



Gestión del riesgo por estrés térmico en la industria: normativa, evidencia médica y estrategias de control

Ronald Fernando Nina Muñoz

Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial

CIP 121088

José Luis Mendoza Sarria

Asistente de Investigación

HSE Rent S.A.C.

Lima, Perú

Área temática: Seguridad y Salud en el Trabajo

Palabras clave: estrés térmico, WBGT, ISO 7243, ISO 8996, higiene ocupacional,
calor industrial

Fecha: 4 de enero de 2026

1. Introducción

El estrés térmico representa uno de los desafíos higiénicos más complejos en la industria moderna, exacerbado por el cambio climático global [8] y la intensificación de los procesos productivos. Este fenómeno ocurre cuando el balance térmico del cuerpo humano se rompe; es decir, cuando la ganancia neta de calor (proveniente de fuentes ambientales y del propio metabolismo muscular) excede la capacidad fisiológica del organismo para disiparlo mediante la sudoración y la vasodilatación.

En el contexto peruano, si bien la normativa general de seguridad y salud en el trabajo exige la prevención de riesgos, existe un vacío técnico respecto a los límites permisibles específicos para la industria manufacturera, construcción y agroindustria. A diferencia del sector minero, que cuenta con regulaciones precisas, el resto de la industria carece de una guía numérica nacional. Ante esta situación, la ingeniería de higiene ocupacional debe recurrir a la estandarización global. Este artículo desarrolla una metodología de evaluación rigurosa basada estrictamente en las normas ISO 7243 e ISO 8996, analiza la evidencia médica del daño sistémico y propone estrategias de control aplicables a la realidad empresarial.

2. Fisiopatología y riesgos ocupacionales

Para comprender la gravedad del estrés térmico, es fundamental analizar la respuesta biológica del trabajador. El organismo humano funciona como un sistema termodinámico que lucha constantemente por mantener la homeotermia, con el objetivo de lograr una temperatura central (T_c) estable de 37°C . Bajo condiciones de carga térmica elevada, el cuerpo redirige el flujo sanguíneo desde los órganos vitales y músculos hacia la piel para facilitar el enfriamiento, lo que compete con la demanda de oxígeno que requiere el trabajo físico.

Cuando este mecanismo compensatorio falla, se desencadenan consecuencias devastadoras en dos escalas temporales:

- **Efectos agudos (seguridad y operatividad):** La deshidratación rápida y la elevación de la temperatura interna provocan fatiga central, reducción de la capacidad cognitiva, pérdida de coordinación motora, mareos y calambres. Esto incrementa drásticamente la probabilidad de accidentes operativos [3] y, en casos extremos, deriva en el golpe de calor ($T_c > 40^\circ\text{C}$).
- **Efectos crónicos (salud ocupacional):** La exposición recurrente al calor sin una reposición hídrica adecuada se ha identificado epidemiológicamente como la causa principal de la enfermedad renal crónica de causas no tradicionales (ER-Cnt). El mecanismo es la isquemia renal repetitiva provocada por la deshidratación subclínica constante a lo largo de años de vida laboral [5].

3. Marco técnico: metodología de evaluación ISO

La evaluación objetiva del riesgo térmico no puede basarse en percepciones subjetivas ni en la simple lectura de un termómetro de pared. Se requiere una integración matemática de las variables ambientales, la carga de trabajo físico y las características

de la vestimenta. Para ello, la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado normas que constituyen el lenguaje técnico universal.

