

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
AREA DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS MÉDICAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD DE LOS TRABAJADORES Y DEL AMBIENTE
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL



UNAN - León
FUNDADA EN 1812

Proyecto de Graduación
para optar al título de:
MASTER EN SALUD OCUPACIONAL

Plan de intervención para reducir los riesgos laborales por calor en una mina de oro

AUTOR:

Dr. Julio César Mejía Rojas

TUTOR:

Prof. Luis E. Blanco Romero

PhD. Medicina laboral

Octubre, 2024

2024: 45/19: La Patria, La Revolución

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEÓN
AREA DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS MÉDICAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN SALUD DE LOS TRABAJADORES Y DEL AMBIENTE
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL



UNAN - León
FUNDADA EN 1812

Proyecto de Graduación
para optar al título de:
MASTER EN SALUD OCUPACIONAL

Plan de intervención para reducir los riesgos laborales por calor en una mina de oro

AUTOR:

Dr. Julio César Mejía Rojas

TUTOR:

Prof. Luis E. Blanco Romero

PhD. Medicina laboral

Octubre, 2024

2024: 45/19: La Patria, La Revolución

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO I. DIAGNÓSTICO	6
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	6
1.2 OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
METODOLOGÍA	10
Diseño del Estudio	10
Área de Estudio	10
Población de Estudio.....	10
Instrumentos de Recolección de Datos.....	10
Procedimiento de Recolección de Datos.....	10
Variables a estudiar.....	11
Análisis Estadístico	12
Aspectos éticos.....	12
1.4 RESULTADOS	13
1.5 DISCUSIÓN	18
1.6 CONCLUSIONES	21
CAPITULO II PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	22
2.3 MATRIZ DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN	23
2.4 PRESUPUESTO	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS	31
Carta solicitud Plan de Intervención	31

INTRODUCCIÓN

La minería es una de las industrias más fundamentales para el desarrollo económico de muchos países, incluyendo Nicaragua, que posee importantes yacimientos de minerales preciosos como el oro. Sin embargo, este sector también está asociado con numerosos riesgos ocupacionales debido a las condiciones ambientales extremas y la naturaleza del trabajo. Uno de los riesgos más significativos es la exposición al calor, que puede tener graves implicaciones para la salud y seguridad de los trabajadores (1). El estrés térmico es un problema crítico en muchas operaciones mineras, especialmente en regiones tropicales como el occidente de Nicaragua, donde las temperaturas pueden ser extremadamente altas.

El estrés térmico se produce cuando el cuerpo no puede mantener su temperatura interna dentro de un rango seguro debido a factores externos como la temperatura ambiental elevada, la humedad, la radiación solar y la actividad física intensa (2). En el contexto de una mina de oro, los trabajadores están expuestos a condiciones de calor extremo debido a la combinación de factores ambientales y el calor generado por maquinaria pesada y procesos industriales (3). La exposición prolongada al calor puede llevar a una serie de problemas de salud, incluyendo agotamiento por calor, golpe de calor, deshidratación, y otras enfermedades relacionadas con el calor (4). Estos problemas no solo afectan la salud y bienestar de los trabajadores, sino que también pueden disminuir la productividad y aumentar el riesgo de accidentes laborales (5).

El agotamiento por calor y el golpe de calor son dos de las formas más graves de estrés térmico. El agotamiento por calor se caracteriza por síntomas como sudoración profusa, debilidad, mareos, náuseas y deshidratación. Si no se trata adecuadamente, puede progresar a un golpe de calor, una condición potencialmente fatal que requiere atención médica inmediata. El golpe de calor ocurre cuando la temperatura corporal supera los 40°C, lo que puede causar daño a los órganos internos, convulsiones, y pérdida de consciencia (6). La prevención y manejo del estrés térmico son cruciales para proteger la salud de los trabajadores mineros y asegurar un ambiente de trabajo seguro.

Las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT) establecen límites para la exposición al calor y proporcionan recomendaciones para la protección de los trabajadores en ambientes calurosos. Según la OMS, la exposición a temperaturas elevadas debe ser controlada mediante la implementación de medidas como la ventilación adecuada, la provisión de agua potable, y la organización de descansos regulares en áreas frescas (7). La OIT también enfatiza la importancia de la educación y la formación de los trabajadores para reconocer los signos del estrés térmico y tomar medidas preventivas (8).

En Nicaragua, la normativa sobre salud y seguridad ocupacional establece límites de exposición al calor y proporciona directrices para la protección de los trabajadores en ambientes calurosos (9). Sin embargo, es esencial realizar estudios específicos en cada lugar de trabajo para evaluar las condiciones reales y verificar el cumplimiento de estas normativas. Este protocolo de investigación tiene como objetivo evaluar el estrés térmico en una mina de oro en el occidente de Nicaragua y su impacto en la salud de los trabajadores. Al medir de manera sistemática las condiciones térmicas y analizar su relación con la salud, se espera obtener una comprensión integral de las condiciones actuales.

El área de estudio abarcará todas las secciones de la mina, desde las áreas de extracción hasta las plantas de procesamiento. Cada una de estas áreas presenta desafíos únicos en términos de exposición al calor, y es fundamental evaluarlas exhaustivamente para obtener una visión completa del problema. La metodología incluirá el uso de equipos de medición avanzados para registrar las condiciones térmicas y la revisión de expedientes médicos para evaluar el impacto en la salud de los trabajadores.

