

**Ergonomic risk factors associated with musculoskeletal injuries in
drilling rig and rig workers**

**Factores de riesgo ergonómico asociados a lesiones musculoesqueléticas
en trabajadores de trochas y plataformas de perforación**

Autores:

Rivadeneira-López, Johana Patricia
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Arquitecta
Cuenca– Ecuador



jprivadeneiral70@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0000-7736-7247>

Ortiz-Gonzalez, Raúl Adrián
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Ph.D en Administración
Docente
Cuenca– Ecuador



raortizg@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-1385-1405>

Fechas de recepción: 24-AGO-2025 aceptación: 24-SEP-2025 publicación: 30-SEP-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El estudio tuvo como objetivo identificar los factores de riesgo ergonómico asociados a lesiones musculoesqueléticas en trabajadores de trochas y plataformas de perforación. Se aplicó un diseño cuantitativo, descriptivo y transversal, utilizando un cuestionario tipo Likert en una muestra no probabilística de 30 trabajadores varones. Los resultados muestran que los factores más frecuentes son los movimientos repetitivos, el esfuerzo físico y las condiciones climáticas adversas. El modelo de regresión lineal múltiple reveló que el esfuerzo físico ($\beta = 0.606$; $p = 0.018$) y la fatiga muscular ($\beta = 0.370$; $p = 0.015$) son predictores significativos de los movimientos repetitivos, explicando el 60.5 % de su variabilidad. En cambio, la carga horaria y las condiciones climáticas no tuvieron una relación directa significativa. Estos hallazgos respaldan teorías como la carga acumulada y el sobreesfuerzo, que destacan el papel de la exposición física prolongada en la generación de lesiones musculoesqueléticas. Se concluye que la gestión del esfuerzo físico y la prevención de la fatiga muscular deben ser prioritarias en entornos laborales de alta exigencia física. Se recomienda aplicar programas de ergonomía activa, pausas laborales, rotación de tareas y rediseño de herramientas para mitigar los riesgos. También se sugiere incluir nuevas variables psicosociales y organizacionales en investigaciones futuras, a fin de mejorar la comprensión del problema y fortalecer la salud ocupacional en sectores de operación intensiva.

Palabras clave: Ergonomía; Esfuerzo físico; Fatiga muscular; Movimientos repetitivos; Condiciones climáticas; Perforación



Abstract

The study aimed to identify the ergonomic risk factors associated with musculoskeletal injuries in workers on trails and drilling platforms. A quantitative, descriptive, cross-sectional design was applied, using a Likert-type questionnaire in a non-probabilistic sample of 30 male workers. The results show that the most frequent factors are repetitive movements, physical exertion, and adverse weather conditions. The multiple linear regression model revealed that physical exertion ($\beta = 0.606$; $p = 0.018$) and muscle fatigue ($\beta = 0.370$; $p = 0.015$) are significant predictors of repetitive movements, explaining 60.5% of their variability. In contrast, working hours and weather conditions did not have a significant direct relationship. These findings support theories such as cumulative load and overexertion, which highlight the role of prolonged physical exposure in the development of musculoskeletal injuries. It is recommended to implement active ergonomics programs, work breaks, task rotation, and tool redesign to mitigate risks. It is also suggested to include new psychosocial and organizational variables in future research in order to improve understanding of the problem and strengthen occupational health in intensive operation sectors

Keywords: Ergonomics; Physical effort; Muscle fatigue; Repetitive movements; Weather conditions; Drilling

Introducción

Existen investigaciones que han demostrado una relación significativa entre los riesgos ergonómicos y la aparición de lesiones musculoesqueléticas en ambientes laborales de alta exigencia física, como aquellos vinculados a la actividad minera y la edificación de plataformas, donde se realizan labores con sobrecarga física, posturas incómodas sostenidas y movimientos repetitivos.

(Moreno Campos, 2024) En su tesis titulada “Riesgos disergonómicos que inciden en la salud de los trabajadores del área de almacén de una empresa minera”, se planteó como objetivo principal evaluar las condiciones ergonómicas en las actividades logísticas de un almacén perteneciente a una empresa de mediana minería en La Libertad. A través de esta evaluación, se identificaron los riesgos disergonómicos asociados a las tareas diarias del área de almacén. Los resultados revelaron que los principales factores de riesgo incluyen: posturas forzadas, movimientos repetitivos, transporte manual de cargas, esfuerzos sostenidos en manos y muñecas, y la manipulación frecuente de cargas pesadas.

(Yover Primitivo, 2023) En su tesis titulada *"Evaluación Ergonómica según Puestos de Trabajo en el Proyecto Minero Colquipucro"*, el objetivo fue identificar y reducir los riesgos ergonómicos presentes en los puestos laborales. La investigación, que utilizó el método RULA en una muestra de 73 trabajadores, reveló diferencias significativas en los niveles de riesgo ergonómico en nueve puestos clave, como ayudantes de cocina, geología, conductores y técnicos mecánicos, con puntuaciones altas (6 y 7). Las áreas más afectadas fueron las extremidades superiores, cuello, tronco y piernas, subrayando la urgencia de implementar medidas ergonómicas para reducir los riesgos en estos roles.

(Chinga Munetes, 2021) En su tesis titulada *"Factores de riesgos ergonómicos por posturas forzadas y manipulación de carga asociados a enfermedades musculoesqueléticas"*, el objetivo fue analizar los riesgos ergonómicos derivados de posturas forzadas y la manipulación manual de cargas en relación con las enfermedades musculoesqueléticas. La investigación identificó que estos factores, como las posturas incorrectas, los movimientos repetitivos y el manejo inapropiado de cargas, son responsables de trastornos musculoesqueléticos que afectan áreas como la espalda, cuello, muñecas y piernas. Se



destaca que cualquier carga superior a 3 kg puede ser peligrosa si no se maneja correctamente, y los riesgos aumentan considerablemente con cargas superiores a 23 kg.

