

AMBIENTE TERMICO

Traducción al español con autorización de la Asociación para el Entrenamiento en Higiene Ocupacional (OHTA)
Sociedad Colombiana de Higienistas Ocupacionales – SCHO - Comité de Formación
Alvaro Araque Garcia – Ing. Químico, especialista en Higiene , Seguridad y Medio Ambiente.

Apoyado por:



Esta obra está bajo licencia
Creative Commons
Atribución -No Derivada

Contenido

1	EL ESPECTRO TÉRMICO	8
1.1	INTRODUCCION	8
1.2	TRABAJO EN TEMPERATURAS EXTREMAS	9
1.3	TRABAJO EN TEMPERATURAS MODERADAS	10
2	PRINCIPIOS	12
2.1	ESTRÉS POR CALOR	12
2.2	TENSION POR CALOR	12
2.3	HOMEOSTASIS	13
2.3.1	Definición	13
2.3.2	Temperaturas corporales típicas	13
2.4	REGULACIÓN TÉRMICA	15
2.5	RESPUESTAS FISIOLÓGICAS EN AMBIENTES CALUROSOS	17
2.5.1	VASODILATACIÓN	17
2.5.2	TRANSPIRACIÓN	17
2.5.3	CAMBIOS DE ELECTROLITOS	18
2.5.4	DESHIDRATACIÓN	18
2.5.5	FRECUENCIA CARDÍACA	19
2.5.6	FRECUENCIA RESPIRATORIA	20
2.5.7	OTROS EFECTOS	20
2.6	RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A AMBIENTES FRÍOS	20
2.6.1	LA VASOCONSTRICCIÓN	20
2.6.2	TEMBLOR	20
2.6.3	PILO ERECCIÓN	21
2.6.4	DIURESIS EN FRIO	21
2.6.5	RESPIRACIÓN	21
2.6.6	FRECUENCIA CARDÍACA	21
2.6.7	DESHIDRATACIÓN	22
2.6.8	RESPUESTA PSICOLÓGICA	22
2.6.9	OTROS EFECTOS	22
2.7	PRODUCCIÓN E INTERCAMBIO DE CALOR CON LOS ALREDEDORES	23
2.7.1	TERMODINÁMICA BASICA	23
2.7.2	FUENTES EXTERNAS DE CALOR	24
2.8	PRODUCCIÓN DE CALOR METABOLICO Y EFICIENCIA	26
2.8.1	PRODUCCIÓN METABÓLICO DE CALOR	26

2.8.2	VALORES TÍPICOS DE PRODUCCIÓN DE CALOR METABÓLICO	28
2.8.3	TRABAJO EXTERNO	29
2.9	TRANSFERENCIA DE CALOR SECO O NO EVAPORATIVO	30
2.9.1	CONDUCCIÓN.....	30
2.9.2	CONVECCIÓN	30
2.9.3	Radiación.....	31
2.10	PÉRDIDA EVAPORATIVA POR CALOR.....	31
2.11	ACLIMATACIÓN	32
3	EFFECTOS DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS	34
3.1	EFFECTOS DE LA TENSION POR CALOR EXCESIVO - AMBIENTES CALUROSOS	34
3.2	EFFECTOS DE LA TENSION EXCESIVA POR CALOR - AMBIENTES FRÍOS.....	37
4	ESTUDIOS TERMICOS.....	47
4.1	EQUIPO DE MEDICIÓN	47
4.1.1	Temperatura del Aire	47
4.1.2	Temperatura Radiante.....	48
4.1.3	Humedad.....	50
4.1.4	Movimiento de aire.....	52
4.1.5	Medidores integrados y compactos	55
4.1.6	Monitoreo Personal.....	57
4.2	ESTUDIOS.....	58
4.2.1	Recolección de datos	58
4.2.2	Estrategias de evaluación	59
4.3	EVALUACIÓN DEL GRADO DE RIESGO	62
4.3.1	Introducción	62
4.3.2	Registro de resultados.....	62
4.3.3	Evaluación de Riesgos.....	63
4.3.4	Resultados de los estudios.....	65
5	CONFORT TÉRMICO	67
5.1	¿QUÉ ES EL CONFORT TÉRMICO?	67
5.1.1	Porque el Confort Térmico Puede Ser Importante	68
5.2	ESCALAS PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE CONFORT	68
5.3	AMBIENTE INTERNOS IDEALES	69
5.4	INTRODUCCIÓN A LA OBRA DE FANGER	70
5.4.1	La ecuación de Fanger.....	70
5.4.2	El voto medio previsto (PMV)	71
5.4.3	Porcentaje de insatisfechos.....	72
5.4.4	Un estándar para el confort térmico.....	73

5.5	CONTROLES DE CONFORT TÉRMICO	74
6	EVALUACIÓN DE AMBIENTES CALUROSOS.....	80
6.1	LA UTILIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS POR CALOR.....	80
6.2	EFFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO Y EVALUACIÓN DE LA TENSIÓN TÉRMICA POR MEDIO DE MEDICION FISIOLÓGICA DIRECTA	82
6.2.1	Temperatura corporal central.....	82
6.2.2	Temperaturas de la piel.....	84
6.2.3	Frecuencia cardíaca	85
6.2.4	Pérdida de masa corporal debido a la sudoración.....	87
6.3	TEMPERATURAS EFECTIVA (ET).....	88
6.3.1	Índice de temperatura efectiva	88
6.3.2	Índice de temperatura efectiva corregido.....	90
6.4	PREDICCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUDOR DE 4 HORAS	90
6.5	Temperatura de globo y bulbo húmedo.....	92
6.6	ÍNDICE DE ESTRÉS DE CALOR (HSI)	96
6.7	LA TASA DE SUDORACIÓN REQUERIDA.....	100
6.8	INDICE PREDICTIVO DE TENSION POR CALOR	102
6.9	LÍMITE DE TRABAJO TERMICO (TWL).....	103
6.10	RESUMEN DE ÍNDICES DE AMBIENTES CALUROSOS.....	107
7	CONTROL DE LOS AMBIENTES CALUROSOS	109
7.1	LOS FACTORES PERSONALES MITIGACIÓN DE TRABAJO CONTRA EL CALOR	109
7.1.1	Obesidad.....	109
7.1.2	Medicamentos.....	110
7.1.3	Edad.....	110
7.1.4	Estado de Aclimatación	110
7.2	BREVE INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE INGENIERÍA Y MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN	112
7.2.1	Controles Ambientales.....	112
7.2.2	Controles de Administración	115
7.2.3	Ropa y equipo de protección personal.....	117
7.2.4	Lista de verificación de la AIHA para las exposiciones a calor	121
7.2.5	Cabinas	122
7.3	SUPERFICIES CALIENTES.....	122
7.3.1	Introducción	122
7.3.2	ISO 13732-1.....	123
8	EVALUACIÓN DE AMBIENTES FRÍOS.....	127
8.1	INTRODUCCIÓN.....	127
8.2	INDICE DE ENFRIAMIENTO DEL VIENTO Y TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO	

EQUIVALENTE.....	128
8.3 INDICE DE AISLAMIENTO DE ROPA REQUERIDA.....	129
8.4 NORMAS TLV DE ACGIH.....	131
8.5 USO DE ÍNDICES DE ESTRÉS POR FRÍO.....	134
9 CONTROL DE LA AMBIENTES FRÍOS.....	135
9.1 FACTORES PERSONALES	135
9.2 CONTROLES DE INGENIERÍA.....	136
9.3 CONTROLES DE GESTIÓN	137
9.3.1 Monitoreo.....	137
9.3.2 Los regímenes de trabajo-descanso	138
9.3.3 Otros Controles Gerenciales	138
9.4 ROPA	140
9.4.1 Introducción	140
9.4.2 Aislamiento intrínseco de la ropa	141
9.4.3 Selección y uso de ropa adecuada.....	142
9.5 LISTA DE CONTROL AIHA PARA TRABAJAR EN AMBIENTES FRÍOS.....	143
10 ENFOQUES PARA LA EVALUACION DEL RIESGO	145
10.1 ENFOQUE DE NIVELES DE RIESGO DE AIOH.....	145
10.2 REPÚBLICA DE SUDÁFRICA DOM & E CÓDIGO DE PRÁCTICAS.....	151
10.2.1 Aspectos que deben abordarse en la COP	152
10.2.2 Higiene Ocupacional	153
10.2.3 Vigilancia Médica	153
10.3 ACGIH estrés térmico TLVs®.....	153
10.4 ENFOQUES CUANTITATIVOS – VS - CUALITATIVOS.....	162
10.5 EVALUACIONES FISIOLÓGICAS	163
11 REFERENCIAS	168

ABREVIATURAS

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
AIHA	Asociación Americana de Higiene Industrial
AIOH	Instituto Australiano de Higienistas Ocupacionales
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
ATP	Trifosfato de adenosina
SBSO	Sociedad Británica de Higiene Ocupacional
CCOS	Centro Canadiense para la Salud y Seguridad Ocupacional
COP	Código de buenas prácticas
DLE	Duración Limitada Exposiciones
ECG	Electrocardiograma
HR	Frecuencia cardíaca
HSE	Ejecutivo de Salud & Seguridad
HVAC	Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado
IREQ	Índice de Ropa de Aislamiento Requerida
MOHAC	Comité Asesor de Salud Ocupacional de Minería
NaCl	Cloruro de Sodio
OSHA	Seguridad y Salud Laboral (EE.UU.)
PMV	Voto Medio Previsto
PPD	Porcentaje de Personas en Discomfort
PPE	Equipos de Protección Personal
RSA	República de Sudáfrica RSA
RT	Tiempo de Recuperación
SG	Peso Específico
TWL	Límite de Trabajo Térmico
UK	Reino Unido
EE.UU.	Estados Unidos de América
WCI	Indice de Vento Frio
OMS	Organización Mundial de la Salud

i. AGRADECIMIENTOS

Este manual fue desarrollado originalmente por BP y la Universidad de Wollongong.

La Asociación de Formación Higiene Ocupacional desea reconocer la contribución de estas organizaciones en la financiación y el desarrollo del material y agradece su permiso para usar y modificar la información.

El desarrollo del manual fue dirigido por Brian Davies y John Henderson, de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Wollongong, Australia.

Se recibió una ayuda considerable de las siguientes personas u organizaciones y los autores desean expresar su agradecimiento por el apoyo recibido:

ACGIH	Nigel Taylor - Universidad de Wollongong
AIHA	Phil Johns - Gully Howard Técnica Ltd
AIOH	Quest Technologies Inc
AIRMET Scientific Pty Ltd	Roger Alesbury - BP plc
SBSO	Romteck Pty Ltd
BP	Ross Di Corletto - Rio Tinto
Brian Cox - Universidad de Wollongong	De Sally Jones - BlueScope Steel
Figtree Bakehouse	SKC
Ian Firth - Rio Tinto	Steve Bailey - GSK
John Dobbie - BP plc	Terry McDonald - SBSO
Kerry Burton - BlueScope Steel	Tim White - BHP Billiton
Megan Tranter	Trudy Obispo - Gully Howard Técnica Ltd
Mike Taylor - BP Exploración del Mar Caspio	Universidad de Wollongong

1 EL ESPECTRO TÉRMICO

1.1 INTRODUCCION

La energía del sol es un requisito fundamental para la existencia de los seres humanos, plantas, animales y otras formas de organismos. Al llegar a la tierra, la energía del sol es transferida de un lugar a otro y de una forma a otra, creando así una amplia gama de entornos.

La evolución ha decidido que los seres humanos son de sangre caliente y sus funciones bioquímicas a nivel de operaciones de temperatura óptima. Los seres humanos están equipados con un sistema de control muy eficiente para mantener su ambiente interior a una temperatura relativamente estable. Esta temperatura está por encima de aquella de los alrededores ambientales habituales, sin embargo, la incapacidad del cuerpo para mantener este nivel térmico cuando el entorno ambiental está a temperaturas más altas o más bajas de lo normal pueden dar lugar a preocupación en términos de consecuencias fisiológicas.

Los seres humanos por lo tanto pueden ser considerados como homeotermos en el intento de mantener la temperatura interna corporal cerca de 37 °C. Una desviación de unos pocos grados de esta temperatura puede tener consecuencias graves.

Con el fin de mantener la temperatura corporal interna dentro de límites aceptables existe necesidad de entender y controlar aquellos factores que pueden influir en este proceso. Como hay considerables variaciones en las características personales y susceptibilidades, la aplicación de cualquier índice de medición o control puede dar lugar a que algunos individuos sufran molestias, agravamiento de una condición preexistente o en casos extremos, daños fisiológicos.

A pesar de estas limitaciones, hay muchas estrategias que pueden ser tenidas en cuenta para limitar el riesgo de efectos adversos a la salud por el mantenimiento de la temperatura corporal interna en o cerca de su nivel de funcionamiento teórico.

Otro factor que debe tenerse en cuenta en lo que se refiere al trabajo es el enlace entre confort térmico y las tasas de accidentes y el rendimiento laboral.

Ya desde la Primera Guerra Mundial las investigaciones de las tasas de accidentes (especialmente en las municiones y las industrias mineras) mostraban una relación entre los índices de accidentes y las temperaturas más altas de lo normal (BOSH 1.996).

Smith (1984) utilizó cifras de producción mensual para demostrar que se produjeron importantes aumentos en la productividad en las minas de oro en el Sur de África, mediante la incorporación de procedimientos de refrigeración

dando lugar a una reducción de las temperaturas de bulbo húmedo. Por otra parte, la tasa de frecuencia de los accidentes mostró un descenso paralelo a la productividad lo que le permitió a Smith proponer que el estrés por calor degrada el rendimiento mental antes que cualquier deterioro del rendimiento físico.

OSHA (1999) sugirió que a una temperatura atmosférica de 35 ° C, se produce una pérdida en la producción de trabajo del 45% y una pérdida en la precisión de 700%, sin embargo no se proporciona información sobre cómo se determinaron estos valores. Un fuerte apoyo sobre el concepto de Smith es proporcionado por Knapik et al (2002) que informó sobre la relación entre las variaciones estacionales y las tasas de lesiones en el ejército de los EEUU durante el entrenamiento de combate.

Las implicaciones de estos hallazgos son importantes y tal vez no hayan recibido la atención que merecen, pero son ejemplos que sirven para destacar que el estrés por calor puede también estar vinculado.

1.2 TRABAJO EN TEMPERATURAS EXTREMAS

Resulta irónico que muchos de los recursos importantes del mundo se encuentren localizados en sitios donde se presentan extremos en las condiciones climáticas (caliente o frío). El desarrollo de estos recursos ha hecho necesario que las personas sean obligadas a trabajar en condiciones de calor o frío y por lo tanto se deben tomar precauciones adecuadas para asegurar que los efectos adversos para la salud sean minimizados. Ejemplos de trabajo en temperaturas extremas incluyen:

- Producción de petróleo en Alaska y el Medio Oriente.
- Minería en las regiones árticas de Canadá y África central

Mientras los anteriores son ejemplos de la misma actividad, tanto en ambientes fríos como caliente también pueden producirse otras situaciones. Por ejemplo serios problemas con calor excesivo puede ocurrir en minas profundas (Sudáfrica, Canadá y Australia) donde la roca huésped es tan caliente que transfiere calor al aire de los sistemas de ventilación. En tales casos, no es raro que el aire de ventilación deba ser refrigerado. Otros ejemplos del trabajo en temperaturas extremas serían:

- Trabajar en áreas refrigerados como cuartos fríos y congeladores.
- Trabajar en áreas de alta energía radiante, por ejemplo en fundiciones, plantas de acero, procesamiento de vidrio, hornos de coque, plantas de ladrillo y de cerámica.
- Trabajo en áreas al aire libre donde puede haber exposición a radiación solar o de sensación térmica.
- Actividades militares.

En consecuencia, cuando cualquier actividad de trabajo se lleva a cabo en áreas de potencial temperaturas extremas es necesario un plan de manejo adecuado que aborde los factores de riesgo presentes.

1.3 TRABAJO EN TEMPERATURAS MODERADAS

Aunque la necesidad de actividad de trabajo en climas de temperaturas extremas no es tan común en estos tiempos, el mero hecho de que las temperaturas extremas ocurran hace que se fuerce la atención sobre el tema y en la mayoría de los casos se mitiga cualquier riesgo para la salud.

En los climas templados el alto nivel de conciencia de las personas es común con relación a las "ola de calor" (o incluso a temperaturas moderadamente elevadas), y no es raro que las instalaciones de producción sean afectadas por enfermedades inducidas por el calor.

Es muy probable que ello también se produzca en algún grado por las "olas de frío"; sin embargo, esta situación no parece estar tan documentada.

En el caso de condiciones más calurosas que las normales (no necesariamente de ola de calor), hay muchas razones por las cuales estas condiciones anormales podrían inducir a problemas de salud. Por ejemplo:

- El cuerpo en climas moderados se termo regula dentro de una estrecha gama de temperaturas y cualquier aumento en ese rango puede tomar tiempo para ajustar los sistemas de regulación.
- Se espera que la fuerza de trabajo en climas moderados pueda afectar a más personas que podrían ser susceptibles a cualquier cambio por la condición térmica del medio ambiente, por ejemplo, los obesos, ancianos, etc.
- Los lugares de trabajo en los climas más moderados se han diseñado para un medio ambiente normal, no extremos.
- La intensidad de trabajo y la vestimenta son factores clave.

Actividades donde el estrés térmico puede ser un problema por exposición a temperaturas moderadas incluyen:

- Plantas de vulcanización del caucho
- Panaderías
- Cocinas comerciales
- Lavanderías
- Fábricas de conservas de alimentos
- Salas de calderas
- Actividades de lucha contra incendios

Muchas de las medidas derivadas de condiciones anormales en climas moderados se pueden manejar fácilmente proporcionando un enfoque de sentido común por ejemplo, la introducción de más períodos de descanso y el aumento de la ingesta de líquidos. Cada caso debe ser gestionado de forma especial. Al otro extremo de la escala, la exposición prolongada al aire frío o a la inmersión en agua fría a temperaturas muy bajas puede conducir a la hipotermia.

2 PRINCIPIOS

2.1 ESTRÉS POR CALOR

El Instituto Australiano de higienistas ocupacionales (AIOH) define el estrés por calor como: "La carga de calor neta a la cual un trabajador puede estar expuesto por la acción combinada del costo metabólico de trabajo, factores ambientales (es decir, temperatura del aire, la humedad, el movimiento de aire, el intercambio de calor radiante y los requerimientos de la vestimenta)". Los efectos de la exposición a niveles elevados de calor pueden ir desde molestias hasta trastornos mortales. Una discusión de estos efectos se puede encontrar en Sección 4.1.

