

Año 2026

**ANÁLISIS DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO, PARA LOS
TRABAJADORES DEL SERVICIO DE LIMPIEZA DE TANQUES DE
PETRÓLEO, EN UNA EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE
NEUQUÉN CAPITAL.**

Autor: Dr. Roel Pedro

Tutor: Dra. Charles Paula

Provincia de Neuquén

RESUMEN:

Este trabajo analiza el riesgo de estrés térmico en trabajadores de limpieza de tanques de petróleo en Neuquén. Una tarea manual que se realiza en espacios confinados durante jornadas diurnas que pueden durar meses. El objetivo principal es evaluar las medidas preventivas actuales y proponer mejoras ante las elevadas temperaturas de la región. El estudio se realizó en una empresa prestadora de servicios de la industria de hidrocarburos, que desempeñaba tareas en el yacimiento Chihuido de la Sierra Negra en Rincon de los Sauces.

Se realizó una evaluación de la actividad y del Equipo de Protección Personal de los trabajadores. Se analizó el procedimiento operativo de la compañía y el personal participó de una encuesta anónima. Los datos fueron procesados en Excel.

Los resultados revelaron oportunidades de mejora tanto en el procedimiento operativo como en una inducción o capacitación deficiente, así como exámenes periódicos mejorables.

Se concluye que la relevancia de una gestión adecuada del riesgo inicia con un procedimiento operativo revisado, ampliación de exámenes médicos, profundización de las capacitaciones y se sugiere eventuales inversiones a futuro en monitoreo continuo de signos vitales.

Palabras claves: estrés térmico, sobrecarga térmica, aclimatación, ergometría, equipo de protección personal.

Keywords: thermal stress, thermal overload, acclimatization, ergometry, personal protective equipment.

AGRADECIMIENTOS:

A mi curiosidad, de querer saber que hay detrás.

A mi esposa, quien apoya mi formación y facilita el entorno para que pueda dedicar el tiempo y concentración necesarios. Sin ella no hubiera sido posible.

A mis hijas, que son el combustible para seguir avanzando una vez que la curiosidad fue saciada, y aparece el peso de la responsabilidad.

A Natacha, que me mostro hacia donde caminar.

A Paula, que me empujo cuando el camino fue en subida.

A mis compañeros que me acompañan en el viaje.

INDICE:

1. INTRODUCCION	4
2. OBJETIVOS	6
3. MARCO TEORICO.....	7
4. METODOLOGIA.....	14
▪ Diseño.	
▪ Aspectos Éticos.	
▪ Descripción del lugar de estudio.	
▪ Descripción de la población de estudio.	
▪ Materiales e instrumento.	
5. RESULTADOS.....	20
6. DISCUSION.....	26
7. RECOMENDACIONES.....	28
8. CONCLUSIONES.....	29

1. INTRODUCCION:

Luego de la extracción del crudo de petróleo el mismo se almacena en tanques de varios miles de metros cúbicos de capacidad, para su posterior traslado a destilerías.

Eventualmente a lo largo de su vida útil, estos tanques requerirán de una limpieza tanto sea por mantenimiento o, siempre antes del desmantelamiento del tanque, para la descontaminación correspondiente previo a la disposición final.

Esta ardua tarea es realizada por trabajadores de forma manual la cual se realiza durante meses, en jornadas diurnas, durante todas las estaciones del año y dentro de lo que califica como espacio confinado.

En la región de vaca muerta existen múltiples empresas que prestan servicio para dicha actividad, utilizando el puesto de Asistente de Tareas Generales (ATG) como rol principal para realizar la tarea.

De la exploración en campo se observó que las medidas en general antes del ingreso del personal a espacio confinado, constan de toma de signos vitales como indispensables para obtener el permiso de acceso. Esto se realiza todos los inicios de jornada laboral (al menos en los yacimientos consultados de YPF, Pan American Energy y Phoenix).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las medidas tomadas por una empresa prestadora de servicios de limpieza de tanques, en qué condiciones térmicas se realiza la tarea en temporada de temperaturas elevadas; cuáles son las medidas que se toman para evaluar el riesgo térmico al que se expone a los trabajadores y en caso de surgir oportunidades de mejora, eventualmente realizar recomendaciones para abordarlas.

La compañía visitada cuenta con 4 equipos de trabajo para este servicio, conformados por 6 personas cada equipo, un chofer, un técnico de higiene y seguridad, un jefe de cuadrilla y 3 ATG. Los expuestos son el jefe de cuadrilla y los 3 ATG.

Al realizar una revisión bibliografía sobre el estrés térmico los autores concuerdan en la importancia de facilitar la eliminación del calor corporal como

clave para evitar el estresor; que el trabajo en condiciones de atmosferas con temperaturas elevadas genera deterioro del rendimiento, fatiga, deterioro cognitivo o perdida de concentración, aumento de los accidentes de trabajo y la profundización del cuadro pudiendo alcanzar el diagnostico de golpe de calor con daño neurológico y riesgo de muerte.

Viendo el alcance de los peligros a los que se exponen los trabajadores, las pérdidas económicas resultantes de accidentes y de la disminución de la eficiencia laboral, una evaluación del puesto de trabajo podría revelar incumplimientos que eleve el riesgo de accidentes y posibles muertes, además de surgir nuevas propuestas que sumen datos para predicción de eventos por estrés térmico.

2. OBJETIVOS

A. Como objetivo general es conocer el sitio de trabajo, observar las condiciones de trabajo a la que se expone el personal, ver el EPP con el que realizan la tarea, catalogar que tipo de tarea es en relación al esfuerzo físico y determina la existencia de riesgo de estrés térmico y golpe de calor.

B. Como objetivos específicos:

- Determinar mediante encuesta anónima algunos puntos claves como si hubo evaluación cardiovascular en exámenes periódicos, si recibieron un periodo de aclimatamiento cuando ingresaron por primera vez al equipo de trabajo, entre otros.
- De ser posible sugerir recomendaciones para mitigar el trabajo en condiciones de riesgo por estrés térmico.

3. MARCO TEORICO

Durante la búsqueda bibliográfica del estrés térmico y su espectro de gravedad, destaca la preocupación de la Organización Internacional del trabajo en su informe del 2019. Siendo un peligro para la salud de los trabajadores y generando costos y perdidas elevadas en todo el mundo, no solo en la industria de hidrocarburos, sino también en agricultura y construcción.

Las previsiones climáticas sugieren que los episodios de temperaturas elevadas o extremas se harán cada vez más frecuentes, lo que llevará a los episodios de golpe de calor al alza en frecuencia. Esto como consecuencia del cambio climático que se observa en los últimos años. Para el 2030 se espera que, del total de horas de trabajo en el mundo, entre el 2% y el 5% (según la zona geográfica) se pierdan por imposibilidad de trabajar debido al calor o por disminución de la eficiencia laboral producto del estrés resultante a la exposición del mismo. A su vez impacta con mayor intensidad en países caracterizados por elevados niveles de pobreza laboral, alta informalidad y una fuerte dependencia de la agricultura como forma de subsistencia. Este fenómeno afecta especialmente a poblaciones vulnerables, como comunidades indígenas y grupos que dependen de economías rurales o litorales, incrementando su riesgo frente al aumento de temperaturas¹.

Para introducirnos en el tema debemos recordar que los seres humanos somos seres homeotérmicos y que los órganos centrales del ser humano deben mantenerse a una temperatura constante (Temperatura corporal central), de lo contrario su eficiencia funcional se deteriora al punto del fallo orgánico. Manifestándose de esta manera desde la *Miliaria* o erupción por calor, originada por la obstrucción de los conductos sudoríparos, pasando por agotamiento y deshidratación, hasta el Golpe de calor.

¹ Organización internacional del trabajo 2019: *Trabajar en un planeta mas caliente: el impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente*. P 13.

