo Biomecánico

Nivel de Control	Descripción	Ejemplos en Minería Subterránea
Eliminación	Remover el peligro de la fuente.	Automatización de tareas pesadas como el transporte de material con sistemas mecanizados en lugar de carga manual.
Sustitución	Reemplazar procesos o herramientas para reducir el riesgo.	Uso de martillos neumáticos con menor vibración y esfuerzo en lugar de herramientas manuales tradicionales.
Controles de Ingeniería	Modificar el entorno de trabajo para reducir la exposición al riesgo.	Implementación de sistemas de asistencia mecánica para manipulación de cargas y diseño de estaciones de trabajo ergonómicas.
Controles Administrativos	Establecer políticas y procedimientos que reduzcan el riesgo de exposición.	Rotación de tareas para evitar sobrecarga muscular, pausas activas obligatorias, capacitaciones en ergonomía y técnicas de levantamiento seguro.
Equipos de Protección Personal (EPP)	Uso de dispositivos de protección individual como última línea de defensa.	Guantes con amortiguación de vibraciones, rodilleras para posturas prolongadas.

Nota. Elaboración propia.

Estos fundamentos conceptuales ofrecen un marco sólido para la comprensión del problema objeto de estudio, permitiendo identificar con claridad los principales riesgos biomecánicos presentes en el entorno laboral minero subterráneo. La revisión de la estructura del sector, de sus procesos y de las estrategias de prevención y control, constituye una base necesaria para desarrollar propuestas técnicas pertinentes que respondan de manera efectiva a las condiciones reales del sector productivo minero.

Bases legales de la investigación

Las bases legales en torno a la seguridad y la salud ocupacional son fundamentales para guiar la gestión de los riesgos laborales y la protección de

los trabajadores. En el caso de la minería subterránea, existen varias normativas nacionales e internacionales que regulan las condiciones de trabajo y establecen directrices sobre la prevención de riesgos biomecánicos y lesiones musculoesqueléticas. Es esencial conocer y aplicar estas leyes para mejorar las condiciones laborales y garantizar la integridad física de los trabajadores. A continuación, se presentan las principales normas que sustentan esta investigación, las cuales proporcionan el marco normativo necesario para la protección de la salud y seguridad en el entorno minero.

Tabla 5 Matriz legal en Seguridad y Salud en el trabajo aplicada a la minería subterránea.

Norma	Descripción y Aplicabilidad	Relevancia en la Investigación
Ley 1562 de 2012	Modifica el Sistema General de Riesgos Laborales y enfatiza en la prevención de enfermedades ocupacionales.	Fundamenta la obligación de gestionar riesgos laborales, incluyendo los biomecánicos en minería.
Resolución 0312 de 2019	Define los estándares mínimos del Sistema de Gestión de SST en Colombia.	Permite evaluar el cumplimiento de medidas ergonómicas en minería subterránea.
Resolución 2400 de 1979	Reglamento general de higiene y seguridad en el trabajo, establece normas de diseño ergonómico y condiciones laborales seguras.	Relacionada con la ergonomía laboral y la prevención de lesiones musculoesqueléticas.
Decreto 1886 de 2015	Reglamento de seguridad en minería subterránea, establece medidas específicas de protección.	Importante para analizar cómo las condiciones de trabajo afectan la salud musculoesquelética de los mineros.
Resolución 4272 de 2021	Regula las condiciones mínimas de seguridad y salud en la minería.	Apoya la implementación de medidas preventivas en minería subterránea.
Guía Técnica Colombiana GTC 45	Método para la identificación y evaluación de peligros en el trabajo.	Permite evaluar los factores de riesgo biomecánico en minería.
Norma ISO 11226	Establece parámetros para evaluar posturas estáticas en el trabajo.	Permite analizar la incidencia de posturas forzadas en mineros subterráneos.
Norma ISO 11228	Regula la manipulación manual de cargas y su impacto en la salud ocupacional.	Fundamental para evaluar el nivel de esfuerzo físico en minería subterránea.
Ley 1072 de 2015	Regula las condiciones laborales en la minería subterránea,	Establece la obligación de evaluar los riesgos biomecánicos en minería

Norma	Descripción y Aplicabilidad	Relevancia en la Investigación
	establece medidas para proteger la salud de los trabajadores frente a riesgos biomecánicos.	subterránea, lo que es esencial para el enfoque de la investigación.
Ley 9 de 1979	Ley de higiene y seguridad industrial, establece normas para el bienestar de los trabajadores en todos los sectores.	Complementa las normativas de higiene y seguridad, contribuyendo a la seguridad de los mineros frente a riesgos laborales.
Decreto 1443 de 2014	Establece disposiciones sobre el manejo de riesgos en minería, especialmente en los trabajos subterráneos.	Fundamental para la aplicación de medidas de seguridad en minería subterránea.
Decreto 1295 de 1994	Regula el Sistema General de Riesgos Laborales, estipulando las responsabilidades de los empleadores en cuanto a la prevención de riesgos.	Regula el Sistema General de Riesgos Laborales, estipulando las responsabilidades de los empleadores en cuanto a la prevención de riesgos.
Resolución 1016 de 1989	Regula las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo, con énfasis en la protección frente a riesgos laborales específicos.	Complementa la protección frente a los riesgos ergonómicos y biomecánicos en el entorno laboral minero.
Ley 1753 de 2015	Ley de inversión social que incluye el fortalecimiento del Sistema General de Riesgos Laborales.	Aporta a la mejora de la cobertura y la atención en salud ocupacional para los trabajadores, incluidos los del sector minero.