2.2 TENSION POR CALOR

La tensión por calor puede ser definida (Taylor 2005) como: "El impacto fisiológico del estrés por calor en el cuerpo, se expresa en términos de los cambios en la temperatura del tejido y cambios compensatorios en la actividad de los sistemas fisiológicos (tasa de sudoración, ritmo cardíaco, flujo sanguíneo de la piel)". Una definición alternativa es proporcionada por el AIOH en su publicación (AIOH 2003) donde definen la tensión de calor como: "La respuesta fisiológica global resultante de estrés por calor." La interacción entre el estrés y la tensión de calor se puede demostrar en forma gráfica (Figura 3.1).



(Fuente: W HO 1969)

Figura 3.1 – Relación entre Estrés Calórico & Tensión por Calor

De la Figura 3.1 es posible hacer las siguientes observaciones:

Zona A - Cuerpo en estado de homeostasis.

Zona B - A medida que el nivel de estrés de calor aumenta la temperatura profunda del cuerpo se mantiene constante mediante el aumento de la tasa de sudor.

Zona C - A medida que el nivel de estrés de calor sigue aumentando, la tasa de sudoración ya no puede aumentar para regular la temperatura corporal profunda y por lo tanto, la temperatura del cuerpo aumenta.

Así, podemos ver un aumento en la tensión de calor en el cuerpo cuando aumenta el estrés por calor.

2.3 HOMEOSTASIS

2.3.1 Definición

Es el proceso de mantener el ambiente interno estable (por ejemplo, temperatura, pH, presión de la sangre, gases en sangre) mediante la modulación de las funciones físicas y el comportamiento (Taylor 2007).

Es importante entender que la homeostasis es en realidad un equilibrio dinámico donde se producen cambios continuos o el efecto neto donde ocurre un ambiente relativamente estable.

El concepto de homeostasis se puede demostrar al considerar la acción de un termostato en una habitación. Aquí un sensor determina la condición ambiental en la habitación y luego informa al termostato, que tanto ha aumentado o se ha reducido el flujo de energía (calor) para mantener la temperatura pre-establecida.

En los seres humanos el proceso es mucho más complejo y es controlado por una sección del cerebro llamada hipotálamo, que regula, por ejemplo, la respiración y las tasas metabólicas, dilatación de los vasos sanguíneos y los niveles de azúcar en la sangre en respuesta a los cambios causados por factores tales como la temperatura ambiente, las hormonas y la enfermedad.

2.3.2 Temperaturas corporales típicas

En la sección anterior hemos discutido el concepto por el cual en la homeostasis el cuerpo actúa para mantener su ambiente interno dentro de un estrecho margen alrededor de la temperatura corporal de aproximadamente 37 °C. Si no se mantiene la temperatura corporal central dentro de este margen dará como resultado un efecto adverso en la salud.

Taylor (2005) sugiere las siguientes temperaturas centrales como clínicamente significativas:

46,5 °C	Temperatura de supervivencia más alta registrada.
43 °C	Daño tisular (cerebro, hígado)
41 °C	Cese de la sudoración
39 °C	Umbral de la hipertermia
36,8 °C	Temperatura normal
35 °C	Umbral de la hipotermia
33 °C	Deterioro de la función muscular, introversión, pérdida de la agudeza mental
30 °C	Cesación de escalofríos e inconsciencia
28 °C	Posible fibrilación ventricular
26 °C	Bradipnea y bradicardia
24 °C	Posible muerte sin recalentamiento
14,4 °C	Menor temperatura central registrada en un sobreviviente de una hipotermia accidental.

La temperatura central interna se mantiene normalmente dentro de un valor que oscila alrededor de 37 °C. La temperatura central representa una temperatura compuesta por los tejidos profundos, pero incluso en la profundidad, la temperatura no es uniforme debido a que ciertos órganos tales como el hígado y los músculos activos tienen una mayor tasa de calor que otros tejidos.

La temperatura interna de los animales de sangre caliente, incluyendo el hombre, no se mantiene estrictamente constante durante el transcurso de un día, debido a la generación de calor a partir de la ingesta de alimentos y la actividad física. En los seres humanos puede ser 0,5 a 1,0 °C más alta en la noche que en la madrugada debido a un inherente ritmo. Otra variación natural de la temperatura interna se produce en las mujeres en el momento de la ovulación, cuando la temperatura central puede aumentar entre 0,1 a 0,4 °C hasta el final de la fase post-ovulatoria del ciclo menstrual.

Taylor (2005) también indica que las siguientes temperaturas de la piel son clínicamente significativas:

> 50 °C	Quemadura de segundo grado
> 45 °C	Daño tisular
41 - 43 °C	Dolor que quema
39 – 41 °C	Dolor
33 a 39 °C	Piel caliente, malestar

28 - 33 °C	Confortabilidad térmica
25-28 °C	Enfriamiento hasta la incomodidad (frío)
20 °C	Daño
15 °C	Dolor
10 °C	Perdida de la sensibilidad de la piel
5°C	Congelación por frío sin lesiones: (dependiente del tiempo, y puede ocurrir entre 17 - 0,55 °C)
<0,55 °C	Lesiones por frío de congelación

Al otro lado del cuerpo, desde la superficie de la piel a las capas superficiales del musculo, hay un gradiente de temperatura que varía de acuerdo con la temperatura externa. Este gradiente determina la tasa y la dirección del flujo de calor en el cuerpo. Cuando un individuo esta térmicamente confortable, la piel de los dedos de los pies puede estar en 25 °C, la de los brazos y piernas a 31 °C, la temperatura de la frente cerca de 34 °C mientras que la interna se mantiene a 37 °C.

2.4 REGULACIÓN TÉRMICA

Como se discutió en las secciones anteriores el cuerpo requiere mantener la temperatura interna dentro de límites aceptables y el proceso por el cual esto se consigue es el sistema de termorregulación humana.

Una de las formas más prominentes de la termorregulación humana es la de cambio de comportamiento. Por ejemplo, los seres humanos pueden regular su temperatura mediante acciones tales como:

- Ponerse o quitarse la ropa.,
- Cambio de postura
- Refugiándose
- Equipo de protección personal

El cuerpo también tiene un sistema fisiológico de termorregulación y tanto este como las acciones de comportamiento continuamente interactúan y responden a los cambios en el medio ambiente circundante en un intento de asegurar la supervivencia humana y comodidad.

Parsons (2003) indica que existen numerosos modelos de sistemas para la termorregulación humana de los cuales se van a mencionar en detalle cuatro de estos. Él sugiere que a pesar de que son diferentes en su composición, a efectos prácticos son casi idénticos y se basan en el reconocimiento de que cuando el cuerpo se calienta pierde calor a través de la vasodilatación (y la

sudoración es necesaria) y a continuación se enfría, el calor se conserva por la vasoconstricción y si es necesario el calor es generado por escalofríos. Todos los modelos están de acuerdo en que el centro de control primario para la termorregulación está en el hipotálamo; una sección del cerebro, justo por encima del tronco cerebral.

Los detalles de cómo la información pertinente es detectada por el cuerpo y transferida al hipotálamo donde se procesa y se traduce en señales que estimulan el Control Efectivo de la Temperatura del cuerpo no se conoce suficientemente.

Se ha sugerido que los termoreceptores sensibles a la Información térmica de la Piel, los tejidos profundos y el sistema nervioso retroalimentan al controlador central (hipotálamo), como se ilustra en la figura 3.2.

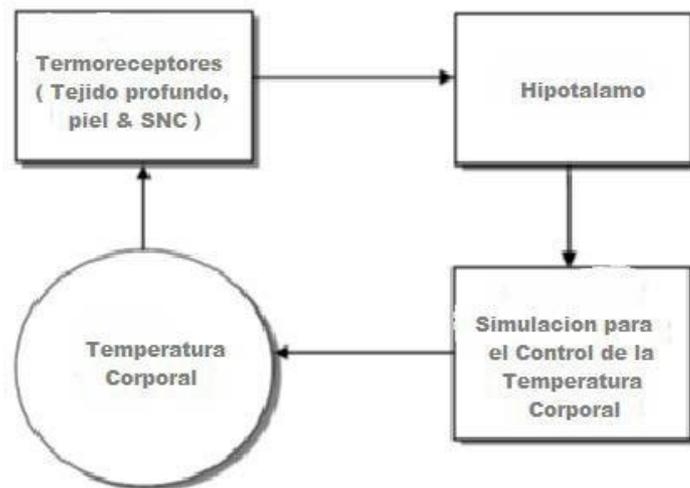


Figura 3.2 - Control de la Temperatura Corporal

El diagrama anterior se ha proporcionado con el fin de describir el proceso de recopilación y transmisión de la información al hipotálamo.

Para el propósito de este curso es suficiente comprender que el hipotálamo desempeña un papel clave en la termorregulación.

El sistema de control de temperatura del cuerpo es similar al control termostático de temperatura en una casa que dispone de sistemas de calefacción y refrigeración. Cuando la temperatura corporal se eleva por encima de un valor umbral se activan las respuestas asociadas con el enfriamiento (sudoración, aumento del flujo sanguíneo de la piel). De la misma forma cuando la temperatura del cuerpo desciende por debajo de otro umbral, se activan las respuestas de ganancia de calor (disminución del flujo sanguíneo de la piel, escalofríos). A Diferencia de los sistemas de calefacción / refrigeración de la casa, el sistema termorregulador humano no funciona

como un sistema de encendido y apagado si bien tiene características para el control de las tasas de cambio de temperaturas.

La Temperatura de funcionamiento del cuerpo es relativamente estable pero se ve afectada por el trabajo o la temperatura ambiente. Cuando el cuerpo se eleva por encima o cae por debajo del umbral, comienza a aparecer una variedad de respuestas fisiológicas y de comportamiento.

Se piensa que esto ocurre a veces por un error de carga (es decir, la diferencia entre la temperatura de funcionamiento del cuerpo y la temperatura resultante de factores externos). El tamaño y la dirección del error de carga determinan la forma e intensidad de las respuestas fisiológicas y de comportamiento.

2.5 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS EN AMBIENTES CALUROSOS

2.5.1 VASODILATACIÓN

Cuando se recibe la información en el hipotálamo, proveniente de termorreceptores, de que el cuerpo está caliente, se producirá vasodilatación de la piel y aumento de la pérdida de calor para reducir la carga de calor. De esta forma el calor se transporta desde el interior caliente a la superficie de la piel para la disipación.

2.5.2 TRANSPIRACIÓN

Cuando la temperatura corporal se eleva el cuerpo secreta sudor para permitir el enfriamiento por el proceso de evaporación.

Existen dos tipos de glándulas sudoríparas en el cuerpo, es decir, las glándulas apocrinas (axilas y regiones del pubis) y las glándulas eccrinas que se distribuyen por el cuerpo en áreas como la frente, cuello, tronco, parte posterior del antebrazo, la mano y otras áreas. Las glándulas eccrinas son las que realizan la termorregulación y existen entre 2 a 4 millones de estas distribuidas por toda la superficie del cuerpo.

En un ambiente caliente (es decir, cuando la temperatura del aire es mayor que la temperaturas de la piel) la evaporación del sudor es la única forma que permite mantener estable la temperatura del cuerpo (sólo hasta que el proceso sudoración no disperse la carga de calor).

2.5.3 CAMBIOS DE ELECTROLITOS

El sudor excesivo y prolongado supone de paso de pérdida de grandes volúmenes de agua y de electrolitos corporales (principalmente sodio) a la superficie de la piel.

Muchos órganos dependen del mantenimiento de gradientes precisos de concentración iónicos a través de membranas celulares para apoyar su actividad eléctrica. Por tanto, cualquier cambio en este gradiente de concentración da lugar a cuestiones tales como la capacidad del miocardio (tejido muscular del corazón) para mantener su ritmo de contracción, los músculos del tracto gastrointestinal para mantener los niveles normales de la motilidad (capacidad de moverse espontáneamente y de forma independiente) y para el músculo esquelético para mantener el tono.

Por lo tanto, el fracaso para mantener los niveles de electrolitos (e hidratación) a menudo resulta en trastornos gastrointestinales y calambres musculares.

2.5.4 DESHIDRATACIÓN

Si bien la sudoración es un proceso natural del cuerpo para controlar la temperatura, se presenta el problema de que sacrifica fluido corporal para enfriar la superficie de la piel.

Para las personas con trabajo pesado en ambientes calurosos la tasa máxima de sudor al día puede acercarse a 10 - 15 litros / día (Taylor 2005) y la deshidratación resultante disminuye la eficacia de la circulación de la sangre para la distribución de calor en el cuerpo.

La deshidratación puede conducir a las siguientes consecuencias:

- Reducción del volumen sanguíneo
- Deterioro de la estabilidad cardiovascular
- Reducción del rendimiento físico y cognitivo
- Reducción de la resistencia muscular y general.
- Elevación de la tensión térmica a cualquier nivel de estrés térmico dado
- Reducción de la tolerancia a calor
- Reducción de la tolerancia a la adaptación al calor
- Incremento del riesgo de enfermedad por exposición a calor

Taylor (2005) ha definido los umbrales críticos para la deshidratación así:

3% - el rendimiento físico y cognitivo comienza a deteriorarse (ocurre en alrededor de 45 minutos durante el trabajo pesado sin reposición de líquidos).

5% - degradación grave del rendimiento físico y cognitivo (ocurre en alrededor de 75 minutos durante el trabajo pesado si los fluidos no se reemplazan).

10-15% - deshidratación grave y peligrosa cercana al colapso circulatorio (ocurre alrededor de 150 minutos durante el trabajo pesado si los fluidos no se reemplazan).

20% - deshidratación potencialmente letal asociado con la pérdida de líquido no controlado (por lo general diarrea).

Estos umbrales se muestran en la figura 3.3; Sin embargo existe una gran variabilidad entre los individuos para la consecución de estos umbrales.

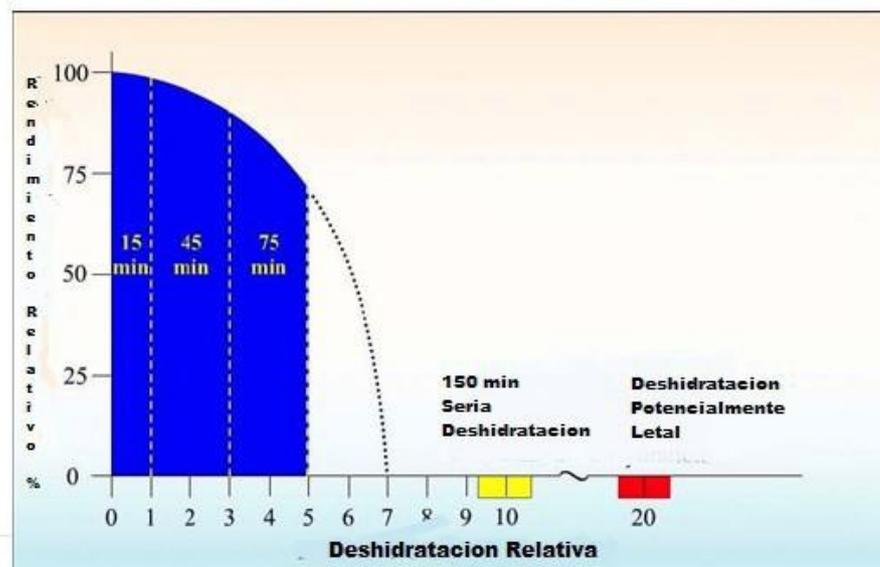


Figura 3.3 - Impacto de la deshidratación en el rendimiento físico y cognitivo

2.5.5 FRECUENCIA CARDÍACA

Durante el descanso el gasto cardíaco se distribuye entre todos los órganos, pero de preferencia a órganos tales como el cerebro, los riñones, el sistema digestivo y el hígado.

Cuando aumenta la temperatura del cuerpo, el sistema cardiovascular debe (además de proporcionar la sangre oxigenada a los órganos) eliminar el calor.

Para lograr esto, el flujo de sangre a la piel se incrementa a costa de los órganos menos críticos y el aumento de la cepa circulatoria provoca un incremento correspondiente en la frecuencia cardíaca.

En los seres humanos la frecuencia cardíaca es muy variable pero en la mayoría de adultos el promedio es de 60 - 80 latidos por minuto (40 - 50 latidos por minuto en los atletas de alto rendimiento). En situaciones de estrés térmico más alto se observan frecuencias cardíacas normales.

2.5.6 FRECUENCIA RESPIRATORIA

La respiración proporciona un camino por el cual el calor puede perderse a la atmósfera. Esta pérdida de calor es debido a la evaporación de la humedad en el tracto respiratorio.

2.5.7 OTROS EFECTOS

Otros efectos fisiológicos de la exposición a ambientes calientes incluyen:

- Calor superficial - Esta es una erupción de la piel que se desarrolla como resultado de la exposición continuada a calor húmedo donde la piel restante permanece húmeda debido al sudor no evaporado. Esto puede llevar a glándulas bloqueadas, picazón en la piel y reducción de la sudoración.
- Fatiga - El estrés por calor puede contribuir al aumento de los niveles de fatiga (y viceversa), y estar relacionado con las funciones de atención y de seguridad. El aumento del nivel de fatiga puede ser parcialmente responsable de las tasas de lesiones y accidentes.

2.6 RESPUESTAS FISIOLÓGICAS A AMBIENTES FRÍOS

2.6.1 LA VASOCONSTRICCIÓN

Cuando el cuerpo detecta que se está enfriando, se activa el proceso de vasoconstricción a fin de reducir la pérdida de calor. Durante este proceso la constricción de las venas superficiales se producen en las extremidades para que la sangre fría de la piel retorne a lo largo de las venas satélite (vena anexa) ganando así calor y retornándolo a la base del cuerpo.

Este proceso es lo inverso a lo que se produce durante la vasodilatación.

2.6.2 TEMBLOR

El Temblor puede ser a la vez un proceso voluntario e involuntario, su aparición se relaciona con la temperatura central y de la piel. El proceso del temblor está diseñado para aumentar la producción de calor metabólico en el cuerpo como un desplazamiento en contra de una caída en la temperatura central.

Los escalofríos pueden variar en intensidad de leve a violento y puede aumentar la producción de calor metabólico por un factor de hasta cinco veces el nivel de no escalofríos por períodos cortos.

Desgraciadamente, en ambientes muy fríos o durante la inmersión en agua fría, el temblor puede reducir la caída de la temperatura corporal pero también puede aumentar la pérdida de calor al ambiente.

2.6.3 PILO ERECCIÓN

La pilo erección es la condición que se produce cuando la piel se vuelve fría y en un intento de reducir la pérdida que pone los pelos "de punta" con el fin de mantener una capa de aire inmóvil entre el cuerpo y el medio ambiente.