Para entender la exposición al calor, debemos saber de dónde proviene ese estresor. Podemos citar que "el grado de estrés por calor al que una persona está expuesta depende de a) las características del entorno que gobiernan la transferencia de calor entre el ambiente y el cuerpo, b) la producción de calor dentro del cuerpo como resultado de la actividad física y c) la vestimenta usada, que modifica el intercambio de calor con el entorno" extraído de las normas ISO 7243 del año 2017.

La actividad metabólica de los organismos vivos produce calor, y los seres humanos no somos la excepción. El cuerpo humano sentado en reposo consume aproximadamente 100cal/h y este valor o tasa metabólica incrementa según la actividad física a la que se expone el organismo, siendo el ejercicio físico intenso la máxima causa. La activación intensa de alta frecuencia de una fibra muscular aumenta hasta 100 veces su producción de calor. En la tabla 1 se comparten actividades cotidianas y su tasa metabólica estimada²

Tipo de Actividad	Calorías por hora
Reposo sentado	100
Escribir a máquina con rapidez	140
Paseo tranquilo	200
Serrar madera, palear.	480
Correr a 8 Km/h	570
Subir escaleras deprisa	1100

Tabla 1: Energía consumida por un hombre de 70kg de peso en diferentes actividades.

Fuente: Guyton Hill *Tratado de fisiología medica 12 edición*.
pág. 864

² Guyton y Hall *Tratado de Fisiología Médica 12 edición*. Cap. 73, p 864

El trabajo físico como el del puesto de trabajo analizado es considerado por la literatura como pesado por su demanda energética³, por lo que el cuerpo del trabajador deberá hacer uso de todos los medios para refrigerar su organismo.

Las capacidades de adaptación térmica permiten que una persona entre los 13°C y los 54°C mantenga la temperatura central corporal estable. La piel presenta un complejo y profundo sistema vascularizado y las zonas expuestas (como manos, orejas, pies, etc.) tienen un importante sistema muscular que permite importantes regulaciones del flujo sanguíneo que pueden alcanzar hasta el 30% del gasto cardíaco, dando participación importante en la termorregulación del cuerpo. Mayor temperatura corporal, llevará ese estresor térmico hacia la piel y luego al ambiente. Respetando la segunda ley de la termodinámica la energía térmica viaja del cuerpo caliente hacia el frío irreversiblemente.

Para que esta condición favorable de refrigeración de los órganos se dé, el ambiente debe favorecer la dirección desde el humano, hasta el entorno inmediato. Es entonces cuando las características del cuerpo humano hacen uso de los aspectos Físicos de la transferencia/perdida de calor para mantener la Homeostasis:

- **Radiación:** La pérdida de calor por este fenómeno físico representa el 60% del calor del organismo (en un ambiente agradable). Todos los objetos con una temperatura mayor a cero emiten radiación electromagnética en el espectro infrarrojo.
- **Conducción:** se considera de escasa relevancia en la termorregulación, ya que ocurre a través del contacto directo de la piel con objetos, como por ejemplo entre los pies y el suelo al caminar descalzo o mediante el calzado.

³ Fernando Gil Hernández *Tratado de medicina del trabajo 3ra edición*. Cap. 22 pág. 278

- **Convección:** corresponde al intercambio que se produce a través de las corrientes de aire, aunque en la práctica primero el calor se transfiere por conducción hacia el aire y luego es removido por las corrientes de convección. Incluso en condiciones de reposo, existe una convección natural generada por el ascenso del aire calentado en contacto con la piel. Este método explica la pérdida de calor de una persona desnuda en reposo y en ambiente agradable sin corrientes de aire. Pero este mecanismo es bidireccional, si la temperatura del aire es mayor a la del cuerpo, las corrientes de convección calentarán al cuerpo⁴.

Mientras la temperatura del cuerpo es mayor a la del ambiente la pérdida de calor es por estos fenómenos. Cuando la temperatura ambiente es elevada el cuerpo se calienta. Es aquí cuando entra en juego el 4to método de pérdida de calor del organismo:

- **Evaporación:** es un mecanismo fundamental de pérdida de calor, basado en el pasaje del sudor líquido a vapor sobre la superficie cutánea y su posterior transferencia al ambiente. Recordemos el complejo sistema vascular de la piel en este escenario. Su eficacia depende principalmente de factores ambientales, aumentando con mayor velocidad del aire y menor humedad relativa, o dicho de otra forma si el aire es húmedo o no circular, empeora. Además, responde a un complejo mecanismo fisiológico que involucra al hipotálamo como integrador central, hasta la liberación de aldosterona⁵.

La vestimenta también es un aspecto importante a considerar en estrés térmico, tanto sea por exposición al frío o al calor. Se expresa en CLOTH y en el caso de exposición al calor se habla de 0.5 CLOTH, que es la ropa de verano, estando a temperatura agradable y permite corrientes de aire entre la piel y la vestimenta.

⁴ Guyton y Hall *Tratado de Fisiología Médica 12 edición*. Cap. 73, pág. 867.

⁵ Fernando Gil Hernández *Tratado de medicina del trabajo 3ra edición*. Cap. 22 pág. 278.

Por otro lado, mencionamos que la segunda fuente de calor proviene del ambiente. Se la conoce como esteres térmico Las condiciones del mismo que cobran relevancia en la transferencia térmica y refrigeración del cuerpo son:

- *Temperatura seca*: corresponde a la temperatura del aire propiamente dicha.
- *Temperatura húmeda*: es la temperatura de vapor de agua en el aire. Refleja el contenido de vapor de agua presente en el aire.
- *Temperatura radiante*: representa el calor irradiado por los objetos del entorno, en interacción con la temperatura del aire y su dinámica.
- *Humedad relativa*: es la relación entre la presión parcial de vapor de agua y su presión de saturación a igual temperatura, expresada en porcentaje.
- *Velocidad del aire*: corresponde a la velocidad de circulación del aire (m/s) y ejerce un efecto refrigerante sobre el organismo.

El estrés térmico, se entiende como "condiciones higrotérmicas (determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica) y el calor generado en los procesos metabólicos (Tasa Metabólica). Si bien la carga térmica se entiende como una condición de estrés térmico a la cual se somete la persona"⁶ y la tensión o carga térmica como la respuesta fisiológica del organismo a ese estrés al que está expuesto.

La valoración del estrés térmico se puede realizar mediante el método de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (TGBH o WBGT en inglés). El TGBH es un índice simple del entorno que se considera junto con la tasa metabólica para evaluar el potencial de estrés térmico entre quienes están expuestos a condiciones de calor⁷

⁶ Estrés Térmico y Tensión Térmica, resolución 295 del 2003 Republica Argentina.

⁷ Norma ISO 7243 *Ergonomics of the thermal environment, Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index*, año 2017

En caso de vestimenta que bloquea la transpiración el TGBH "no es un método de selección útil para determinar un umbral en las acciones de gestión del estrés térmico"⁸

Tanto la norma ISO 7243, citada en la página anterior como la Resolución 295 del año 2003 de la República Argentina realizan ajuste de las mediciones de TGBH dependiendo de la ropa que utilizan los expuestos. Por lo que en función del EPP se deberá proceder de formas diferentes

La vestimenta es especialmente relevante en el presente trabajo ya que elimina totalmente la capacidad de termorregulación por evaporación.

Guiándonos por lo establecido en la resolución 295 del año 2003, la cual provee de un algoritmo de toma de decisión⁹ (*figura 1*) para trabajadores sanos sin factores de riesgo (como el peso, antecedentes renales y cardiovasculares, consumo de alcohol y en condición o no de aclimatación), la población en estudio debe recibir controles fisiológicos para determinar tensión o carga térmica.