Teoría de la carga física, Según (Brough, Biggs, & Barbour, 2021), la exposición constante a tareas que implican esfuerzo físico excesivo, combinada con tiempos de recuperación insuficientes, incrementa significativamente la probabilidad de sufrir daños musculoesqueléticos. Esto se ve agravado en condiciones laborales donde la ergonomía no ha sido debidamente considerada.

Teoría de interacción multivariada de Kumar.

La teoría de interacción multivariada planteada por Kumar (2001) considera que los trastornos musculoesqueléticos (TME) tienen un origen multifactorial, influenciado por variables genéticas, morfológicas, biomecánicas y psicosociales. Según este enfoque, las lesiones se producen cuando las exigencias del entorno laboral exceden la capacidad funcional y estructural del sistema musculoesquelético, provocando fatiga o daño tisular. Kumar complementa esta visión con tres enfoques teóricos: la teoría de la fatiga diferencial, que relaciona tareas asimétricas con desequilibrios funcionales; la teoría de la carga acumulada, que explica cómo la exposición repetitiva deteriora los tejidos; y la teoría del sobreesfuerzo, que vincula esfuerzos extremos con la aparición de lesiones. Este marco conceptual permite comprender de manera integral la interacción de diversos factores que inciden en la aparición de TME en contextos ocupacionales. (Márquez Gómez, 2015)

La teoría biomecánica

Aplicada al ámbito laboral se orienta al diseño de espacios de trabajo que favorezcan condiciones seguras, saludables y eficientes, integrando principios tanto ergonómicos como biomecánicos. Esta perspectiva no solo contribuye al bienestar físico y psicológico de los empleados, sino que también genera ventajas organizacionales, como el incremento de la productividad, la reducción de costos asociados a ausentismo o lesiones, y el fortalecimiento de la reputación institucional. Para alcanzar estos objetivos, se recomienda implementar evaluaciones ergonómico-biomecánicas periódicas de forma estructurada y participativa, ajustando las condiciones laborales conforme a las exigencias del entorno. Asimismo, es fundamental capacitar al personal en el uso de técnicas ergonómicas adecuadas, promoviendo su involucramiento en la identificación de mejoras. Estas estrategias permiten reconocer y



mitigar factores de riesgo, optimizar posturas y patrones de movimiento, y prevenir trastornos musculoesqueléticos, consolidando un entorno laboral más saludable y eficiente. (Pompilio & Alonso, 2024)

Teoría del sistema de gestión de Likert, Según (Rodríguez, 2016), este modelo genera un clima organizacional positivo, mejora la toma de decisiones, impulsa el compromiso del personal y reduce los conflictos laborales. En contraste, los sistemas autoritarios limitan la iniciativa del trabajador y obstaculizan la construcción de ambientes laborales saludables. En síntesis, la teoría de Likert destaca cómo el estilo de liderazgo y la estructura de comunicación impactan directamente en el desempeño organizacional y en el bienestar de los colaboradores.

Definición del concepto de las variables

Y: Lesiones musculoesqueléticas

Las lesiones musculoesqueléticas (LME) se refieren a alteraciones que afectan estructuras como músculos, tendones, ligamentos, nervios y otros componentes del sistema musculoesquelético. Estas patologías suelen originarse por la exposición continua a factores de riesgo como movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, manipulación de cargas o condiciones laborales desfavorables mantenidas en el tiempo. Sus consecuencias pueden incluir dolor crónico, restricciones en la movilidad e incluso discapacidades permanentes, lo que repercute negativamente tanto en el desempeño laboral como en la calidad de vida del trabajador. (Agila-Palacios , Colunga-Rodríguez , González-Muñoz , & Delgado-García , 2014).

X1: Movimientos repetitivos

Las actividades que implican movimientos repetitivos son más frecuentes de lo que comúnmente se percibe, abarcando tareas cotidianas como la digitación en teclados o el uso de herramientas manuales. El principal riesgo asociado a estas acciones es el aumento de la probabilidad de desarrollar lesiones musculares y trastornos musculoesqueléticos, entre ellos el síndrome del túnel carpiano. Para mitigar estos efectos adversos, es esencial adoptar medidas preventivas como la adecuación ergonómica del mobiliario, el uso de dispositivos diseñados para reducir la carga biomecánica y la rotación de tareas durante la jornada laboral. (Moreno Campos, 2024)



X2: Esfuerzo físico

Dentro del ámbito laboral, la percepción del esfuerzo físico representa el grado de exigencia corporal que experimenta el trabajador frente a las tareas desempeñadas. Este parámetro constituye un indicador relevante para la detección temprana de fatiga muscular y posibles trastornos musculoesqueléticos, los cuales surgen generalmente por un desbalance entre las capacidades individuales del trabajador y las demandas físicas del puesto. Por ello, su evaluación resulta esencial en la implementación de estrategias de prevención en seguridad y salud ocupacional. (Ibache Araya)

X3: Condiciones climáticas adversas.

Según, (RAMÍREZ LIRA, 2024), las condiciones climáticas adversas se refieren a fenómenos meteorológicos extremos, como olas de calor, que generan temperaturas elevadas y niveles de humedad peligrosos, y que pueden afectar la salud y seguridad de los trabajadores en obras de construcción. Cuando estos fenómenos son detectados mediante avisos de nivel naranja o rojo emitidos por la AEMET, se consideran condiciones climáticas adversas que requieren la adopción de medidas preventivas, incluida la modificación de horarios o la reducción de jornadas laborales, para garantizar la protección de los trabajadores ante los riesgos asociados a temperaturas.

