

# Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (I)

*Heat stress and heat strain: Risk assessment (I)*  
*Contrainte thermique et astreinte thermique: évaluation des risques (I)*

## Redactores

Eugenia Monroy Martí  
*Licenciada en Ciencias Ambientales*

MC PREVENCIÓN

Pablo Luna Mendaza  
*Licenciado en Ciencias Químicas*

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES  
DE TRABAJO

*Esta Nota Técnica de Prevención es la primera de dos que tratan sobre la evaluación del estrés térmico y la sobrecarga térmica. En ella se explican los fundamentos de la exposición laboral a ambientes calurosos así como de sus riesgos y se propone, además, un esquema de gestión de las situaciones de calor intenso basado en los criterios de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) y las metodologías de evaluación normalizadas que actualmente se utilizan. La segunda parte de este documento, se centra en la metodología del índice de Sobrecarga Térmica (IST) que describe la UNE-EN ISO 7933:2005.*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## 1. ESTRÉS TÉRMICO Y SOBRECARGA TÉRMICA

En el ámbito de la física de los materiales, las curvas stress/strain son muy utilizadas. Mientras que la fuerza (o la temperatura) aplicada sobre la pieza constituye el stress, la deformación que se produce en ella constituye el strain. Tradicionalmente, en el argot de la prevención de riesgos, se ha utilizado el término *estrés térmico* para referirse a las circunstancias que envuelven a las situaciones de trabajo muy calurosas, pero para evaluar los riesgos del calor debe distinguirse entre lo que constituye la causa y el efecto, entre el estrés térmico y la sobrecarga térmica.

El estrés térmico corresponde a la carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta de la contribución combinada de las condiciones ambientales del lugar donde trabajan, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan. La sobrecarga térmica es la respuesta fisiológica del cuerpo humano al estrés térmico y corresponde al coste que le supone al cuerpo humano el ajuste necesario para mantener la temperatura interna en el rango adecuado.

Entre los factores que se miden y que determinan el estrés térmico potencial se incluyen: la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del aire, la radiación, la actividad metabólica y el tipo de ropa (emisividad y radiación de la misma). La medición de estos factores permite determinar las demandas térmicas internas y externas que dan lugar a la termorregulación del cuerpo humano. En definitiva, las mediciones de estrés térmico constituyen la base de la evaluación del ambiente térmico de trabajo, pero no predicen de manera exacta si las

condiciones bajo las que está trabajando una persona no suponen un riesgo para su salud.

Un nivel de estrés térmico medio o moderado puede dificultar la realización del trabajo, pero cuando se aproximan a los límites de tolerancia del cuerpo humano, aumenta el riesgo de trastornos derivados de la exposición al calor.

La sobrecarga térmica refleja las consecuencias que sufre un individuo cuando se adapta a condiciones de estrés térmico. No se corresponde con un ajuste fisiológico adecuado del cuerpo humano, sino que supone un coste para el mismo. Los parámetros que permiten controlar y determinar la sobrecarga térmica son: la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la tasa de sudoración.

Un aspecto a destacar es que la sobrecarga térmica no se puede predecir de manera fiable a partir solamente del estudio del estrés térmico, ya que las mediciones del ambiente térmico no permiten determinar con precisión cual será la respuesta fisiológica que sufrirá el individuo o el grado de peligro al que se enfrenta una persona en cualquier momento. Esto es debido a que la sobrecarga térmica depende de factores propios de cada persona que incluso puede variar en el tiempo, por lo que estos factores o características personales son los que determinan la capacidad fisiológica de respuesta al calor.

## 2. FACTORES INDIVIDUALES DE RIESGO

Entre estos factores personales de riesgo, que reducen la tolerancia individual al estrés térmico, se encuentran la edad, la obesidad, la hidratación, el consumo de medicamentos o bebidas alcohólicas, el género y la aclimatación.