Este estudio no solo tiene la intención de identificar y cuantificar los riesgos asociados con el estrés térmico, sino también de desarrollar recomendaciones prácticas y efectivas para mitigarlos. Los resultados de este estudio contribuirán a la mejora de la gestión de riesgos ocupacionales en la industria minera, protegiendo la salud de los trabajadores y promoviendo prácticas laborales más seguras y sostenibles.

CAPITULO I. DIAGNÓSTICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Este trabajo se realizará en una de las principales minas de oro del país, la cual de aquí en adelante por compromisos con la empresa llamaremos La Mina. En La Mina se extrae y procesa oro. El área de explotación minera es de 1,200 hectáreas, con un rendimiento anual de alrededor de 500,000 toneladas y una recuperación histórica del 94 al 95 %.

La Mina emplea a un total de 495 trabajadores, de ellos 402 son operativos y 93 administrativos. Del grupo operativo, el 95% son varones, siendo la edad promedio de 40 años y la antigüedad promedio de 15 años, lo que indica un buen nivel de estabilidad laboral.

A continuación, se describen los principales procesos de producción de oro en La Mina:

1. Exploración y Prospección: se realizan estudios geológicos y de prospección antes de comenzar la extracción para identificar las áreas con mayor concentración de oro. La perforación de sondajes y el análisis de muestras de roca son parte de esto. Durante la exploración y prospección, los trabajadores suelen estar expuestos al sol y a altas temperaturas durante largos períodos, especialmente en la temporada seca.

2. Extracción del Mineral: La mina emplea principalmente la minería subterránea, que requiere túneles y galerías para acceder a los yacimientos de oro. La siguiente es la forma en que se lleva a cabo esta técnica, que es adecuada para vetas profundas:

- **Perforación y voladura:** Para fracturar el mineral y facilitar su extracción, se perforan agujeros en la roca donde se colocan explosivos.
- **Carga y Transporte:** Los camiones y los sistemas de transporte subterráneo recogen y transportan el material fragmentado a la superficie. El ruido en las galerías subterráneas es significativamente causado por el uso de maquinaria pesada como camiones, cargadores y sistemas de transporte subterráneo.

Las tareas de perforación, voladura y transporte de material requieren un esfuerzo físico significativo, lo que puede exacerbar los efectos del calor. En las minas subterráneas, la falta de ventilación adecuada puede resultar en ambientes calurosos. El uso de maquinaria y equipos genera calor adicional, aumentando la temperatura en las galerías subterráneas.

3. Procesamiento del Mineral: Después de extraer el mineral, se procesa para separar el oro del resto del material. Los siguientes son los pasos principales del procesamiento:

- a) **Trituración y Molienda:** Durante la trituración, el mineral se tritura en rocas más pequeños utilizando trituradoras. Luego, estas rocas pequeñas se muelen en molinos de bolas o molinos SAG (semiautógenos) hasta convertirse en polvo fino. Las áreas donde se llevan a cabo la trituración y molienda pueden acumular calor debido a la operación continua de maquinaria pesada. La falta de ventilación adecuada puede agravar este problema.
- b) **Concentración:** En momentos específicos, se usan jigs o mesas de sacudidas para concentrar el oro, utilizando la diferencia de densidad que tiene con otros minerales. En algunos casos, la flotación se utiliza para distinguir el oro de otros sulfuros que se encuentran en el mineral. Los equipos de concentración, como mesas de sacudidas y celdas de flotación, generalmente operan en espacios cerrados que pueden calentarse con rapidez, especialmente con equipos eléctricos en funcionamiento.
- c) **Lixiviación con cianuro:** una solución de cianuro se mezcla con el polvo de mineral, lo que hace que el oro se disuelva. El oro disuelto en solución de cianuro se adsorbe en carbón activado o resinas especiales. Algunas reacciones químicas en los procesos de lixiviación pueden generar calor adicional, aumentando la temperatura ambiental en las áreas de procesamiento.
- d) **Desorción y recuperación:** Se utiliza una solución caliente para desorber el oro que se ha adsorbido en el carbón activado. El oro se deposita en cátodos a través de un proceso electroquímico que se realiza con una solución rica en oro. Los lingotes de oro puro se obtienen fundiendo el oro depositado. La fundición del oro requiere altas temperaturas, exponiendo a los trabajadores a un calor intenso. Las

áreas de electro obtención también pueden ser calurosas debido a los equipos eléctricos en funcionamiento.

En cuanto a la protección y salud de los empleados, existe un encargado de seguridad e higiene, quien está bajo la supervisión de la Gerencia General. Este encargado se encarga de la distribución, aplicación, capacitación y supervisión en el uso de equipos de protección personal y procedimientos de trabajo. De esta manera, se garantizan los exámenes médicos de los empleados (pre-empleo, periódico y de reintegro al trabajo) y el cumplimiento de la normativa vigente. Además, se contrata a una empresa cada año para realizar evaluaciones de riesgo de acuerdo con la legislación nicaragüense.

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de intervención para disminuir el riesgo por estrés térmico (calor) en una mina de oro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Medir las condiciones térmicas en diferentes áreas de la mina.
2. Identificar los problemas de salud relacionados con el estrés térmico entre los trabajadores.
3. Proponer medidas de control y mejoras que reduzcan los riesgos asociados al calor.