X4: Carga horaria.

La realización de jornadas laborales extendidas no planificadas, ya sea al margen de la normativa vigente o sin acuerdos contractuales, puede generar efectos negativos en la salud del trabajador, entre ellos un incremento en el riesgo de sufrir accidentes laborales. Esta sobrecarga horaria puede presentarse mediante turnos continuos, dobles o triples, en un mismo o en diferentes entornos laborales, incluso abarcando actividades fuera del horario regular, en el domicilio del trabajador o en espacios vinculados a empleos adicionales. Este tipo de exceso compromete significativamente el tiempo destinado a funciones básicas como la alimentación, el descanso, el sueño, el ocio y la convivencia familiar y social. (do Carmo Cruz RobazziI, y otros, 2010).

X5: Fatiga muscular.

Según, (Chulde Montalvo, 2023)La fatiga muscular es reconocida como una disminución temporal de la capacidad funcional del músculo, originada por posturas forzadas,



movimientos repetitivos y esfuerzos físicos prolongados. En el documento revisado, se la considera un factor clave en la aparición de trastornos musculoesqueléticos y un indicador ergonómico relevante para prevenir lesiones laborales en entornos físicamente exigentes.

Material y métodos

Este estudio adoptó un diseño cuantitativo, descriptivo y de corte transversal, orientado a identificar los factores de riesgo ergonómico asociados a la aparición de lesiones musculoesqueléticas en trabajadores que ejecutan labores operativas en trochas y plataformas de perforación, en entornos geográficos agrestes. "La recolección de información se realizó mediante la aplicación de un cuestionario estructurado tipo Likert, diseñado específicamente para esta población.

La población objetivo estuvo conformada por trabajadores varones vinculados a tareas de alto esfuerzo físico en zonas de difícil acceso. La muestra fue de 30 trabajadores, seleccionándose una muestra no probabilística por conveniencia de 30 participantes, debido a la limitada disponibilidad y alta rotación de personal en zonas rurales de difícil acceso.

El cuestionario aplicado estuvo compuesto por 30 ítems agrupados en cinco dimensiones representativas de riesgos ergonómicos frecuentes en tareas físicas intensas. Cada dimensión estuvo orientada a evaluar la frecuencia con la que los trabajadores se exponen o responden a condiciones asociadas a la fatiga o disfunción musculoesquelética:

El cuestionario se estructuró en dos secciones principales:

El primero en datos sociodemográficos y laborales: Esta sección tuvo como objetivo caracterizar a la población encuestada y contextualizar los resultados obtenidos. Estuvo conformada por seis preguntas orientadas a recopilar la siguiente información:

Pregunta 1: Sexo

Pregunta 2: Edad

Pregunta 3: Nivel de instrucción

Pregunta 4: Antigüedad laboral

Pregunta 5: Jornada de trabajo

Pregunta 6: Carga horaria



La segunda sección se evaluaron las variables del estudio, agrupadas en cinco categorías, cada una con seis ítems formulados en escala tipo Likert.

Movimientos repetitivos: Incluye aspectos como la realización de pausas activas, rotación de tareas, conciencia sobre posturas forzadas y comunicación de molestias musculoesqueléticas.

Esfuerzo físico: Evalúa la implementación de técnicas adecuadas de levantamiento de carga, realización de pausas durante tareas extenuantes, uso de ayudas ergonómicas y mantenimiento de una postura alineada.

Condiciones climáticas adversas: Considera la exposición a factores ambientales como radiación solar, lluvias, humedad, calor extremo, y las estrategias de adaptación del ritmo de trabajo frente a estas condiciones.

Carga horaria: Analiza la duración de la jornada laboral, la acumulación de fatiga, la calidad del descanso y la percepción de recuperación tras las actividades laborales.

Fatiga muscular: Identifica manifestaciones como rigidez, lentitud en los movimientos, uso de estiramientos, solicitud de apoyo y limitaciones para realizar ciertas tareas.

Cada ítem correspondiente a las variables del estudio fue evaluado mediante afirmaciones formuladas en una escala tipo Likert de cuatro puntos, con los siguientes niveles de frecuencia:

- 1 = Nunca
- 2 = Casi nunca
- 3 = Casi siempre
- 4 = Siempre

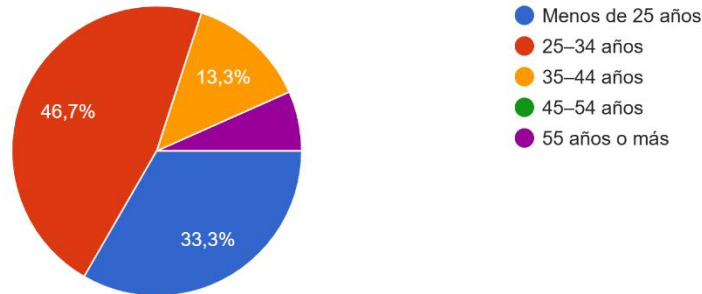
Resultados

Se presentan los datos sociodemográficos y laborales de la población encuestada ($n = 30$), conformada por trabajadores vinculados a tareas operativas en trochas y plataformas de perforación.

Figura 1



¿Cuál es su edad?
30 respuestas

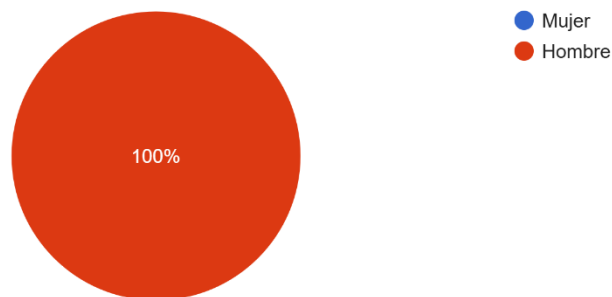


Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

El grafico muestra que la mayor proporción de trabajadores se encuentra en el rango de 45–54 años (46,7%), seguido por menores de 25 años (33,3%), lo que evidencia una fuerza laboral compuesta principalmente por adultos y jóvenes con alta demanda física.