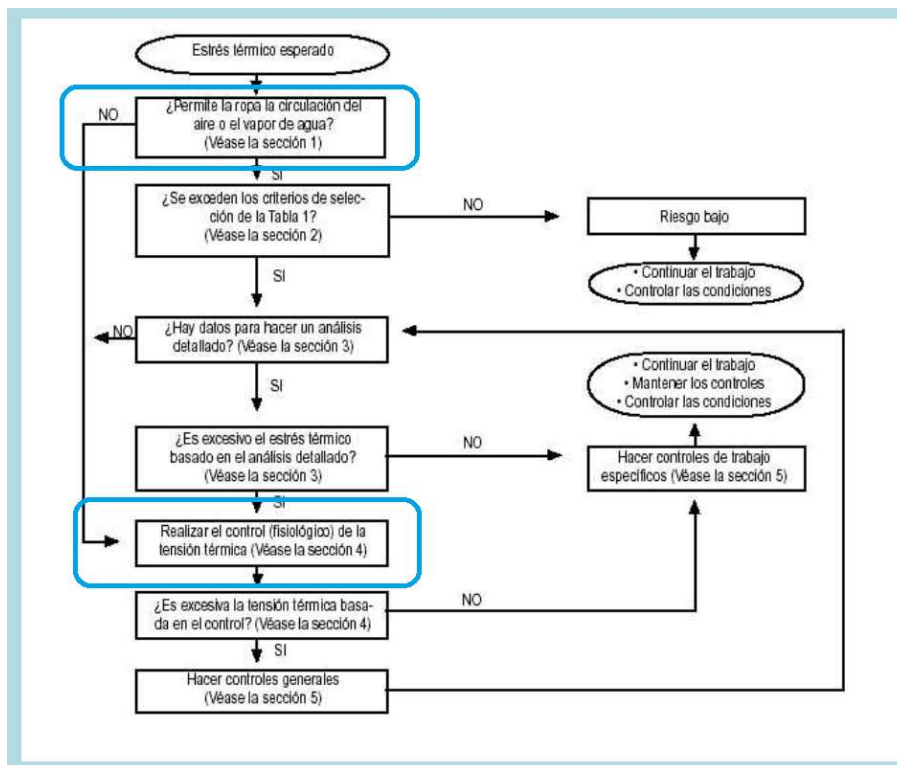


Figura 1 algoritmo de decisión. Resolución 295/03

^{8,9} Estrés Térmico y Tensión Térmica, resolución 295 del 2003 República Argentina.

El algoritmo de la página anterior permite determinar que se deben controlar las siguientes variables para definir si se trata de Tensión Térmica excesiva:

Categoría	Criterio	Valor / Descripción
Criterios fisiológicos de alarma	Frecuencia cardíaca elevada sostenida	> (180 - edad) lpm durante varios minutos
	Temperatura corporal (aclimatado)	> 38,5 °C
	Temperatura corporal (no aclimatado)	> 38 °C
	Recuperación del pulso	> 110 lpm al minuto post esfuerzo
	Síntomas clínicos	Fatiga intensa, náuseas, vértigo o mareos
Factores de mayor riesgo	Sudoración prolongada	Sudoración profusa durante horas
	Pérdida de peso	> 1,5% del peso corporal en la jornada
	Excreción urinaria de sodio	< 50 mmol en 24 horas

En el caso de trabajadores con mamelucos plásticos donde la Tensión Térmica basada en el control fisiológico no es elevada se debe implementar un plan de medidas de Higiene como mínimo con controles generales.

Las medidas de Higiene para reducir el riesgo de estrés térmico incluyen:

- Hidratación adecuada
- Autolimitación de la exposición (autorregulación del esfuerzo)
- Control del estado de salud
- Hábitos de vida saludables
- Ajuste del trabajo según el nivel de aclimatación

Estas medidas deben mantenerse en el tiempo mediante la evaluación constante.¹⁰

¹⁰ Estrés Térmico y Tensión Térmica, resolución 295 del 2003 República Argentina.

4. METODOLOGIA

A. Diseño:

El presente análisis se caracteriza por ser un estudio descriptivo transversal, donde se observaron las medidas preventivas para el estrés térmico en el servicio de limpieza de tanques de almacenamiento de crudo en una empresa prestadora de servicios petroleros. Al ser de tipo observacional se realizó recorrida *in situ* lo cual representa una "exploración" ya que era la primera ocasión que un médico visitaba y observaba como se realizaba la tarea. Esta visita se realizó en el mes de enero, en la región de Rincon de los Sauces, en un tanque de 20.000 mts³. Como metodología, además se realizó un análisis estadístico de datos obtenidos mediante encuestas estructuradas aplicadas al personal encargado de la limpieza (asistentes de tarreas generales). Por lo tanto, la unidad de análisis será individual, considerando a cada trabajador como sujeto de estudio.

B. Aspectos Éticos:

Se garantizó el anonimato y la confidencialidad de los trabajadores encuestados, ya que no se recolectó información personal que permitiera su identificación individual. Los datos obtenidos fueron analizados de manera agregada, con fines exclusivamente académicos.

La participación en la encuesta fue de carácter voluntario, con una explicación previa y clara de los objetivos del estudio, asegurando que los participantes comprendieran el alcance de su colaboración teniendo la posibilidad de abstenerse en cualquier momento sin consecuencias laborales.

El estudio no implicó riesgos físicos, psicológicos ni sociales para los trabajadores, ya que se basó únicamente en la recolección de información mediante una encuesta anónima. Asimismo, se resguardó que la información brindada no fuera utilizada con fines disciplinarios ni administrativos por parte de la empresa.

Los resultados de la investigación están orientados a generar beneficios colectivos, particularmente en la mejora de las condiciones de trabajo, la identificación de riesgos laborales y la optimización de los procesos en las tareas de limpieza de tanques de crudo.

C. Descripción del lugar de estudio:

El lugar donde se realizó la visita y encuesta fue un tanque de 20.000 mts³ ubicado en la localidad de Rincon de los Sauces y desde mediados de enero del 2025 se encontraba en proceso de limpieza para su posterior desarmado y disposición final. El mismo estuvo 20 años en servicio. Ya se encontraban en tareas finales de limpieza con atmosfera respirable y segura al momento de la visita.

D. Descripción de la población de estudio.

El servicio cuenta con 3 equipos de trabajo supervisados por un Supervisor de servicio. Cada equipo esta formado por 4 asistentes de tareas generales (ATG), un jefe de cuadrilla, un chofer de camión Vactor y un técnico de seguridad. El personal expuesto al estrés térmico es decir quienes ingresan al tanque son los ATG y el jefe de cuadrilla quien acompaña a la pareja de ATG que están dentro realizando el trabajo. En total los expuestos son 12 ATG mas 3 jefes de cuadrilla, quienes realizaron las encuestas de forma voluntaria. Se excluyó a los choferes y a los técnicos en Higiene y Seguridad ya que no ingresan a sitio ni realizan tareas físicas sostenidas. Inicialmente en un pequeño grupo se observó una actitud de desconfianza, pero al realizar la explicación del objetivo de la encuesta y los motivos que impulsaron la creación de la misma, esta actitud presentó un rotundo cambio con excelente predisposición al dialogo.

E. Materiales e instrumentos:

Para la realización del presente trabajo se recurrió a la siguiente metodología:

➤ Encuestas:

Se realizó una encuesta de elaboración propia (ANEXO I) de 10 preguntas cerradas y opción múltiple, donde inicialmente se caracteriza a la población expuesta de 15 personas, indagando sobre 1) edad; 2) tiempo en el puesto; 3) antecedentes cardiorrenales; 4) conocimiento y 5) lectura del procedimiento que realizan. Posteriormente se consulta sobre 6) realización de exámenes periódicos; 7) si cuentan con prueba ergométrica. Finalmente se consulta sobre 8) algún control de signos vitales durante la jornada; 9) su percepción de aclimatación y 10) si alguna vez tuvo síntomas, por estrés térmico. Se eligió este formato con intención de obtener registro de una primera lectura del estado de prevención de los trabajadores en cuanto al estrés térmico.