METODOLOGÍA

Diseño del Estudio

Este estudio es observacional descriptivo transversal. Se recolectaron datos cuantitativos para evaluar las condiciones térmicas y su impacto en la salud de los trabajadores.

Área de Estudio

El área de estudio incluyó todas las secciones operativas de la mina de oro, desde las áreas de extracción hasta las plantas de procesamiento del mineral.

Población de Estudio

La población de estudio incluyó a todos los trabajadores operativos de la mina, que suman aproximadamente 402 personas. La selección de los trabajadores se realizó de acuerdo con la estrategia de medición tal y como se describe más abajo en el acápite correspondiente.

Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de los datos se diseñó una ficha que considera: datos generales del trabajador, niveles de estrés térmico en el puesto de trabajo, medidas de protección en el puesto y resultados del chequeo médico relacionados con el riesgo cardiovascular.

Procedimiento de Recolección de Datos

Medición de Estrés Térmico:

Para el estudio de los niveles de exposición a estrés térmico, primeramente, se identificaron los puestos de trabajo a evaluar por área de proceso: extracción, trituración y molienda, planta de procesamiento, mantenimiento. Para esto se realizaron recorridos por las diferentes áreas y puestos de trabajo, identificando los diferentes lugares donde desarrollan sus actividades.

Una vez identificados los puntos de medición (puestos de trabajo) dentro de cada área, se procedió a realizar las mediciones de los niveles de calor. En la medición se aplicó el método establecido en la Resolución Ministerial sobre Higiene Industrial en los Lugares

de Trabajo (9), el cual establece que hay que determinar el índice de Temperatura de Globo Bulbo Húmedo (TGBH) y estimar la Carga Metabólica en función de las actividades que realizan los trabajadores. Esta última se estima en base a la proporción de tiempo de trabajo en determinadas posturas y movimientos, y el tipo de trabajo que realizan.

Para garantizar mayor representatividad de las mediciones en cuanto a exposición a calor, en cada punto de medición se realizaron 4 mediciones entre las 11:00 am y las 3:30 pm, y se tomó como valor medido al mayor valor obtenido.

Finalmente, se determinó el Límite Permitido de TGBH para la actividad realizada en el puesto de trabajo evaluado. De esta forma, se pudo comparar el valor de TGBH medido en el puesto de interés con el Límite Permitido para dicha actividad, tal y como se indica en la resolución ministerial referida. En la comparación se usó la siguiente ecuación:

$$\text{Estrés Térmico} = (\text{TGBH medido} / \text{TGBH permitido}) * 100$$

Si el valor del Índice es menor del 100% se concluye que los trabajadores del puesto evaluado no se encuentran expuestos a Estrés Térmico por calor. En caso de valores superiores al 100% significa que el índice de TGBH medido es mayor al permitido por lo que habría exposición a estrés térmico.

Para la medición se usó un Medidor de TGBH (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo) marca EXTECH modelo HT30, debidamente calibrado.

Revisión de los Expedientes Médicos:

Se revisaron los expedientes médicos de los trabajadores, en busca de presencia de enfermedades de tipo cardiovascular que pudieran relacionarse a la exposición a estrés térmico por calor. Para esto, se coordinó con el servicio médico de la mina.

Variables a estudiar

1. **Características generales del trabajador:** Sexo (Hombre/Mujer); Edad (años); Antigüedad en el puesto (años).

2. **Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo:** Medida en grados Celsius (°C).
3. **Índice de estrés térmico:** Razón entre el TGBH medido y el TGBH límite permitido para una actividad física (%).
4. **Problemas de Salud Relacionados con el Calor:** Diagnóstico médico de agotamiento por calor, golpe de calor, deshidratación, desequilibrio electrolítico.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos recolectados se realizó en Excel ® de Microsoft. Las variables categóricas se describieron con frecuencias y porcentajes, y las cuantitativas a través de media y desviación estándar. Los resultados se presentan en tablas y gráficos.

Aspectos éticos

Toda la propuesta ha sido consultada y consensuada con la dirección de Salud Ocupacional de la Empresa, quienes solicitaron explícitamente (ver carta en anexo) que el Trabajo de Finalización propusiera un Plan de intervención sobre los riesgos laborales por calor en la mina. Todos los datos sobre los trabajadores se tomaron del expediente médico del trabajador con la autorización de la dirección de la Clínica de la empresa. Los datos específicos de los trabajadores solo se usaron para interpretar el impacto del calor en su salud.

1.4 RESULTADOS

En la mina trabajan 402 personas, de las cuales 382 son hombres y 20 son mujeres (5.0%). Las mujeres solo realizan actividades administrativas. Los rangos de edades de estos trabajadores comprenden entre 28-67 años, prevaleciendo el grupo etario entre 33-47 años (66%), seguido de 48-52 años con (12.4%).