Figura 2
Sexo

Sexo
30 respuestas



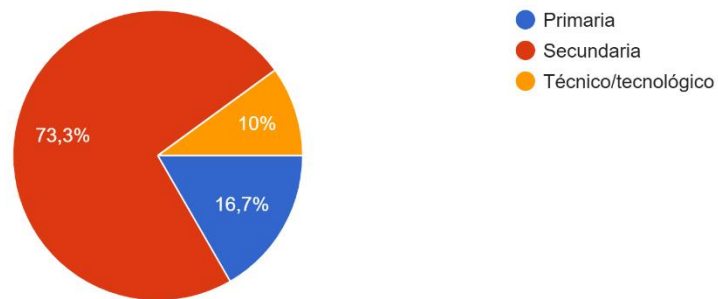
Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

La totalidad de la muestra corresponde al sexo masculino (100%), reflejo del perfil tradicional de ocupaciones asociadas a esfuerzo físico intenso en zonas de difícil acceso.

Figura 3

Niveles de Instrucción

¿Cuál es su nivel de instrucción?
30 respuestas



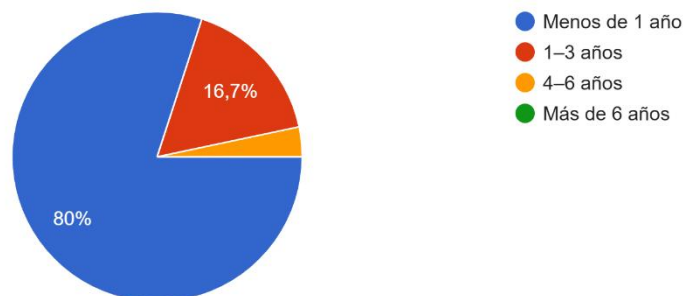
Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

Se muestra que el 73,3% posee educación secundaria, el 16,7% primaria y solo el 10% formación técnica, lo cual puede limitar la adopción de medidas preventivas y la comprensión de riesgos ergonómicos.

Figura 4

Años de trabajo en esa actividad

¿Cuántos años lleva trabajando en el área de trochas o plataformas?
30 respuestas



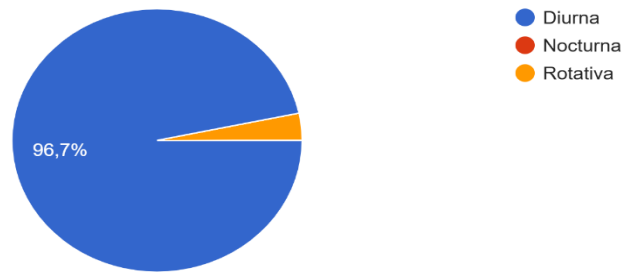
Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

El 80% presenta menos de un año de experiencia en el área, lo que sugiere alta rotación y posible inestabilidad laboral, factores que inciden en la exposición a riesgos musculoesqueléticos por falta de adaptación progresiva.

Figura 5

Tipo de jornada

¿Qué tipo de jornada laboral cumple habitualmente?
30 respuestas



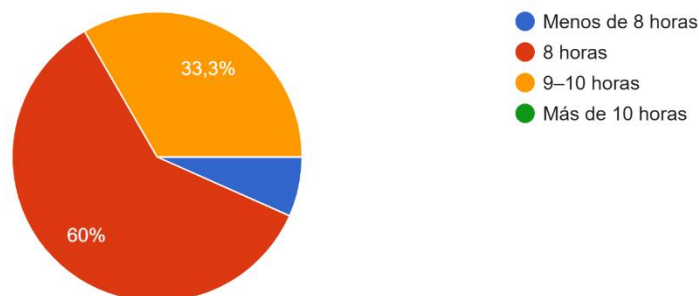
Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

El 96,7% cumple jornadas diurnas, y el 3,3% rotativas. La ausencia de turnos nocturnos no elimina la exposición a condiciones físicas exigentes en entornos agresivos.

Figura 6

Horas de trabajo promedio al día

¿Cuántas horas trabaja en promedio por día?
30 respuestas



Fuente: Elaboración propia con base en encuesta aplicada (DocsTests, 2025)

El gráfico se puede observar que el 60% trabaja 8 horas diarias, mientras que el 33,3% reporta entre 9 y 10 horas. Este exceso de jornada en un tercio de la población incrementa el riesgo de fatiga y sobrecarga física.

Tabla 1
Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
Movimientos_repetitivos	3.32	.451	30
Esfuerzo físico	3.46	.469	30
Condiciones_climaticas_adversas	3.52	.470	30
Carga_horaria	2.39	.498	30
Fatiga_muscular	2.57	.534	30

Fuente: datos a partir de SPSS

Los resultados descriptivos evidencian que las condiciones climáticas adversas ($M = 3.52$), el esfuerzo físico ($M = 3.46$) y los movimientos repetitivos ($M = 3.32$) son los factores de riesgo ergonómico con mayor frecuencia reportada por los trabajadores, situándose entre las categorías "casi siempre" y "siempre" en la escala de Likert, lo que indica una exposición constante a estos elementos en sus jornadas laborales. En contraste, la carga horaria ($M = 2.39$) y la fatiga muscular ($M = 2.57$) presentaron promedios más bajos, reflejando una percepción moderada de estos riesgos. Las desviaciones estándar fueron relativamente bajas, lo que sugiere homogeneidad en las respuestas de la muestra. Estos hallazgos permiten identificar que el entorno físico y las exigencias mecánicas representan los principales riesgos ergonómicos en las actividades de trochas y plataformas de perforación.