➤ Evaluación del procedimiento operativo (P.O.), visita y evaluación del puesto de trabajo:

Inicialmente se realizó una lectura analítica del P.O. a fin de encontrar cuáles son las medidas preventivas y monitoreo de salud para estrés térmico de los trabajadores. En el mismo se hace referencias múltiples y lineamientos a las medidas preventivas para el trabajo en espacios confinados utilizando las guías de normas IRAM 3625, que no es el objetivo de este trabajo. En el mismo P.O. en ningún momento se hace referencia a la frase estrés térmico, sobrecarga térmica, aclimatación, clima, calor. Se utiliza una sola vez la palabra temperatura, pero en referencia a equipos. Si bien varias medidas profilácticas para el trabajo en espacios confinados, colaboran con la disminución del riesgo de sobrecarga térmica como la ventilación por 24hs tras la apertura inicial del tanque o utilización de ventilación forzada para disminución de atmósfera enrarecida, lo cierto es que no hay referencia a mediciones de carga térmica (WBGT) ni tampoco protocolo para actuar en consecuencia de la medición.

Por otro lado, se detalla claramente los componentes del EPP (equipo de protección personal) donde en el mismo compone de elementos que bloquean la capacidad de refrigeración por sudor del cuerpo.

Como se observa en la imagen (*Foto 1*) EPP está compuesto de los siguientes elementos:

- Arneses para espacios confinados con su respectiva línea de vida.
- Detector de 4 gases (con lectura de oxígeno, mezcla explosiva, sulfhídrico, monóxido de carbono).
- Mascara Full Face con filtros para vapores orgánicos y gases ácidos (si el nivel de oxígeno es apropiado).
- Mameluco descartable impermeable, deberá estar colocado por encima del arnés para mantener la integridad el mismo.
- Casco.
- Guantes de nitrilo o PVC, con protección mecánica.
- Botas de goma con puntera de acero y suela antiestática.
- Protección auditiva tipo endoaural o de copa.



Foto 1: ATG con todo el EPP (autoría propia).

El mismo P.O. continúa detallando características propias de la labor y establece periodos de trabajo de 15 minutos con 5 minutos de tolerancia. Con 15 minutos o más de descanso fuera del tanque, donde deben beber al menos 250ml de agua antes de volver a ingresar al recinto.

Se establecen capacitaciones en la tarea, situaciones de urgencia, así como establece roles para eventuales rescates.

En cuanto a la visita, la misma se realizó como se mencionó, en la localidad de Rincon de los Sauces, en la Planta de Tratamiento de Crudo del Yacimiento Chihuido de la Sierra Negra. El tanque de mayor capacidad, 20.000 mts³ con destino a desarme final, de unos 20 mts. de diámetro como se observa en la imagen (*Foto 2*)



Foto 2 Tanque de crudo. Autoría propia editada por razones de confidencialidad

El mismo cuenta con 2 entradas a nivel del suelo y una superior, todas, de no más de 1.5 mts. de diámetro (*Fotos 3 y 4*).



Foto 3

Entrada a nivel del suelo
Autoría propia



Foto 4

Entrada superior
Autoría propia

Desde el interior el recinto se vuelve un entramado laberintico de columnas metálicas y tuberías a nivel del suelo que dificultan el tránsito. Además, plataformas a distintos niveles del suelo que obligan a tomar posiciones forzadas, como se aprecia en la imagen (*Foto 5*)



Foto 5: interior del Tanque. Imagen central y de la derecha luego de la limpieza.

Este escenario descrito, asociado a la utilización de un EPP necesario, pero que representa una barrera que bloquea las capacidades de refrigeración del organismo, son altamente propicias para el desarrollo de sobrecarga térmica y golpe de calor.

5. RESULTADOS

Con los datos obtenidos de las encuestas comenzamos analizando aquellos que nos describen la población de estudio.

En relación a la distribución etaria, el grafico 1 muestra una predominancia por trabajadores jóvenes, con un 93% de menores de 41 años, distribuidos entre 60 % de personas menores de 31 años y personas de entre 31 a 40 años.

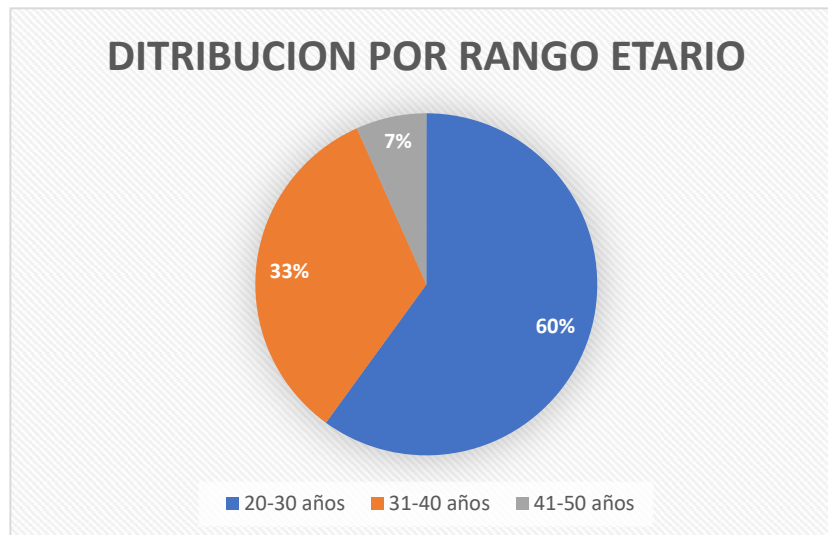


Gráfico 1, elaboración propia.

En el grafico 2 observamos que predominan trabajadores de escasa antigüedad 47%.

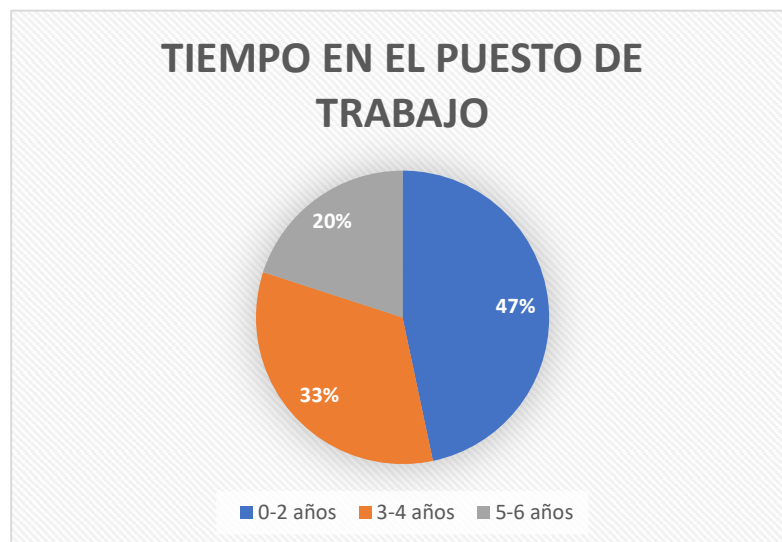


Gráfico 2, elaboración propia.

En el grafico 3 podemos observar la baja prevalencia de antecedentes considerados factores de riesgo. Siendo 1 trabajador hipertenso que representa el 6.67% de la población.

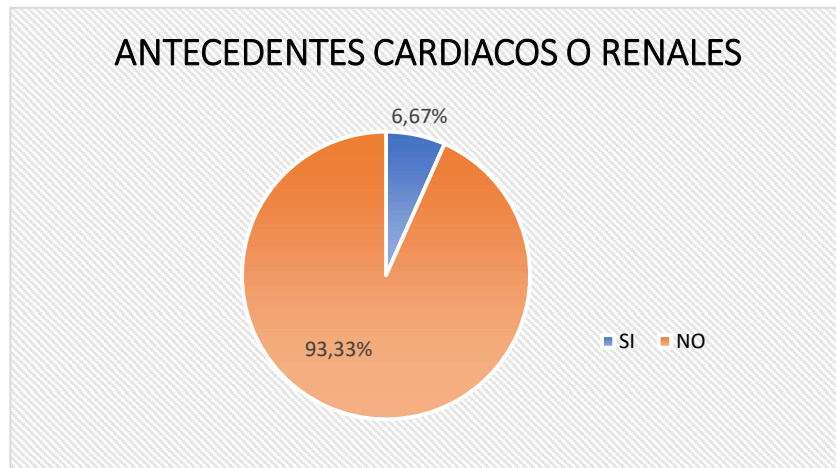


Gráfico 3, elaboración propia.