3.1. ISO 7243: Evaluación del entorno (índice WBGT)

La norma **ISO 7243:2017** establece el índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo (WBGT) como el método empírico de referencia. Este índice pondera las formas de transferencia de calor. Para trabajos en exteriores con carga solar, la ecuación se define como:

$$WBGT_{medido} = \underbrace{0,7T_{nw}}_{\text{Evaporación}} + \underbrace{0,2T_g}_{\text{Radiación}} + \underbrace{0,1T_a}_{\text{Convección}}$$

Análisis de las variables:

- T_{nw} (Bulbo Húmedo Natural): Con un peso de 70 %, es la variable más crítica. Simula la capacidad de enfriamiento del cuerpo mediante la evaporación del sudor. Si la humedad ambiental es alta, este valor sube e indica mayor riesgo.
- T_g (Globo Negro): Pesa un 20 %. Cuantifica el calor radiante proveniente del sol directo o superficies calientes industriales.
- T_a (Temperatura de Aire): Aporta un peso de 10 % al riesgo total, lo que explica por qué medir solo la temperatura del aire resulta insuficiente.

3.2. ISO 8996: El motor humano (tasa metabólica)

El calor interno generado por el metabolismo muscular (M) es a menudo más peligroso que el calor ambiental. La norma **ISO 8996** exige que este valor se calcule técnicamente a partir del desglose de tareas, para evitar estimaciones al azar:

$$M = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (M_i \cdot t_i)$$

Tabla 1: Clasificación del metabolismo (resumen ISO 8996)

Clase ISO	Rango (Watts)	Ejemplo operativo típico
Clase 0 (Reposo)	<115 W	Sentado, tareas administrativas.
Clase 1 (Ligero)	115-200 W	Trabajo manual ligero, inspección de pie.
Clase 2 (Moderado)	200-260 W	Caminar con carga, encofrado, clavado.
Clase 3 (Pesado)	260-325 W	Excavación manual, subir escaleras.
Clase 4 (Muy Pesado)	>325 W	Uso intenso de comba o herramientas.

3.3. Ajuste por vestimenta (CAV - ISO 7243)

El aislamiento térmico de la ropa de trabajo impide la disipación de calor, lo que crea un microclima peligroso. La norma ISO 7243 obliga a corregir la medición ambiental

mediante la adición de un Valor de Ajuste por Ropa (CAV) para obtener el WBGT efectivo:

$$WBGT_{eff} = WBGT_{medido} + CAV$$

Valores estándar:

- 0 (Ropa de trabajo algodón)
- +2 (Overoles de poliolefina)
- +10 (Trajes impermeables, considerados riesgo crítico).

4. Instrumentación y calidad de la medición

La validez técnica de cualquier evaluación higiénica depende intrínsecamente de la calidad de los datos recolectados. El uso de estaciones meteorológicas genéricas o equipos no certificados invalida el estudio. Los monitores de estrés térmico deben cumplir rigurosamente las especificaciones físicas detalladas en la norma ISO 7243:

1. **Sensor de globo negro (T_g):** Debe ser una esfera de cobre de 150 mm de diámetro, pintada de negro mate. El tamaño es crucial para simular correctamente la absorción de radiación del torso humano.
2. **Sensor de bulbo húmedo natural (T_{nw}):** Requiere una mecha de algodón limpia y agua destilada para permitir la evaporación natural.
3. **Protocolo de ubicación:** La medición debe realizarse a la altura del abdomen (1.1 metros).



Figura 1: Monitor de Estrés Térmico (Modelo Inlite iTemp). Este equipo está diseñado bajo especificaciones ISO para integrar las tres variables termodinámicas.

5. Impacto real: evidencia estadística en campo

Más allá de la teoría, es vital observar qué ocurre en los lugares de trabajo cuando se ignoran los estándares internacionales. La violación de los límites ISO no es un problema abstracto; se traduce en un deterioro inmediato de la salud y la productividad. Estudios de campo recientes en la región andina [7] han documentado la prevalencia de síntomas en trabajadores expuestos a condiciones de WBGT elevado sin controles adecuados:

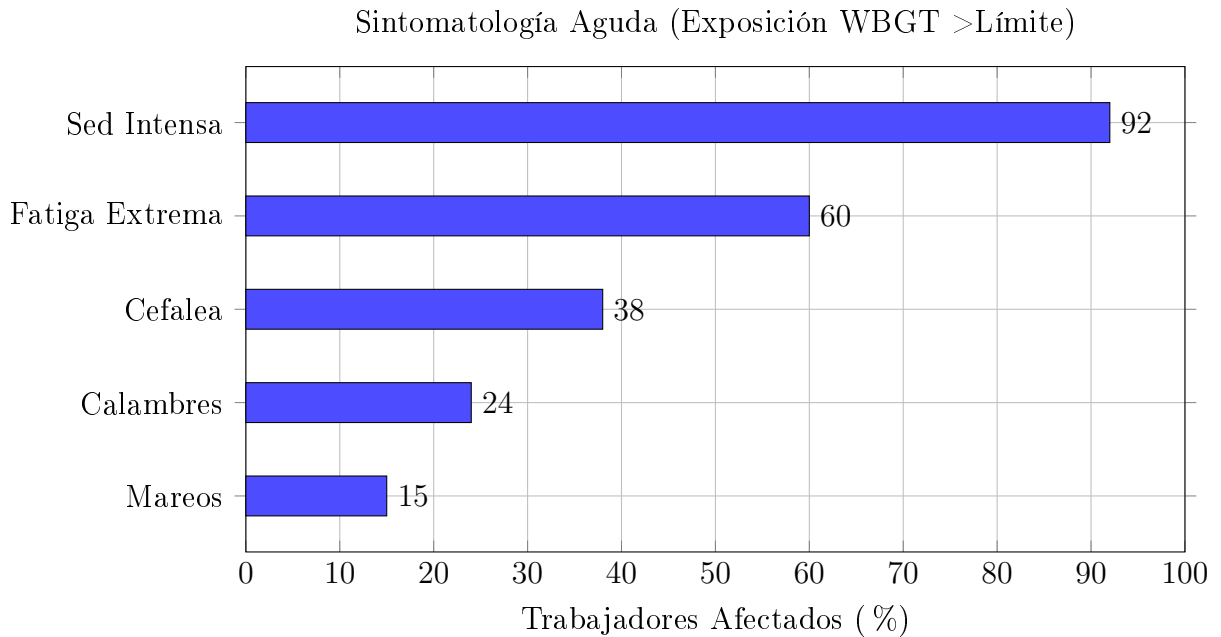


Figura 2: Prevalencia de sintomatología aguda reportada en obra. Nótese que el 60 % de la fuerza laboral reporta fatiga extrema, condición precursora de accidentes graves [7].

6. Marco normativo nacional: referencia técnica

En el Perú, la gestión del estrés térmico presenta diferencias según el sector económico. Es vital entender qué herramienta aplicar en cada caso para asegurar el cumplimiento técnico.

6.0.1. Sector minería (regulación específica)

El Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. 024-2016-EM, Anexo 13) es muy claro. Establece límites basados en la temperatura efectiva. Si el monitoreo indica valores superiores a 30°C, la norma ordena detener las labores.

6.0.2. Industria general (el vacío legal y la solución ISO)

Para los sectores de construcción, agroindustria y manufactura, rigen la Ley 29783 y la R.M. 085-2013-TR (Norma Básica de Ergonomía). Si bien esta normativa exige al

empleador garantizar condiciones ambientales seguras, no proporciona una tabla de límites numéricos para el WBGT.

Ante esta falta de especificidad, la práctica correcta de ingeniería y seguridad es adoptar el estándar internacional. La norma ISO 7243 se convierte así en la referencia técnica necesaria (estado del arte) para objetivar el riesgo. Usar ISO permite a la empresa demostrar que está aplicando criterios científicos válidos para proteger a sus trabajadores, lo que cumple con el deber de prevención más allá de lo mínimo legal.

7. Estrategias de control y aplicación empresarial

La gestión efectiva del riesgo térmico no se limita a la medición; exige la implementación de barreras que interrumpan la progresión del daño fisiológico. A continuación, se presenta una matriz que correlaciona directamente los impactos en la salud, identificados por la evidencia médica, con los controles operacionales sugeridos por las normas internacionales.