Nota. Elaboración propia.

El marco normativo nacional e internacional relacionado con la seguridad y salud en la minería subterránea establece lineamientos claros para la protección de los trabajadores frente a los riesgos biomecánicos. Las leyes y normas, como la Ley 1072 de 2015, la Resolución 0312 de 2019, y la Norma ISO 11228, son herramientas clave para la implementación de medidas de prevención y control. La aplicación rigurosa de estas normativas es esencial para reducir los riesgos asociados con la minería subterránea, mejorando así las condiciones laborales y contribuyendo al bienestar de los trabajadores en el sector. Además, estas bases legales sirven como guía para la realización de investigaciones como la presente, que buscan mitigar los efectos de los trastornos musculoesqueléticos en los mineros.

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

El presente capítulo describe la metodología utilizada para abordar la problemática planteada en esta investigación. Se detallan los procedimientos específicos empleados para la recolección y análisis de datos, permitiendo así estructurar el estudio de manera organizada y fundamentada.

Tipo de investigación

La presente investigación adopta un **enfoque cuantitativo**, ya que busca medir y analizar de manera objetiva los niveles de exposición a riesgos biomecánicos en trabajadores de minería subterránea. Este tipo de enfoque se fundamenta en la recolección de datos numéricos a través de instrumentos estructurados y estandarizados, facilitando la identificación de patrones y relaciones entre variables (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

En cuanto al alcance, esta investigación es de carácter **descriptivo**, ya que busca caracterizar y detallar los factores de riesgo biomecánico relacionados con el sobreesfuerzo físico, como la manipulación de cargas pesadas, las posturas forzadas y los movimientos repetitivos. Según Tamayo y Tamayo (2004), la investigación descriptiva tiene como propósito especificar propiedades importantes de personas, grupos o condiciones, lo que en este caso permitirá establecer un diagnóstico sobre la exposición ocupacional y su posible impacto en la salud musculoesquelética de los trabajadores.

Esta investigación se clasifica como **tipo aplicada**, ya que busca ofrecer soluciones prácticas frente a un problema real del entorno laboral, como lo es la exposición a riesgos biomecánicos. La investigación aplicada utiliza conocimientos científicos con el fin de intervenir sobre una situación específica, proponiendo mejoras o alternativas que generen beneficios concretos para la población estudiada (Hernández, Fernández & Baptista, 2014). En este contexto,

se espera que los resultados sirvan como base para implementar estrategias de control que favorezcan la salud y seguridad de los trabajadores.

Se trata de una investigación de **campo**, ya que se realizará directamente en el entorno laboral donde ocurren los hechos objeto de estudio. Se aplicarán técnicas de recolección de datos como la **observación estructurada**, las **entrevistas estructuradas** y el uso de instrumentos estandarizados, lo que permite captar información de forma directa, sin manipular el contexto. Según Sampieri, Collado y Lucio (2014), este tipo de estudio permite conocer el fenómeno en su ambiente natural, facilitando la comprensión de sus causas y consecuencias.

Población

La población objeto de estudio está conformada por 63 trabajadores del sector minero subterráneo del Municipio de Socha Boyacá, específicamente aquellos cuyas actividades implican exposición a riesgos biomecánicos derivados de la manipulación de cargas pesadas, adopción de posturas forzadas y ejecución de movimientos repetitivos.

Criterios de inclusión

Se incluyen en el estudio aquellos trabajadores que cumplan con las siguientes condiciones:

- Tener al menos un año de experiencia en operaciones mineras subterráneas.
- Desempeñar funciones que impliquen manipulación de herramientas, equipos o materiales pesados.
- Estar expuestos a factores de riesgo ergonómico en su jornada laboral.

Criterios de exclusión

Se excluyen del estudio las siguientes personas:

- Trabajadores administrativos o con funciones no operativas.
- Personal en proceso de inducción o con menos de un año de experiencia.
- Empleados que, por razones médicas, se encuentren con restricciones laborales.

La selección de esta población responde a la necesidad de analizar las condiciones ergonómicas en un entorno de minería subterránea, donde el sobreesfuerzo físico y las posturas inadecuadas pueden generar afectaciones musculoesqueléticas (Rodríguez & Pérez, 2021). Identificar y caracterizar los riesgos biomecánicos permitirá proponer estrategias de mitigación basadas en evidencia científica y adaptadas a las condiciones específicas de trabajo en este sector.

Técnicas o herramientas de recolección de datos

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos de esta investigación, se emplearán técnicas e instrumentos de recolección de datos validados y pertinentes para el análisis del riesgo biomecánico en minería subterránea. Estas herramientas permiten recopilar información confiable sobre las condiciones de trabajo, las tareas realizadas, las posturas adoptadas y los síntomas musculoesqueléticos manifestados por los trabajadores (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

Observación estructurada

Se utilizará una lista de chequeo estructurada, diseñada con base en la Guía Técnica Colombiana GTC 45 (Icontec, 2012), para la identificación de peligros y valoración preliminar del riesgo biomecánico. Esta herramienta permitirá observar directamente las actividades del proceso productivo, clasificando los

factores de riesgo asociados a la manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos.