Como los seres humanos tienen relativamente poco pelo y por lo general están vestidos (lo cual crea una capa de aire inmóvil), la condición no es usualmente considerada como un factor importante en la termorregulación humana. Algunos investigadores creen que sin embargo juega un papel activo, por ejemplo, durante el temblor y en entornos de aire fijas.

2.6.4 DIURESIS EN FRIO

Un efecto secundario de la vasoconstricción es el de diuresis en frío por lo que la constricción de todos los vasos sanguíneos de la piel obliga una gran cantidad de sangre a la base del cuerpo. Esto provoca un rápido aumento en la presión arterial y para compensarlo los riñones eliminan rápidamente el fluido desde el torrente sanguíneo a fin de estabilizar la presión arterial. El efecto resultante de estos cambios es la necesidad de orinar.

2.6.5 RESPIRACIÓN

La pérdida de calor se produce por medio de las vías respiratorias; la cantidad real depende de la temperatura y la humedad del aire y de la tasa de ventilación respiratoria.

El frío puede causar broncoespasmo y afectar negativamente el desempeño del trabajo físico y en algunas personas puede conducir al asma inducida por el ejercicio.

2.6.6 FRECUENCIA CARDÍACA

Como se discutió en la Sección 3.5.5, la frecuencia cardíaca se ve influida por un aumento del ritmo y la carga metabólica por calor y puede considerarse como un índice general de tensión en el cuerpo causada por un número de factores, uno de los cuales es el estrés térmico.

En los casos de hipotermia, se pueden observar patrones atípicos en un electrocardiograma (ECG) que sugiere un nivel de esfuerzo cardiovascular. También hay evidencia de un aumento del nivel de ataques de angina de pecho, trombosis coronaria y cerebral en condiciones ambientales frías y es probablemente debido al aumento de la presión arterial (vasoconstricción), tensión cardíaca y aumento de la viscosidad de la sangre.

Cabe señalar que las personas que tienen una función anormal del corazón también muestran los patrones de un ECG no típico y estarían en mayor riesgo de un ataque al corazón en condiciones de frío.

2.6.7 DESHIDRATACIÓN

Como se indica en la sección 3.6.5, la pérdida de calor del organismo en condiciones de frío ocurre a través del tracto respiratorio. El agua también se libera a través de esta vía y la deshidratación puede ocurrir debido a la pérdida de agua no sólo a través de las vías respiratorias como también a partir de la piel y la diuresis en frío.

2.6.8 RESPUESTA PSICOLÓGICA

Las respuestas psicológicas a cambios en el ambiente térmico se han estudiado con cierto detalle (Parsons 2003) y en general se acepta que el estado psicológico de una persona (por ejemplo, estado de ánimo y el comportamiento) puede ser influenciado por el estrés térmico.

Los estudios han demostrado que las personas que trabajan en áreas como la Antártida sufrieron incidencias de aburrimiento, cansancio, nostalgia, mal humor, ansiedad y trastornos del estado de ánimo y confianza en sí mismo.

A pesar de que una gran cantidad de evidencia que los ambientes térmicos pueden influir significativamente en las respuestas psicológicas, no se conocen los mecanismos subyacentes.

2.6.9 OTROS EFECTOS

Hay un número de otras consecuencias fisiológicas para ambientes fríos dignos de mención. Éstas incluyen:

- Lesiones local por frío - enfriamiento local de las extremidades puede inducir a lesiones por frío con o sin congelamiento con o sin la presencia de hipotermia. El pie de trinchera (por inmersión) es un ejemplo de una lesión en frío paralizante con daño local en los nervios y tejidos debido al enfriamiento prolongado de los pies en el barro o agua.

- La alergia al frío puede desarrollarse durante la eliminación del frío con vasodilatación generalizada sobre el cuerpo entero así como dolor de cabeza e hipertensión.
- Parálisis aguda del nervio facial a veces puede ocurrir como resultado de una corriente de aire frío dirigida hacia un lado de la cara.

2.7 PRODUCCIÓN E INTERCAMBIO DE CALOR CON LOS ALREDEDORES

2.7.1 TERMODINÁMICA BASICA

Las leyes de la termodinámica no fueron desarrolladas (al igual que la mayoría de otras leyes físicas) para explicar los procesos que experimentan los seres humanos con la naturaleza. De hecho, las leyes de la termodinámica fueron diseñadas para explicar la ausencia de movimiento perpetuo en la naturaleza.

La primera ley de la termodinámica establece:

"El aumento de la energía interna de un sistema termodinámico es igual a la cantidad de energía de calor añadido al sistema menos el trabajo realizado por el sistema sobre el entorno."

Un resumen simple de la primera ley es que "La energía no se crea ni se destruye, sólo puede ser transformado de un estado a otro".

La segunda ley de la termodinámica a menudo se expresa como:

"La entropía de un sistema aislado no en equilibrio tenderá a aumentar con el tiempo, acercándose a un valor máximo en el equilibrio."

La entropía es la dispersión de la energía dentro de un sistema o que parte de la energía dentro del sistema no está disponible para hacer el trabajo en el futuro.

Para demostrar el concepto de incremento de la entropía, consideremos el agua que se desborda de una presa. Cuando el agua está en la parte superior de la presa tiene energía potencial debido a la gravedad, que puede ser utilizada (por ejemplo, para generar electricidad). Cuando el agua se encuentra al pie de la presa tiene la misma energía total que el agua en la parte superior de la presa (como al caer sobre la pared de la presa calienta el agua aumentando así su energía térmica) pero ya no tiene la misma la capacidad para hacer el trabajo. Así, el agua ha pasado de un estado de energía disponible (o libre) a un estado de energía no disponible (inmovilizado) y este cambio es un aumento en la entropía.

Un resumen simple de la segunda ley indica

"La energía espontáneamente tiende a fluir desde un lugar concentrado hasta quedar difusa o dispersa fuera de este lugar". Como ejemplo, un objeto caliente tiende a enfriarse por perder energía (calor) con su entorno. Esto se puede demostrar en el enfriamiento de una taza de café caliente, donde diversos procesos actúan para dispersar la energía (calor).

2.7.2 FUENTES EXTERNAS DE CALOR

La fuente externa fundamental de calor para toda la vida es el sol, que tiene una temperatura aproximada de $5500\text{ }^{\circ}\text{C}$ y proporciona calor a la parte superior de la atmósfera a una velocidad aproximada de 1.370 W m^{-2} y sobre la superficie terrestre a una velocidad de $800 - 1000\text{ W m}^{-2}$.

En la tierra, esta energía se transpone de una forma a otra de acuerdo con las leyes de la termodinámica que sostienen una amplia gama de biosistemas incluyendo seres humanos.

La temperatura del aire y la temperatura radiante son las dos principales fuentes externas de calor que puede imponer cargas térmicas (ya sea caliente o frío) en los seres humanos.

En lo que se refiere a la radiación solar, es importante tener en cuenta que esta varía durante el día y el año debido a la rotación de la tierra sobre su propio eje y de su órbita alrededor del sol. La orientación y la posición de una persona también influirán en una carga solar individual.

FUENTES DE CALOR INTERNO

Los seres humanos generan calor porque son homeotermos (de sangre caliente) y lo hacen de la energía derivada de los alimentos y el oxígeno. A nivel celular la energía potencial se proporciona a la célula en forma de trifosfato de adenosina (ATP) derivado de la glucosa (conversión de carbohidratos en el intestino y el hígado), proteínas, aminoácidos y ácidos grasos en presencia de oxígeno por la acción de la enzima. La energía potencial se libera cuando el ATP se descompone en la célula.

La energía resultante se puede convertir en trabajo (por ejemplo, provocando que los músculos se contraigan), sin embargo, como este proceso es ineficiente, también se produce energía calórica (aproximadamente 80%).

La energía calorífica liberada por el proceso anterior se distribuye, principalmente por la sangre, alrededor del cuerpo. Obviamente, cuanto más energía es requerida por el cuerpo (trabajo pesado, ejercicio, etc.), más calor será liberado por el proceso anterior y por lo tanto transportados por todo el organismo.

ECUACION DE BALANCE POR CALOR

Dado que existe un requisito fisiológico que el cuerpo debe mantener su temperatura central alrededor de 37 ° C, esto lleva a la conclusión de que hay un balance de calor entre el cuerpo y su entorno. Esto quiere decir que, en promedio, la transferencia y la generación de calor dentro del cuerpo deben ser equilibradas por las salidas de calor de este.

Así, si la generación de calor y los insumos son mayores que las salidas de calor la temperatura corporal central se eleva y disminuiría si las salidas de calor son mayores que la temperatura corporal central.

La ecuación de balance de calor humano puede presentarse en muchas formas, sin embargo todas las ecuaciones implican los siguientes procesos:

- Generación de calor en el cuerpo
- Transferencia de calor
- Almacenamiento de calor

Una forma de representar la ecuación de balance de calor humano es como sigue:

$$M - W = E + R + C + K + S$$

Donde M = Tasa de producción de calor metabólico

W = Trabajo externo realizado por o sobre el cuerpo

K = Intercambio de calor por conducción

C = Intercambio de calor por convección

R = intercambio de calor a través de la radiación

E = intercambio de calor por evaporación

S = Tasa de almacenamiento de calor (calor ganado o perdido por el cuerpo)

Nota: M - W es siempre positivo

E, R, C, K, S (valor positivo es la pérdida de calor, valor negativo es la ganancia de calor)

Esta ecuación se puede volver a escribir como:

$$M + W + K + C + R - E = S$$

Para que el cuerpo esté en equilibrio térmico (es decir, temperatura constante) la tasa de almacenamiento de calor (S) es cero. Si hay una ganancia neta de calor, el almacenamiento es positivo y la temperatura corporal se elevará, pero si hay una pérdida neta de calor, el almacenamiento es negativo y la temperatura del cuerpo caerá.

Si bien las unidades de las tasas de producción o pérdida de calor son Js-1 o Watts (W), es tradicional para estandarizar sobre las personas de diferentes tamaños utilizar unidades por metro cuadrado de la superficie corporal total (es decir, $W m^{-2}$).

Utilizando la ecuación de balance de calor es posible derivar una serie de nuevas ecuaciones para las cuales ciertos términos pueden ser ya sea medidos o estimados. Estos incluyen cálculos para variables tales como:

- Pérdida de calor en la piel
- Pérdida de calor por evaporación en la piel
- Pérdida de calor por evaporación

En lo que respecta a la pérdida de calor por la respiración debe tenerse en cuenta que este es más prominente en ambientes fríos porque el aire espirado es más cálido y tiene una humedad absoluta más elevada que el aire inspirado. Por ejemplo una persona con un gasto energético de $400 W m^{-2}$ a $-10^{\circ} C$, la pérdida de calor por vía respiratoria sería de alrededor de $25 W m^{-2}$, pero para las actividades normales (sentado / de pie) a $20^{\circ} C$ la pérdida de calor sólo sería alrededor de $2 - 5 W m^{-2}$.

2.8 PRODUCCIÓN DE CALOR METABOLICO Y EFICIENCIA

2.8.1 PRODUCCIÓN METABÓLICO DE CALOR

Como se indica en la Sección 3.7.3, el cuerpo humano puede ser considerado como un motor de químicos, y los alimentos con diferente contenido de energía es el combustible. En reposo, parte de la energía química de los alimentos se transforma en trabajo mecánico, por ejemplo, en los latidos del corazón y los movimientos respiratorios. Esto representa menos del 10% de la energía producida en reposo, y el resto se utiliza en el mantenimiento de gradientes iónicos en los tejidos y en las reacciones químicas en las células, tejidos y fluidos corporales. Alrededor del 80% de la energía se pierde en última instancia desde el cuerpo en forma de calor y en equilibrio por la ingesta y la pérdida de energía mantenido durante la actividad física diaria. En general, el consumo de energía de los alimentos equilibra el gasto de energía, excepto en aquellos casos en los que el peso corporal está cambiando rápidamente. En ausencia de un cambio marcado en el peso, la medición del consumo de alimentos se puede utilizar en la evaluación de la actividad habitual o gasto de energía, aunque en la práctica, el balance de energía sólo se alcanza en un período de más de una semana.

La energía liberada en el cuerpo por el metabolismo puede ser derivada a partir de mediciones de consumo de oxígeno utilizando calorimetría indirecta. El valor de la producción de calor metabólico en el estado basal con el descanso físico y mental completo es de aproximadamente 45 W m^{-2} (es decir, por m^2 de superficie corporal) para un hombre adulto de 30 años y de 41 W m^{-2} para una hembra de la misma edad. Los valores máximos se obtienen durante el trabajo muscular severo y puede ser tan alto como 900 W m^{-2} por períodos breves.

Esta alta tasa rara vez se puede mantener y el rendimiento a $400\text{-}500 \text{ W m}^{-2}$ es un ejercicio muy pesado, pero es una tasa global que puede mantenerse durante aproximadamente una hora.

El calor metabólico está determinado en gran medida por la actividad muscular durante el trabajo físico, pero se puede aumentar en reposo en el frío por contracciones musculares involuntarias durante el temblor.

En la ecuación de balance de calor dado previamente, $M - W$ es la ganancia real de calor por el cuerpo durante el trabajo, o $M + W$ cuando se realiza trabajo negativo.

En trabajo positivo, una parte de la energía metabólica aparece como trabajo externo, de modo que la producción de calor real en el cuerpo es menor que la energía metabólica producida. Con trabajo negativo, por ejemplo, "frenado" mientras camina en la planta baja, la actividad del músculo se estira en lugar de acortarse para que el trabajo se realice por el ambiente externo en los músculos y aparece como energía térmica. Así, el calor total liberado en el cuerpo durante el trabajo negativo es mayor que la producción de energía metabólica.

En un intento de reducir la variabilidad individual en las estimaciones de producción de calor metabólico para una actividad específica, el valor suele estar relacionado con el área de la masa corporal o el cuerpo a la superficie.

Así, las unidades de producción de calor metabólico son W m^{-2} o $\text{kcal} / \text{min} / \text{kg}$. Una unidad que se utiliza en algunas publicaciones es la Met, donde se dice que $1 \text{ Met} = 50 \text{ kcal} / \text{m}^2 / \text{hr}$ o $58,15 \text{ W m}^{-2}$ que corresponde a la tasa metabólica de una persona sentada en reposo.

Con frecuencia se asumen valores de $1,84 \text{ m}^2$ como superficie de un hombre de una masa corporal de $65 - 70 \text{ kg}$ y de $1,6 \text{ m}^2$ para el área superficial de una mujer con 55 kg de masa corporal.

Estos son sólo aproximaciones con lo cual lo más apropiado sería el cálculo de la relación de superficie a masa.

2.8.2 VALORES TÍPICOS DE PRODUCCIÓN DE CALOR METABÓLICO

La siguiente tabla (Tabla 3.1) da una indicación de cómo cambian las tasas metabólicas con la actividad.

Tabla 3.1. Ejemplos de Tasas Metabólicas

Nivel de Actividad	Tasa Metabólica (Wm-2)	Ejemplos Típicos (Wm-2)
Descansando	<65	Durmiendo (35) Sentado Quieto (50) Sentado – relajado (60) Trabajo de oficina(50 – 60) Conduciendo un vehículo con trafico ligero (60)
Bajo	65 -130	Empujando una carretilla (125) Lavar los platos (80) Dependiente de una tienda (100) Actividades de laboratorio (70 - 110)
Moderado	130 - 200	Uso de un martillo neumático (160) Conducir un vehículo pesado (160) Gimnasia (150 - 200) Maniobrando una máquina (140)
Alto	200 - 260	Aserrado a mano (200 - 240) Uso de un pico y una pala (200 - 240) Jugar al tenis (230)
Muy Alto	>260	Cepillado de la madera con la mano (280 - 320) Operador del horno de metal caliente (340) Zanjado de excavación (300) Lucha libre (435)

Otro enfoque es el que permite los movimientos físicos de los componentes individuales que se tienen en cuenta para calcular la tasa metabólica global. Un ejemplo de este enfoque se presenta en la Tabla 3.2 y 3.3.

Tabla 3.2 – Tasa Metabólica según & Movimiento del cuerpo

A. Posición y Movimiento	Wm-2
Sentado	10
De Pie	25
Caminando	80 – 120
Caminando cuesta arriba	Aumentar 32 por metro adicional

(Fuente: AIOH 2003 – reproducido con permiso)

Tabla 3.3 – Tasa Metabólica para Componentes de Movimiento

B. Tipo de Trabajo		Promedio Wm-2	Rango Wm-2
Trabajo Manual	Ligero	15	5 – 50
	Pesado	40	
Trabajo con una mano	Ligero	35	25 – 100
	Pesado	75	
Trabajo con ambas manos	Ligero	65	40 – 140
	Pesado	105	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	125	100 – 600
	moderado	190	
	Pesado	280	
	muy pesado	390	

(Fuente: AIOH 2003 – reproducido con permiso)

2.8.3 TRABAJO EXTERNO

Cuando una persona realiza una tarea, algo de energía se utiliza para realizar trabajo externo. Así, cuando una persona trabaja en el mundo externo (por ejemplo, caminar cuesta arriba) esto se denomina el trabajo "positivo" y por el contrario si es caminar cuesta abajo se denomina trabajo "negativo" externo.

Por lo tanto, el trabajo externo (W) es la parte de la energía total producida por el cuerpo que no se desprende en forma de calor.

2.9 TRANSFERENCIA DE CALOR SECO O NO EVAPORATIVO

2.9.1 CONDUCCIÓN

El calor es conducido entre el cuerpo y los elementos sólidos o líquidos con los que está en contacto. La conducción se produce debido a los gradientes de temperatura internos que causan movimientos vibracionales de electrones libres (sólidos) y moléculas (líquidos y gases), causando la transferencia de calor de mayor a menor temperaturas. Todos los efectos son a nivel microscópico y no existe movimiento apreciable de la sustancia.

Este proceso se puede expresar como:

$$K = k (t_1 - t_2)$$

K = pérdida de calor conductivo ($W m^{-2}$)

t_1 = Temperatura del cuerpo ($^{\circ} C$)

t_2 = temperatura del medio ambiente ($^{\circ} C$)

k = conductividad térmica del medio ($W m^{-2} ^{\circ} C^{-1}$)

Algunos valores típicos de la conductividad térmica son:

Aire a $0^{\circ} C = 0.024 (W m^{-1} ^{\circ} C^{-1})$

Agua a $0^{\circ} C = 0,57 (W m^{-1} ^{\circ} C^{-1})$

Sangre a $37^{\circ} C = 0,51 - 0,53 (W m^{-1} ^{\circ} C^{-1})$

Cobre a $0^{\circ} C = 356 (W m^{-1} ^{\circ} C^{-1})$

Acero inoxidable a $0^{\circ} C = 16,2 (W m^{-1} ^{\circ} C^{-1})$

Claramente la inmersión en agua a $0^{\circ} C$ se traducirá en una pérdida de calor conductivo mucho mayor que la exposición al aire a $0^{\circ} C$.