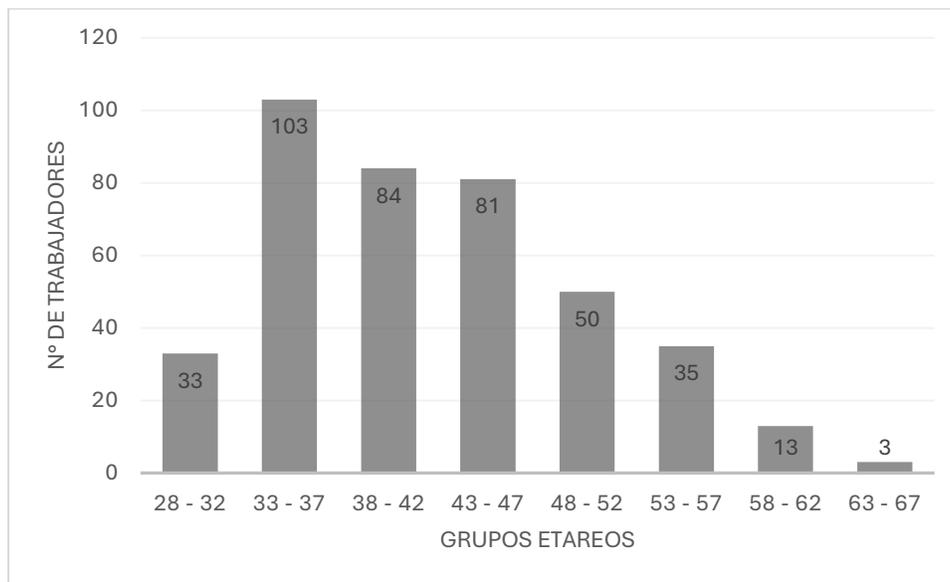


Gráfico 1. Distribución de las edades de los trabajadores.

Se evaluó un total de 42 puestos de trabajo en ocho etapas de producción y 4 áreas de apoyo. Los límites permisibles de TGBH establecidos para estas evaluaciones son de 28°C para la mayoría de los puestos, con algunas excepciones específicas como el geólogo y el topógrafo que tienen un límite permisible de 30.60°C. La comparación muestra que varios puestos superan o están muy cerca de alcanzar estos límites, lo que indica una necesidad urgente de intervención.

Por otro lado, los niveles de estrés térmico por calor se clasificaron según el impacto que puedan causar a la salud cardiovascular del trabajador expuesto: valor menor de 90% se consideró completamente seguro (valores en verde en la tabla 1); valores en el rango 90% a 110%, se consideraron con ligero riesgo debido a posibles sesgos de medición que pudieran surgir por la variabilidad entre días (en azul en la tabla 1); y los valores

mayores de 110% se consideraron inseguros (valores en rojo). La gran mayoría de los puestos evaluados resultó segura (76%). Solamente 10 puestos presentaron valores de TGBH con un ligero riesgo.

Los puestos de trabajo con Índices Críticos de Estrés Térmico son: **Perforación** (hasta el 98.6%), **Invernadero del Vivero** (99.2%) y **Áreas de Trituración y Electromecánica** (90.2%).

Tabla 1. Niveles de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH) por puesto de trabajo y los niveles de referencia usados en la evaluación.

N°	Puesto de trabajo	TGBH medido (°C)	TGBH permitido (°C)	Índice de Estrés Térmico (%)
EXPLORACIÓN				
1	Geólogo	27.60	30.60	90.2
2	Topógrafo, Ayudante de topógrafo	27.60	30.60	90.2
3	Ayudante general de exploración	23.80	30.60	77.8
PERFORACIÓN				
4	Perforista, ayudante de perforación	27.60	28.00	98.6
TRITURACIÓN				
5	Ayudante de proceso	25.64	28.00	91.6
MOLIENDA				
6	Operador de molino	23.94	28.00	85.5
7	Ayudante de proceso	22.75	28.00	81.3
ESPEZAMIENTO Y LIXIVIACIÓN				
8	Operador de espesamiento (agitadores)	24.15	28.00	86.3
9	Operador de espesamiento (bodega preparación de químicos)	22.60	28.00	80.7
10	Operador de lixiviación	24.38	28.00	87.1
ADR				
11	Operador de ADR	24.38	28.00	87.1
MANTENIMIENTO: OBRAS CIVILES				
12	Carpintero (área de ebanista)	24.40	28.00	86.3
13	Carpintero (área fabricación de estacas)	23.60	28.00	80.7
14	Albañil, fontanero	27.60	30.60	87.1
MANTENIMIENTO GENERAL				
15	Instrumentista (Molienda)	23.89	28.0	85.3
MANTENIMIENTO: PLANTEL MECÁNICO				
16	Mecánico soldador industrial (taller)	23.20	30.60	75.8