La observación se centrará en:

- Las tareas específicas realizadas
- Categoría de observación
- Las posturas adoptadas por los trabajadores
- Frecuencia y duración de los movimientos
- Comentarios y Hallazgos

Ver Anexo A: Lista de chequeo – Observación estructurada del riesgo biomecánico.

Entrevistas estructuradas

Se aplicarán entrevistas estructuradas a los trabajadores, compuestas por preguntas cerradas previamente diseñadas. Estas se orientan a recolectar información sobre las tareas realizadas, niveles de carga física, pausas activas, herramientas utilizadas y condiciones laborales. Las entrevistas estructuradas permiten obtener datos sistematizados y cuantificables, facilitando su análisis estadístico y comparación entre trabajadores (Cohen, Manion & Morrison, 2018).

Ver Anexo B: Entrevista estructurada para caracterización de tareas.

Cuestionarios Nórdico

Se aplicará el Cuestionario Nórdico de Síntomas Musculoesqueléticos, una herramienta estandarizada para evaluar la presencia de molestias y dolores relacionados con el trabajo. Este cuestionario ha sido validado en múltiples estudios sobre riesgos ergonómicos y es recomendado por la Organización Mundial de la Salud (Kuorinka et al., 1987).

Ver Anexo C: Cuestionario Nórdico de síntomas musculoesqueléticos.

Estas herramientas fueron seleccionadas por su validez, confiabilidad y utilidad en el contexto de la minería subterránea, permitiendo cumplir con los objetivos de identificar, caracterizar y proponer acciones frente a los riesgos biomecánicos en los trabajadores.

Guía Técnica Colombiana GTC 45 del 2012

La Guía Técnica Colombiana GTC 45 (ICONTEC, 2012) se empleará como instrumento técnico para la estimación del nivel de riesgo biomecánico en las actividades observadas. Esta guía proporciona criterios claros y sistemáticos para evaluar factores como:

- Manipulación manual de cargas
- Posturas forzadas
- Movimientos repetitivos
- Esfuerzo físico

Los datos obtenidos permitirán clasificar el nivel de riesgo (bajo, medio, alto, muy alto) asociado a cada tarea, facilitando la toma de decisiones sobre la implementación de medidas de control.

Ver Anexo D: Formato de aplicación de la GTC 45 para estimación del riesgo biomecánico

Fases metodológicas

Tabla 6 Fases Metodológicas

Fase metodológica	Acciones y actividades	Técnicas o herramientas de recolección de datos	Entregables
1. Caracterización del proceso productivo y condiciones laborales	- Realizar observación estructurada en campo sobre actividades, tareas y condiciones del entorno de trabajo. - Aplicar la lista de chequeo para identificar posturas, manipulación de cargas y movimientos repetitivos.	Observación estructurada (Anexo A)	- Descripción detallada del proceso productivo - Registros codificados mediante la observación estructurada - Notas técnicas del proceso observado
2. Evaluación del riesgo biomecánico y presencia de síntomas musculoesqueléticos	- Aplicar entrevistas estructuradas para identificar tareas con mayor exigencia física. - Aplicar el Cuestionario Nórdico de Síntomas Musculoesqueléticos - Analizar y clasificar los factores de riesgo utilizando criterios de la GTC 45 del 2012.	- Entrevistas estructuradas (Anexo B) - Cuestionario Nórdico (Anexo C) - Guía Técnica Colombiana GTC 45 para estimación del nivel de riesgo biomecánico (Anexo D)	- Informe de evaluación de riesgos biomecánicos - Análisis de síntomas musculoesqueléticos - Matriz de factores de riesgo
3. Propuesta de estrategias de control.	- Analizar los resultados obtenidos en las fases anteriores. - Identificar oportunidades de mejora en tareas críticas. - Diseñar una propuesta técnica de estrategias de control enfocada a minimizar los riesgos identificados	- Triangulación de resultados (observación, entrevista y cuestionario) - Referencias normativas y técnicas	- Propuesta de intervención ergonómica - Estrategias de control específicas para tareas críticas

Nota. Elaboración propia.

Consideraciones éticas de la investigación

Esta investigación cumple con los principios éticos establecidos en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, la cual clasifica los estudios según su nivel de riesgo. Dado que el estudio se basa en la observación y recolección de datos relacionados con condiciones laborales y posturas de

trabajo en minería subterránea, sin intervención directa sobre los participantes, se considera una investigación sin riesgo.

La participación de los trabajadores y del empleador será voluntaria y sin ningún tipo de compensación económica. Los trabajadores serán informados sobre los objetivos y alcance de la investigación antes de su participación, asegurando que su contribución se realice de manera libre y consciente.

Se asegura además la confidencialidad y anonimato de la información recolectada. No se utilizarán nombres reales en los instrumentos de recolección; los trabajadores serán identificados mediante códigos (ej. Trabajador 1, Trabajador A), con el fin de evitar cualquier tipo de asociación directa con su identidad personal.