2.9.2 CONVECCIÓN

Normalmente (aunque no siempre) la temperatura de la superficie de una persona es mayor que la del aire circundante, por lo que el aire cerca del cuerpo se calienta y se moverá hacia arriba por convección natural (es decir, el aire caliente tiende a subir).

La expresión para el intercambio de calor por convección es:

$$C = hc (t_1 - t_2)$$

C = pérdida de calor por convección ($W m^{-2}$)

t_1 = Temperatura del cuerpo ($^{\circ}$ C)

t_2 = Temperatura del aire ($^{\circ}$ C)

h_c = coeficiente convectivo de transmisión térmica ($W m^{-2} K^{-1}$)

La convección natural (libre) se considera aplicable cuando la velocidad relativa del aire es $<0,1 ms^{-1}$ y tiene una h_c típico de 5 a $25 W m^{-2} K^{-1}$.

Ya que la velocidad del aire aumenta (por ejemplo, a través del movimiento, como caminar), se dice que los aumentos y pérdidas del h_c son "forzadas" por convección. Obviamente, el uso de un ventilador aumenta la h_c aún más. Algunos valores típicos para la ventilación forzada de h_c en caso de gases son $25-250 W m^{-2} K^{-1}$ y $50 - 20\ 000 W m^{-2} K^{-1}$ para sólidos.

2.9.3 Radiación

Todos los cuerpos por encima de una temperatura de cero absoluto, emiten radiación térmica y la transferencia de calor se produce en forma de ondas electromagnéticas entre dos sólidos opacos a diferentes temperaturas.

Así, si tenemos dos objetos similares (1 y 2) la transferencia de radiación está dada por:

$$R = \sigma \varepsilon (T_1^4 - T_2^4)$$

R = Transferencia de radiación ($W m^{-2}$)

σ = Constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \cdot 10 W m^{-2} K^{-4}$)

ε = Emisividad de los objetos

T_1 = Temperatura del objeto 1 ($^{\circ}$ K)

T_2 = Temperatura del objeto 2 ($^{\circ}$ K)

2.10 PÉRDIDA EVAPORATIVA POR CALOR

En reposo y bajo una confortable temperatura ambiental una persona pierde peso por evaporación de agua que se difunde a través de la piel y de las vías respiratorias. La pérdida total de agua en estas condiciones es de aproximadamente $30 gh^{-1}$. La difusión del agua a través de la piel normalmente da como resultado una pérdida de calor igual a aproximadamente $10 W m^{-2}$. Esto se denomina "transpiración insensible".

El calor latente de vaporización del agua es $2.453 kJ kg^{-1}$ a $20^{\circ} C$ y una tasa de sudor de 1 litro por hora se disipará sobre $680 W$. Este valor de pérdida de calor se obtiene solamente si todo el sudor se evapora de la superficie corporal; el sudor que gotea desde el cuerpo no proporciona una refrigeración eficaz.

La evaporación se expresa en términos del calor latente absorbido por el medio ambiente como resultado de la pérdida por evaporación y la diferencia de presión de vapor que constituye la fuerza motriz para la difusión

$$E = h_e (p_{SK} - p_a)$$

Donde E es la tasa de pérdida de calor por evaporación por unidad de área de superficie corporal ($W m^{-2}$), h_e es el coeficiente medio de evaporación ($W m^{-2} kPa^{-1}$) y P_{SK} y p_a son las presiones parciales de vapor de agua en la superficie de la piel y en el aire ambiente (kPa).

La determinación directa del coeficiente de evaporación media (h_c) se basa en la medición de la velocidad de evaporación de un sujeto cuya piel está completamente mojada con sudor. Ya que la producción de sudor no es sobre la superficie del cuerpo se requiere que la tasa total de sudor debe superar la pérdida por evaporación por un margen considerable estado que es difícil de mantener por mucho tiempo.

El movimiento del aire y la postura corporal también son importantes en la toma de la medición.

2.11 ACLIMATACIÓN

La aclimatación se puede definir (IUPS 2001) como los cambios fisiológicos o de comportamiento que ocurren durante la vida de un organismo que reducen la tensión causada por los cambios de estrés en el medio natural (de temporada o geográfica).

Después de un período suficiente de exposición, las personas que trabajan en ambientes calurosos son capaces de adaptarse al calor y tolerar temperaturas más elevadas. Los efectos de las condiciones climáticas calientes son por lo tanto menos severas en personas aclimatadas que no aclimatadas. La aclimatación puede lograrse o bien artificialmente mediante la exposición controlada en cámaras climáticas, o naturalmente al trabajar a altas temperaturas durante períodos cortos cada día.

La aclimatación debe realizarse gradualmente durante un período de 7 a 10 días. Las personas que viven en sitios cálidos pueden aclimatarse más fácilmente que aquellas que no permanecen en estos sitios. Cuando la exposición al calor cesa, la aclimatación continúa durante alrededor de una semana, entonces disminuye y se pierde por completo después de aproximadamente un mes.

La mejora en la tolerancia al calor se debe a una mayor capacidad para sudar y una frecuencia de pulso reducida.

La aclimatación en ambientes fríos es menos conocida pero los humanos aprenden a comportarse en climas fríos de tal forma que puedan sobrevivir y

mantenerse calientes. La aclimatación fisiológica es difícil de demostrar y la evidencia de tales procesos no son concluyentes.

Sin embargo, existe evidencia de aclimatación local por frío de los dedos y las manos. A menudo se observa que las personas cuyas manos están expuestas regularmente al frío (pescadores, esquimales), mantienen la temperatura de la mano. Esto se cree que es causado por menos vasoconstricción y más vasodilatación inducida por el frío, sin embargo, puede ser simplemente que las manos se han lesionado y restringe la capacidad de vasoconstricción.

3 EFECTOS DE LAS TEMPERATURAS EXTREMAS

3.1 EFECTOS DE LA TENSION POR CALOR EXCESIVO - AMBIENTES CALUROSOS

El cuerpo humano funciona dentro de una banda de temperatura central muy estrecha por lo general van desde 36.8 ° C a 37.2 ° C. El nivel de esta gama es un equilibrio entre el intercambio de calor con el ambiente externo térmico y la generación interna de calor generado por los procesos metabólicos y prendas de vestir. Este proceso puede ser representado por la ecuación de balance de calor:

$$M + W + K + C + R - E = S$$

Donde M = Tasa de producción de calor metabólico

W = Externo trabajo realizado por el cuerpo

K = pérdida de calor conductivo o ganancia

C = pérdida o ganancia de calor convectiva

R = pérdida o ganancia de calor radiante

E = pérdida de calor por evaporación

S = calor ganado o perdido por el cuerpo

W y K son generalmente pequeñas y no se consideran a menudo, una forma simplificada es:

$$M + C + R - E = S$$

El efecto combinado de ambiente térmico externo e interno de la producción de calor metabólico constituye el estrés térmico en el cuerpo. Los niveles de actividad requerida en respuesta a la tensión térmica por sistemas tales como cardiovascular, termorregulador, respiratorio, renal y endocrino constituyen la tensión térmica. Por lo tanto las condiciones ambientales, la carga metabólica y la ropa, de forma individual o combinada, crean estrés por calor para el trabajador. La respuesta fisiológica al estrés, por ejemplo, la sudoración, aumento del ritmo cardíaco y la temperatura central elevada, es la tensión por calor.

Cuando el cuerpo es incapaz de regular adecuadamente la temperatura central pueden aparecer enfermedades o tensión por calor como consecuencia del estrés por calor.

Trabajar en un ambiente caliente coloca al cuerpo y, en particular, al sistema cardiovascular bajo carga. El cuerpo debe asegurarse que los músculos que trabajan tienen un suministro adecuado de sangre, pero la sangre también debe ser distribuida a la piel para permitir el intercambio de calor por

conducción y convección. Una cantidad desproporcionada de sangre se desvía a la piel para el intercambio de calor. Esto reduce el volumen de sangre que vuelve al corazón y por lo tanto disminuye la cantidad de sangre bombeada por latido del corazón (volumen sistólico).

Bajo condiciones calurosas la pérdida de calor se incrementa en primer lugar por la vasodilatación que aumenta el flujo de sangre a la piel y aumenta la temperatura de la piel. Si esto no es suficiente para controlar la temperatura central, la temperatura corporal se elevará más allá y la sudoración comienza a aumentar la pérdida de calor por evaporación. La exposición repetida al calor conduce a respuestas modificadas en el mecanismo de sudoración (inicio más temprano y sudor más diluido) y en el sistema cardiovascular.

Cuando el ambiente es cálido y húmedo, es decir, el aire está saturado de vapor de agua, como por ejemplo en las minas subterráneas de carbón, lavaderos y molinos de papel, la pérdida excesiva de líquidos puede ocurrir durante un turno de trabajo. Esto se debe principalmente a la sudoración y a la hidratación a menudo insuficiente. La pérdida excesiva de líquidos también puede ocurrir en condiciones calientes y secas, aunque esto no es tan perceptible para la persona que de nuevo puede estar inadecuadamente hidratado. Dependiendo de la severidad de la pérdida de fluido, los volúmenes de sangre totales pueden disminuir.

La AIOH en su publicación sobre el estrés por calor (AIOH 2003) da una revisión de enfermedades por el calor que se reproduce a continuación.

Golpe de calor

El Golpe de calor debe ser tratado como una emergencia médica. El golpe de calor, que es un estado de insuficiencia de termorregulación, es la más grave de las enfermedades por el calor.

El golpe de calor se considera que se caracteriza por piel caliente y seca; rápido aumento de la temperatura corporal; colapso; pérdida de consciencia; y convulsiones. Si la temperatura corporal profunda excede 40 C el peligro de un golpe de calor es inminente. Sin atención médica inicial, pronta y apropiada, incluyendo el traslado de la víctima a un lugar fresco y aplicando un método adecuado para la reducción de la temperatura del cuerpo el golpe de calor aumenta rápidamente y será fatal. Una víctima de un golpe de calor requiere de atención médica inmediata.

Agotamiento por calor

El agotamiento por calor, es inicialmente una lesión por calor menos grave que el golpe de calor, aunque puede convertirse en una fase preliminar a un golpe de calor. El agotamiento por calor se caracteriza generalmente por presencia

de piel fría y húmeda, debilidad o fatiga extrema; náusea; dolor de cabeza; sin aumento excesivo de la temperatura corporal; y baja la presión arterial con un pulso débil. Sin tratamiento oportuno, el colapso puede ocurrir.

El agotamiento por calor ocurre con mayor frecuencia en las personas cuyo volumen total de sangre se ha reducido debido a la deshidratación (es decir, agotamiento de agua en el cuerpo como consecuencia de la ingesta deficiente de agua), pero también puede estar asociada con el consumo de sal inadecuada incluso cuando la ingesta de líquidos es la adecuada. Los individuos, que tienen un bajo nivel de aptitud cardiovascular y / o no están aclimatados al calor, tienen un alto potencial para convertirse, y puede ser recurrente, víctimas del agotamiento por calor, en particular cuando no se practica la auto-estimulación del trabajo. Debe tenerse en cuenta que cuando se practica la auto-estimulación, tanto a los trabajadores aptos como no aptos se tiende a encontrar una frecuencia similar de agotamiento por calor. Acostarse en un lugar fresco (10-15 °C), consumo de agua ligeramente salada (0,1% NaCl) o un suplemento de electrolitos potable, pueden ser medidas para lograr una rápida recuperación de una víctima de agotamiento por calor, pero un médico debe ser consultado antes de la reanudación de trabajo. El agotamiento por calor puede requerir mayor tratamiento bajo supervisión médica.

Sincope por Calor (desmayo)

La exposición de personas con fluido deficiente a condiciones ambientales calurosas puede causar un cambio importante en el cuerpo por suministro de sangre a los vasos de la piel en un intento de disipar la carga de calor y en última instancia se traduce en un suministro inadecuado de sangre entregada al cerebro. Esta última condición también puede ocurrir incluso sin una reducción significativa en el volumen de sangre en condiciones tales como por con restricciones posturales.

Calambres por calor

Los calambres por calor, se caracterizan por espasmos dolorosos en uno o más músculos esqueléticos. Los calambres por calor pueden ocurrir en personas que sudan profusamente sin reemplazar las pérdidas de sal o personal no aclimatado con mayores niveles de sal en el sudor. Descansar en un lugar fresco y beber 250 ml de solución salina (0,9% NaCl) aliviará los calambres rápidamente. El uso de tabletas de sal no es deseable.

Estas personas deben ser aconsejadas para mantener una ingesta de electrolitos equilibrada, con las comidas, si es posible. Tenga en cuenta que cuando se producen los calambres por calor, se producen con mayor

frecuencia durante la exposición al calor, pero pueden ocurrir algún tiempo después de la exposición al calor.

Salpullido por calor

Las erupciones por calor por lo general se producen como consecuencia de la exposición continuada a calor húmedo con la piel restante continuamente húmeda por el sudor no evaporado. Esto a menudo puede resultar en glándulas bloqueadas, picazón en la piel y reduce la sudoración. En algunos casos en que se produce, el salpullido puede conducir a largos períodos de incapacidad. Cuando las condiciones pueden favorecer la aparición de salpullido (por ejemplo, la exposición a la humedad en situaciones en minas subterráneas tropicales o profundas), las medidas de control pueden ser importantes para evitar largos períodos de incapacidad temporal. Mantener la piel limpia y tan fresca y seca como sea posible para permitir que la piel se recupere es generalmente el método más exitoso. Efectos crónicos a largo plazo (por ejemplo, mayor incidencia de cálculos renales) no son concluyentes.

3.2 EFECTOS DE LA TENSION EXCESIVA POR CALOR - AMBIENTES FRÍOS

Hay cuatro factores que contribuyen al estrés por frío: las bajas temperaturas, fuertes vientos, la humedad y el agua fría. Un ambiente frío (véase la Tabla 4.1 para diferentes temperaturas del aire de los ambientes de trabajo en frío) obliga al cuerpo a trabajar más fuertemente para mantener su banda en la temperatura central.

Tabla 4.1 - Temperaturas del aire de varios Entornos Laborales Fríos

Temp Aire °C	
-90	La temperatura más baja en la base del polo sur
-55	Almacén frigorífico de piel de pescado y producción de productos secos, congelados.
-40	Temperatura "normal" en la base polar.
-28	Enfriador para productos congelados.
-50 to -20	Temperatura media de enero del norte de Canadá y Siberia
-20 to -10	La temperatura media de enero del sur de Canadá, el norte de Escandinavia y el centro de Rusia.

-10 to 0	Temperatura promedio de enero del norte de EE.UU., el sur de Escandinavia, Europa Central, partes del Medio y Lejano Oriente, América Central y el norte de Japón
----------	---

Los primeros efectos de la excesiva tensión por calor debido a los ambientes fríos son el dolor y entumecimiento de las extremidades especialmente los dedos. Esto se debe al desvío de sangre caliente a la base del cuerpo, lejos de las zonas no vitales, como las manos, los pies, la nariz, las mejillas y las orejas.

Los efectos incluyen:

- Congelación
- Pie de trinchera
- Hipotermia
 - Leve
 - Moderada
 - Grave

Congelación

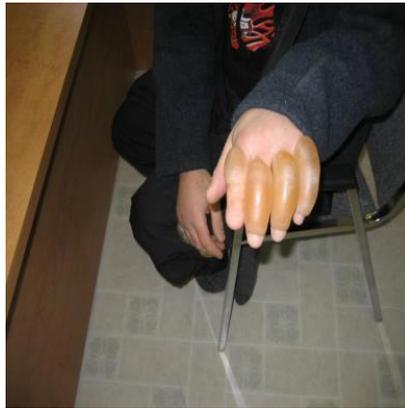
La congelación es la condición médica por el cual el daño es causado a la piel y otros tejidos debido al frío extremo. A 0 °C o menos la temperatura central puede reducirse y los vasos sanguíneos cerca de la piel comienzan a estrecharse (constricción) ayudando así a preservar la temperatura corporal central. En frío extremo o cuando el cuerpo está expuesto al frío durante largos períodos y la temperatura principal se ha reducido, la vía de protección puede reducir el flujo sanguíneo en ciertas áreas del cuerpo a niveles peligrosamente bajos. La combinación de bajas temperaturas y la falta de flujo sanguíneo pueden causar lesiones graves en los tejidos mediante la congelación del tejido.

La congelación es más probable que ocurra en partes del cuerpo más alejadas desde el corazón y en aquellos con una gran cantidad de área de superficie expuesta al frío. Las etapas iniciales se refieren a veces como "escarcha", algunas personas pueden sentir estos, otros no.

Generalmente la congelación se acompaña de decoloración de la piel, junto con quemadura y / o sensación de hormigueo, adormecimiento parcial o completo y dolor, posiblemente intenso. Si los nervios y los vasos sanguíneos se han visto gravemente dañados, puede ocurrir gangrena y la amputación puede llegar a ser necesario. Si se deja sin tratamiento, la piel congelada se oscurece gradualmente después de unas horas. La piel destruida por la

congelación es completamente negra y se nota quemadas.

suelta y desollada, como



(Fuente: BP International Ltd)

Figura 4.1 – Ejemplo del estado de congelación de las extremidades.

Pie de trinchera

El pie de trinchera o pie de inmersión es una condición médica causada por la exposición prolongada de los pies a la humedad y al frío. Era un problema particular para los soldados que participan en la guerra de trincheras durante los meses de invierno de la Primera Guerra Mundial, la Segunda Guerra Mundial y también durante el conflicto de Vietnam.

El pie de trinchera se produce cuando los pies están fríos y húmedos, mientras se usa calzado estrecho. A diferencia de la congelación, el pie de inmersión no requiere temperaturas de congelación y puede presentarse bajo temperaturas de hasta 16 ° C. El pie de inmersión puede presentarse con sólo doce horas de exposición. Bajo los efectos de la inmersión del pie, los pies se entumescen, seguidos por un cambio de color a rojo o azul. A medida que la condición empeora, los pies pueden hincharse. Un pie de inmersión avanzado a menudo implica ampollas y llagas abiertas, que conducen a infecciones fúngicas. En tales casos, el pie de inmersión puede ser referido como "putrefacción de la selva". Si no se trata, el pie de inmersión da lugar generalmente a gangrena, que puede requerir la amputación. Si se trata adecuadamente y con rapidez, la recuperación completa es normal, pero la recuperación está marcada por dolor severo a corto plazo. Al igual que otras lesiones por frío, quienes experimentan pie de inmersión son más susceptibles a ella en el futuro.