En cuanto a la lectura del P.O. el gráfico 4 revela que próximo al 70% no leyó el mismo.

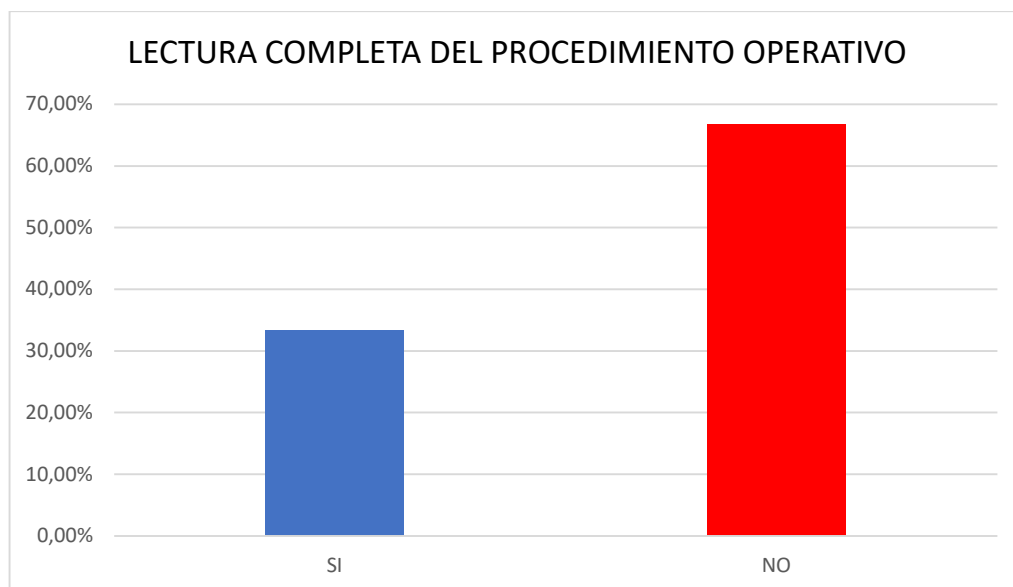


Gráfico 4, elaboración propia.

En relación a la realización de exámenes periódicos, el 100% de la población los realiza anualmente (motivo por el que no se presenta gráfico), pero en relación a la realización de ergometría en los mismo observamos que solo 1 trabajador se le solicitó la misma, como se muestra en el gráfico 5.

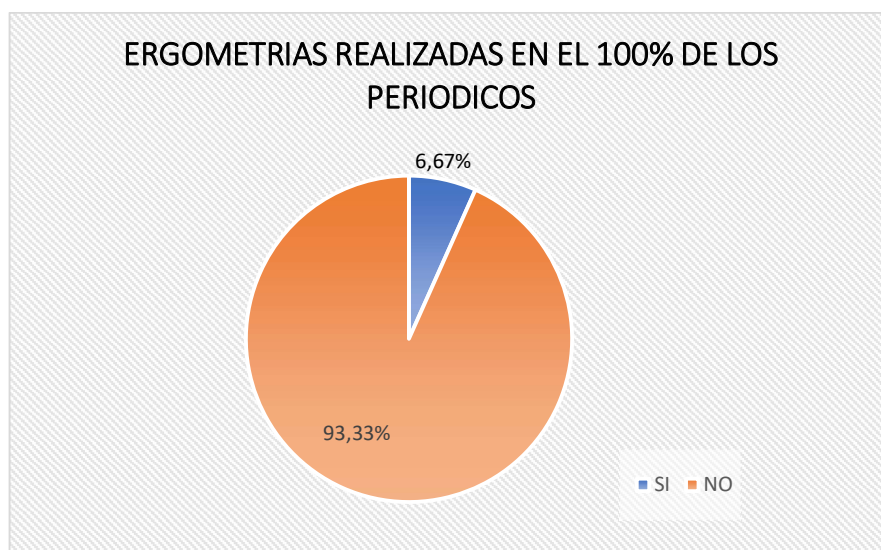


Gráfico 5, elaboración propia.

En cuanto a si se les realizan controles de salud en la jornada, el 100% contestó que se les realizan antes del ingreso a la locación o zona de trabajo. (gráfico 6)

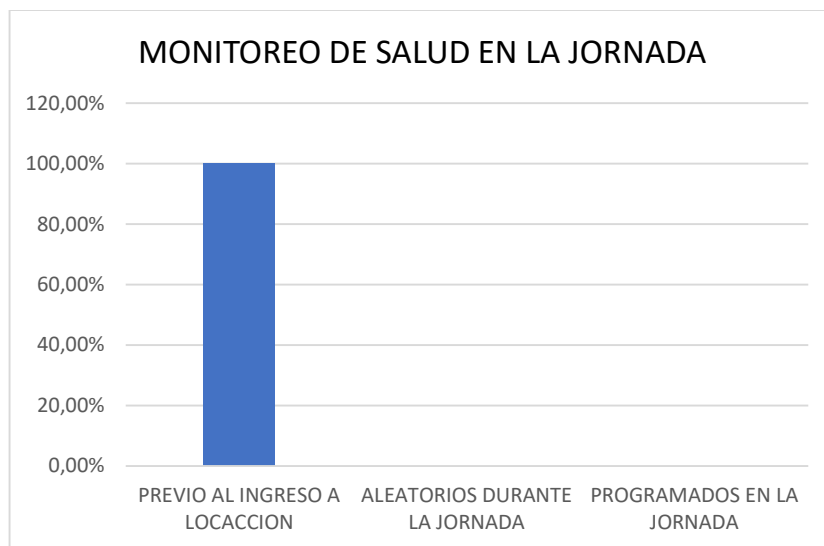


Gráfico 6, elaboración propia

La distribución entre quienes recibieron capacitaciones sobre estrés térmico, como muestra el gráfico 7, revela 60% de personal sin capacitación frente al 40% capacitado.

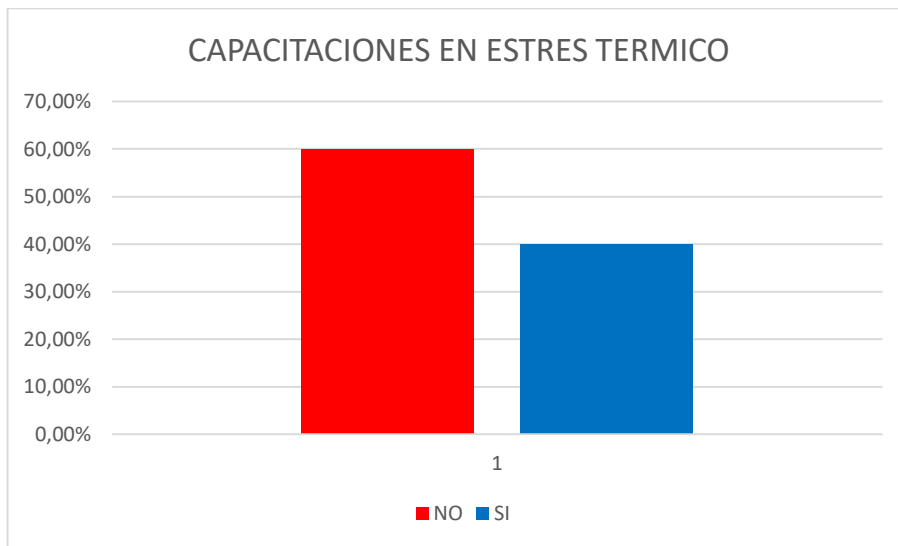


Gráfico 7, elaboración propia.