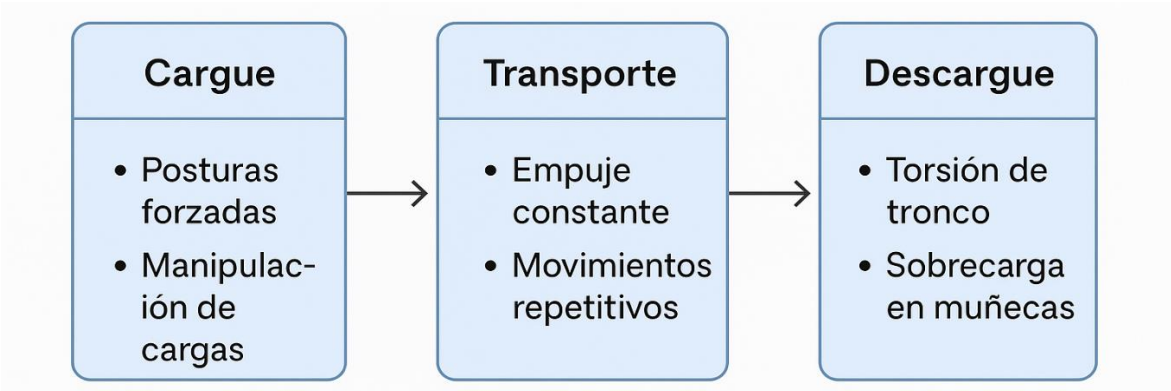
El estudio cuenta con autorización escrita otorgada por la empresa que realiza actividades de minería subterránea, en el cual se aprueba el desarrollo del proyecto de investigación en sus instalaciones. Este documento respalda la aplicación de los instrumentos, el acceso a la información necesaria y el uso ético de los datos recolectados. **La carta de autorización está incluida como Anexo E**

CAPÍTULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 1

El **Objetivo 1** tiene como propósito **describir el proceso productivo** de la minería subterránea y los **factores de riesgo biomecánico** que afectan a los trabajadores en las etapas de carga, transporte y descarga. Para ello, se utilizó la Lista de Chequeo de Observación Estructurada (Anexo A), la cual permitió observar de manera sistemática los riesgos asociados a las posturas forzadas, movimientos repetitivos y manipulación de cargas en cada etapa. La información recolectada a través de esta herramienta permitió identificar los factores de riesgo más prevalentes, proporcionando una base para la propuesta de medidas de control.

Ilustración 1. Diagrama del proceso productivo



Nota. Elaboración propia.

Tabla 7. Etapas del proceso productivo y factores de riesgo biomecánico identificados

Etapa del Proceso Productivo	Factores de Riesgo Principales	Hallazgos Principales	Recomendaciones
Carga	Posturas forzadas, Manipulación de cargas	Flexión de tronco y piernas al cargar material pesado; esfuerzo físico elevado.	Capacitación en técnicas ergonómicas, uso de ayudas mecánicas y pausas activas.
Transporte	Posturas forzadas,	Empuje constante de carretillas y	Mejorar diseño de carretillas y rutas; rotación de tareas y

Etapas del Proceso Productivo	Factores de Riesgo Principales	Hallazgos Principales	Recomendaciones
	Movimientos repetitivos	vagonetas; sobrecarga en zona lumbar y hombros.	pausas activas y capacitación en técnicas de empuje ergonómicas.
Descargue	Posturas forzadas, Movimientos repetitivos	Torsión de tronco y muñecas al vaciar material; movimientos repetidos que generan sobrecarga.	Implementar rampas o sistemas de vaciado automático; pausas activas.

Nota. Elaboración propia.

En resumen, las etapas del proceso presentan riesgos biomecánicos importantes. El cargue y el transporte son las fases más críticas porque implican esfuerzo físico constante, flexión de tronco y empuje prolongado de carretillas, lo que afecta la zona lumbar y los hombros. En el descargue predominan las torsiones y movimientos repetitivos de muñecas y brazos, que pueden provocar sobrecarga muscular.

Estos hallazgos son coherentes con lo señalado por Paz Ortega (2020), quien evidenció que en la minería subterránea las actividades de cargue y transporte concentran la mayor exigencia física, incrementando la incidencia de dolor lumbar y lesiones en extremidades superiores. Asimismo, Díaz y Ramírez (2019) reportaron que la manipulación manual de materiales pesados y las posturas forzadas durante el transporte generan un alto riesgo de fatiga muscular, lo cual coincide con la alta prevalencia observada en este estudio. En concordancia con la GTC 45:2012, las tareas críticas identificadas requieren controles de ingeniería y administrativos prioritarios, dado que superan los niveles de riesgo aceptables establecidos en dicha norma.

Las recomendaciones se centran en reducir la exigencia física mediante el uso de ayudas mecánicas (bandas transportadoras, rampas), capacitaciones en ergonomía y la incorporación de pausas activas y rotación de tareas, para prevenir lesiones musculoesqueléticas y mejorar las condiciones laborales.

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 2

Para dar cumplimiento a este objetivo, se presentan los hallazgos obtenidos a partir de los instrumentos aplicados durante la investigación, los cuales permitieron caracterizar las condiciones de trabajo y exposición a factores de riesgo biomecánico, la sintomatología musculoesquelética y el nivel de riesgo asociado a las actividades del proceso productivo.