7.1. Matriz de impacto en salud vs. controles sugeridos

Esta tabla resume las acciones críticas que deben implementarse cuando se detecta riesgo.

Tabla 2: Matriz de impacto en salud y controles técnicos

Impacto potencial	Estrategia de control sugerida	Referencia técnica / Médica
Deshidratación severa (pérdida electrolítica)	Hidratación programada: Suministro de agua fresca y electrolitos a <50m del puesto. Protocolo: 1 vaso (250ml) cada 20 min.	NIOSH Criteria 2016 (Annex E) [3]
Fatiga térmica (WBGT límite)	Régimen trabajo-descanso: Ciclos calculados según ISO. Habilitación de refugios climatizados o con sombra.	ISO 7243:2017 (Annex A) [1]
Daño renal (ERCnt) (efecto acumulativo)	Aclimatación y monitoreo: Protocolo de ingreso gradual (7-14 días). Vigilancia médica de creatinina y densidad urinaria.	Wesseling et al. (2016)/ Wegman et al. [5]
Golpe de calor (colapso vital)	Respuesta a emergencias: Enfriamiento activo inmediato (inmersión o aspersión) en campo antes del traslado médico.	OIT / Guías de Medicina de Urgencias [4, 8]

7.2. Aplicación práctica de controles en las empresas

La implementación de estas medidas en piso de planta en obra requiere un enfoque pragmático, para lo cual se priorizan siempre las soluciones definitivas sobre las temporales:

1. **Controles de ingeniería (prioridad 1):** Su objetivo es reducir el calor en la fuente.
 - Apantallamiento de fuentes radiantes (reduce T_o).
 - Ventilación mecánica localizada (ayuda a la evaporación).
 - Mecanización de tareas (grúas, fajas) para reducir la clase metabólica (M) de “pesada” a “moderada”.
2. **Controles administrativos (prioridad 2):** Si el calor persiste, se gestiona la exposición.
 - Aplicación de ciclos trabajo/descanso según la curva ISO.
 - Programación de tareas críticas en horarios de menor carga solar (madrugada/noche).

7.3. Herramienta de decisión: curva límite ISO 7243

El siguiente gráfico constituye la herramienta final para la toma de decisiones en campo. Si las mediciones intersectan en la zona roja (por encima de la curva límite ISO), la situación requiere intervención inmediata.