En relación a la aclimatación, se interrogó la percepción de "acostumbramiento" con el paso del tiempo. El 13.3% refiere aun sentir que el trabajo es muy duro (gráfico 8)

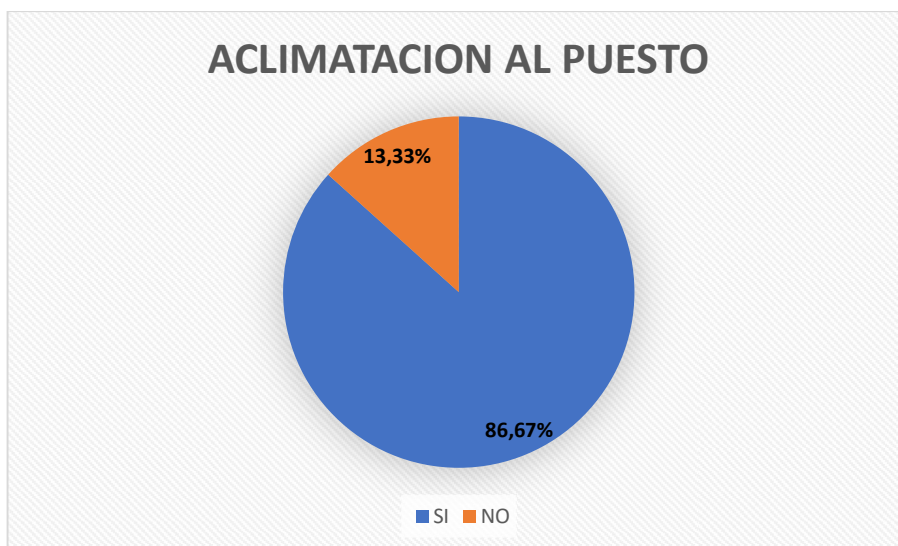


Gráfico 8, elaboración propia.

Finalmente, la última pregunta está orientada a conocer si en la población presentan antecedentes de malestar corporal o incluso desmayo en su experiencia en el puesto de trabajo. Obteniéndose de esta forma que un 93.3% de respuestas afirmativas como muestra el gráfico.

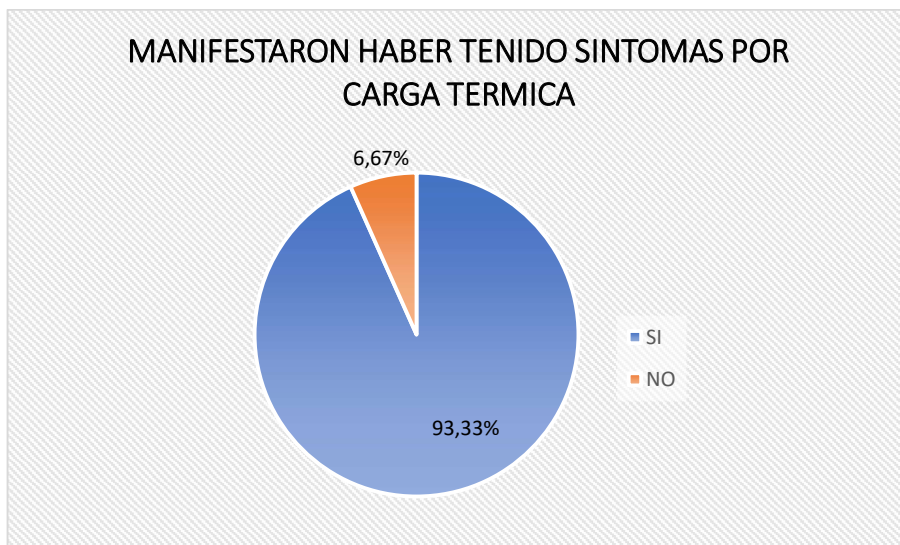


Gráfico 9, elaboración propia.

A continuación, se presenta análisis bivariados de la población relevantes para la discusión, donde el gráfico 10 muestra que a mayor edad mayor es la proporción de lectura del P.O.

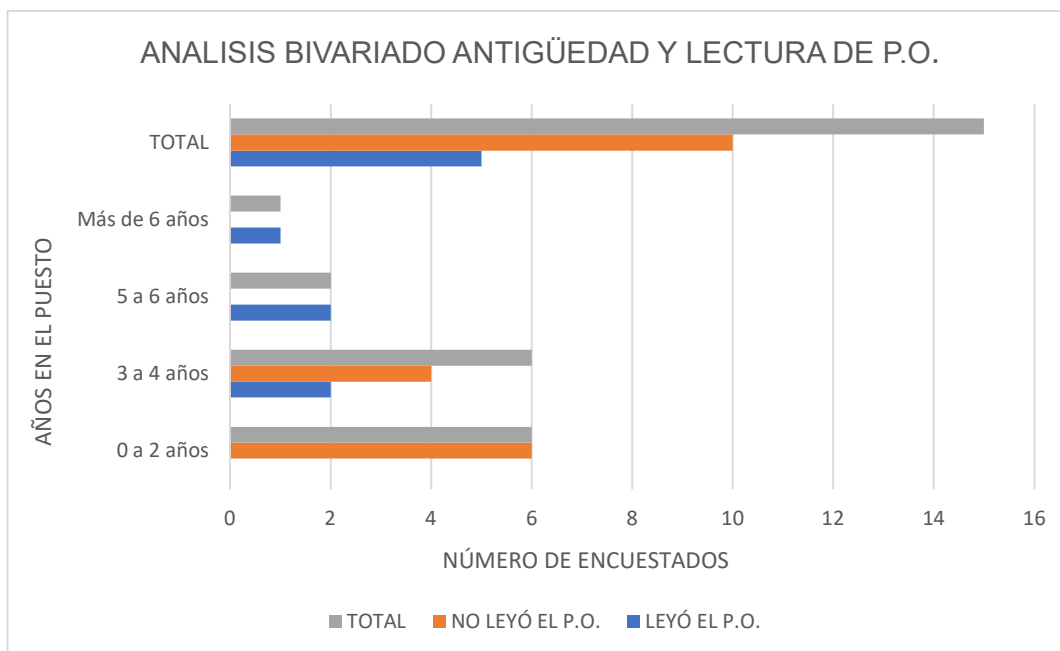


Gráfico 10, elaboración propia.

El análisis bivariado de la antigüedad y las capacitaciones en estrés térmico revelan lo mismo que el caso anterior, como muestra el grafico 11.

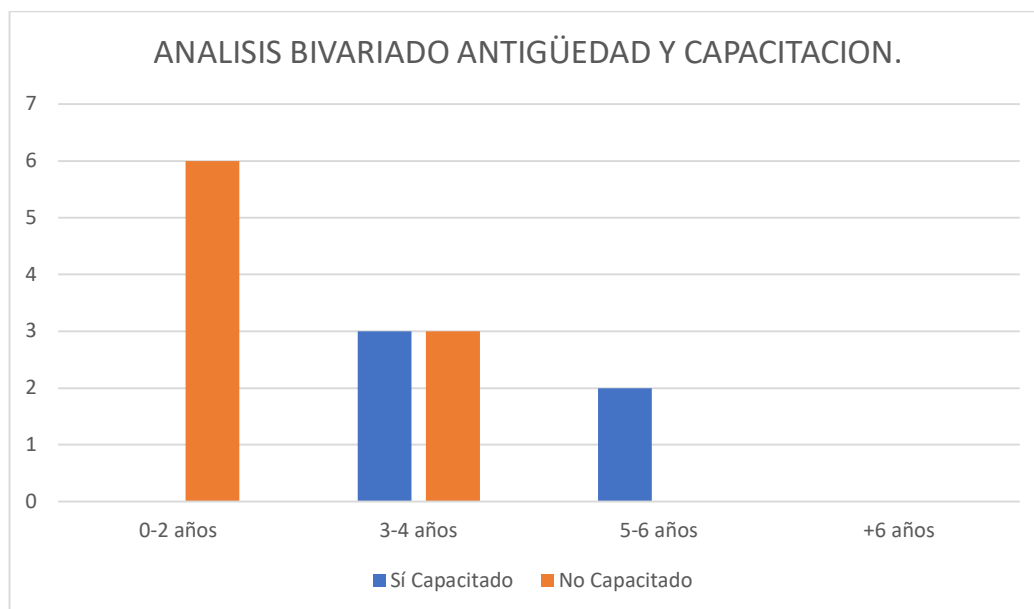


Gráfico 11, elaboración propia.