Tabla 8. Frecuencia de condiciones de trabajo y exposición a riesgo biomecánico

Ítem evaluado	Siempre (%)	Frecuente (%)	Ocasional (%)	Nunca (%)
Levantamiento de cargas	35 %	25 %	30 %	10 %
Empuje/Halado de objetos pesados	30 %	25 %	35 %	10 %
Posturas forzadas	40 %	25 %	20 %	15 %
Movimientos repetitivos	45 %	30 %	20 %	5 %
Uso de herramientas con fuerza repetitiva	35 %	30 %	25 %	10 %
Pausas activas	15 %	30 %	25 %	30 %
Molestias musculoesqueléticas	75 % sí	–	–	25 % no
Capacitación en manipulación de cargas	50 % sí	–	–	50 % no

Nota. Elaboración propia.

Se evidencia una alta frecuencia de posturas forzadas y movimientos repetitivos (65-75 % entre siempre y frecuente), mientras que las pausas activas son poco implementadas (45 % nunca u ocasional). Además, el 75 % de los trabajadores reporta molestias musculoesqueléticas, lo que confirma la relación entre la exposición y las afecciones. Solo el 50 % del personal ha recibido capacitación, lo que refuerza la necesidad de intervenciones ergonómicas.

Sintomatología musculoesquelética reportada por los trabajadores

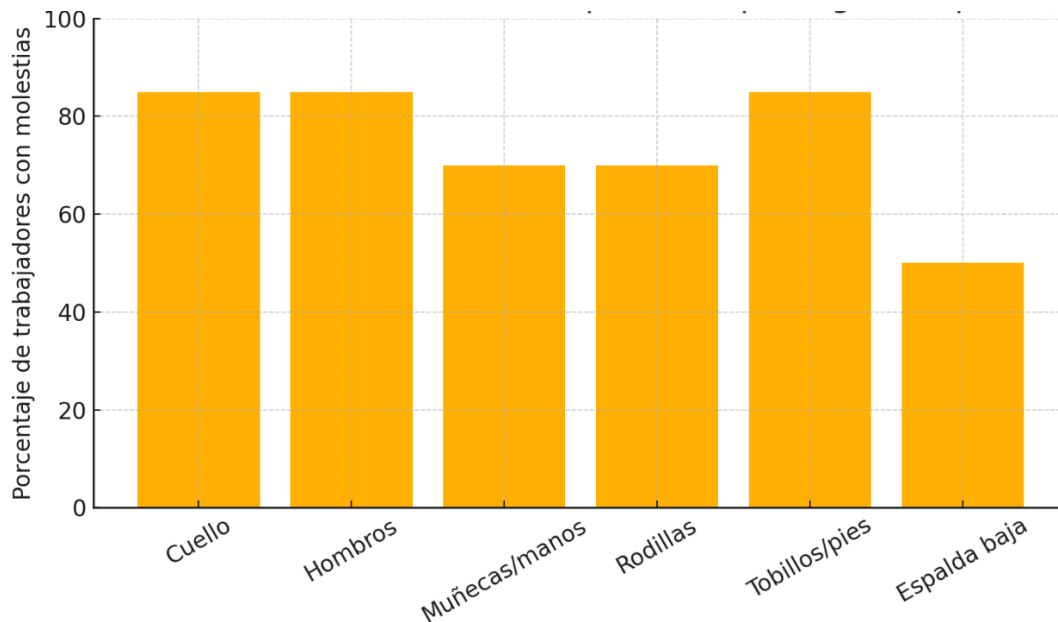
Tabla 9. Regiones corporales afectadas y no afectadas (últimos 12 meses)

Región corporal	% con molestias	% sin molestias
Cuello	85 %	15 %
Hombros	85 %	15 %
Muñecas/manos	70 %	30 %
Rodillas	70 %	30 %
Tobillos/pies	85 %	15 %
Espalda baja	50 %	50 %

Nota. Elaboración propia.

Las regiones más afectadas son cuello, hombros y tobillos/pies (85 %), seguidas por muñecas y rodillas (70 %). La espalda baja presenta afectación en el 50 %. Estos hallazgos se asocian a posturas prolongadas y manipulación manual de cargas.

Ilustración 2 Frecuencia de molestias musculoesqueléticas por región corporal (últimos 12 meses)



Nota. Elaboración propia.

La gráfica muestra que las regiones con mayor frecuencia de molestias son cuello, hombros y tobillos/pies (85 %), seguidas de muñecas/manos y rodillas (70 %), y la espalda baja con el 50 %.