## Edad

El riesgo a sufrir las consecuencias del estrés térmico es "a priori" independiente de la edad, siempre que el individuo tenga un adecuado sistema cardiovascular, respiratorio y de sudoración, unos buenos reflejos, se encuentre totalmente hidratado y en buen estado de salud. De todas formas, se debe considerar que las personas de mayor edad son más susceptibles a padecer problemas de control de la circulación periférica o menor capacidad de mantener la hidratación y, en consecuencia, verse incrementada su vulnerabilidad al estrés térmico.

## Obesidad

La persona con sobrepeso presenta una serie de desventajas a la hora de enfrentarse a una situación de estrés térmico debido al incremento del aislamiento térmico que sufre el cuerpo, las posibles deficiencias del sistema cardiovascular y la baja condición física. De todas formas, existen excepciones, por lo que se deben analizar de manera específica los requerimientos individuales de cada persona a la hora de evaluar el riesgo de exposición al estrés térmico para cada trabajador.

## Hidratación

El cuerpo pierde agua por difusión a través de la piel y por la respiración, pero principalmente la pérdida de agua durante una situación de estrés térmico se produce mediante la sudoración. La rehidratación bebiendo agua es efectiva y rápida. El problema es que mantener la hidratación adecuada no es fácil, debido entre otros factores a que la sensación de sed no es siempre proporcional a la pérdida de agua.

## Medicamentos y bebidas alcohólicas

Existen medicamentos anticolinérgicos que pueden llegar a inhibir la sudoración especialmente en individuos de mayor edad. Algunos sedantes afectan a la sensación de sed, otros fármacos intervienen en la termorregulación, incrementan el calor metabólico y reducen la distribución del calor, condicionando la circulación periférica.

En relación al alcohol, produce vasodilatación periférica y diuresis, que afectan a la respuesta del cuerpo al estrés térmico. Asimismo, bajas dosis de alcohol reducen la capacidad de termorregulación, incluyendo los reflejos vasomotores y la sudoración, y aumentan la probabilidad de una bajada de tensión durante la exposición.

## Género

Son difícilmente demostrables las diferencias en la respuesta al estrés térmico entre hombres y mujeres, debido a que la respuesta al calor puede estar enmascarada por la condición física y el nivel de aclimatación. Existen estudios en los que se ha observado infertilidad temporal para hombres y mujeres cuando la temperatura interna alcanza los 38 °C. También se ha observado que durante el primer trimestre de embarazo existe riesgo de malformación en el feto cuando la temperatura interna de la madre excede los 39 °C en un periodo prolongado.

## Aclimatación

La aclimatación es un proceso gradual que puede durar de 7 a 14 días en los que el cuerpo se va adaptando a

realizar una determinada actividad física en condiciones de calor (se recomienda que el primer día de trabajo la exposición al calor se reduzca a la mitad de la jornada; después día a día se debería aumentar progresivamente el tiempo de trabajo (10%) hasta la jornada completa. La aclimatación es específica para unas determinadas condiciones ambientales y de ropa, por lo que no se garantiza la respuesta cuando se cambian dichas condiciones. Aunque la aclimatación se produce rápidamente durante el periodo de exposición al calor, también se pierde muy rápidamente cuando se interrumpe la exposición (una o dos semanas sin exposición requieren de 4 a 7 días para volver a recuperar la aclimatación). Los beneficios de la aclimatación consisten en mejorar la efectividad y la eficiencia del sistema de distribución y pérdida de calor, mejorar el confort en la exposición al calor y dificultar la aparición de sobrecarga térmica.

## 3. EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LA EXPOSICIÓN AL CALOR

Además de los posibles efectos de la exposición al calor que se relatan a continuación, se debe tener en cuenta el incremento del nivel de estrés térmico como un factor que, junto con otros puede dar lugar a accidentes (p.e atrapamientos, golpes o caídas al mismo o distinto nivel derivadas de mareos o desvanecimientos, etc.).

### Síncope por calor

La pérdida de conciencia o desmayo son signos de alarma de sobrecarga térmica. La permanencia de pie o inmóvil durante mucho tiempo en un ambiente caluroso con cambio rápido de postura puede producir una bajada de tensión con disminución de caudal sanguíneo que llega al cerebro. Normalmente se produce en trabajadores no aclimatados al principio de la exposición al calor.