Y en cuanto a la sensación subjetiva de adaptación al puesto de trabajo el análisis bivariado muestra que luego de 2 años en el puesto, refieren aclimatación (grafico 12).

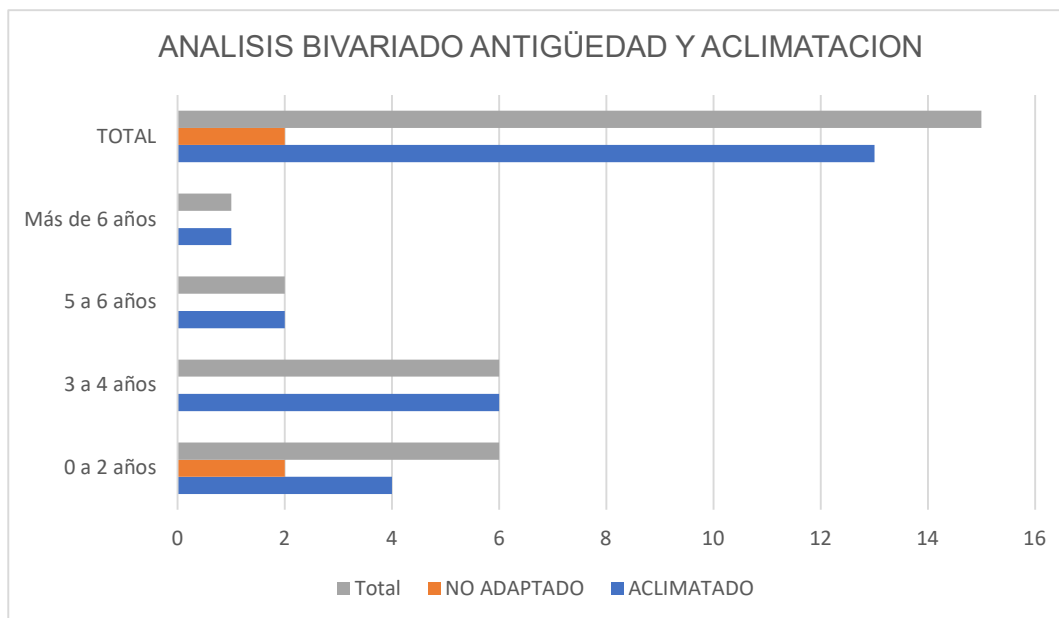


Gráfico 11, elaboración propia

6. DISCUSIÓN

Múltiples tareas que los seres humanos desarrollamos requieren que trabajadores se expongan a riesgos. Es la gestión del riesgo lo que vuelve menos peligrosa una tarea.

El estrés térmico y su consecuente carga o tensión térmica ha quedado claro que representa una entidad que carece de técnicas paraclínicas sea para su predicción como para su diagnóstico. No podemos "medir" quien lo sufrirá o quien lo tolera mejor mediante un análisis. Esto genera un abanico de incertidumbre. Si además consideramos que las respuestas fisiológicas que se desencadenan para su tolerancia, son intrínsecas de cada sujeto, el abanico se amplía.

Es relevante para poder disminuir este grado de incertidumbre la evaluación de al menos la integridad de los mecanismos de respuesta al estrés térmico. Los exámenes preocupaciones o periódicos deben poder facilitarnos ayuda en este aspecto. Si bien la resolución 37/10 no detalla uno a uno las evaluaciones para la exposición al calor, establece que en el artículo 11 inciso 1 que los estudios " tienen el carácter de mínimos obligatorios, quedando, no obstante, a criterio de los profesionales intervinientes la realización de otros estudios que no se hallen allí contemplados."

Se hace la anterior mención ya que se debe evaluar la respuesta cardiaca ante el estrés en todos los expuestos al estrés térmico, que además realicen trabajo físico. Como se observó en los encuestados, el 93% nunca realizaron una ergometría, por lo que, al momento de incorporarse al equipo por primera vez, se desconocía su capacidad de respuesta cardiaca.

Otros sistemas que considero que deben evaluarse al menos inicialmente es el manejo de electrolitos y la función renal. De esta manera podemos decir que al menos inicialmente sus mecanismos de adaptabilidad no mostraban alteraciones.

Avanzando en el análisis creo que, el hecho que el P.O. no haga mención al riesgo de sobrecarga térmica representa una inadecuada gestión del mismo. Pero además de ello la encuesta muestra que el 66% de los interrogados

manifestaron no haberlo leído. Haciendo un análisis bivariado entre la antigüedad en el puesto y la lectura del P.O. (grafico 10) muestra que, con el aumento de los años en el puesto, aumenta el número de personas que lo leyeron. O, dicho de otra manera: los más jóvenes e inexpertos son los que menos leen el P.O. aumentando el riesgo.

La misma tendencia revela el análisis bivariado en cuanto a la capacitación específica en estrés térmico. Trabajadores más jóvenes, menos capacitaciones recibidas, menos conocimiento del riesgo.

Otro aspecto que considero clave son los controles o monitoreos de salud en la jornada laboral. Los mismos se realizan al ingreso a la locación, al comienzo del día. Esto representa una imagen estática de los signos vitales del trabajador al venir descansado desde su hogar o residencia. No hay en ningún momento durante la estresante jornada calurosa una reevaluación que permita anticiparnos a la sobrecarga térmica mediante la lectura del pulso o temperatura corporal. Con el nivel de monitorización de equipos con el que se cuenta en la industria considero un punto a plantearnos.

7. RECOMENDACIONES

A través de la visita de campo, la encuesta y el análisis ulterior de los datos, se ha podido observar algunas oportunidades de mejora que pudieran beneficiarse con las siguientes sugerencias:

- A. Fortalecimiento de los exámenes preocupacionales y periódicos para el puesto: Incluirse la prueba ergométrica indistintamente de la edad del candidato o trabajador, de manera minimizar la incertidumbre de la capacidad de respuesta ante el estrés. También, incorporarse ionograma y creatinina séricos.
- B. Optimización del proceso de inducción, específico para el puesto: de esta forma todo aquel que ingrese para la realización de limpieza de tanques, sea capacitado inicialmente sobre el riesgo del estrés térmico.
- C. Programa de capacitación específico: Dirigido mayormente a estos grupos vulnerables.
- D. Modificación del procedimiento operativo: incluyendo menciones al estrés térmico, indicaciones de abrir las capas del EPP durante los descansos facilitando la circulación de aire.
- E. Monitoreo in situ de signos vitales: Implementar controles de frecuencia cardíaca de forma aleatoria durante la jornada, y no solo previo al ingreso a la locación. En este último punto quiero hacer énfasis ya que los métodos más frecuentemente utilizados son estáticos, una fotografía del estado fisiológico. Los monitoreos dinámicos (en tiempo real), no invasivo tipo WEARABLE como el sistema Kenzen, proveen en tiempo real la frecuencia cardíaca y la temperatura cutánea. Mediante un algoritmo propietario estiman la temperatura corporal central, siendo clave en la prevención de la sobrecarga térmica y evitando el golpe de calor¹¹.