Tabla 10. Nivel de riesgo biomecánico por actividad e interpretación

Actividad / Tarea	Factor de riesgo principal	NP (ND×NE)	Nivel de riesgo	Interpretación
Cargue de carbón	Manipulación manual de cargas	12	Muy Alto	No aceptable; requiere intervención inmediata
Acomodo de costales	Manipulación manual de cargas	9	Alto	No aceptable; requiere control prioritario
Descarga de mineral	Manipulación manual de cargas	8	Alto	No aceptable; requiere acción urgente
Transporte en carretilla	Esfuerzo físico	6	Medio	Aceptable temporalmente con mejoras ergonómicas
Cargue con pala	Esfuerzo físico	6	Medio	Aceptable temporalmente con mejoras ergonómicas
Sostenimiento con marcos	Posturas forzadas	6	Medio	Aceptable temporalmente con rediseño de tareas

Actividad / Tarea	Factor de riesgo principal	NP (ND×NE)	Nivel de riesgo	Interpretación
Preparación del frente	Posturas forzadas	6	Medio	Aceptable temporalmente con pausas activas y rotación
Sostenimiento con pernos	Movimientos repetitivos	6	Medio	Aceptable temporalmente con mejoras en herramientas
Limpieza de frentes de trabajo	Movimientos repetitivos	2	Bajo	Aceptable; requiere monitoreo periódico
Traslado de herramientas	Manipulación manual de cargas	4	Bajo	Aceptable; requiere monitoreo periódico

Nota. Elaboración propia.

Las actividades con **mayor riesgo** corresponden al **cargue de carbón (Muy Alto)** y al acomodo de costales y descarga de mineral (**Altos**), las cuales requieren intervención inmediata y prioritaria. Actividades como el transporte en carretilla, el cargue con pala y los trabajos de sostenimiento presentan **riesgo medio** y deben mejorarse mediante rediseño ergonómico, pausas activas y rotación de tareas. Las tareas de limpieza y traslado de herramientas muestran **riesgo bajo**, siendo aceptables, pero se recomienda monitoreo continuo para prevenir su incremento.

La integración de los resultados muestra una alta exposición a factores de riesgo biomecánico y una prevalencia significativa de molestias musculoesqueléticas en cuello, hombros y extremidades inferiores. Las tareas de manipulación manual de cargas concentran los niveles más altos de riesgo, lo que justifica priorizar controles ergonómicos y capacitación para reducir el impacto en la salud de los trabajadores. Estos resultados son consistentes con lo expuesto por Martínez y Gómez (2018), quienes hallaron prevalencias similares en cuello y hombros, y con Mendoza y Álvarez (2014), que vinculan la ausencia de pausas activas y la baja capacitación con mayor severidad de síntomas. Además, la baja frecuencia de capacitación observada contrasta con lo exigido en la Resolución 0312 de 2019.

RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO NO. 3

Con base en los hallazgos obtenidos en los objetivos anteriores, se identificaron las actividades con mayor nivel de riesgo biomecánico y las regiones corporales más afectadas por síntomas musculoesqueléticos. A partir de esta información, se diseñaron estrategias de intervención siguiendo la jerarquía de controles definida por la Guía Técnica Colombiana GTC 45:2012, priorizando aquellas tareas clasificadas con riesgo alto o muy alto, y considerando también tareas con riesgo medio debido a su frecuencia y duración.

Tabla 11 estrategias de intervención siguiendo la jerarquía de controles definida por la Guía Técnica Colombiana GTC 45:2012

Actividad	Riesgo principal	Nivel de riesgo	Tipo de control	Medida propuesta
Cargue de carbón	Manipulación de cargas	Muy Alto	Control de ingeniería	Instalar sistemas de bandas transportadoras mecanizadas para reducir la carga física directa.
Descarga de mineral	Manipulación de cargas	Alto	Control de ingeniería	Adecuar rampas inclinadas para vaciado por gravedad y evitar el levantamiento manual.
Acomodo de material	Manipulación de cargas	Alto	Control administrativo	Rotar tareas y programar pausas activas cada 60 minutos para reducir la fatiga acumulativa.
Cargue con pala	Esfuerzo físico	Medio	Control de ingeniería + Control administrativo	Capacitar en técnicas de manipulación manual segura y usar palas ergonómicas para reducir el esfuerzo físico.
Sostenimiento	Posturas forzadas	Medio	Control de ingeniería	Reubicar herramientas y materiales a una altura ergonómica que evite inclinaciones prolongadas.
Transporte en carretilla	Esfuerzo físico	Medio	Control administrativo	Rediseñar rutas internas para disminuir pendientes y distancia de empuje.
Preparación del frente	Posturas forzadas	Medio	Control administrativo	Realizar talleres prácticos sobre posturas seguras y pausas activas organizadas por supervisión.

Sostenimiento con pernos	Movimientos repetitivos	Medio	Control de ingeniería	Utilizar herramientas de fijación con empuñaduras ergonómicas para reducir tensión repetitiva.
--------------------------	-------------------------	-------	-----------------------	--

Nota. Elaboración propia.

Las estrategias propuestas se enfocan en reducir el riesgo biomecánico desde la fuente, priorizando soluciones de ingeniería como la instalación de bandas transportadoras mecanizadas, la adecuación de rampas de vaciado y la incorporación de palas ergonómicas que disminuyen el esfuerzo físico y las posturas forzadas durante el manejo de material. Para las tareas clasificadas como de riesgo medio, se plantean controles administrativos y capacitaciones en manipulación manual segura, incluyendo la programación de pausas activas y la rotación de tareas para mitigar la fatiga acumulativa.

Estas medidas están estructuradas bajo la jerarquía de controles definida en la GTC 45:2012 y pueden implementarse de forma progresiva dentro del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), ajustándose a los recursos y características operativas de cada unidad minera. Se recomienda iniciar con las actividades más críticas y complementar con monitoreo periódico y retroalimentación del personal, garantizando la mejora continua en las condiciones ergonómicas del proceso productivo.