### Deshidratación y pérdida de electrolitos

La exposición prolongada al calor implica una pérdida de agua y electrolitos a través de la sudoración. La sed no es un buen indicador de la deshidratación. Un fallo en la rehidratación del cuerpo y en los niveles de electrolitos se traduce en problemas gastrointestinales y calambres musculares.

### Agotamiento por calor

Se produce principalmente cuando existe una gran deshidratación. Los síntomas incluyen la pérdida de capacidad de trabajo, disminución de las habilidades psicomotoras, náuseas, fatiga, etc. Si no es una situación muy grave, con la rehidratación y el reposo se produce la recuperación del individuo.

### Golpe de calor

Se desarrolla cuando la termorregulación ha sido superada, y el cuerpo ha utilizado la mayoría de sus defensas para combatir la hipertermia (aumento de la temperatura interna por encima de la habitual). Se caracteriza por un incremento elevado de la temperatura interna por encima de 40,5 °C, y la piel caliente y seca debido a que no se produce sudoración. En este caso es necesaria la asistencia médica y hospitalización debido a que las consecuencias pueden mantenerse durante algunos días.

## 4. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEBIDOS AL CALOR

La *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* propone un esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por calor (figura 1). En él se indican los pasos a seguir teniendo en cuenta la valoración del estrés térmico y la sobrecarga térmica. Las pautas que se describen no marcan la diferencia exacta entre lo que se considera niveles seguros o peligrosos, el proceso requiere del juicio profesional y de una gestión adecuada de las situaciones, por parte de la empresa, para garantizar la protección adecuada. Las diferentes etapas del proceso, numeradas en el esquema, se explican a continuación.

### Ropa (1)

En el diagrama de actuación se observa la importancia que adquiere la ropa en la toma de decisión, ya que condiciona la pérdida de calor del cuerpo y, en consecuencia, la respuesta al calor.

La circulación de aire frío y seco sobre la superficie de la piel mejora el intercambio de calor a través de la evaporación y convección. Las prendas de ropa térmicamente aislantes e impermeables al paso del aire o vapor de agua (p.e. varias capas superpuestas o trajes aislantes) limitan severamente este intercambio sobre la superficie de la piel. La consecuencia es que con un incremento de la actividad metabólica puede producirse una situación de sobrecarga térmica, a pesar de que en un principio las condiciones ambientales no sean consideren peligrosas.

A la hora de elegir el tipo de ropa para un puesto de trabajo se debe tener en cuenta no solo que su aislamiento térmico sea reducido (posibilidad de intercambio térmico por convección) sino que también permita la evaporación del sudor de la piel. En ambientes muy calurosos, a menudo es necesario que la ropa proteja de quemaduras por contacto o de la radiación térmica, debe tenerse en cuenta que ello puede dificultar la evaporación del sudor, e incrementar el nivel de estrés térmico.

En definitiva, si la vestimenta de trabajo que se va a utilizar presenta alguna de las características descritas a continuación, se debe proseguir en el apartado 6.

- La ropa supone una barrera para el paso de vapor de agua o del aire a través de ella.
- Se trata de un traje hermético (p.e. traje protección frente al riesgo químico).
- La indumentaria de trabajo está constituida de múltiples capas de ropa.

### Cálculo del índice WBGT (2)

En la evaluación de riesgo por calor se utiliza el método del índice WBGT con el fin de realizar una primera detección de aquellas situaciones en las que puedan existir riesgos por calor (ver referencias bibliográficas). Se trata de una primera aproximación, un método empírico que únicamente discrimina las situaciones que pueden ser peligrosas.

El método del índice WBGT fue desarrollado para un uniforme de trabajo de camisa de manga larga y pantalones (aproximadamente  $I=0,5$  clo). No obstante, tal como se indica en la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo (INSHT), se pueden realizar ciertas correcciones, aplicables siempre que la ropa no dificulte de forma im-

portante el intercambio de calor entre la superficie de la piel y el ambiente, en cuyo caso se desaconseja la evaluación de las condiciones de trabajo a partir de los métodos de análisis teórico que se proponen (índice WBGT o Índice Sobrecarga Térmica) y se debería recurrir a la monitorización fisiológica (ver apartado 6).