N°	Puesto de trabajo	TGBH medido (°C)	TGBH permitido (°C)	Índice de Estrés Térmico (%)
17	Mecánico soldador industrial (recorrido)	24.04	28.00	85.8
18	Mecánico soldador industrial (tritución)	27.60	30.60	90.2
19	Mecánico soldador industrial (molienda)	23.10	30.60	75.5
20	Mecánico soldador industrial (espesamiento y lixiviación))	25.40	30.60	83.0
21	Mecánico lubricador	24.04	28.00	85.8
22	Mecánico industrial, ayudante de mecánica industrial (recorrido)	24.04	28.00	85.8
23	Mecánico industrial, ayudante de mecánica industrial (tritución)	27.60	30.60	90.2
24	Mecánico industrial, ayudante de mecánica industrial (molienda)	23.10	30.60	75.5
25	Mecánico industrial, ayudante de mecánica industrial (espesamiento y lixiviación)	25.40	30.60	83.0
26	Mecánico industrial, ayudante de mecánica industrial (ADR)	24.20	30.60	85.8
27	Soldador (taller)	24.50	30.60	80.1
28	Soldador (recorrido)	24.04	28.00	85.8
29	Soldador (tritución)	27.60	30.60	90.2
30	Soldador (molienda)	23.10	30.60	75.5
31	Soldador (espesamiento y lixiviación)	25.40	30.60	83.0
32	Soldador (ADR)	24.20	30.60	79.1
MANTENIMIENTO ELÉCTRICO				
33	Electromecánico, ayudante de electromecánico (recorrido)	24.04	28.00	85.8
34	Electromecánico, ayudante de electromecánico (tritución)	27.60	30.60	90.2
35	Electromecánico, ayudante de electromecánico (molienda)	23.10	30.60	75.5
36	Electromecánico, ayudante de electromecánico (espesamiento y lixiviación)	25.40	30.60	83.0
37	Electromecánico, ayudante de electromecánico (ADR)	24.20	30.60	79.1
38	Electricista, ayudante de electricista (recorrido)	24.04	28.00	85.8
39	Electricista, ayudante de electricista (tritución)	27.60	30.60	90.2
40	Electricista, ayudante de electricista (molienda)	23.10	30.60	75.5

N°	Puesto de trabajo	TGBH medido (°C)	TGBH permitido (°C)	Índice de Estrés Térmico (%)
41	Electricista, ayudante de electricista (espesamiento y lixiviación)	25.40	30.60	83.0
42	Electricista, ayudante de electricista (ADR)	24.20	30.60	79.1
COCINA				
43	Cocinera	23.90	30.00	79.7
VIVERO				
44	Ayudante general (área de elaboración de Lpos)	23.40	30.60	76.5
45	Ayudante general (laborando en vivero)	23.60	26.70	88.4
46	Ayudante general (laborando en invernadero)	26.50	26.70	99.2

Del 2021 al 2023 han sucedido 32 accidentes relacionados al calor: 14, 10 y 8, respectivamente. Los trabajadores han solicitado consultas médicas por síntomas relacionados al calor en 14, 53 y 37 casos, durante el 2021, 2022 y 2023, respectivamente. Las principales enfermedades que presentaron los trabajadores debido a la exposición a calor se presentan en la tabla 2. La principal causa fue la deshidratación.

Tabla 2. Enfermedades relacionadas con exposición a calor que se diagnosticaron en el período 2021-2023.

Enfermedades por Calor	Año 2021	Año 2022	Año 2023
Agotamiento	1	0	0
Deshidratación	10	53	37
Desequilibrio electrolítico	4	0	0
Total	15	53	37

Los principales síntomas relacionados al calor que llevaron a consulta a los trabajadores durante el período 2021-2023, se presentan en la tabla 3. Las tres principales causas fueron: cefalea y mareo (36 casos); sensación de desmayo y cefalea (31 casos); cefalea y boca seca (10 casos); cefalea, mareo y visión borrosa (7 casos).

Tabla 3. Causas de consulta según síntomas relacionados a la exposición a calor durante el periodo 2021-2023.

Causas de consulta	2021	2022	2023	Total
Cefalea y mareo	5	20	11	36
Sensación de desmayo y cefalea	4	15	12	31
Cefalea y boca seca	0	6	4	10
Cefalea, mareo y visión borrosa	1	4	2	7
Cefalea, visión borrosa y orina poca y oscura	0	2	3	5
Cefalea, mareo y sed	0	3	2	5
Desmayo	0	3	2	5
Cefalea, debilidad muscular y calambre en miembros inferiores	4	0	0	4
Cefalea, zumbido en oídos y mareo	0	0	1	1
Total	14	53	37	

1.5 DISCUSIÓN

El análisis del índice TGBH (Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo) para evaluar el estrés térmico en La Mina revela que una proporción significativa de los puestos de trabajo está expuesta a niveles preocupantes de calor.

En minas de Sudáfrica, un estudio realizado por Wanyeki y Schutte (10) encontró que los niveles de TGBH en varias áreas de trabajo oscilaban entre 26°C y 32°C, con índices de estrés térmico superiores al 90% en áreas críticas como perforación y trituración. Estos valores son comparables a los encontrados en La Mina, donde los índices de estrés térmico en perforación y trituración también superan el 90%.

Igualmente, en minas de oro de Australia, Brake y Bates (11) reportaron índices de estrés térmico que variaban entre 85% y 95% en áreas de alto calor, con temperaturas de TGBH que frecuentemente excedían los 28°C. Los valores en nuestra evaluación reflejan una tendencia similar, con varios puestos alcanzando o superando el 90% del índice de estrés térmico, destacando que este problema es bastante común en operaciones mineras, especialmente de países tropicales.

En las minas de cobre en Chile, Pino y Gavilán (12) encontraron que las temperaturas de TGBH en áreas de perforación y molienda frecuentemente excedían los límites permisibles, con índices de estrés térmico que oscilaron entre 87% y 97%. Estos hallazgos son consistentes con los presentados aquí, donde los ayudantes de perforación y operadores de molino mostraron índices de estrés térmico de 98.6% y 85.5%, respectivamente.