¹¹ Saidi A, Gauvin C. Towards real-time thermal stress prediction systems for workers. *J Therm Biol.* 2023;103405. doi:10.1016/j.jtherbio.2022.103405

8. CONCLUSIONES

En el presente trabajo e investigación, hemos analizado el mecanismo de génesis del estrés térmico, cuáles son los condicionantes facilitadores y atenuantes, así como el impacto que tiene en la salud. También se advierte que lejos de volverse un riesgo que está en disminución, el calentamiento global no hace más que agravar el problema, con un pronóstico poco alentador para las próximas décadas, lo que hará incrementar las pérdidas millonarias por el impacto en la industria al afectar la producción, así como el incremento en costos de salud. Este fenómeno no solo alcanza a la industria de hidrocarburos, sino también a la agrícola y construcción entre las más afectadas.

Por lo antes mencionado es clave que el estrés térmico sea considerado una amenaza con la que lidiar en el día a día del trabajador. Teniendo en cuenta el escenario evaluado, el EPP que se requiere utilizar el cual bloquea la evaporación y las temperaturas de verano en la región en la que se desempeñan los trabajadores las recomendaciones realizadas ganan capital relevancia. Considero que a futuro debemos incorporar el monitoreo en tiempo real de forma masiva, de manera que la señal de alarma sea un testigo en una pantalla de monitoreo y no un síntoma o lipotimia. De esta forma reduciremos el nivel de riesgo para quien trabaja, en busca un sustento económico, sin arriesgar la vida.

ANEXO I

ENCUESTA ANONIMA AL PERSONAL DE LIMPIEZA DE TANQUES DE CRUDO

- 1) EDAD
 - a) 20 a 30 años.
 - b) 30 a 40 años.
 - c) 41 a 50 años.
 - 2) TIEMPO EN EL PUESTO.
 - a) 0 a 2 años.
 - b) 3 a 4 años.
 - c) 5 a 6 años.
 - d) Mas de 6 años.
 - 3) ¿TUVO EN SU VIDA ENFERMEDADES DEL CORAZON O RIÑONES?
 - a) SI.
 - b) NO.
 - 4) ¿LEYO EL PROCEDIMIENTO OPERATIVO?
 - a) SI.
 - b) NO.
 - 5) ¿REALIZAN EXAMENES PEIODICOS ANUALES?
 - a) SI.
 - b) NO.
 - 6) ¿EN LOS PERIODICOS, REALIZAN UNA PRUEBA EN BICICLETA?
 - a) SI.
 - b) NO.
 - 7) ¿TIENEN ALGUN TIPO DE CONTROL DE SALUD EN LA JORNADA?
 - a) NO.
 - b) SI, previo a ingresar a locación.
 - c) SI, durante la jornada de forma aleatoria.
 - d) SI, de forma programada.
 - 8) ¿RECIBIÓ CAPACITACION SOBRE ESTRÉS TÉRMICO?
 - a) NO.
 - b) SI.
 - 9) ¿CON EL TIEMPO SE HA ACOSTUMBRADO A SU PUESTO DE TRABAJO?
 - a) SI, YA NO SIENTO AGOBIO.
 - b) NO, EL CALOR ES AGOBIANTE.
 - 10) ¿ALGUNA VEZ SINTIO AHOGO CON DESEO DE QUITARSE LA MASCARA, CANSANCIO EXTREMO O SE DESMAYO DURANTE EL TRABAJO?
 - a) SI.
 - b) NO.
-

BASE DE DATOS DE ENCUESTA

SUJETO	EDAD	T. EN PUESTO	A. CARDIORRENAL	LECTURA PO	EP. ANUALES	ERGOMETRIA	CONTROLES EN JORNADA	CAPACITACION	ADAPTACION	SINTOMAS
1	a	a	d	b	a	b	b	a	b	a
2	a	b	d	a	a	b	b	b	a	a
3	a	b	d	b	a	b	b	b	a	a
4	a	a	d	b	a	b	b	a	a	a
5	a	a	d	b	a	b	b	a	a	a
6	a	a	d	b	a	b	b	a	b	a
7	a	a	d	b	a	b	b	a	a	a
8	a	a	d	b	a	b	b	a	a	a
9	a	a	d	b	a	b	b	a	a	a
10	b	b	d	b	a	b	b	b	a	a
11	b	b	d	b	a	b	b	a	a	a
12	b	b	d	a	a	b	b	a	a	a
13	b	c	d	a	a	b	b	b	a	a
14	b	c	d	a	a	b	b	b	a	a
15	c	d	a	a	a	a	b	b	a	b

ANEXO III

Tablas de resumen de los Gráficos presentados.

Gráfico 1 distribución de rango etario.

EDAD	RECuento	PORCENTAJE
20-30 años	9	60,00%
31-40 años	5	33,33%
41-50 años	1	6,67%

Gráfico 2 Tiempo en el puesto de trabajo

EDAD	RECuento	PORCENTAJE
20-30 años	9	60,00%
31-40 años	5	33,33%
41-50 años	1	6,67%

Gráfico 3 Antecedentes Cardíacos o Renales

ENFERMEDADES CARDIORRENALES	RECuento	PORCENTAJE
SI	1	6,67%
NO	14	93,33%

Gráfico 4 Lectura del Procedimiento Operativo

LECTURA DE P.O.	CONTEO	PORCENTAJE
SI	5	33,33%
NO	10	66,67%

Gráfico 5 Ergometrías realizadas en los periódicos

ERGOMETRIA EN E.P.	CONTEO	PORCENTAJE
SI	1	6,67%
NO	14	93,33%

Gráfico 6 Monitoreo de la salud en la jornada

MONITOREOS EN LA JORNADA	CONTEO	PORCENTAJE
PREVIO AL INGRESO A LOCACION	15	100,00%
ALEATORIOS DURANTE LA JORNADA	0	0,00%
PROGRAMADOS EN LA JORNADA	0	0,00%

Gráfico 7 Capacitaciones en estrés térmico

CAPACITACION EN ESTRES TERMICO	CONTEO	PORCENTAJE
NO	9	60,00%
SI	6	40,00%

Gráfico 8 Aclimatación al puesto

CAPACITACION EN ESTRES TERMICO	CONTEO	PORCENTAJE
NO	9	60,00%
SI	6	40,00%

Gráfico 9 Manifestaron síntomas por carga térmica

ADAPTACION AL PUESTO	CONTEO	PORCENTAJE
SI	13	86,67%
NO	2	13,33%

Gráfico 10 Analisis bivariado Antigüedad y lectura de P.O.

LEYÓ EL P.O.	NO LEYÓ EL P.O.	TOTAL
0	6	6
2	4	6
2	0	2
1	0	1
5	10	15

Gráfico 11 Análisis bivariado Antigüedad y capacitación

Antigüedad	Sí, Capacitado	No Capacitado
0-2 años	0	6
3-4 años	3	3
5-6 años	2	0
+6 años	1	0

Gráfico 12 Análisis bivariado Antigüedad y Aclimatación

Tiempo en el puesto	ACCLIMATADO	NO ADAPTADO	Total
0 a 2 años	4	2	6
3 a 4 años	6	0	6
5 a 6 años	2	0	2
Más de 6 años	1	0	1
TOTAL	13	2	15

BIBLIOGRAFIA:

- Organización internacional del trabajo 2019: *Trabajar en un planeta más caliente: el impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente*. P 13.
 - Guyton y Hall *Tratado de Fisiología Médica 12 edición*. Cap. 73, p 864
 - Fernando Gil Hernández *Tratado de medicina del trabajo 3ra edición*. Cap. 22 pág. 278
 - Estrés Térmico y Tensión Térmica, resolución 295 del 2003 República Argentina.
 - Norma ISO 7243 *Ergonomics of the thermal environment, Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index*, año 2017
 - **Saidi A, Gauvin C.** Towards real-time thermal stress prediction systems for workers. *J Therm Biol.* 2023;103405. doi:10.1016/j.jtherbio.2022.103405
 - Dolson CM, Harlow ER, Phelan DM, Gabbett TJ, Gaal B, McMellen C, et al. Wearable Sensor Technology to Predict Core Body Temperature: A Systematic Review. *Sensors.* 2022;22(19):7639. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/22197639>
-