### Comparación con los valores límite del Índice WBGT (3)

En función de la tasa metabólica, el ritmo de trabajo (% de cada hora dedicado al trabajo) y la aclimatación de los individuos, están establecido los valores límite para el índice WBGT, que determina el grado de exposición.

En aquellos casos en que la aplicación de la metodología del índice WBGT para la valoración de los riesgo por calor (ver NTP 322: Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT) indica que dicho índice es inferior al valor establecido como límite (con corrección de la ropa, si es pertinente), se considera que puede continuar el trabajo de forma controlada.

Si se observan trastornos en la salud de los trabajadores expuestos al calor se debe reconsiderar el análisis de forma inmediata.

Por el contrario, si el índice WBGT existente es superior a los valores límite, se debe proceder como se indica en el apartado 4.

### Análisis detallado (4)

El cálculo del índice WBGT es una primera fase en el proceso de evaluación y control de situaciones muy calurosas. Cuando dicho índice WBGT es superior a los límites establecidos es conveniente realizar un análisis más detallado de la situación, empleando una metodología de mayor precisión que informe en profundidad de las condiciones de estrés térmico. El Método del Índice de Sobrecarga Térmica (IST) que describe la UNE-EN ISO 7933 permite identificar (y priorizar) las causas de la exposición, calcular el tiempo máximo de permanencia en esas condiciones y organizar el trabajo en etapas de forma que se puedan compensar periodos de actividad y de recuperación.

Los fundamentos de esa metodología se explican en la segunda parte de esta NTP y los cálculos correspondientes se pueden llevar a cabo mediante el "Calculador" que se ofrece como herramienta informática en la página web del INSHT (<http://calculadores.insht.es:86>).

Si no se superan los valores límite establecidos en la metodología basada en IST, se puede continuar trabajando siempre que se establezcan los controles suficientes (ver apartado 5) sobre las condiciones que originan el estrés térmico.

### Controles generales (5)

De acuerdo con el diagrama de flujo de actuación propuesto (ver figura 1) En el caso de que no se superen los límites establecidos por el Método del Índice de Sobrecarga Térmica (pero si se vulneran para el índice WBGT) o cuando se trabaje con ropa que limite de alguna forma la pérdida de calor, se deben realizar controles generales que pueden incluir las siguientes acciones:

- Ofrecer información y formación a los trabajadores sobre el estrés térmico y la sobrecarga térmica, así como instrucciones y procedimientos de trabajo precisos y programas de entrenamiento frecuentes.
- Fomentar en los trabajadores expuestos la ingesta de

pequeñas cantidades de agua fresca o bebida isotónica (aproximadamente un vaso) cada 20 minutos.

- Permitir la autolimitación de las exposiciones y fomentar la observación, con la participación de los trabajadores, con el fin de detectar los primeros síntomas de sobrecarga térmica en los demás.

- Controlar especialmente y en su caso limitar la exposición de aquellos trabajadores que tomen medicación que pueda afectar al funcionamiento del sistema cardiovascular, a la presión sanguínea, a la regulación térmica, a la función renal o a la sudoración; así como la ingesta de alcohol.