Por otro lado, Ghosh et al. (13) investigaron el estrés térmico en minas de carbón subterráneas en India y reportaron que los trabajadores en áreas de perforación y manejo de materiales experimentaban índices de estrés térmico superiores al 90%. La situación es similar en nuestra evaluación, con índices altos en puestos de trabajo de perforación y procesamiento. También en minas de oro subterráneas en Ghana, Donoghue (14) encontró que las temperaturas de TGBH frecuentemente excedían los 28°C, con índices de estrés térmico que variaban entre 80% y 95%. Estos resultados reflejan un patrón

similar al encontrado en la mina de Nicaragua, destacando la consistencia del problema de estrés térmico en climas cálidos y operaciones mineras subterráneas.

En contraste, estudios en minas subterráneas de Canadá, como el realizado por Brake y Fulker (15), reportaron índices de estrés térmico generalmente más bajos, oscilando entre 70% y 85%, debido a las temperaturas ambientales más frías y mejores sistemas de ventilación. Esta diferencia subraya la influencia significativa del clima local y las tecnologías de mitigación disponibles en la experiencia de los trabajadores.

El número de diagnósticos de enfermedades por calor y las consultas por síntomas relacionados a la exposición al calor aumentaron significativamente en 2022 en comparación con 2021. Este aumento puede ser el resultado de varios factores, como el incremento en las temperaturas ambientales, condiciones laborales más extremas, o una mejora en la detección y el reporte de los casos.

La literatura actual apoya la relación entre altas temperaturas ambientales y un aumento en los casos de enfermedades por calor en sectores como la minería y la construcción. Un estudio realizado por Kjellstrom et al. (16) indica que las enfermedades por calor son comunes en ocupaciones donde los trabajadores están expuestos a altas temperaturas, y su incidencia tiende a aumentar durante olas de calor o periodos de calor extremo. Esto puede haber influido en el aumento de casos de deshidratación observados en 2022.

La deshidratación es una de las enfermedades más comunes asociadas a la exposición al calor, y los datos muestran que este fue el diagnóstico predominante en los tres años evaluados. La deshidratación se produce cuando el cuerpo pierde más líquidos de los que ingiere, lo cual es común en ambientes calurosos, particularmente en trabajos físicos intensos como los que se realizan en la minería (17). Los trabajadores pueden no estar ingiriendo suficiente agua o líquidos con electrolitos, lo que puede llevar a una rápida deshidratación, especialmente durante jornadas prolongadas bajo el calor.

Según Taylor et al. (18), la deshidratación reduce la capacidad del cuerpo para regular la temperatura y puede ser un precursor de otras condiciones más graves, como el agotamiento por calor y el golpe de calor. Esto refuerza la importancia de intervenciones

en el lugar de trabajo, como el acceso a agua potable y la promoción de pausas regulares para la rehidratación.

Los hallazgos reflejan un claro aumento en los casos de enfermedades relacionadas con la exposición al calor. La deshidratación fue el diagnóstico predominante, y la cefalea el síntoma más común entre los trabajadores. Estos resultados resaltan la importancia de las intervenciones preventivas, como la adecuada hidratación y la capacitación sobre los riesgos del calor. Además, el monitoreo continuo y las estrategias de adaptación podrían ser clave para prevenir futuros aumentos en las enfermedades por calor en ambientes laborales exigentes como la minería. La consistencia de los hallazgos en diferentes estudios subraya la necesidad de intervenciones efectivas en las minas en climas cálidos.

1.6 CONCLUSIONES

El análisis del índice TGBH en La Mina revela niveles significativos de estrés térmico en varios puestos de trabajo, comparables a los hallazgos en otras minas alrededor del mundo. La consistencia de los resultados subraya la importancia de implementar estrategias de mitigación efectivas para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores. Las medidas recomendadas deben incluir la mejora de la ventilación, descansos programados, provisión de hidratación adecuada, uso de ropa de trabajo apropiada y monitoreo continuo. La aplicación de estas estrategias puede reducir significativamente el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor y mejorar las condiciones laborales en La Mina.

CAPITULO II PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Reducir el impacto del estrés térmico en la salud de los trabajadores de la Mina.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Reducir la temperatura en las áreas críticas de trabajo.
2. Mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores.
3. Incrementar la conciencia y conocimiento sobre el estrés térmico entre los trabajadores.

2.3 MATRIZ DEL PROYECTO DE INTERVENCIÓN

Lógica de la intervención	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos claves
<u>Objetivo general</u>			
Reducir el impacto del estrés térmico en la salud de los trabajadores de la Mina.	Disminución en los casos reportados de enfermedades relacionadas con el calor.	<ul style="list-style-type: none"> Registros de salud ocupacional Reportes de seguridad laboral. 	Apoyo continuo de la Administración de la Mina
<u>Objetivos específicos:</u>			
1. Reducir la temperatura en las áreas críticas de trabajo.	Temperatura en áreas críticas reducida en al menos 5°C.	Lecturas de termómetros antes y después de la intervención.	Proveedores disponibles y confiables para equipos necesarios
2. Mejorar la salud y el bienestar de los trabajadores	Reducción en los casos de enfermedades relacionadas con el calor en un 30%.	Registros de salud ocupacional, encuestas de bienestar.	Disponibilidad de equipos de protección personal de calidad.
3. Incrementar la conciencia y conocimiento sobre el estrés térmico entre los trabajadores.	Mejora en los puntajes de encuestas de conocimiento sobre estrés térmico.	Encuestas pre y post capacitación.	Disponibilidad de instructores capacitados.
<u>Resultados Esperados</u>			
R1 Medidas de control ambiental para reducir la temperatura en áreas críticas implementadas.	Temperatura promedio en áreas críticas < 28°C.	<ul style="list-style-type: none"> Lecturas de termómetros Informes de monitoreo ambiental. 	Disponibilidad de recursos para la implementación.
R2 Equipos de protección personal (EPP) adecuados distribuidos.	100% de los trabajadores equipados con EPP adecuado.	<ul style="list-style-type: none"> Inventarios de EPP Registros de entrega y uso de EPP. 	Disponibilidad y acceso a EPP adecuados.