Estos planteamientos coinciden con lo expuesto por García y Torres (2016), quienes demostraron que la implementación de controles de ingeniería, como bandas transportadoras y rampas de vaciado, reduce significativamente el riesgo biomecánico en minería subterránea. Asimismo, la Guía GATISO Osteomuscular (Ministerio de la Protección Social, 2007) y la GTC 45:2012 respaldan la rotación de tareas y las pausas activas como medidas efectivas para disminuir la fatiga acumulativa. La adopción de estas estrategias da cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1886 de 2015 y la Ley 1562 de 2012,

que obligan a gestionar y controlar los factores de riesgo biomecánico en el marco del SG-SST.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de los resultados obtenidos en esta investigación permite reflexionar sobre el estado actual de las condiciones ergonómicas y de riesgo biomecánico en la minería subterránea del municipio de Socha, Boyacá. La alta prevalencia de sintomatologías musculoesqueléticas en cuello, hombros, tobillos/pies, muñecas/manos y rodillas concuerda con lo reportado por Díaz y Ramírez (2019), Martínez y Gómez (2018) y Paz Ortega (2020), quienes identifican estas regiones como las más afectadas en contextos mineros, principalmente por la manipulación manual de cargas, posturas forzadas y movimientos repetitivos.

De forma integrada, los hallazgos muestran que las etapas de cargue, transporte y descargue concentran los mayores niveles de riesgo, lo cual coincide con lo señalado por la GTC 45:2012 y el Decreto 1886 de 2015 sobre la necesidad de evaluar y controlar estos riesgos como parte del SG-SST. La elevada proporción de trabajadores que reportan molestias y la presencia de actividades con riesgo alto o muy alto evidencian que, de no implementarse medidas correctivas, podría incrementarse el número de incapacidades y disminuir la productividad a mediano plazo.

La comparación con el marco normativo evidencia vacíos en la aplicación de medidas preventivas exigidas por la Resolución 0312 de 2019 y la Ley 1562 de 2012, especialmente en lo relacionado con la capacitación, pausas activas y rediseño de tareas. Estos vacíos no solo aumentan el riesgo de lesiones, sino que pueden derivar en sanciones legales y mayores costos operativos.

Finalmente, las estrategias de intervención propuestas —basadas en la jerarquía de controles de la GTC 45—, como la instalación de bandas transportadoras,

rampas de vaciado, uso de palas ergonómicas, rotación de tareas y pausas activas programadas, se alinean con buenas prácticas documentadas por García y Torres (2016) y con las recomendaciones de la OIT (2021). Asimismo, el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST, 2021) enfatiza que la prevención de riesgos ergonómicos requiere una evaluación sistemática de los factores biomecánicos y la implementación de medidas correctivas adaptadas a las condiciones reales de trabajo, lo que respalda las estrategias propuestas en este estudio. Su implementación progresiva y con seguimiento continuo fortalecería la cultura preventiva, mejoraría las condiciones laborales y contribuiría a la sostenibilidad de la operación minera.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La presente investigación permitió alcanzar el objetivo general al identificar y evaluar los factores de riesgo biomecánico presentes en las labores del sector minero subterráneo del municipio de Socha, Boyacá. Mediante la aplicación de herramientas técnicas como la observación estructurada, la entrevista estructurada, el Cuestionario Nórdico y la Guía Técnica Colombiana GTC 45:2012, se caracterizó el proceso productivo y se determinaron las tareas críticas que generan mayor exigencia física.

Los hallazgos evidenciaron que más del 75 % de los trabajadores evaluados reporta molestias musculoesqueléticas, principalmente en cuello, hombros y extremidades inferiores, asociadas a posturas forzadas, manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos durante las labores de cargue, transporte y descargue de material. Estas actividades fueron clasificadas en niveles de riesgo alto y muy alto, lo que resalta la necesidad de priorizar medidas preventivas en el marco del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

La comparación de los resultados con investigaciones previas, como las de Díaz y Ramírez (2019) y Paz Ortega (2020), confirma que la problemática de los trastornos musculoesqueléticos es recurrente en la minería subterránea y se asocia a la ausencia de rediseños ergonómicos y políticas preventivas eficaces. Además, los hallazgos sugieren posibles vacíos en el cumplimiento de disposiciones legales como el Decreto 1886 de 2015, la Resolución 0312 de 2019 y la Ley 1562 de 2012, que establecen lineamientos para la evaluación y control de factores de riesgo en el trabajo.

A partir de estos hallazgos se propone un conjunto de estrategias de intervención fundamentadas en la jerarquía de controles definida en la GTC 45:2012, priorizando soluciones de ingeniería como la instalación de bandas

transportadoras, la adecuación de rampas de vaciado y la incorporación de palas ergonómicas que disminuyan el esfuerzo físico y las posturas forzadas. Estas medidas se complementan con controles administrativos y capacitaciones sobre manipulación manual segura, pausas activas y posturas adecuadas, buscando prevenir la aparición de trastornos musculoesqueléticos y mejorar las condiciones laborales de manera sostenible.