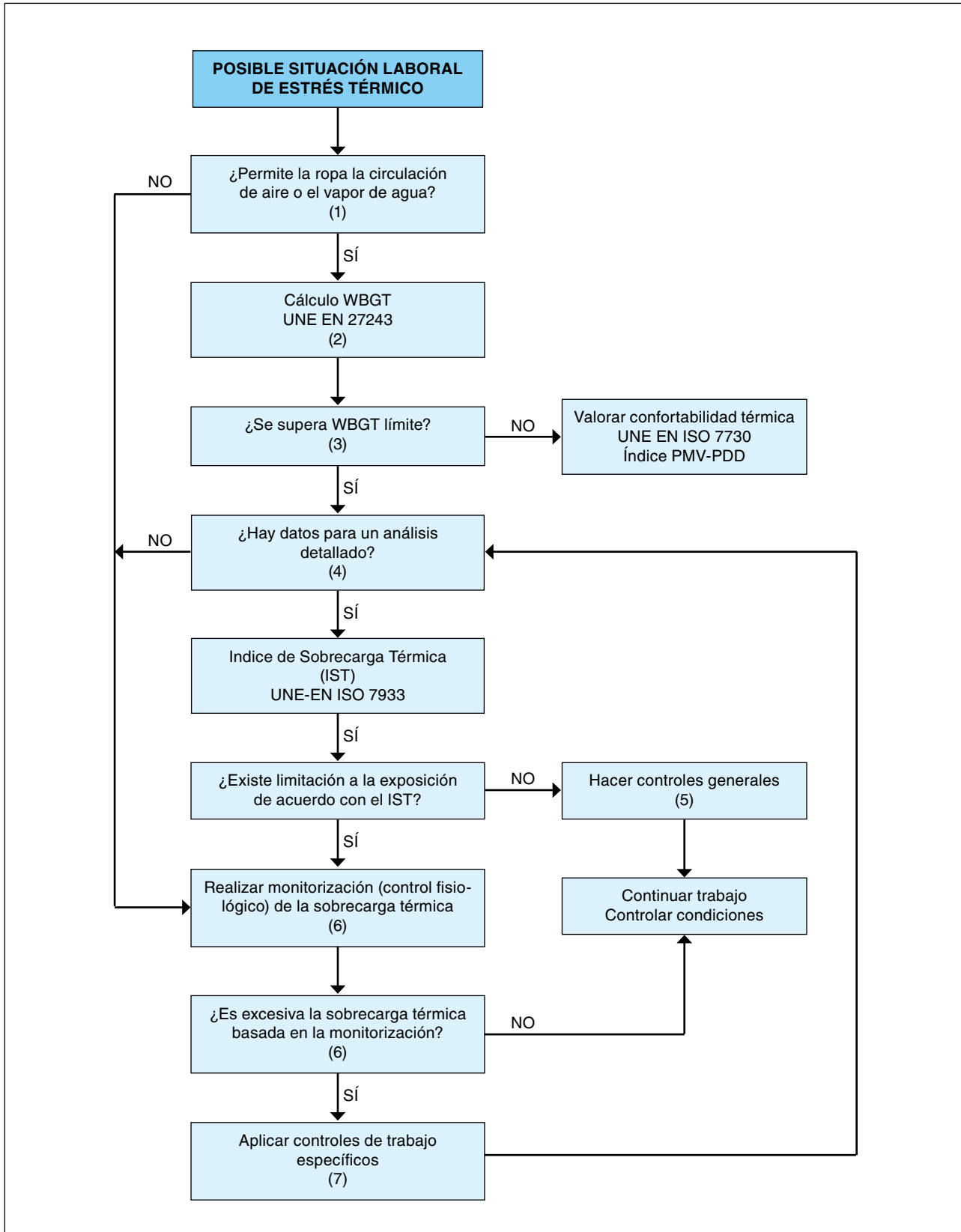


Figura 1.

- Fomentar el mantenimiento físico de los trabajadores, peso corporal controlado, alimentación etc. Controlar especialmente a aquéllos trabajadores que han permanecido durante un largo periodo sin exposición al calor y que han modificado sus parámetros de aclimatación.
- Considerar dentro de la vigilancia de la salud, la realización de pruebas médicas específicas con el fin de detectar precozmente la sensibilidad por exposición al calor.

#### Monitorización fisiológica del riesgo de sobrecarga térmica (6)

La monitorización de los signos y síntomas de los trabajadores que sufren estrés térmico es especialmente importante sobre todo cuando la ropa reduce significativamente la pérdida de calor. Los siguientes síntomas permiten identificar cuando existe sobrecarga térmica, en cuyo caso la exposición al calor debe ser interrumpida.