Lógica de la intervención	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos claves
R3 Programas de Capacitación de los trabajadores sobre los riesgos del estrés térmico y las medidas preventivas establecidos.	90% de los trabajadores capacitados.	<ul style="list-style-type: none"> Registros de asistencia a capacitaciones Encuestas de conocimiento. 	Alta participación y compromiso de los trabajadores
R4 Sistema de monitoreo y respuesta rápida para incidentes relacionados con el calor establecido.	Respuesta a incidentes en < 10 minutos.	<ul style="list-style-type: none"> Registros de incidentes Tiempos de respuesta documentados. 	Disponibilidad de recursos para la implementación.
ACTIVIDADES			
1.1.1. Instalación de sistemas de ventilación y enfriamiento en áreas críticas.	Número de sistemas de ventilación y enfriamiento instalados.	<ul style="list-style-type: none"> Informes de instalación, contratos con proveedores. 	Disponibilidad de tecnología adecuada y recursos financieros.
1.1.2. Implementación de áreas de descanso climatizadas.	Número de áreas de descanso climatizadas.	<ul style="list-style-type: none"> Informes de instalación, observaciones de uso. 	Espacios disponibles para la implementación.
2.1.1. Adquisición y distribución de EPP adecuado para el calor (ropa ligera, cascos con ventilación, etc.).	Número de equipos de EPP distribuidos.	<ul style="list-style-type: none"> Registros de adquisición y distribución de EPP. 	Disponibilidad de proveedores confiables de EPP.
3.1.1. Diseño e implementación de un programa de capacitación sobre estrés térmico.	Número de sesiones de capacitación realizadas.	<ul style="list-style-type: none"> Registros de asistencia, evaluaciones post capacitación. 	Disponibilidad de personal para capacitar y recursos educativos.
1.1.1 Establecimiento de un sistema de monitoreo de	Número de estaciones de monitoreo instaladas.	<ul style="list-style-type: none"> Informes de instalación y mantenimiento, 	Tecnología de monitoreo disponible y funcional.

Lógica de la intervención	Indicadores	Fuentes de verificación	Supuestos claves
temperatura y salud de los trabajadores.		registros de monitoreo.	
1.1.2 Desarrollo de protocolos de respuesta rápida para incidentes de estrés térmico.	Protocolos de respuesta rápida desarrollados y distribuidos.	<ul style="list-style-type: none"> Manuales de procedimiento, registros de entrenamiento en protocolos. 	Colaboración entre los departamentos de salud y seguridad.

2.4 PRESUPUESTO

Actividades	Recursos	Precio unitario (\$)	Unidades	Monto	Responsable	Fecha de realización	Rubro
R1 Medidas de control ambiental para reducir la temperatura en áreas críticas implementadas.							
1.1.1 Identificar áreas de la mina con temperaturas críticas.	Consultor	1,000	1	1,000	Gerente	01-01-25 al 31-01-25	
1.1.2 Adquirir e instalar sistemas de ventilación y enfriamiento.	Sistemas de ventilación y enfriamiento	5,000	2	10,000	Gerente	01-02-25 al 31-06-25	
1.1.3 Realizar monitoreos regulares de temperatura para evaluar la efectividad.	Personal técnico	600	3	16,200	Gerente SSL	01-03-25 al 31-12.25	
1.2.1 Crear áreas de descanso equipadas con sistemas de aire acondicionado o ventilación en puntos estratégicos de la mina.	Equipos de climatización, espacios adecuados.	3,000	5	15,000	Gerente	01-02-25 al 30-06-25	
Subtotal R1							42,200
R2 Equipos de protección personal (EPP) adecuados distribuidos.							

Actividades	Recursos	Precio unitario (\$)	Unidades	Monto	Responsable	Fecha de realización	Rubro
2.1.1 Evaluar las necesidades de EPP	Personal técnico	0.00		0.00	Gerente SSL	01-01-25 al 31-01-25	
2.1.2 Adquirir y distribuir ropa ligera, cascos con ventilación y otros equipos diseñados para condiciones de calor	Fondos para adquisición Proveedores de EPP.	100	200	20,000	Gerente	01-02-25 al 31-06-25	
Subtotal R2							20,000
R3 Programas de Capacitación de los trabajadores sobre los riesgos del estrés térmico y las medidas preventivas establecidos.							
3.1.1 Desarrollar materiales educativos.	Consultor Manuales	1,000	1	1,000	Gerente SSL	01-02-25 28-02-25	
3.1.2 Organizar sesiones de capacitación para todos los trabajadores	Consultor	200	1	600	Gerente SSL	01-03-25 al 31-06-25	
Subtotal R3							1,600
R4 Sistema de monitoreo y respuesta rápida para incidentes relacionados con el calor establecido.							
4.1.1 Instalar estaciones de monitoreo de temperatura en áreas clave.	Equipos de monitoreo	200	5	1,000	Gerente		