Tabla 2

Correlaciones

		Movimientosrepetitivos	Esfuerzofísico	Condicionesclimaticasadversas	Cargahoraria	Fatigamuscular
Correlación de Pearson	Movimientosrepetitivos	1.000	.680	.624	.098	.410
	Esfuerzofísico	.680	1.000	.846	-.104	.053
	Condicionesclimaticasadversas	.624	.846	1.000	-.045	.125
	Cargahoraria	.098	-.104	-.045	1.000	.442
	Fatigamuscular	.410	.053	.125	.442	1.000
	Movimientosrepetitivos	.	.000	.000	.302	.012
Sig. (unilateral)	Esfuerzofísico	.000	.	.000	.292	.391
	Condicionesclimaticasadversas	.000	.000	.	.406	.255
	Cargahoraria	.302	.292	.406	.	.007
	Fatigamuscular	.012	.391	.255	.007	.
	Movimientosrepetitivos	30	30	30	30	30
N	Esfuerzofísico	30	30	30	30	30
	Condicionesclimaticasadversas	30	30	30	30	30
	Cargahoraria	30	30	30	30	30
	Fatigamuscular	30	30	30	30	30

Fuente: datos a partir de SPSS

Los resultados de la correlación de Pearson revelan asociaciones significativas entre varios factores de riesgo ergonómico. Se observa que los movimientos repetitivos se relacionan de manera positiva y significativa con el esfuerzo físico ($r = .680$) y las condiciones climáticas adversas ($r = .624$), lo que sugiere que, a mayor exigencia física o exposición a ambientes extremos, mayor es la frecuencia de movimientos repetitivos. Asimismo, existe una correlación moderada entre movimientos repetitivos y fatiga muscular ($r = .410$), indicando que estas tareas pueden contribuir al cansancio físico. El esfuerzo físico muestra una fuerte

asociación con las condiciones climáticas adversas ($r = .846$), lo cual evidencia que las condiciones ambientales extremas intensifican la carga física del trabajo. Por otro lado, la carga horaria se asocia moderadamente con la fatiga muscular ($r = .442$), lo que sugiere que jornadas prolongadas podrían incrementar el agotamiento físico. En conjunto, estos hallazgos reflejan una interacción estrecha entre las demandas físicas, ambientales y temporales del trabajo, que inciden directamente en la salud musculoesquelética de los trabajadores.

Tabla 3

Variables introducidas/eliminadas^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Fatiga_muscular, Esfuerzo-físico, Carga_horaria, Condicionesclimaticasadversas ^b	.	Introducir

a. Variable dependiente: Movimientos_repetitivos

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Fuente: datos a partir de SPSS

Con base en el análisis de regresión lineal, se observa que en el Modelo 1 se introdujeron las variables fatiga muscular, esfuerzo físico, carga horaria y condiciones climáticas adversas como posibles predictores de la variable dependiente movimientos repetitivos. No se eliminaron variables del análisis, lo cual indica que todas las consideradas fueron incluidas en el modelo.

Esto significa que el objetivo del análisis fue determinar en qué medida estos factores explican la presencia de movimientos repetitivos en los trabajadores de trochas y plataformas de perforación. De acuerdo con los resultados de correlación, el esfuerzo físico mostró una asociación significativa con los movimientos repetitivos ($r = 0.680$; $p < 0.001$), lo que sugiere que podría tener un peso importante dentro del modelo. Por el contrario, variables como la carga horaria mostraron una baja correlación ($r = 0.098$; $p > 0.05$), lo que podría indicar una

menor relevancia como predictor. Para confirmar esto, será necesario revisar los coeficientes de regresión y los niveles de significancia estadística de cada variable dentro del modelo.

Tabla 4
Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	.778 ^a	.605	.542	.306	.605	9.568	4	25	.000

a. Variables predictoras: (Constante), Fatiga_muscular, Esfuerzo_físico, Carga_horaria, Condiciones_climaticas_adversas

b. Variable dependiente: Movimientos_repetitivos

Fuente: datos a partir de SPSS

El modelo de regresión lineal múltiple permitió analizar la influencia conjunta de las variables independientes fatiga muscular, esfuerzo físico, carga horaria y condiciones climáticas adversas sobre la variable dependiente movimientos repetitivos. El coeficiente de determinación obtenido ($R^2 = 0.605$) indica que el 60.5 % de la variabilidad en la presencia de movimientos repetitivos puede ser explicada por las variables incluidas en el modelo, lo que representa un nivel de explicación considerable dentro del contexto ergonómico laboral. El valor de R^2 ajustado (0.542), que toma en cuenta el tamaño muestral y el número de predictores, confirma la solidez del modelo sin evidencia de sobreajuste.

Asimismo, el coeficiente de correlación múltiple ($R = 0.778$) evidencia una asociación positiva fuerte entre las variables predictoras y la variable dependiente, mientras que el error típico de la estimación (0.306) sugiere una dispersión baja de los residuos, lo que refuerza la precisión del modelo para estimar los niveles de exposición a movimientos repetitivos.

En cuanto a los estadísticos de significancia, el análisis de varianza (ANOVA) indica que el modelo es globalmente significativo ($F = 9.568$; $p < 0.001$), lo que valida la inclusión de las variables predictoras y confirma que al menos una de ellas contribuye de forma significativa a explicar la variabilidad del fenómeno estudiado. Estos resultados respaldan la utilidad del

modelo para comprender la interacción entre los factores ergonómicos evaluados y su impacto en la salud musculoesquelética de los trabajadores.