- Para personas con un sistema cardíaco normal, se debe interrumpir durante varios minutos la exposición cuando el pulso cardíaco supera 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo (180-edad).
- Si la temperatura corporal interna supera los 38°C en el caso de personal no aclimatado.
- Si tras un gran esfuerzo, cuando el pulso de recuperación (1 minuto después del esfuerzo máximo) es mayor de 110 pulsaciones por minuto.
- Si existen síntomas como fuerte fatiga repentina, náuseas, vértigo o mareos.
- Si un trabajador en exposición al calor aparece desorientado o confuso, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar general, síntomas gripales, se le debería retirar a una zona refrigerada con circulación rápida de aire y permanecer en observación por personal cualificado.
- Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, se le debe proporcionar atención médica inmediata, seguida de la hospitalización.

Bajo ningún concepto deben desatenderse los signos o síntomas en los trabajadores que puedan relacionarse con posibles consecuencias de la sobrecarga térmica excesiva.

Los controles generales son necesarios aunque la sobrecarga térmica entre los trabajadores se considere aceptable en el tiempo. Además, debe continuarse con el control fisiológico periódico para asegurar que la exposición al calor se mantiene en niveles aceptables.

Si durante el seguimiento fisiológico se observa que los individuos alcanzan situaciones de sobrecarga térmica, entonces debe plantearse la implantación de controles de trabajo específicos (de ingeniería, administrativos y de protección personal) y un mayor control del riesgo.

#### Controles de trabajo específicos (7)

Para proporcionar la protección adecuada frente al estrés térmico, además de la implantación de los controles generales, frecuentemente se requieren controles de trabajo específicos. En todos los casos, el objetivo principal de la gestión del estrés térmico es prevenir el golpe de calor.

Al respecto se ofrecen las siguientes propuestas.

- Incrementar la circulación general de aire, reducir los procesos que liberan calor y vapor de agua y apantallar las fuentes de calor radiante.
- La ventilación natural (corrientes naturales de aire) es un medio lento pero eficaz para incrementar la transferencia de calor desde la piel al exterior. El aumento de la velocidad del aire incrementa la pérdida de calor, aunque se trate de aire del local, al facilitar la evaporación del sudor.
- El calor radiante se puede reducir mediante la interposición de barreras materiales que reduzcan la radiación térmica. Si no es posible aislar las fuentes de calor mediante pantallas y la radiación térmica es muy intensa se utilizará ropa que proteja la piel. Por el contrario al cubrir la piel también se reduce la refrigeración de la piel por convección o evaporación del sudor.
- La mayor dificultad se suele dar si la temperatura del aire es superior a la temperatura de la piel (35-36°C). En esa situación el cuerpo está ganando calor y la evaporación del agua en la superficie de la piel es la única vía de pérdida de calor. En estos casos juega un papel crucial la permeabilidad de los tejidos y la capacidad de circulación de aire a través de la ropa. A pesar de que la refrigeración del lugar de trabajo se considere una medida poco viable, existen casos localizados en los que puede resultar muy efectivo, por lo que es interesante estudiar cada caso.
- La aplicación de medidas administrativas que permitan establecer tiempos de exposición aceptables para los trabajadores, tiempos de recuperación suficientes y limitación de la carga física (tasa metabólica). Estas medidas constituyen una vía de limitación de la exposición y de gestión del riesgo a través de la implantación de procedimientos de trabajo y gestión del personal.
- En última instancia, cuando los controles de ingeniería o administrativos son impracticables, la posibilidad de utilizar mecanismos de refrigeración personal, conjuntamente con ropa de protección, puede llegar a ser una alternativa. Existen chalecos refrigerados o trajes con mecanismos de refrigeración incorporados que impiden el incremento de la temperatura del cuerpo.

Tras la implantación de los controles de trabajo específicos es necesario evaluar su eficacia y realizar un ajuste en caso que fuera necesario. En estos casos el diagrama vuelve a la etapa del análisis detallado y, si no se dispone de mayor información que asegure la protección se deberá continuar con el control o monitorización fisiológica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). 2010 TLVs® and BEIs®.
- (2) UNE-EN ISO 7933:2005. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada.
- (3) UNE EN 27243:1995. Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo basado en el índice WBGT.