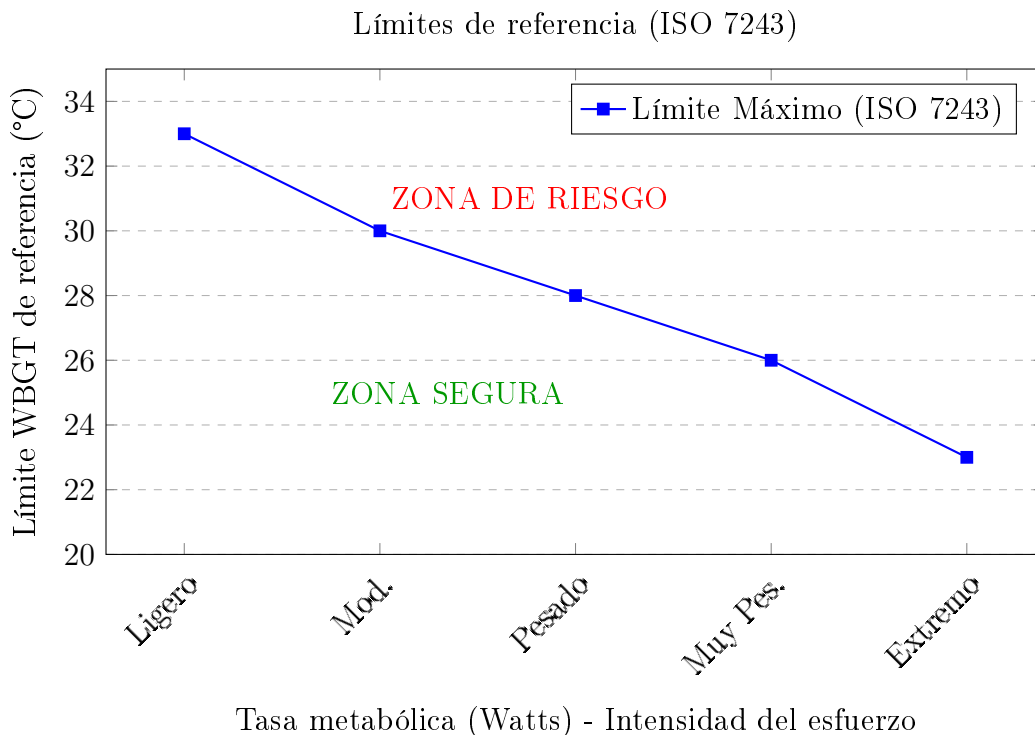


Figura 3: Curva de decisión basada en ISO 7243. Se observa claramente la relación inversa: a mayor carga física, la tolerancia térmica del cuerpo desciende drásticamente.

8. Conclusiones

La gestión del estrés térmico en la industria peruana se encuentra en un punto de inflexión que exige evolucionar desde un cumplimiento legal meramente formal hacia una prevención técnica basada en evidencia científica. Ante la generalidad de la normativa nacional vigente (Ley 29783 y R.M. 085-2013-TR), que carece de parámetros numéricos específicos, la adopción de los estándares ISO 7243 (índice WBGT) e ISO 8996 (tasa metabólica) deja de ser una opción voluntaria para convertirse en una necesidad imperativa. El uso de estas normas constituye la única vía técnicamente validada para objetivar el riesgo, lo que supera la subjetividad de la percepción térmica y brinda seguridad jurídica a la empresa ante fiscalizaciones y auditorías.

Asimismo, la evidencia médica analizada demuestra que el impacto del calor va más allá de la sintomatología aguda; la exposición crónica no controlada es un determinante directo en la aparición de patologías irreversibles como la enfermedad renal crónica de causas no tradicionales (ERCnt). Por tanto, la implementación de controles no debe limitarse a la entrega de agua, sino que debe priorizar soluciones de ingeniería y regímenes de descanso calculados matemáticamente que interrumpan la cadena fisiológica del daño.

Finalmente, en un contexto ambiental donde las temperaturas operativas van en aumento, la inversión en monitores de estrés térmico certificados y la adecuación de los puestos de trabajo constituye una medida estricta de prevención técnica. Proteger la termorregulación del trabajador es sinónimo de resguardar su salud integral, reducir la tasa de accidentabilidad documentada y garantizar la continuidad segura de las operaciones.

Referencias

1. International Organization for Standardization. (2017). ISO 7243:2017 Ergonomics of the thermal environment – Assessment of heat stress using the WBGT index. Ginebra.
2. International Organization for Standardization. (2021). ISO 8996:2021 Ergonomics of the thermal environment – Determination of metabolic rate. Ginebra.
3. NIOSH. (2016). Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. DHHS Publication No. 2016-106. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.
4. Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2019). Trabajar en un planeta más cálido: El impacto del estrés térmico en la productividad.
5. Wesseling, C., et al. (2016). Mesoamerican Nephropathy: Geographical Distribution and Time Trends of Chronic Kidney Disease. *Int J Occup Environ Health*.
6. Villacis Flores, W., et al. (2022). Estudio del estrés térmico y su efecto en la salud de los trabajadores en el área de producción. *Revista Carácter*.
7. Ulloa Moreno, C. A., et al. (2025). Evaluación del estrés térmico y salud ocupacional en trabajadores de obra civil. *Polo del Conocimiento*.

8. International Labour Organization (ILO). (2024). Heat at work: Implications for safety and health. Geneva: ILO.
9. Notley, S. R., Flouris, A. D., & Kenny, G. P. (2019). Occupational heat stress management: does one size fit all?. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(12), 1017-1023.