Tabla 5

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	3.574	4	.893	9.568	.000 ^b
Residual	2.335	25	.093		
Total	5.908	29			

a. Variable dependiente: Movimientos_repetitivos

b. Variables predictoras: (Constante), Fatiga_muscular, Esfuerzo_físico, Carga_horaria, Condiciones climáticas adversas

Fuente: datos a partir de SPSS

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado al modelo de regresión lineal múltiple reveló que las variables independientes: fatiga muscular, esfuerzo físico, carga horaria y condiciones climáticas adversas, explican de manera significativa la variación observada en los movimientos repetitivos ($F = 9.568$; $p = 0.000$). Este hallazgo confirma la validez general del modelo, indicando que al menos una de las variables predictoras tiene un efecto estadísticamente relevante sobre la variable dependiente. La suma de cuadrados correspondiente a la regresión (3.574) representa una proporción considerable de la variabilidad total (5.908), mientras que la varianza no explicada por el modelo (2.335) es relativamente baja. En consecuencia, se concluye que los factores incluidos en el análisis contribuyen de forma significativa a la comprensión de la aparición de movimientos repetitivos en el entorno laboral estudiado.

Tabla 6

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típ.	Beta			Tolerancia	FIV
(Constante)	.272	.550		.494	.626		
1 Esfuerzo físico	.583	.229	.606	2.543	.018	.279	3.590
1 Condiciones climáticas adversas	.063	.229	.065	.274	.786	.277	3.610
Carga horaria	.001	.128	.001	.009	.993	.788	1.269
Fatiga muscular	.313	.120	.370	2.600	.015	.782	1.280

a. Variable dependiente: Movimientos repetitivos

Fuente: datos a partir de SPSS

El análisis de los coeficientes de regresión evidenció que las variables esfuerzo físico y fatiga muscular tienen una influencia positiva y significativa sobre los movimientos repetitivos ($p = 0.018$ y $p = 0.015$, respectivamente), siendo el esfuerzo físico el factor con mayor peso explicativo ($Beta = 0.606$). En contraste, las variables condiciones climáticas adversas y carga horaria no mostraron una relación estadísticamente significativa con la variable dependiente ($p > 0.05$), lo que sugiere una contribución limitada dentro del modelo. Además, los valores de tolerancia y FIV se encuentran dentro de rangos aceptables, lo que indica que no existe multicolinealidad entre los predictores y que el modelo es estadísticamente confiable.

Tabla 7

Diagnósticos de colinealidad^a

Modelo	Dimensión	Autovalores	Índice de condición	Proporciones de la varianza				
				(Constante)	Esfuerzo físico	Condiciones climáticas adversas	Carga horaria	Fatiga muscular
1	1	4.921	1.000	.00	.00	.00	.00	.00
	2	.046	10.355	.00	.02	.02	.26	.13
	3	.022	14.856	.01	.00	.00	.54	.85
	4	.008	24.845	.98	.05	.07	.20	.01
	5	.003	43.653	.01	.93	.92	.00	.01

a. Variable dependiente: Movimientos repetitivos

Fuente: datos a partir de SPSS

El diagnóstico de colinealidad evidenció la presencia de colinealidad severa entre las variables esfuerzo físico y condiciones climáticas adversas, reflejada en un índice de condición elevado (43.653) y en proporciones de varianza superiores al 90 % compartidas en una misma dimensión. Esta situación indica que ambas variables están altamente correlacionadas y aportan información redundante al modelo, lo cual puede afectar la precisión y estabilidad de los coeficientes de regresión. Aunque esto no invalida el modelo, sugiere la necesidad de considerar ajustes, como la depuración de predictores o el uso de técnicas de reducción de dimensionalidad, para mejorar la interpretación y robustez del análisis.

Tabla 8

Estadísticos sobre los residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N
Valor pronosticado	2.32	3.75	3.32	.351	30
Residual	-.570	.617	.000	.284	30
Valor pronosticado tip.	-2.828	1.241	.000	1.000	30
Residuo típ.	-1.867	2.018	.000	.928	30

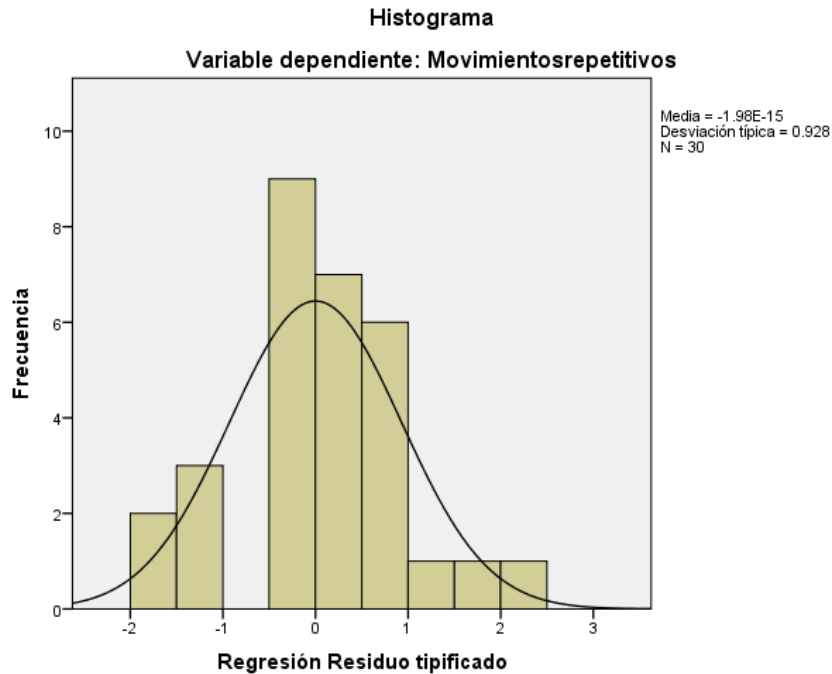
a. Variable dependiente: Movimientos repetitivos