El pie de inmersión se puede prevenir fácilmente, manteniendo los pies calientes y secos, y el cambio de calcetines con frecuencia cuando los pies no pueden mantenerse secos. En la primera guerra mundial se aconsejó a los soldados británicos mantener múltiples pares de calcetines limpios en la mano, y cambiarlos por lo menos tres veces al día. Durante la Primera Guerra Mundial, a los soldados les fueron proporcionados grasa de ballena para aplicarlo a sus pies como parte de un intento por reducir la prevalencia de esta

enfermedad en las trincheras. La idea era someter a los pies a prueba de agua. También se descubrió que una medida clave consistía en inspecciones regulares de los pies por parte de los oficiales.

El pie de trinchera tuvo una reaparición no deseada en el ejército británico durante la Guerra de las Malvinas en 1982. Las causas fueron las condiciones frías y húmedas y el tipo de calzado usado por los soldados que no era suficientemente impermeable. Un gran número de soldados fueron incapacitados por esta condición.

Hipotermia

La hipotermia se refiere a cualquier condición en la que la temperatura de un cuerpo cae por debajo del nivel requerido para el metabolismo normal y / o función corporal a tener lugar. En los animales de sangre caliente, la temperatura corporal central se mantiene en o cerca de un nivel constante a través de la homeostasis biológica. Cuando el cuerpo está expuesto a temperaturas más frías, sin embargo, sus mecanismos internos pueden ser incapaces de reponer el calor que se está perdiendo a los alrededores del cuerpo. La hipotermia es lo contrario de la hipertermia. Debido a que las palabras suenan igual, son fácilmente confundidos.

Los signos y síntomas de la hipotermia son:

- Hipotermia leve : 36,5-32 ° C
 - Temblor
 - Falta de coordinación, tropezones.
 - Dificultad para comunicarse
 - Pérdida de la memoria
 - Piel pálida, fría
- Hipotermia moderada 32 a 30 ° C
 - Temblor, escalofrío
 - Dificultad para caminar o estar de pie
 - Confusión
- Hipotermia severa 30-25,5 ° C
 - Rigidez muscular severa
 - Somnolencia e inconsciencia
 - Piel helada
 - Muerte

Algunos autores (Dembert 1982) han aportado criterios más definidos a diferentes temperaturas, que incluye:

30 - 29 ° C: pérdida progresiva de la conciencia, aumenta la rigidez muscular, disminuye la tasa respiratoria

27 ° C: caída del movimiento voluntario

24 ° C: edema pulmonar

20 ° C: paro cardíaco

Lo que debe entenderse es que lo anterior no es aplicable a todas las personas y existe un caso reportado por la literatura de una víctima de la hipotermia que presentó una temperatura interna de 18 ° C que alcanzó a recuperarse. Este es un evento raro ya que temperaturas internas del organismo entre 30 ° C - 25.5 ° C son fatales en la mayoría de los casos.

Factores predisponentes

Los efectos y la gravedad de la tensión por calor en los individuos depende naturalmente de la capacidad fisiológica de la persona y los factores personales incluyen la edad; género; salud general (incluyendo condiciones médicas, peso y condición física general, etc.); estado de hidratación; el alcohol, la cafeína y la dieta; el consumo de nicotina; medicamentos y drogas sin receta; aclimatación y ropa de protección y otros equipos de protección.

Edad

La edad, como tal, no es necesariamente la característica más importante cuando se evalúa a las personas dentro de la susceptibilidad a la tensión por calor. La condición física de una persona en lugar de las debilidades que pueda presentar con relación a la edad es más significativa. Como todos sabemos hay algunas personas en un grupo de edad mayor que se encuentran en mejor forma y son capaces de soportar una situación de estrés por calor incluso mucho mejor que un grupo de edad mucho más joven.

Las personas de cualquier edad que han sufrido lesiones de nervios periféricos también pueden haber reducido la capacidad de sudoración y la reducción de control vasomotor.

Ya que la gente envejece, los factores personales de buen estado de salud y el nivel de aptitud física son más importantes que simplemente la edad en sí. Una expectativa razonable para alguien que tiene una condición cardiovascular respiratoria normal, buenos reflejos, estado de salud y totalmente hidratado estará mejor preparado para controlar el estrés térmico que nadie.

Algunas discapacidades físicas asociadas con el envejecimiento pueden reducir una respuesta al estrés por calor. Como cualquier condición que afecte

el sistema circulatorio y su capacidad para distribuir el calor en el cuerpo y llevarlo a la superficie de la piel, al igual que las habilidades comprometidas para mantener la hidratación completa. Las enfermedades crónicas que reducen el gasto cardíaco o reducen el volumen de sangre circulante también tienen efectos adversos con el estrés de calor.

Género

Las investigaciones han demostrado (AIHA 2003) que, en grupos pareados (aptitud cardiorrespiratoria), no hubo diferencias en los niveles de tolerancia de machos y hembras.

Por el contrario, parece que para tasas de trabajo muy bajas, tales como inspección o supervisión de tareas, las diferencias de género en la tolerancia al frío deben ser consideradas y en las trabajadoras de ofrecer protección adicional. Para tasas de trabajo que suscitan importantes cantidades de producción de calor metabólico, las respuestas de género son algo diferentes, pero el efecto neto es una respuesta general similar, independientemente de su sexo.

Salud general

Algunas condiciones médicas pueden contribuir al riesgo de desarrollar enfermedades relacionadas con el calor. Los ejemplos de episodios de enfermedad relacionada con el calor, incluyen enfermedad cardiovascular crónica, diabetes y trastornos de la piel.

Si una persona ha experimentado enfermedades relacionadas al calor en el pasado, está en mayor riesgo de desarrollar de nuevo. Las condiciones cardiovasculares y la diabetes afectan el flujo sanguíneo; enfermedades de la piel tales como quemaduras solares y psoriasis pueden inhibir la capacidad del cuerpo de enfriarse por sí mismo a través del sudor.

Tener exceso de grasa corporal afecta la capacidad del cuerpo de enfriarse por sí mismo de dos maneras. En primer lugar, la grasa corporal es un buen aislante térmico. No está tan fuertemente perfundido con sangre al igual que otros tejidos y tiene comparativamente baja densidad. La piel tiene una conductividad térmica de aproximadamente 95% y aproximadamente el 86% del músculo cuando se compara con agua, mientras que la conducción de calor en grasa es de aproximadamente 36%. Mientras este aislamiento es una ventaja en el estrés por frío es una desventaja durante el estrés por calor.

Además de proporcionar aislamiento térmico, la grasa también es pesada y requiere un mayor gasto de energía por una persona para moverse. Por lo general las personas que son obesas no están en condiciones físicas ideales, a menudo demuestran, comparativamente, mayores valores de frecuencia

cardiaca durante el ejercicio y el trabajo físico. Este esfuerzo adicional que los músculos deben tomar genera más calor interno que debe ser eliminado.

Además, el exceso de grasa corporal suele ser resultado de un estilo de vida inactivo, lo que disminuye el nivel general de trabajo que hará que una persona este sin aliento y permite que sea más difícil conseguir empleo para trabajar bajo condiciones de calor.

La falta de sueño y la fatiga también afecta la forma cómo el cuerpo se enfría, ya que durante el sueño el cerebro restablece los mecanismos de enfriamiento (vasos sanguíneos, sudoración, piel, etc). Sin el sueño y el descanso adecuado, estos mecanismos de enfriamiento no comienzan a trabajar cuando deberían, lo que permite que un exceso de calor se acumule en el cuerpo.

Es necesario reiterar de nuevo la importancia de la evaluación de cada persona cuando se trata de evaluar la seguridad del empleo y el confort en una situación en la que es probable que se encuentren el estrés por calor.

Estado de hidratación

Asegurar que el trabajador mantiene un nivel adecuado de hidratación es esencial cuando se trabaja en condiciones de estrés por calor. Se ha demostrado (Break 2001) que los trabajadores normalmente sólo reemplazan la mitad del agua que están perdiendo en forma de sudor (un fenómeno fisiológico llamado "deshidratación voluntaria"), a menos que tengan el "habito de beber" como parar cada 15 minutos para beber 250 ml de agua. Esperar una hora o más y luego tratar de beber un litro de agua fría, cuando está muy térmicamente estresado, es probable que presente náuseas, vómitos o dolor de cabeza.

También se ha encontrado que, una vez deshidratado en más de aproximadamente un 2%, es difícil rehidratarse simplemente por el agua potable. Esto pone de relieve la importancia de no deshidratarse en primer lugar.

Beber 250 ml cada 15 minutos requiere que cada trabajador tenga acceso a 10-12 litros de agua en cada turno. Los trabajadores deben llevar envases personales de quizás 4 litros y un suministro de agua potable fría debe estar disponible para que las personas puedan reponer sus contenedores personales.

El agua a consumirse no debe estar muy fría; Se sugiere una temperatura de 10 a 12°C. Aunque podría suponerse que ello significaría enfriar el cuerpo más rápidamente, el estómago no es parte del núcleo del cuerpo y el frío tiene el efecto de constricción del estómago. Como resultado, el flujo a los intestinos, desde donde el líquido es absorbido se reduce y la rehidratación se atrasa.

El estado de hidratación se estima generalmente de la gravedad específica urinaria aunque puede ser un error en el cual el sujeto está experimentando diéresis debido a la ingesta de alcohol o cafeína, o está tomando suplementos de vitaminas o algunos medicamentos. Un estudio de los mineros subterráneos (Brake 2001) considera un estado bien hidratado debe tener una gravedad específica urinaria (SG) $\leq 1,015$, mientras que un SG urinaria $> 1,030$ se considera clínicamente deshidratado. En ese estudio un valor de 1.022 fue un valor arbitrario seleccionado aproximadamente entre un euhidratado (1.015) y deshidratado (1.030) para proporcionar un adecuado "control" garantizando que los trabajadores que están "casi" clínicamente deshidratada no fueron expuestos a estrés por calor hasta rehidratarlos.

Brake (2001) resumió el estado de hidratación por SG urinaria, así:

1.000 a 1.015 Buena

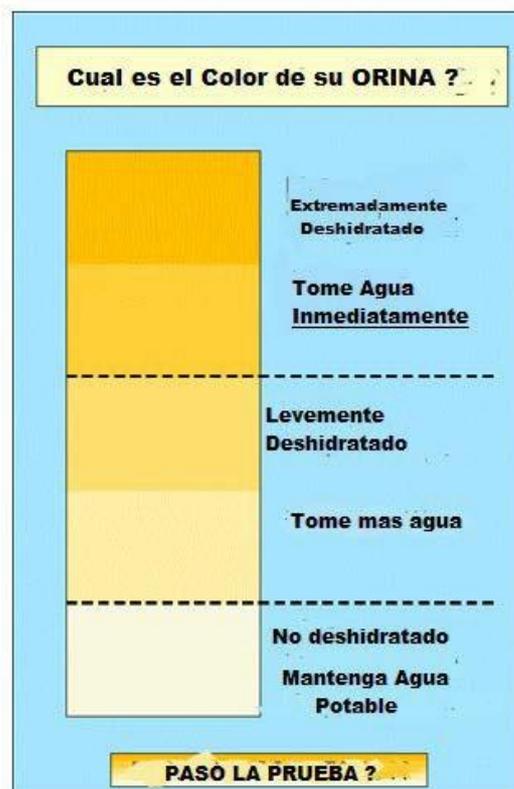
1,016-1,022 Moderada

1,023-1,030 Pobre (no debe trabajar en situaciones de estrés térmico)

> 1.030 Clínicamente deshidratado

Algunos gráficos se han desarrollado para evaluar cualitativamente el estado de hidratación por:

Color de la orina. Estos son eficaces, pero se debe tener cuidado con algunos medicamentos y suplementos vitamínicos ya que pueden cambiar el color de la orina



(Fuente: BHP Billiton - reproducido con permiso)

Figura 4.2 - Guía del estado de deshidratación según coloración de la orina

Alcohol, cafeína y dieta

El consumo de alcohol o cafeína antes (incluso la noche anterior para el alcohol) o durante el trabajo en caliente debe ser evitado. El alcohol y la cafeína son diuréticos y por lo tanto aumentan la producción de orina y la pérdida de líquidos contribuyendo significativamente a la deshidratación. Las bebidas gaseosas pueden causar hinchazón y así prematuramente inducir una sensación de la saciedad y por lo tanto inhibe la sustitución del agua.

El consumo de una comida rica en proteínas puede imponer exigencias adicionales a las reservas de agua en el cuerpo, como el caso de la pérdida de un poco de agua que se pierde en la excreción de desechos nitrogenados. Alimentos altos en grasa toman más tiempo para digerirse, desviando el suministro de sangre desde la piel hasta el intestino, reduciendo así el potencial de enfriamiento.

Nicotina

El uso de la nicotina contrae los vasos sanguíneos lo que hace que los ubicados en la piel no se puedan calentar en la superficie para liberar calor. Por tanto, esta puede hacerlo más susceptible en las enfermedades relacionadas con el calor.

Medicamentos

En caso del consumo de medicamentos de venta libre se debe confirmar con un médico que no afectan la capacidad del organismo para regular la temperatura. Algunos medicamentos son conocidos como diuréticos (aumenta la micción y puede agravar la deshidratación), así mismo los tranquilizantes, antidepresivos y antihistamínicos. Esto de ninguna manera es una lista completa y el asesoramiento especializado de un médico del trabajo debe buscarse para una orientación más detallada.

Aclimatación

Se recomienda un período de aclimatación para los nuevos trabajadores. La aclimatación es una adaptación fisiológica que se produce con la exposición repetida a ambientes calurosos. La disminuciones del ritmo cardíaco y aumento de la sudoración hace que el sudor este más diluido, y que la temperatura corporal sea menor. La capacidad de aclimatarse varía entre los trabajadores. Generalmente, las personas en buen estado físico se aclimatan más rápidamente que los que están en malas condiciones.

Aproximadamente una semana aumentando gradualmente la carga de trabajo y el tiempo de permanencia en el ambiente caliente suele conducir a la

completa aclimatación. La aclimatación se pierde cuando la exposición a ambientes calientes no se mantiene de forma frecuente.

Después de una semana de ausencia, un trabajador necesita readimatarse siguiendo un calendario similar al de la aclimatación inicial. La aclimatación se produce más rápidamente, llegando a condiciones normales de trabajo al cuarto día.

Ropa de protección y otros equipos de protección

La ropa de protección para realizar trabajos peligrosos, tales como trajes encapsulados, impide la evaporación del sudor y la pérdida de calor y aumenta significativamente el riesgo de enfermedades por el calor. El efecto aumenta de telas permeables al aire/vapor/líquido a telas impermeables a vapor líquido (algodón a Tyvek). La ventaja de una tela permeable al vapor / impermeable a los líquidos tales como Gortex se puede perder a alta carga metabólica cuando se produce una gran cantidad de sudor. Con telas impermeables líquido / vapor de un microclima puede establecerse entre la piel y el tejido, con lo que el sudor se evapora de la piel y se condensa en la superficie interior de la tela. Estas condiciones no permitan la utilización de índices de monitoreo ambiental y exigen una evaluación de salud para la aptitud de trabajo y monitoreo fisiológico.

Es importante asegurarse de que el sudor se puede evaporar de la piel para obtener el máximo efecto de enfriamiento. Por lo tanto, la ropa ajustada ligeramente suelta permite una buena ventilación y circulación de aire en el cual ocurre un efecto de bombeo, con lo cual el movimiento del cuerpo bombea aire dentro y fuera del espacio entre la piel y la ropa.

Cuando se utilice un equipo de protección personal (EPP), como un equipo de respiración, el arnés de protección o el cinturón que se usa sobre la ropa puede evitar el efecto de bombeo. Se debe tener precaución con ropa suelta si se trabaja cerca de máquinas.

Donde se presenten altas cargas de calor radiante, el aislamiento jugará un papel importante en el factor de la ropa. El mejor tipo de prendas de vestir será una fibra natural tal como algodón que proporcionará aislamiento y una cierta protección contra quemaduras por contacto. Sin embargo, cuanto mayor sea el factor de aislamiento, más difícil será para el cuerpo disipar el calor.

Los respiradores dependientes del medio pueden restringir la respiración mientras que los respiradores de suministro de aire pueden alterar la temperatura del aire que se respira. La carga del PPE depende de si el trabajador está activo o sedentario. La necesidad de trabajar en ambientes calientes debe considerar evaluar la habilidad de los trabajadores a llevar protección respiratoria.

4 ESTUDIOS TERMICOS

4.1 EQUIPO DE MEDICIÓN

4.1.1 Temperatura del Aire

Opinar sobre el clima es una abertura aceptable para cualquier conversación educada y es interesante observar que esos comentarios a menudo se acompañan con una comparación de la temperatura del día anterior hasta el momento del año.

Tales evaluaciones comparativas contrastan fuertemente con la modernidad relativa a la capacidad de atribuir valores numéricos a las condiciones ambientales reinantes. Fue al comienzo del siglo 17, cuando se creía en un tipo primitivo de termómetro de aire introducido por Galileo. En alrededor del año 1.714 Fahrenheit inventó la primera escala termométrica satisfactoria y era unos 30 años más tarde, antes de la introducción de la escala Centígrados por Celsius.

Parsons (2003) define la temperatura del aire como:

"La temperatura del aire que rodea el cuerpo humano que es representativa de ese aspecto de los alrededores que determina el flujo de calor entre el cuerpo humano y el aire."

La temperatura del aire es importante en cualquier evaluación de estrés térmico, ya que afecta a la convección de transferencia de calor de un individuo.

La medición de la temperatura del aire se hace generalmente con una de las siguientes técnicas:

- Termómetro de mercurio de vidrio
- Termocupla
- Termómetro de platino resistente
- Termistor

La precisión de estas técnicas varía, desde ± 0.1 ° C para un termómetro de mercurio calibrado a ± 2 ° C para un termopar.

Independientemente de qué técnica se utiliza, es importante establecer una calibración con un cambio de temperatura ya que ninguna técnica es realmente lineal con cambios de temperatura.

Este es especialmente el caso con termistores, donde la instrumentación electrónica debe coincidir con termistores específicos.

Cuando se use un termómetro se debe evitar que el termómetro se vea afectado por la radiación de fuentes de calor. Esto puede lograrse a través de:

- Reducción de la emisividad del sensor (por ejemplo mediante plateado).
- Blindaje del sensor de fuentes de calor, por ejemplo, mediante la colocación de una película de metal pulido alrededor del sensor – la película debe estar separada del sensor por un espacio de aire lo suficientemente grande como para permitir que circule el aire.
- Aumento de la velocidad del aire alrededor del sensor por ventilación forzada.