Recomendaciones

Se recomienda que las autoridades nacionales fortalezcan las políticas públicas que promuevan la evaluación ergonómica obligatoria en empresas mineras de pequeña y mediana escala, especialmente en contextos rurales como Socha, y que se establezcan incentivos técnicos y financieros que faciliten la adopción de tecnologías y herramientas que reduzcan la carga física de los trabajadores.

Para las empresas del sector minero se sugiere implementar planes integrales de ergonomía que incluyan evaluaciones periódicas del riesgo biomecánico, rediseño de tareas críticas y adquisición de herramientas ergonómicas, junto con capacitaciones continuas en pausas activas, manipulación manual segura y posturas correctas, integrando estas acciones al SG-SST para fortalecer la cultura preventiva.

En el caso de la organización evaluada, es prioritario poner en marcha las estrategias recomendadas en este estudio, con especial atención a las tareas clasificadas con riesgo alto y muy alto, realizando seguimiento constante a la efectividad de las medidas adoptadas y promoviendo la participación activa de los trabajadores en los procesos de mejora continua.

Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar el alcance del estudio hacia poblaciones más representativas e incorporar métodos adicionales de evaluación ergonómica como REBA o RULA. También sería valioso realizar estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto de las intervenciones

propuestas y analizar variables individuales como edad, condición física y experiencia laboral, con el fin de comprender la variabilidad en la exposición y respuesta a los riesgos biomecánicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Minería. (2022). *Informe de condiciones de seguridad minera en Colombia*. <https://www.anm.gov.co>
- American Psychological Association. (2020). *Manual de publicaciones de la American Psychological Association* (7.ª ed.).
<https://doi.org/10.1037/0000165-000>
- Constitución Política de Colombia [Const.], Art. 6 (1991).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=412>
- Ministerio del Trabajo. (2015, mayo 26). *Decreto 1072 de 2015. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo*.
<https://www.funcionpublica.gov.co>
- Ministerio del Trabajo. (1994, junio 22). *Decreto 1295 de 1994. Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Laborales*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1306>
- Ministerio del Trabajo. (2014, julio 31). *Decreto 1443 de 2014. Por el cual se dictan disposiciones para la implementación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST)*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56610>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2012). *GTC 45: Guía para la identificación de peligros y la valoración de riesgos en seguridad y salud en el trabajo*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2021). Evaluación y prevención de riesgos ergonómicos. <https://www.insst.es>
- International Organization for Standardization. (2000). *ISO 11226: Ergonomics—Evaluation of static working postures*.
- International Organization for Standardization. (2003). *ISO 11228-1: Ergonomics—Manual handling—Lifting and carrying*.
- Karhu, O., Kansil, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199–201.
- Congreso de Colombia. (1979, enero 24). Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=422>
- Congreso de Colombia. (2012, julio 11). Ley 1562 de 2012. Por la cual se modifica el Sistema General de Riesgos Laborales. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49106>
- Congreso de Colombia. (2015, junio 9). Ley 1753 de 2015. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014–2018. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=60107>
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99.

- Ministerio de Minas y Energía. (2015, septiembre 15). *Decreto 1886 de 2015. Por el cual se expide el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=63500>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (1993). *Resolución 008430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud*.
<https://www.minsalud.gov.co>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2011). *GATISO: Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Trastornos Osteomusculares Relacionados con el Trabajo*. <https://www.minsalud.gov.co>
- Ministerio de Trabajo. (2022). *Condiciones laborales en minería subterránea*.
<https://www.mintrabajo.gov.co>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2020). *Elements of ergonomics programs*. <https://www.cdc.gov/niosh>
- Occhipinti, E., & Colombini, D. (2001). OCRA Index: A method for assessing exposure to repetitive movements. *Ergonomics*, 44(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1080/00140130150203832>
- Organización Internacional del Trabajo. (2021). *Seguridad y salud en el centro del futuro del trabajo*. <https://www.ilo.org>
- Pxhere. (2017). *Ilustración de postura laboral* [Imagen]. <https://pxhere.com>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Tamayo, M., & Tamayo, M. (2004). *El proceso de investigación científica*. Limusa.

ANEXOS

Anexo A. Lista de chequeo – Observación estructurada:

https://docs.google.com/document/d/1EWw3cxZT8LQftWTHUgPipY_Zya67LSCs/edit?usp=sharing&oid=106921368237151503446&rtpof=true&sd=true

Anexo B. Entrevista estructurada

<https://docs.google.com/document/d/1PoogXUi2yREXOGGeUQ9P-FaHzEa3MxzaC/edit?usp=sharing&oid=106921368237151503446&rtpof=true&sd=true>

Anexo C. Cuestionario Nórdico

<https://docs.google.com/document/d/1Oxm5Eg99xlYVMEiV8gwc51fN25aAPaPO/edit?usp=sharing&oid=106921368237151503446&rtpof=true&sd=true>

Anexo D. Formato de evaluación GTC 45

https://docs.google.com/document/d/1hvJCkiBLLuJ1vy9Clq2gKzNW-mk76_Gg/edit?usp=sharing&oid=106921368237151503446&rtpof=true&sd=true

Anexo E. Carta de autorización

<https://drive.google.com/file/d/1RXUHD9QqDKgLaTTWd7nHNI666Eitw9wU/view?usp=sharing>