Fuente: datos a partir de SPSS

Los estadísticos de los residuos indican que el modelo de regresión presenta un buen ajuste, ya que los valores pronosticados tienen una media (3.32) muy cercana al valor real promedio de la variable dependiente, con una dispersión moderada. Los residuos, que representan la diferencia entre los valores observados y los estimados, tienen una media igual a cero y un rango estrecho (de -0.570 a 0.617), lo que sugiere ausencia de sesgo sistemático. Además, los residuos tipificados se encuentran dentro del rango aceptable (entre -1.867 y 2.018), lo cual indica que no existen valores atípicos significativos y que el modelo cumple con los

supuestos de normalidad y homogeneidad de los errores, reforzando la confiabilidad de las estimaciones obtenidas.

Figura 7



Fuente: datos a partir de SPSS

El histograma de los residuos tipificados en la regresión aplicada a la variable movimientos repetitivos muestra una distribución aproximadamente normal, con la mayoría de los valores centrados en torno a cero y una media cercana a cero ($-1.98E-15$), lo que indica ausencia de sesgo sistemático en las predicciones del modelo. La desviación típica de los residuos (0.928) se aproxima a 1, lo cual es esperable en residuos estandarizados y sugiere que los errores se mantienen dentro de un rango aceptable. Se observa una ligera asimetría hacia la derecha, con algunos valores entre 2 y 3 desviaciones estándar, lo que podría indicar la presencia de casos atípicos o trabajadores con una mayor frecuencia de movimientos repetitivos de lo previsto por el modelo.

En términos generales, la distribución observada cumple con el supuesto de normalidad de los errores, lo cual es fundamental para validar las inferencias del modelo de regresión. Sin embargo, la presencia de residuos extremos en los límites del rango sugiere que podrían

existir otros factores no considerados en el modelo que también influyen sobre la variable dependiente. Estos resultados respaldan la consistencia del ajuste del modelo, aunque también plantean la necesidad de seguir explorando variables adicionales que puedan mejorar la precisión del análisis.

Discusión

Los hallazgos obtenidos en esta investigación permiten exponer principios fundamentales sobre la relación entre los factores de riesgo ergonómico y la aparición de lesiones musculoesqueléticas en contextos laborales físicamente exigentes. En primer lugar, se confirma que la exposición continua a movimientos repetitivos, esfuerzo físico elevado y condiciones climáticas adversas constituyen los principales elementos que afectan la salud musculoesquelética de los trabajadores en trochas y plataformas de perforación.

El modelo de regresión lineal múltiple reveló que el esfuerzo físico ($\beta = 0.606$; $p = 0.018$) y la fatiga muscular ($\beta = 0.370$; $p = 0.015$) son predictores significativos de la frecuencia de movimientos repetitivos, explicando conjuntamente el 60.5% de la variabilidad de esta variable. Esto valida la hipótesis de que un entorno de trabajo con elevadas demandas biomecánicas conlleva a patrones repetitivos que, a su vez, predisponen a lesiones musculares. Esta conclusión es congruente con la teoría biomecánica (Pompilio & Alonso, 2024), que postula que las exigencias físicas mal gestionadas generan daño estructural acumulativo en el sistema musculoesquelético.

Sin embargo, también se identificaron excepciones y aspectos no resueltos. Las variables “condiciones climáticas adversas” y “carga horaria” no mostraron una relación significativa directa con los movimientos repetitivos en el modelo de regresión, a pesar de haber evidenciado correlaciones moderadas con otras variables. Esto podría deberse a una alta colinealidad, como lo indica el índice de condición (43.653), que sugiere redundancia entre predictores como esfuerzo físico y condiciones ambientales extremas. Asimismo, se observó una ligera asimetría en la distribución de los residuos, lo cual sugiere que podrían existir factores no considerados en el modelo, tales como el estado de salud previo del trabajador, el diseño del puesto de trabajo o elementos psicosociales.

Los resultados se alinean con investigaciones previas, como la de (Moreno Campos, 2024), quien identificó posturas forzadas y manipulación de cargas como factores clave de riesgo disergonómico en contextos mineros. Del mismo modo, (Yover Primitivo, 2023) y (Chinga Munetes, 2021) hallaron una alta prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en entornos similares, donde las tareas repetitivas y la sobrecarga física son predominantes. La coincidencia de estos estudios con el presente trabajo refuerza la validez externa de los hallazgos.

Desde una perspectiva teórica, los resultados respaldan la teoría de la carga acumulada y del sobreesfuerzo propuestas por Kumar (2001), las cuales sostienen que el trabajo físico repetitivo y exigente genera fatiga muscular y daño estructural si las capacidades del trabajador son superadas. Igualmente, los resultados empíricos apoyan la necesidad de aplicar los principios de la teoría biomecánica para rediseñar tareas y reducir riesgos mediante ergonomía proactiva.

Las aplicaciones prácticas de estos resultados son múltiples. Se recomienda implementar programas de rotación de tareas, pausas activas, capacitación en levantamiento seguro de cargas y rediseño de herramientas y estaciones de trabajo en zonas agrestes. Además, es vital reforzar la vigilancia médica y la evaluación ergonómica continua, especialmente en poblaciones con alta rotación y bajo nivel de instrucción, como evidenció esta muestra (el 80% tenía menos de un año de experiencia y el 73.3% solo educación secundaria).