4.1.2 Temperatura Radiante

Dos temperaturas radiantes se utilizan comúnmente para resumir el intercambio de calor radiante entre el cuerpo humano y el medio ambiente. Estos son:

- Temperatura radiante media (t_r) – valor promedio.
- Temperatura radiante plana (t_{pr}) – da variaciones en dirección de la temperatura radiante media.

Así la temperatura radiante media es definida (Parsons 2003) como:

"La temperatura de un recinto uniforme en la cual una pequeña esfera negra en el sitio de la prueba tendría el mismo intercambio de radiación con el entorno real."

ISO 7726 (1998) define la temperatura radiante plana como:

"La temperatura uniforme de un recinto donde el resplandor en un lado de un elemento plano pequeño es igual que en el ambiente real no uniforme."

La medición de la temperatura radiante media se puede derivar de las lecturas de un termómetro de globo negro. Consiste en una esfera negra hueco de cobre (debido a su alta conductividad) en el centro de la cual se coloca un sensor de temperatura (Figura 5.1)



(Source: BP International Ltd)

Figura 5.1 – Termómetro típico de Globo Negro

En teoría el globo puede tener cualquier diámetro, sin embargo se recomienda un diámetro de 150 mm. El uso de globos muy pequeños puede llevar a grandes errores en las estimaciones de la temperatura radiante media. El globo de cobre estándar de 150 mm negro dura unos 20 minutos para alcanzar el equilibrio, pero esto se puede reducir por el creciente movimiento de aire dentro del globo y utilizando termopares en lugar de termómetros de mercurio en vidrio. Debido a su alta inercia, el termómetro de globo negro no puede utilizarse para determinar la temperatura radiante de ambientes que varían rápidamente.

La temperatura radiante media se puede calcular utilizando las siguientes ecuaciones:

a) para convección natural (es decir $v \leq 0,15 \text{ ms}^{-1}$)

b)

$$t_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{0.25 \times 10^8}{\varepsilon} \left(\frac{t_g - t_a}{d} \right)^{\frac{1}{4}} \times (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273$$

c) para convección forzada

$$t_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 v^{0.6}}{\varepsilon d^{0.4}} \times (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273$$

Dónde: t_r = Temperatura Radiante Media

t_a = Temperatura Aire (°C)

t_g = Temperatura Globo (°C)

= Velocidad Aire (ms^{-1})

= Emisividad cuerpo negro

D = Diámetro sensor (m)

Para un globo estándar de 150 mm., pueden utilizarse valores de valores de $\varepsilon = 0.95$ y $d = 0.15 \text{ m}$

La medición de la temperatura radiante plana puede lograrse mediante el uso de un radiómetro "neto". Las mediciones de la temperatura radiante plano raramente se utilizan en las evaluaciones del lugar de trabajo.

4.1.3 Humedad

La humedad absoluta se define como la masa de vapor de agua en el aire por unidad de volumen de aire/ mezcla de vapor de agua y tiene unidades de kg m⁻³.

Si el sudor es calentado por el cuerpo y se evapora y este se pierde al ambiente circundante, entonces el calor ha sido transferido del cuerpo al medio ambiente con un enfriamiento resultante del cuerpo.

El proceso de esta transferencia es la diferencia en humedad absoluta en la superficie de la piel y en el medio ambiente. Para mayor comodidad, la fuerza impulsora para este proceso se considera la diferencia en las presiones de vapor parciales en la piel y en el medio ambiente. La humedad del ambiente puede expresarse en diferentes formas como humedad relativa, presión parcial de vapor y punto de condensación siendo estos los más utilizados. El enfoque de presión parcial puede ser descrito matemáticamente como:

$$\text{Humedad absoluta} = 2.17 \frac{P_a}{T}$$

Donde:

P_a = presión parcial de vapor (kPa)

T = temperatura (° K)

Humedad relativa se define como:

"La relación entre la presión parcial de vapor de agua predominante y la presión de vapor de agua saturado".

Esto se representa matemáticamente como:

$$\theta = \frac{P_a}{P_{sa}} = \text{RH (cuando se expresa como un \%)}$$

El "punto de rocío" es la temperatura a la cual el aire se satura.

Uno de los instrumentos más utilizados para la determinación de la humedad es el higrómetro girante, que también se llama un psicrómetro de honda



(Source: University of Wollongong)

Figura 5.2 – Psicrómetro típico girante

Su funcionamiento es relativamente simple. El psicrómetro de honda consiste de dos termómetros, un bulbo húmedo y un bulbo seco. Una "mecha" o "calcetín" cubre uno de los termómetros (el bulbo "húmedo") y debe estar completamente mojado utilizando agua destilada (deionizada) antes de tomar la medición. Esto consiste en llenar el depósito de agua al final del sicrómetro o mojar manualmente la mecha. Debe tenerse cuidado de no contaminar la mecha con los dedos sucios o con agua que no este deionizada.

El mango debe desengancharse y el sicrómetro ser oscilado por al menos 20 – 30 segundos. Esto permitirá pasar aire por el termómetro de bulbo húmedo e iniciar la evaporación del agua de la mecha. Después de 20 – 30 segundos, la temperatura de bulbo húmedo se lee primero (luego la temperatura de bulbo seco). Estos valores son conocidos y las mediciones deben repetirse tres veces. Idealmente, las mediciones repetidas deben estar dentro de un rango de $\pm 1^\circ \text{C}$.

Obviamente, a una humedad relativa de 100%, no habrá depresión de la temperatura de bulbo húmedo.

Conocidas la temperatura de bulbo seco y húmedo es posible calcular la presión parcial de vapor (P_a), humedad relativa (HR) y punto de rocío (t_{dp}).

$$P_a = P_{swb} - 0.667(t_a - t_{wb})$$

$$RH = P_a / P_{sa} \times 100/1$$

$$t_{dp} = 4030.18 / (18.956 - \ln P_a) - 235$$

Donde,

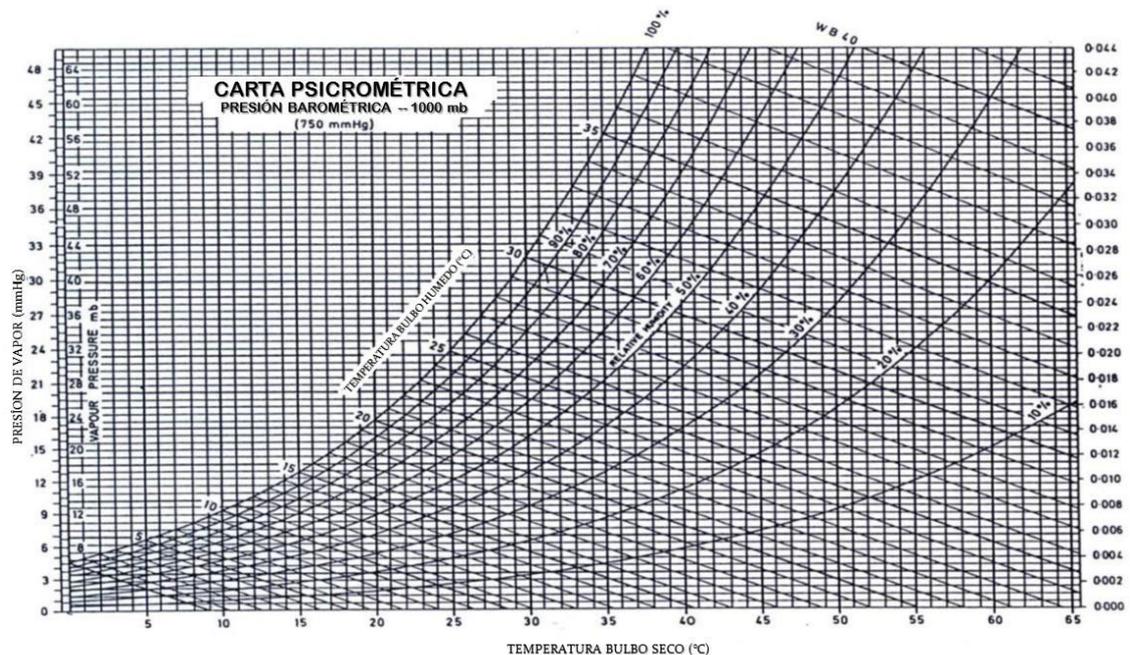
t_a = Temperatura del aire

t_{wb} = temperatura de Bulbo Húmedo

P_{swb} = Presión de vapor de agua saturado a temperatura de bulbo húmedo

P_{sa} = Presión de vapor de agua saturada a la temperatura de bulbo seco

Un enfoque más sencillo es utilizar el gráfico psicrométrico suministrado con el aparato (Figura 5.3) para calcular la humedad relativa. Durante la sesión práctica se demostrará el uso de esta tabla. Algunos psicrómetros de honda tienen una escala calibrada y sólo se trata de emparejar la temperatura de bulbo seco y húmedo para poder leer el % de humedad relativa.



(Fuente: BJH, 1972, Vol.29, Pagina 363 – reproducido con permiso de the BMJ Publishing Group)

Figura 5.3 – Carta Psicrométrica de Humedad Relativa

4.1.4 Movimiento de aire

El movimiento de aire a través del cuerpo puede influir en el flujo de calor desde el cuerpo y por lo tanto de la temperatura del cuerpo. Cualquier movimiento de aire varía en dirección, espacio y tiempo y así la velocidad del aire generalmente es considerada como la velocidad "media" sobre el cuerpo integrado en todas las direcciones y en un tiempo de exposición de interés.

Las características de los instrumentos de medición de la velocidad del aire deben ser tal que tengan un rango de medición de 0,05 – 1,0 ms⁻¹ para la evaluación de estrés térmico. Un requisito importante es que el sensor de velocidad direccional debe tener una precisión de ±0.1 ms⁻¹ (estrés térmico) o de ±0.05 ms⁻¹ (confort térmico). El tiempo de respuesta del 90% debe ser tan corto como sea posible pero no más de 1 segundo.

La velocidad del aire se puede medir por varios métodos, por ejemplo, con un anemómetro de alambre (Figura 5.4), anemómetro de paleta (Figura 5.5) y un termómetro Kata (Figura 5.6).



(Fuente: University of Wollongong)

Figura 5.4 – Anemómetro de alambre caliente



(Fuente: University of Wollongong) 63.

Figura 5.5 – Anemómetro de paleta



(Fuente: BP International Limited)

Figura 5.6 – Termómetro Kata

El anemómetro de hilo caliente opera por una corriente eléctrica que calienta el sensor a una temperatura ambiente y luego es enfriado por el movimiento del aire: la cantidad de enfriamiento depende de la velocidad de aire, la temperatura del aire y las características del elemento caliente. Estos dispositivos son direccionales y pueden ser imprecisos en velocidades de aire bajas debido a la convección natural del alambre caliente.

El anemómetro rotativo de paletas consta de una serie de láminas que están configuradas para permitir el movimiento del aire al girar en una dirección. El número de rotaciones después de un período de tiempo (generalmente 1 minuto) se convierte en velocidad del aire. Estos dispositivos no son exactos en velocidades de aire bajas, no son omni-direccional y no se puede utilizar donde la dirección del flujo es variable.

Para determinar la velocidad del aire asociada con el calor, el mejor dispositivo (aunque no el más práctico en el campo) es el termómetro de Kata. Sus ventajas son que responde a todas las direcciones del flujo de aire y mide la velocidad del aire de un período de tiempo.

El termómetro de Kata (Figura 5.6) consiste en una bombilla plateada que tiene dos niveles marcados en el termómetro, correspondiente a una disminución de temperatura de 3° C.

En operación, el termómetro se calienta a la temperatura de graduación superior, se seca y se deja enfriar mientras se sujeta en su lugar. Se mide el tiempo necesario para enfriar sobre el intervalo de temperatura marcado. La velocidad del aire puede luego derivarse por fórmula o usarse un nomograma de tres cantidades conocidas, es decir el tiempo de enfriamiento, la temperatura de bulbo seco del aire y un factor de calibración para termómetro Kata especial que representa la pérdida de calor por unidad de área superficial, cuando el termómetro se enfría.

El termómetro Kata tiene un tiempo de respuesta largo y por lo tanto, un promedio de valores de movimiento de aire sobre el período de medición. No es conveniente para medidas detalladas de los ambientes donde se producen grandes o rápidas variaciones en el movimiento del aire, ni para determinar la intensidad de turbulencia.

Un artefacto que se ha desarrollado es el anemómetro de esfera caliente. Este dispositivo utiliza un principio similar al Anemómetro de hilo caliente pero tiene características de diseño para producir un instrumento direccional.

4.1.5 Medidores integrados y compactos

El desarrollo de instrumentación moderna puede atribuirse en parte a Thomas Bedford que en 1940 recomienda la introducción de un "kit de medición" en todas las naves navales británicas para supervisar el rendimiento humano debajo de la cubierta.

Esto se convirtió en lo que es conocido como la "caja de almirantazgo" y consistió en un higrómetro girante, Kata termómetro, termómetro de globo, reloj de parada, termo y gráficos apropiados.

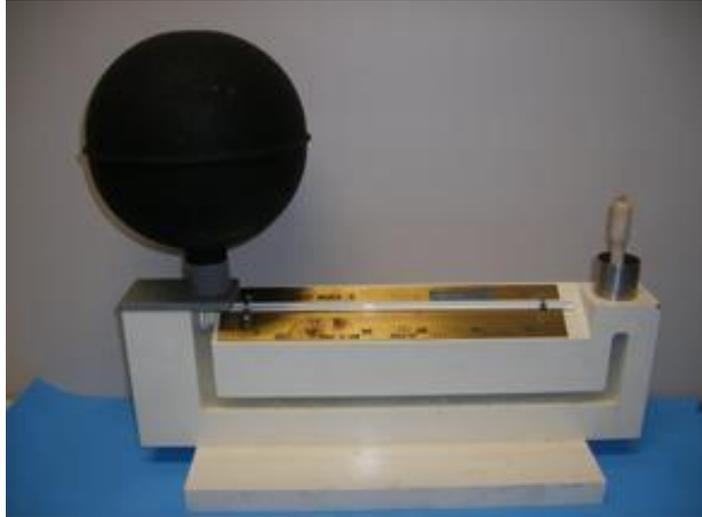
En los años posteriores se han desarrollado otros instrumentos como el "analizador de clima interior" que fue diseñado para satisfacer los requerimientos de ISO 7726 (1985).

Quizás ha sido el área de desarrollo de instrumentación más rápido y sofisticado con unidades diseñadas para medir parámetros térmicos y calcular índices como "Índice de temperaturas de globo y bulbo húmedo" (WBGT).

Estos dispositivos suelen tener los tres sensores normales (bulbo seco, bulbo húmedo y globo) en modelos básicos, pero instrumentos más modernos también tienen la capacidad para medir humedad relativa y velocidad del aire. Para minimizar el tamaño del instrumento se utilizan globos de 40 mm (en lugar

de 150 mm) y por lo tanto debe hacerse una corrección para el tamaño del globo. En la práctica sin embargo esta corrección es típicamente pequeña y generalmente ignorada.

La figura 5.7 muestra un modelo de instrumentación moderna desarrollada por Dobbie en 1960 para medir la WBGT.



(Fuente: University of Wollongong)

Figura 5.7 – Monitor de estrés calórico

La figura 5.8 muestra una unidad moderna capaz de medir los parámetros requeridos de bulbo seco, bulbo húmedo y globo temperatura y humedad relativa y velocidad.



(Fuente: Quest Technologies – reproducido con permiso)

Figura 5.8 – Monitor de Ambiente Térmico

Este dispositivo tiene la capacidad de medir y almacenar la siguiente información:

- Temperatura de bulbo húmedo
- Temperatura de bulbo seco
- Velocidad del aire
- Temperatura de globo
- Humedad relativa
- Índice WBGT interior
- Índice WBGT exterior
- Índice WBGT ponderado tobillo-torso-cabeza
- Tiempo de registro de datos
- Hora en tiempo real
- Resumen total de resultados
- Resumen detallado de resultados

Todos los cuales se pueden descargar en un programa de software para visualización y desarrollo.

Como toda instrumentación, estos dispositivos proporcionan información que no es mejor que su valor de calibración de tal forma que la exactitud debe ser contemplada antes de utilizarlo.

4.1.6 Monitoreo Personal

Los equipos de monitoreo personal para medir variables fisiológicas son útiles cuando los trabajadores están expuestos a ambientes calientes o fríos, especialmente al usar ropa protectora.

Estos dispositivos no miden las condiciones ambientales que evalúan el estrés por calor sino más bien indicadores fisiológicos de la tensión por calor.

Los factores generalmente controlados son la temperatura corporal y el ritmo cardíaco y a veces la temperatura de la piel (especialmente en manos y pies en caso de frío).

Una serie de aspectos deben tenerse en cuenta al usar tales dispositivos. El método de medición de temperatura corporal interna (además de medir la temperatura de la piel y calcular la temperatura central) deben ser conocidos y la precisión, sensibilidad y fiabilidad del instrumento deben entenderse y aplicarse.

Más importante aún, la interpretación de los datos producidos debe realizarse con mucho cuidado.

Además de los aspectos mencionados anteriormente, estos dispositivos ofrecen una evaluación ligera en tiempo real de la tensión de calor y la mayoría cuentan con capacidad de registro de datos y alarmas audibles. Un dispositivo de estos se proporciona en la figura 5.9. Este dispositivo mide la temperatura

del canal auditivo y requiere calibración para cada persona que usa el dispositivo.



(Fuente: Quest Technologies – reproducido con permiso)

Figura 5.9 – Típico medidor personal

4.2 ESTUDIOS

4.2.1 Recolección de datos

En cualquier situación de trabajo muchos factores pueden influir sobre el estrés térmico asociado a una determinada actividad o ambiente. No es posible evaluar esta situación con un solo factor ni dependencia para evaluar un puesto de trabajo ni debe ser colocado en un índice único sin la debida evaluación de la situación individual.

Los datos básicos necesarios para cualquier evaluación del ambiente térmico implica recopilación de datos sobre los siguientes seis parámetros. Estos son:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante media
- Humedad
- Movimiento del aire
- Tasa metabólica de trabajo
- Ropa

No todos de estos seis parámetros podrían requerirse en una evaluación determinada por lo que ello dependerá de la naturaleza de la evaluación y el índice a ser aplicado.