Actividades	Recursos	Precio unitario (\$)	Unidades	Monto	Responsable	Fecha de realización	Rubro
4.1.2 Implementar un sistema de monitoreo regular de la salud de los trabajadores.	Personal de salud.	0.00		0.00	Gerente SSL		
4.2.1 Crear y distribuir manuales de procedimiento para la respuesta rápida a incidentes de estrés térmico	Personal de salud y seguridad Manuales de procedimiento	0.00		0.00	Gerente SSL		
4.2.2 Capacitar al personal en el uso de estos protocolos.	Personal de salud y seguridad	0.00		0.00	Gerente SSL		
Subtotal R4							0.00
Total							63,800

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, Ryan., De, Souza, Euler. (2017). Heat stress management in underground mines. *International journal of mining science and technology*. doi: 10.1016/J.IJMST.2017.05.020
2. Parsons, K. (2014). *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance* (3rd ed.). CRC Press.
3. Victor, Fannam, Nunfam., Kwadwo, Adusei-Asante., Eddie, J., B., van, Etten., Kwasi, Frimpong., Kwasi, Frimpong., Jacques, Oosthuizen. (2021). Estimating the magnitude and risk associated with heat exposure among Ghanaian mining workers. *International Journal of Biometeorology*. doi: 10.1007/S00484-021-02164-3
4. Eugene, Benjamin, Meshi., S.S., Kishinhi., Simon, Mamuya., Matilda, Rusibamayila. Thermal Exposure and Heat Illness Symptoms among Workers in Mara Gold Mine, Tanzania. *Annals of global health*, (2018). doi: 10.29024/AOGH.2318
5. Paloma, Lazaro., Moe, Momayez. (2021). Heat Stress in Hot Underground Mines: a Brief Literature Review. doi: 10.1007/S42461-020-00324-4
6. Schulte, P. A., Bhattacharya, A., Butler, C. R., Chun, H., Jacklitsch, B., & Jacobs, T. (2016). Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(11), 847-865. <https://doi.org/10.1080/15459624.2016.1214277>
7. World Health Organization. (2008). *Protecting Workers' Health Series No. 5: Raising Awareness of Stress at Work in Developing Countries*. Retrieved from https://www.who.int/occupational_health/publications/en/
8. International Labour Organization. (2019). *Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work*. Retrieved from https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_711919/lang--en/index.htm

9. Ministerio del Trabajo (MITRAB). (2004) *Compilación de Ley y Normativas en Materia de Higiene y Seguridad del Trabajo (1993-2004)*.
10. Wanyeki, I., & Schutte, P. C. (2013). Heat stress management in underground mines. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 113(8), 653-661.
11. Brake, R. T., & Bates, G. P. (2002). Deep body temperature in miners in relation to environmental thermal conditions. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(5), 457-469.
12. Pino, J., & Gavilán, C. (2014). Occupational heat stress in mine workers: A case study in Chile. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 11(9), 581-590.
13. Ghosh, A. K., Bhattacharjee, A., & Chau, N. (2016). Relationships of working conditions and individual characteristics with occupational injuries: A case-control study in coal miners in India. *Journal of Occupational Health*, 58(5), 449-457.
14. Donoghue, A. M. (2004). Heat illness in the U.S. mining industry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(10), 1090-1095.
15. Brake, R. T., & Fulker, D. R. (1999). Practical applications of heat stress monitoring in the mining industry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41(9), 752-759.
16. Kjellstrom, T., et al. (2016). Heat, human performance, and occupational health: A key issue for the assessment of global climate change impacts. *Annual Review of Public Health*, 37, 97-112.
17. Epstein, Y., & Moran, D. S. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, 44(3), 388-398.
18. Taylor, N. A., et al. (2018). Thermoregulation in human heat adaptation. *Comprehensive Physiology*, 8(1), 99-127.

ANEXOS

Carta solicitud Plan de Intervención

León, 14 de junio del 2024

Dr. Francisco Aristides Corea García,
Jefe Médico Clínica TMSA.

Asunto: Respuesta a carta de Autorización.

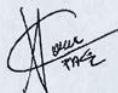
Estimado Dr. Julio César Mejía Rojas,

Queremos agradecerle por su interés en realizar su tesis para optar al título de Máster en Salud Ocupacional en nuestras instalaciones. Estamos dispuestos a brindarle todo el apoyo necesario para llevar a cabo su investigación. Sin embargo, nos gustaría solicitar su colaboración en la elaboración de un plan de intervención destinado a mitigar los efectos del calor en la salud de nuestros trabajadores.

Le otorgamos la autorización para llevar a cabo su tesis en nuestras instalaciones, siempre y cuando se comprometa a proporcionarnos el plan de intervención solicitado y a mantener la confidencialidad de los resultados obtenidos.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta adicional que pueda surgir durante el desarrollo de su investigación.

Atentamente,



Dr. Francisco Corea G.

Cc. Archivo