En síntesis, el presente estudio demuestra que los movimientos repetitivos son el resultado de un entorno físico laboral exigente, en el cual el esfuerzo físico y la fatiga muscular juegan un papel central. Aunque las condiciones climáticas adversas y la carga horaria no fueron predictoras significativas directas, sí contribuyen de manera indirecta a la complejidad del riesgo ergonómico, lo que sugiere la necesidad de estudios más amplios con mayor tamaño muestral y evaluación de variables adicionales. Las pruebas estadísticas, como el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.605$) y el valor significativo del modelo ($p < 0.001$), respaldan la robustez de estas conclusiones.

Conclusiones

Los hallazgos de este estudio confirman que los factores de riesgo ergonómico, especialmente el esfuerzo físico y la fatiga muscular, juegan un papel determinante en la aparición de movimientos repetitivos, los cuales a su vez están estrechamente vinculados con el desarrollo de lesiones musculoesqueléticas en trabajadores de trochas y plataformas de perforación. La fuerte asociación estadística entre estas variables pone en evidencia la necesidad de fortalecer las condiciones ergonómicas en entornos laborales físicamente exigentes, a fin de proteger la salud musculoesquelética de los trabajadores.

Aunque variables como la carga horaria y las condiciones climáticas adversas no mostraron una relación significativa directa con los movimientos repetitivos dentro del modelo predictivo, sí evidenciaron correlaciones moderadas con otros factores, lo que sugiere que su impacto podría ser indirecto. Esto indica que su evaluación no debe ser descartada y que su influencia puede ser más compleja, especialmente en escenarios de alta demanda física y poca estabilidad laboral.

Dado que el modelo de regresión explicó más del 60 % de la variabilidad en los movimientos repetitivos, se recomienda implementar programas preventivos centrados en la gestión del esfuerzo físico y la fatiga muscular. Estos programas deben incluir capacitación ergonómica, rotación de tareas, pausas activas y rediseño de herramientas o procesos. Además, se considera fundamental incorporar estrategias más integrales que consideren factores organizacionales, condiciones climáticas y jornadas laborales, con el objetivo de mejorar el bienestar físico de los trabajadores y, en consecuencia, su desempeño y productividad en el campo. La aplicación efectiva de estas medidas también contribuirá a reducir los riesgos de lesiones a largo plazo y a elevar la calidad del trabajo en sectores operativos de alto desgaste físico.

Referencias bibliográficas

Chulde Montalvo, E. K. (2023). AFECTACIONES A LA SALUD DE TIPO OSTEOMUSCULAR DE ORIGEN LABORAL EN LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA BE BRAND CIA. LTDA. Obtenido de



file:///C:/Users/Johana/Downloads/PG%201491%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf

- Ibache Araya, J. (s.f.). PERCEPCIÓN DE ESFUERZO FÍSICO MEDIANTE USO DE ESCALA DE BORG. *Departamento Salud Ocupacional Instituto de Salud Pública de Chile*, 10. Obtenido de https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota_T%C3%A9cnica_BORG%20_140819%20%282%29_pdf.pdf
- Agila-Palacios, E., Colunga-Rodríguez, C., González-Muñoz, E., & Delgado-García, D. (2014). Síntomas Músculo-Esqueléticos en Trabajadores Operativos del. *Ciencia & Trabajo*. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/cyt/v16n51/art12.pdf>
- Brough, P., Biggs, A., & Barbour, J. (2021). Improving the physical health of workers: The role of physical workload and recovery. *Journal of Occupational Health Psychology*, 26(1), 26-33. doi:<https://doi.org/10.1037/ocp0000276>
- Chinga Munetes, E. (2021). Factores de riesgos ergonómicos por posturas forzadas y. *UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO*, 61. Obtenido de <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2132/1/CHINGA%20MUNETES%20EDER%20ISRAEL%20%283%29.pdf>
- do Carmo Cruz RobazziI, M., Chaves Mauro, M. Y., Marchi Barcellos DalriI, R., da Silva, L., de Oliveira Secco, I., & Pedrão, L. (2010). Exceso de trabajo y agravios mentales a los trabajadores de la salud. *Revista Cubana de Enfermería*, 26(1), 52-64. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/enf/v26n1/enf09110.pdf>
- Márquez Gómez, M. (2015). Modelos teóricos de la causalidad de los trastornos musculoesqueléticos. pág. 19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215047422009.pdf>
- Moreno Campos, B. (2024). Riesgos disergonómicos que inciden en la salud de. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO*, 91. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1d412f43-23d6-4edd-90dd-984782a0b02c/content>
- Pompilio, T. T., & Alonso, B. L. (2024). ERGONOMÍA Y BIOMECÁNICA:FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL DISEÑO DE



PUESTOS DE TRABAJO SEGUROS Y SALUDABLES. *Ciencia latina*

Internacioanl, pág. 17. Obtenido de file:///C:/Users/JOHANA-

RIVADENEIRA/Downloads/Dialnet-ErgonomiaYBiomecanica-9742364.pdf

RAMÍREZ LIRA, C. P. (2024). *INDICADORES DE VULNERABILIDAD:*

HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA SENSIBILIDAD CLIMÁTICA

EN LA GRAN MINERÍA DEL COBRE CHILENA. Obtenido de

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/204133/Indicadores-de-vulnerabilidad-herramienta-para-la-evaluacion-de-la-sensibilidad-climatica-en-la-gran-mineria-del-cobre-chilena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, E. (2016). El clima organizacional presente en una empresa de servicio. *Revista Educación en Valores*, 1(25).

Yover Primitivo, L. (2023). EVALUACIÓN ERGONÓMICO SEGÚN PUESTOS DE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, 77. Obtenido de

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10126/T010_42365091_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y



Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