De otro lado la medición de los parámetros mencionados anteriormente podría dar una imagen completa del ambiente térmico y una evaluación más detallada puede requerir información adicional sobre factores tales como:

- Gradientes de temperatura
- Medida de la temperatura de la superficie
- Temperatura radiante de plano
- Movimiento local del aire
- Condiciones de humedad
- Variaciones de ropas y actividad
- Mediciones fisiológicas

Otros factores que deben ser recogidos (si es posible) en la etapa de estudio para su inclusión en el proceso de evaluación incluyen:

- Periodo de exposición
- Requerimiento de trabajo en espacio confinado
- Complejidad de la tarea
- Distancia al área de descanso
- Distancia al área de consumo de agua (condiciones de estrés térmico)
- Protección respiratoria (presión negativa)
- Medicamento utilizado por los trabajadores
- Infecciones agudas
- Nivel de aclimatación
- Obesidad
- Edad
- Estado físico
- Consumo de alcohol durante las últimas 24 horas

Como con toda recolección de datos es importante que sea exacta y representativa de la situación del lugar de trabajo. Todos los instrumentos deben ser calibrados correctamente y los resultados no deben ser distorsionados por las acciones de la persona que recoge los datos (por ejemplo, a través del blindaje inadvertido de sensores, etc.).

4.2.2 Estrategias de evaluación

Aunque ha existido considerable aplicación de los distintos índices disponibles, un esfuerzo similar no se ha llevado en establecer la mejor estrategia de evaluación del lugar de trabajo. Una razón para esto es la amplia variabilidad

de situaciones y condiciones que pueden ser experimentados, dificultando la normalización.

A pesar de esto, un número de enfoques es digno de inclusión.

En el Manual técnico del OSHA (1995) se ofrece orientación a los oficiales de cumplimiento en cuanto a cómo se debe evaluar un puesto de trabajo tras las denuncias de estrés por calor. Los pasos sugeridos son:

- **Entrevistas con el empleador y el empleado** – determinar el alcance del problema y qué medidas se han tomado para minimizar la cuestión.
- **Inspección de las áreas** – para determinar las características de construcción y operación, identificar fuentes potenciales de estrés por calor, determinar si los controles están en funcionamiento.
- **Evaluación de la carga de trabajo** - establecer la categoría carga de trabajo (trabajo ligero, medio o pesado) de cada trabajo.
- **Muestreo** -las mediciones de calor ambiental deben hacerse tan cerca como sea posible al área específica donde está el trabajador (es) expuesto. Si un trabajador se mueve de una zona a otra de las condiciones ambientales diferentes ambas áreas de trabajo deben ser evaluados.

Esta información más la obtenida durante las entrevistas y la inspección se utiliza para llegar a una conclusión sobre la validez de la queja. Si bien el enfoque anterior puede satisfacer el papel de un inspector, no necesariamente proporcionaría la mejor evaluación global de un lugar de trabajo.

Malchaire et al (1999) presentó un protocolo estructurado que involucra cuatro etapas sucesivas. Estos son:

- Primera etapa – la mayoría de los factores de riesgo deben ser detectados para obtener una primera descripción de las condiciones de trabajo. Esta primera etapa implica el uso de un método de "tamizaje" para cubrir la mayoría de los factores relacionados con la seguridad, salud y bienestar.
- Segunda etapa - consiste en mirar más de cerca las condiciones climáticas y las condiciones de trabajo en todo el año y/o de cualquier circunstancia para buscar soluciones sencillas. Esto requiere de un método de "observación" y claramente implica los que tienen que ver con las condiciones de trabajo.
- Tercera fase: Después de completar las etapas 1 y 2 se decidirá cuales condiciones de trabajo requieren de la evaluación. Esta fase de "análisis" será dirigida y realizado por personal capacitado.

- Cuarta Etapa: Las situaciones que no puedan ser evaluadas o resueltas en la fase 3, puede ser necesarias mas "experiencia" para comprender plenamente la complejidad de la situación.

Este es un enfoque más estructurado que el del manual de la OSHA y tiene más relevancia para la evaluación de entornos de trabajo.

El Instituto Australiano de higienistas laborales (AIOH 2003) ha adoptado un enfoque similar al Malchaire, et al (1999) y sugiere las siguientes tres etapas:

1. Incorporar una evaluación simple del estrés térmico p. ej. Índice WBGT, BET, etc).
2. Si un problema potencial es indicado en el primer paso, entonces continuar a un segundo nivel para llevar a cabo una investigación más amplia de la situación y el entorno general. Evaluar factores tales como la temperatura, carga de calor radiante, la velocidad del aire, la humedad, ropa, metabólicos, postura y aclimatación.
3. Si el tiempo de exposición es de menos de 30 minutos o si es necesario el uso de equipos de protección individual llevar a cabo algún tipo de evaluación fisiológica.

Este enfoque se analiza con mayor detalle en la Sección 11.1

Otra estrategia es el adoptado por el Departamento Sudafricano de minerales y energía en el código de prácticas sobre Estrés Térmico (SADME 2002). Este documento detalla los requisitos obligatorios para un programa de salud ocupacional específico de estrés térmico.

En virtud de este código de práctica, el operador de la mina debe clasificar el ambiente térmico y sugiere los siguientes pasos en relación a la tensión del calor.

Paso 1 dividir la mina en áreas de medición

Paso 2 dividir las áreas de medición en áreas de actividad.

Paso 3 llevar a cabo la evaluación del riesgo.

Paso 4 conducir los datos a un elemental análisis estadístico con el fin de clasificar cada área de actividad con un grado de confianza acorde con el riesgo.

Paso 5 (opcional) en función de las circunstancias, las necesidades o de las operaciones, las minas pueden optar por aplicar la gestión del estrés por calor en términos de índice de estrés.

Otro requisito es que los monitoreos sean realizados sobre una base anual y que los resultados resultantes sean representativos de todos los turnos de trabajo para un determinado ambiente térmico de forma documentada. Este enfoque es muy complejo y requiere mucho tiempo, pudiendo influir en el grado en que se aplica y administra.

Si bien las estrategias mencionadas son divergentes en su planteamiento, todas dependen de la recopilación de datos fiables para una verdadera representación de las condiciones de trabajo.

Cualquier estrategia de monitoreo que no logre este requisito básico está viciada y será de poco valor.

4.3 EVALUACIÓN DEL GRADO DE RIESGO

4.3.1 Introducción

El objeto principal del monitoreo en los lugares de trabajo es para recoger los datos, para establecer el nivel de riesgo para la salud humana.

En términos del ambiente térmico el objetivo de determinar si el ambiente de trabajo es aceptable y si los trabajadores tienen probabilidades de sufrir de molestias o de más graves efectos de calor o frío.

Si el ambiente térmico se muestra que es inaceptable es necesario identificar la(s) causa(s) de modo que se puedan tomar medidas correctivas.

Con el fin de lograr resultados adecuados es necesario analizar los datos para lograr una correcta interpretación y adopción de las medidas pertinentes.

4.3.2 Registro de resultados

Los resultados de cualquier actividad de evaluación deben registrarse con claridad y precisión con suficiente información de los antecedentes y descripción de las tareas o proceso que permita su interpretación. La forma de presentar los datos dependerá del tipo de estudio, el tipo de problema que se va a evaluar, la naturaleza de los datos recopilados y el tipo de instrumentación utilizada.

En la medida de lo posible, el uso de un formato debe ser considerado ya que permite que los datos se valoren por igual, de forma sencilla asegurando que

ninguno se omite. Cuando proceda, resulta conveniente levantar esquemas de los espacios de trabajo para identificar allí los datos tomados en campo.

También es importante tener en cuenta las condiciones meteorológicas en el momento de la evaluación ya que estos pueden ser un factor importante en el análisis global del problema.

Además, si los datos se recogen en "registradores" que se debe convertir en un tipo de archivo (por ejemplo Excel), permite identificar y mantener claramente la información.

4.3.3 Evaluación de Riesgos

Una vez todos los datos recopilados están disponibles estos pueden ser analizados para determinar el nivel de riesgo. El primer paso en este proceso es la selección de un estrés o índice de confort que toma en cuenta todos los factores de riesgo relevantes. Entre ellos se incluyen el medio ambiente, ritmo de trabajo, las prendas de vestir y la condición fisiológica de los trabajadores que se está evaluando.

En la práctica, la elección del índice a ser evaluado generalmente se selecciona antes del proceso de recogida de datos para asegurarse que de que son los que habrá de tener en cuenta durante el estudio. Los datos se ven influenciados por las condiciones que predominen y el nivel de experiencia de la persona que lleva a cabo la evaluación.

Independientemente de cuando sea seleccionado el índice de evaluación, debería estar relacionada con un criterio aceptado que ha sido validado en ensayos de campo. Cierta número de estos índices se detallan en las diferentes normas internacionales (ej: ISO 7730, ISO 7243), sin embargo, algunas autoridades estatutarias utilizar índices que son pertinentes a las autoridades locales o a las condiciones de la industria.

La AIHA (2003) ofrece dos ejemplos (uno caluroso y uno frío) de cómo los lugares de trabajo deben ser evaluados.

Un enfoque simplificado se proporciona a continuación.

Ambiente caluroso

- **Análisis Preliminar** - Observación del sitio de trabajo, revisión del tipo de ropa y otras características del lugar y del trabajador.
- **Seleccionar un índice de calor** - Seleccione el índice de calor que mejor representa el trabajo en cuestión.
- **Seleccionar Instrumentos** - Depende en cierta medida del índice elegido pero lo básico (temperatura del aire, temperatura de globo, temperatura de bulbo húmedo y la velocidad del aire) debe ser medido como mínimo.

- **Medir el ambiente térmico** – Los instrumentos deben colocarse en sitios representativos de la exposición en el lugar de trabajo. Debe esperarse el tiempo necesario para que los instrumentos se estabilicen y repetirse las lecturas tomadas si las condiciones cambian durante el día de trabajo.
- **Calcular el índice seleccionado** – Usar los datos recogidos para calcular (o establecer si se utiliza instrumentación de lectura directa) el índice seleccionado.
- **Estimar la carga térmica metabólica** – Consulte gráficos o tablas de datos.
- **Aplicar los límites recomendados (límites de exposición)** – Use el índice calculado y la carga de calor metabólico para determinar el nivel de riesgo en comparación a un estándar apropiado de la exposición.
- **Determinar los componentes térmicos** – El conocimiento de los componentes térmicos específicos puede proporcionar información de diagnóstico muy útil en el control de calor.
- **Modificación de la exposición de trabajo caluroso** – Si el trabajo tiene un nivel de riesgo considerado como inaceptable, las acciones deben tomarse para mitigar el riesgo.
- **Reevaluar límites de calor** – Después de aplicar las modificaciones en el lugar de trabajo caluroso debe ser reevaluado para asegurar que las modificaciones son adecuadas.

Para un ambiente de trabajo frío puede utilizarse el siguiente enfoque:

- **Informe preliminar** – El lugar de trabajo frío debe ser examinado para establecer la naturaleza y características del trabajo y zonas calidas, tipo de ropa y otra información relevante del trabajo y del trabajador.
- **Decidir el tipo de análisis** - Es un análisis general simple o se requiere un análisis racional más detallado?
- **Medir el ambiente térmico** - las mediciones principales son la temperatura del aire y velocidad del viento. Si se utiliza un análisis racional, se deben obtener las medidas de la temperatura radiante media y la humedad. La temperatura de las superficies debe ser medida cuando la piel desnuda pueda ponerse en contacto con superficies frías.
- **Determinar el WIC** – Calcular la WIC y la temperatura de enfriamiento equivalente.
- **Estimación de la Carga de Calor Metabólico** – Consulte tablas apropiadas para esta información.
- **Determinar el aislamiento requerido** - Utilizando la información disponible consulte las tablas adecuadas para establecer el índice de aislamiento ropa requerido (IREQ) o tome como base su experiencia en el control de las condiciones climáticas reinantes.

- **Modificación de la exposición de trabajo frío** – Asegúrese de que el nivel requerido de la ropa es adecuado y que el trabajador está correctamente informado y entrenado en todos los aspectos relacionados con la exposición a frío.

Los controles de ingeniería deben estar implementados y asegurarse que son apropiados.

Los procedimientos sugeridos por la AIHA (2003) son una base para la comprensión de cómo establecer el nivel de riesgo en ambientes calientes o fríos. En el mundo real sin embargo, la evaluación de los puestos de trabajo en relación con el ambiente térmico no requiere mayor profundización en la aplicación de los principios conocidos sobre este tema. Es decir que cada lugar de trabajo debe ser evaluado de forma individual y tener en cuenta que los que trabajan en el área puede tener un impacto significativo sobre el resultado de esa evaluación individual.

4.3.4 Resultados de los estudios

Una vez se han analizado los datos y establecido el nivel de riesgo, deben tomarse las medidas pertinentes donde el riesgo se considera inaceptable. En general estas medidas incluyen:

a) Medidas de Control ambiental

Precauciones generales se pueden tomar para reducir las condiciones ambientales de temperatura, las medidas incluyen el control o eliminación de la fuente de calor. Este es el método preferido y es generalmente el más eficaz y económico.

Esto implica por ejemplo:

- i) aislamiento de superficies y tuberías calientes
- ii) protección de fuentes de calor radiante
- iii) mantenimiento de la planta y tuberías para eliminar fugas de vapor
- iv) reducción de las temperaturas de la planta y tuberías
- v) mayor ventilación, movimiento de aire y enfriamiento local

b) Selección del personal y seguimiento

Consiste en decidir si una persona es adecuada para el trabajo en ambientes calientes los considerando los siguientes puntos

I) personas en sobrepeso y físicamente no aptas tienen un mayor riesgo de un efecto negativo. Los mayores de 45 años de edad también son más susceptibles a las condiciones calurosas

II) algunas enfermedades crónicas, especialmente las que afectan el corazón y sistema circulatorio, pueden agravarse por el trabajo a altas temperaturas. Trastornos de la piel crónica también pueden verse afectados.

III) personas que sufren de enfermedades leves como gripe o resacas (especialmente si son bebedores habituales), o que están recibiendo determinado tratamiento médico deben evitar trabajar en ambientes calientes.

IV) personas que han padecido de estrés por calor suelen ser más susceptibles a ataques.

Las personas que se requieran para trabajar en ambientes muy calientes o muy fríos deberían ser evaluadas por un profesional médico antes de realizar dicho trabajo. Además, también es necesario monitoreo fisiológico. La forma de control se determinará por el grado de riesgo. En condiciones moderadamente calientes puede ser necesario asegurar que los trabajadores permanezcan acompañados y así prestar una oportuna atención cuando alguno presente un efecto agudo.

Si el ambiente es muy caliente o muy frío, la supervisión por personal médicamente entrenado puede ser necesaria. Ninguna persona debe permitírsele trabajar solo en un ambiente muy frío o caliente.

c) Regímenes de trabajo-descanso

El trabajo puede ser permitido a muy altas temperaturas por corto períodos seguidos por un periodo de descanso ya sea en el área de trabajo o, si las condiciones son muy caliente, en un ambiente más fresco. El cuerpo es capaz de acumular una cierta cantidad de calor antes de alcanzar la temperatura profunda y si la exposición cesa antes de que se alcance el nivel no habrá ningún daño.

d) Ropa

Cuando sea necesario trabajar a temperaturas extremas de calor o frío incluso por muy corto tiempo la exposición puede conducir a efectos adversos para la salud, los trabajadores deben estar protegidos al llevar ropa adecuada a las condiciones imperantes. Esto puede presentar problemas en sí mismo ya que alguna ropa puede restringir la pérdida de calor por la evaporación del sudor en condiciones calientes. Deben extremarse las medidas de selección de la ropa de protección para asegurar que no ocurran efectos perjudiciales.

5 CONFORT TÉRMICO

5.1 ¿QUÉ ES EL CONFORT TÉRMICO?

En su introducción a este tópico, Parsons (2003) estableció que el confort térmico se describe a menudo como "esa condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico".

Esta declaración utilizada tanto por la sociedad americana de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (ASHRAE) y la ISO estándar 7730 (ergonomía del ambiente térmico-determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de confort térmico) es considerada como una meta para alcanzar el confort térmico por ingenieros de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), es decir las personas que diseñan edificios.

La razón por la cual una persona reporta comodidad o incomodidad térmica o condiciones relacionados con sentimientos de calidez, frescura, placer etc. son complejas y no conocidas. Se muestra el efecto del ambiente térmico en la gente cuando no se cumplan las condiciones de confort térmico. Cuando las personas no están contentas con su ambiente térmico y en especial en el lugar de trabajo se expresan sus sentimientos de malestar mediante denuncia a menudo vehemente, que afecta la moral tanto individual como del grupo, insatisfacción general del trabajo, alterando la productividad y puede incluso conducir a una negación para trabajar.

Para un grupo de personas es la interacción de los factores ambientales:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante
- Velocidad del aire
- Humedad del aire

Además de los factores personales como:

- calor metabólico generado por la actividad humana y
- ropa usada, es decir, aislamiento

Que produce comodidad.

Cualquier desviación de estas condiciones es probable que cause insatisfacción entre un porcentaje de la fuerza de trabajo.

5.1.1 Porque el Confort Térmico Puede Ser Importante

La comodidad es un fenómeno subjetivo. Esta puede variar de persona a persona. Parece que se relaciona con satisfacción en el trabajo o insatisfacción laboral, las relaciones empleador – trabajador y otros factores psicológicos. Por ejemplo los trabajadores de la fundición, la mayoría de los cuales tiene una satisfacción en el trabajo muy alto, tolerará las condiciones muy caliente y sucias sin quejarse, mientras los empleados de oficinas con aire acondicionado, cuando no tienen suficiente trabajo para mantenerlos ocupados o interesados, iniciarán las más amargas quejas de malestar. En WorkCover NSW (1989) se encontró que los trabajadores en las oficinas del sub sótano se quejaron de falta de aire y asfixia cuando el movimiento del aire, humedad y temperatura del aire era idéntico a los de las oficinas de la planta baja donde para la mayoría de los trabajadores es cómoda.

También identificaron que los empleados que se encontraban en un área cerrada por cuenta propia estaban satisfechos con el aire casi estancado, mientras que los trabajadores de una oficina general, con buen movimiento de aire se quejaban de falta de aire.

El ejecutivo de salud y seguridad (HSE) del Reino Unido afirma que teniendo en cuenta que el confort térmico un factor psicológico puede afectar la moral (HSE 2007), las quejas del empleado pueden aumentar, la productividad puede caer y en algunos casos la gente puede negarse a trabajar en un ambiente particular. Algunos aspectos del ambiente térmico, tales como temperatura del aire, calor radiante, humedad, movimiento de aire, pueden también contribuir a los síntomas del síndrome del edificio enfermo.

5.2 ESCALAS PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE CONFORT

En la práctica cuando se pregunta a la gente cómo se siente con respecto a la temperatura las respuestas son muy subjetivas y van de un extremo a través de una zona intermedia hasta el otro extremo – donde otros califican alrededor de la gama media.

Se han desarrollado una serie de escalas de calificación como la escala de Bedford (tabla 6.1a) o la escala psico-físico de ASHRAE (tabla 6.1b) siendo esta la más utilizada.

Tabla 6.1a – Escala de Bedford

Escala de Bedford	
Demasiado caliente	7
Muy Caliente	6
Confortablemente caliente	5
Confortable	4
Confortablemente frio	3
Muy Frio	2
Demasiado Frio	1

Tabla 6.1b – Escala Psico – Física de ASHRAE

Escala Psico Física ASHRAE	
Frio	-3
Fresco	-2
Ligeramente Frio	-1
Neutro	0
Ligeramente Caliente	+1
Caliente	+2
Muy Caliente	+3

En general las dos escalas son similares y no son afectadas por la experiencia termica inmediatamente anterior. Cabe señalar que en ISO 7730, la escala psicofísica de ASHRAE se conoce como la "escala de sensación térmica de siete puntos".

5.3 AMBIENTE INTERNOS IDEALES

Cuando se consideran estudios de confort térmico en el mundo, es importante entender dónde se realizó el estudio. En climas cálidos, la consideración es generalmente sobre cómo refrescar el ambiente interior para proporcionar condiciones de confort térmico por uso de aumento de movimiento de aire o aire acondicionado. En climas fríos la atención es cómo calentar el ambiente. En los Estados Unidos mucha de la investigación sobre el confort térmico se concentró en el espacio, a través de la ASHVE (Sociedad Americana de ingenieros de calefacción y ventilación) – más adelante ASHRAE (Sociedad Americana de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionado)

sobre la base de la importancia relativa de la temperatura del aire y la humedad que es de gran interés en los climas calientes y húmedos que se experimentan en gran parte de los Estados Unidos. En Europa, la humedad no se ha considerado en tales requisitos ni el aire acondicionado en detalle. En el Reino Unido el énfasis ha sido en la frescura y calidez ambiental.

5.4 INTRODUCCIÓN A LA OBRA DE FANGER

5.4.1 La ecuación de Fanger

El primer libro de texto clásico sobre confort térmico fue publicado en 1970 conocido como "Confort térmico" por Fanger (1970), quien reconoció que fue el efecto combinado de todos los factores físicos (es decir los seis parámetros básicos) que determinan el confort térmico humano. Este texto original fue escrito en danés y se reprodujo en inglés en 1972 (Fanger 1972).

En su estudio sobre la respuesta fisiológica del sistema termorregulador se ha relacionado estadísticamente la sensación térmica recogida de 1.296 sujetos.

Fanger señaló que tres condiciones debían cumplirse para que el cuerpo entero de una persona pueda estar en confort térmico:

1. el cuerpo está en equilibrio con el calor
2. la tasa de sudor está dentro de los límites de confort, y
3. la temperatura media de la piel está dentro de los límites de comodidad.

De su ecuación de equilibrio de calor básica se establece que:

$$M - W = (C + R + Esk) + (Cres + Eres) \text{ "respiración de la "piel"}$$

Donde M = tasa metabólica

W = trabajo

C = transferencia de calor por convección desde la superficie de la ropa

R = transferencia de calor por radiación de la superficie de la ropa

Esk = intercambio de calor por evaporación a la piel

Cres = Intercambio de calor por convección respiratoria

Eres = Intercambio de calor por evaporación respiratoria

Podemos ver que el calor es generado en el cuerpo y perdido a través de la piel y de los pulmones. Este se transfiere a través de la ropa y se pierde al ambiente. Sus consideraciones lógicas, supuestos razonables y una revisión

de las ecuaciones de la literatura proporcionada para cada uno de los términos pueden ser calculados de seis parámetros básicos que son:

- Temperatura del aire
- Temperatura radiante media
- Humedad relativa Velocidad del aire
- Aislamiento de la ropa
- Tasa metabólica

5.4.2 El voto medio previsto (PMV)

Fanger proporciona un conjunto complejo de ecuaciones para evaluar el voto medio previsto (PMV) para un grupo grande de sujetos que había clasificado su sensación térmica en ese entorno en la escala de psico-físico de ASHRAE (tabla 6.2):

Tabla 6.2 – Escala Psico – Física de ASHRAE

-3	Frio
-2	Fresco
-1	Ligeramente frio
0	Neutro
+1	Ligeramente Caluroso
+2	Caluroso
+3	Muy Caluroso

(Fuente: Fanger 1972)

La derivación de estas ecuaciones van más allá del alcance de este curso, pero es importante tener en cuenta que Fanger considera factores tales como:

- Tasa metabólica
- Potencia mecánica efectiva
- Aislamiento de la ropa Superficie de la ropa
- Temperatura del aire
- Temperatura radiante media
- Velocidad del aire
- Presión de vapor del agua
- Transferencia de calor por convección
- Temperatura superficial de la ropa

en sus ecuaciones.

El índice PMV se basa en el balance de calor del cuerpo humano. El equilibrio térmico se obtiene cuando la producción de calor interno en el cuerpo es igual a la pérdida de calor hacia el medio ambiente. En un ambiente moderado, el sistema termorregulador humano automáticamente intentará modificar la temperatura de la piel para mantener el balance de calor y confort térmico de la secreción del sudor.

Fanger (1972) indica que el índice PMV se derivó en condiciones ambientales sólo ligeramente diferentes de neutralidad térmica (leve molestia) y así para los valores de PMV menor que -2 o mayores a + 2 se deben tenerse cuidado. También sugirió que en el extremo caliente pueden ocurrir errores significativos debido a problemas asociados con la evaporación del sudor.

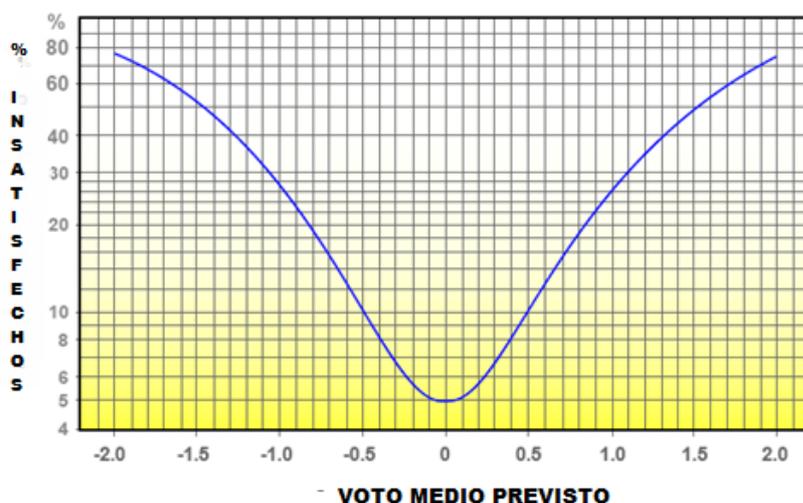
5.4.3 Porcentaje de insatisfechos

El PMV predice el valor medio de los votos de un grupo grande de personas expuestas al mismo ambiente térmico. Los votos están dispersos alrededor de este valor medio y es útil para predecir el número de personas susceptibles a sentirse incómodamente en un ambiente caliente o frío.

El porcentaje previsto insatisfecho (PPD) es un índice que establece una predicción cuantitativa del porcentaje de gente descontenta térmicamente que sienten demasiado frío o demasiado calor. El PPD puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$PPD = 100 - 95 e^{(-0.03353.PMV^4 - 0.2179.PMV^2)}$$

Y demostrarse gráficamente como se indica en la figura 6.1.



(Fuente: Fanger 1972)

Figura 6.1 – PPD como una función del PMV

De la figura 6.1 puede observarse que el PPD aumenta rápidamente a medida que el voto medio previsto se desvía de cero. El gráfico también indica que es imposible satisfacer a todos los individuos en un grupo grande que como lo demuestra el hecho de que en un ambiente perfecto ($PMV = 0$) seguirá siendo un 5% PPD.

En la práctica este punto es a menudo pasado por alto y las quejas (no importa qué sean pocas) son vistos como un indicador de que el sistema de temperatura es defectuoso o no funciona correctamente. Esto hace que algunas personas cambien la temperatura ambiente, dando por resultado incluso más quejas.

5.4.4 Un estándar para el confort térmico

El estándar más ampliamente aceptado para el óptimo confort térmico de los trabajadores es ISO 7730 publicado por primera vez en 1984 y posteriormente revisado en 1994. En 2005 fue técnicamente revisado y retitulado "Ergonomía del ambiente térmico-determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de confort térmico local." Como lo indica el título de la norma se basa en el trabajo por Fanger. Además de la determinación del PMV y PPD ofrece asesoramiento sobre la incomodidad térmica local.

Se ha añadido un método para la evaluación de largo plazo, así como más información sobre malestar térmico local, condiciones de estado y adaptación no estacionario y un anexo indicando requisitos de comodidad térmica expresada en diferentes categorías.

Malestar térmico local

El PMV y PPD expresan el malestar del cuerpo por condiciones de frío o calor como un todo pero la insatisfacción térmica también puede ser causada por el enfriamiento o la calefacción no deseada de una parte particular del cuerpo. Esto se conoce como molestias locales. Las causas más comunes de malestar térmico local son:

Corrientes de aire

Asimetría de radiación térmica

Diferencia de temperatura de aire vertical

Temperatura del suelo

Corrientes de aire

- No deseada la corriente convectiva local por enfriamiento del cuerpo
- Depende de la velocidad, las fluctuaciones en la velocidad y la temperatura del aire
- Cálculos en norma ISO 7730 (velocidad media del aire ms^{-1})

Asimetría de radiación térmica

- Los techos y ventanas calientes y frías son más incómodos
- Calentar las paredes y enfriar los pisos parecía ser menos incómodo.
- Cálculos en ISO 7730 (ventanas $< 10^\circ \text{C}$, techo caliente $< 5^\circ \text{C}$).

Diferencia de temperatura de aire vertical

- Por lo general es más desagradable cuando esta tibia alrededor de la cabeza sintiendo frío en los pies.
- Cálculos en ISO 7730 ($< 3^\circ \text{C}$ entre la cabeza y tobillos)

Temperatura del suelo

- Depende de la conductividad térmica y el calor específico del material de planta
- Depende del calzado.
- Cálculos en ISO 7730 (entre $19\text{-}26^\circ \text{C}$).

5.5 CONTROLES DE CONFORT TÉRMICO

Como hemos visto anteriormente:

- Gran parte de la comprensión actual de confort térmico se basa en el trabajo de Fanger (1970) que utiliza matemática (ecuación de balance de calor) y métodos físicos que se relacionan con respuestas fisiológicas a la comodidad.
- El trabajo de Fanger se aplica a ambientes térmicos moderados (oficinas, escuelas, hogares, la mayoría de las fábricas, transporte) pero no al calor o al frío en los entornos de estrés.

- El trabajo de Fanger es la base de ISO 7730 (2005) -"ergonomía del ambiente térmico-determinación analítica e interpretación del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y Criterios de confort térmico local"

El otro estándar utilizado es de ASHRAE 55-1992, "condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana".

Dichas normas han recibido uso generalizado y si bien ha habido muchos estudios realizados es todavía aparente que las personas en edificios sufren de malestar térmico.

Este malestar, mientras no que se manifieste en efectos del estrés de calor, aun no impacta de forma importante en los interesados en la productividad y sus consecuencias económicas por tener una fuerza laboral descontenta.

Algunos factores o áreas de problema probable que influyen en las condiciones térmicas de los ambientes internos en edificios y oficinas particulares se han divulgado por BOHS (1996).

Uno o una combinación de factores puede requerir atención para mejorar las condiciones insatisfactorias de confort térmico y cualquier investigación requiere de los responsables de las tareas de diseño, operación y mantenimiento de edificios y construcción de planta de servicios y equipos.

Un número de éstos es descrito por BOHS (1996) y se reproduce a continuación con permiso.

a) Edificaciones

La estructura de un edificio puede influir en las condiciones térmicas, el aislamiento térmico deficiente o inadecuado dará lugar a bajas temperatura superficial en invierno y altas en verano con efecto directo radiante sobre las condiciones. Las variaciones y asimetría de las temperaturas también se verán afectadas.

El simple acristalamiento de una ventana lograra una baja temperatura superficial interna cuando haga frío fuera causando asimetría de radiación y malestar. Los efectos son reducidos, pero no eliminados con doble acristalamiento.

Las corrientes de aire frío a través de vidrio debido a las superficies de cristal frío pueden ser contrarrestadas por el uso de emisores de calor bajo el cristal o por la instalación de doble o triple acristalamiento.

La ganancia solar directa a través de acristalamiento puede ser una importante fuente de malestar. Esto puede ser reducido o controlado por:

- Modificaciones de la cristalera tipo es decir el uso de "vidrio de control solar" (un vidrio laminado con una película espectralmente selectiva

encapsulada entre 2 o más capas de vidrio) o la aplicación de tinte sobre ventana.

- Uso de persianas de interiores, preferiblemente de reflejo de luz. Esto proporciona protección localizada para los individuos, pero la mayoría del calor todavía entra en el área o espacio.
- El uso de obturadores o sombrillas, es de lejos el más eficaz.

Cabe señalar que el acristalamiento puede absorber el calor y por lo tanto causa un aumento en la temperatura radiante. Esto es particularmente relevante con "vidrios" de control solar. El uso de este cristal a menudo también reduce los niveles de iluminación interna, conduciendo a un mayor uso de luminarias para luz artificial que luego puede contribuir al malestar térmico.

Movimiento de aire no deseado (y temperatura del aire local baja) en época de invierno puede presentarse a través de rendijas en ventanas y puertas por sellos mal colocados. Pueden realizarse ensayos para detectar estas corrientes de aire.

El emplazamiento, estilo y naturaleza de particiones internas pueden afectar las condiciones locales. Si al interior de un espacio se encuentra una alta masa (capacidad térmica) se reducen las fluctuaciones de temperaturas.

b) Sistemas de calefacción

Deben revisarse una serie de factores para asegurar que un sistema de calefacción está diseñado y funciona correctamente así como requerir del asesoramiento de ingenieros debidamente cualificados.

Algunos ejemplos son:

- Salida general de las emisiones de calor de una caldera central en espacios que coinciden con el edificio.
- La posición de emisores de calor pueden ayudar a contrarrestar las molestias por ejemplo ubicación de radiadores bajo ventanas contrarresta el frío en las superficies de la ventana y el frío por corrientes de aire.
- Una pobre ubicación puede conducir a la asimetría de la radiación y mayores corrientes de aire.
- El ruido (por ejemplo, de unidades de ventilador y rejillas) puede ser un factor de contribución de molestia.
- La salida de calor de los emisores debe ser adecuadamente controlada. Los sistemas de control pueden variar de un simple termostato en una

habitación a múltiples sensores y control por computadora en todo el edificio.

c) Sistemas de ventilación (sólo calefacción)

- Al evaluar un sistema de ventilación los puntos tener en cuenta son:
- Identifique las rejillas/difusores de la entrada de aire a la sala y verifique el caudal, velocidad, circulación y distribución de suministro de aire.
- Compruebe la temperatura del aire de suministro.
- Tenga en cuenta que el movimiento del aire mayor puede significar requisitos de temperatura de aire superior para las condiciones de confort.
- Busque los gradientes de la temperatura del aire, particularmente derivados de patrones de distribución de aire.
- Si la temperatura es demasiado alta pueden llevar efectos de flotabilidad a grandes gradientes de temperatura y distribución de aire de suministro pobre.
- Volúmenes de aire: Si la ventilación esta dirigida a proporcionar calefacción, entonces el caudal de aire (y la temperatura del aire) deben ser suficientes para contrarrestar las pérdidas de calor en el espacio.
- Asegúrese de que los ajustes locales en un área afecta la operación del área adyacente o general. Pueden causar niveles bajos de humedad relativa durante la calefacción en invierno.
- La humidificación puede proporcionarse en área central. Si es así, compruebe que está funcionando y controlado correctamente.

d) Sistemas aire acondicionado, calefacción, refrigeración y Control de humedad

La construcción de sistemas de aire acondicionado puede ser muy compleja y sofisticada y es probable que se requieran conocimientos especializados en su evaluación. Los puntos que se consideran y requiere comprobación son:

¿Cuál es el principio de funcionamiento? Hay muchos tipos, por ejemplo

- Volumen de aire fijo, temperatura variable
- Volumen de aire variable, fijado la temperatura
- Terminales de ventilado
- Ventilador convectivo
- Control local
- Unidades de inducción
- Conducto gemelo
- Frío de techos y paredes
- Ventilación desplazamiento: suministro de aire del piso

Estos temas suelen caer en el dominio de los servicios de construcción de ingenieros y deben establecerse principios básicos de operación y control.

- Si las condiciones no son satisfactorias, compruebe por debajo o encima la capacidad de suministro de aire principal y los emisores locales. Esto es especialmente relevante con sistemas de enfriamiento que generalmente tienen poca capacidad.

También compruebe el funcionamiento de las válvulas de las zonas de calefacción y enfriamiento para evitar que estas se atasquen al permitir la derivación y operar de manera incorrecta.

- Evaluar la temperatura y la velocidad del aire que sale de las rejillas. ¿Tienen los niveles posibilidad de provocar molestias locales, y es allí la distribución de aire suficiente?

Los ajustes realizados para condiciones de verano (por ejemplo, aumentando el movimiento del aire) pueden dar lugar a molestias en invierno y viceversa.

También es probable que difieran de los modos de refrigeración y calefacción en la distribución del aire.

- Establecer si se controla la humedad relativa (humidificación y / o deshumidificación). Medir los niveles. Compruebe el control lógico de los sensores y si la planta está en funcionamiento / operacional. Los sensores de humedad son propensos a la deriva y mal funcionamiento.

e) Sistemas de Control (calefacción, refrigeración, humedad y flujo de aire).

Una vez más, habrá muchas preguntas sobre los principios de funcionamiento de los sistemas de control, y si en realidad están trabajando como se procedería. Nuevamente hay que indicar que ello requiere del asesoramiento de expertos.

- ¿Cuál es el modo de control? ¿Son sensores espaciales, sensores de retorno de aire? ¿Cuántos sensores están involucrados? ¿Ellos operan de forma independiente o lo hacen detectando un promedio de las lecturas?
- ¿Son sensores adecuadamente posicionados para controlar el espacio ocupado? ¿Están respondiendo principalmente a la temperatura del aire o de superficie?
- ¿Son los sensores apropiados (por ejemplo, para el control de retorno de aire con punto de ajuste mayor que la temperatura ambiente deseada)? ¿Cuáles son los puntos seleccionados?
- ¿El control puede ser completamente automático, localizado u operado por individuos.
- El tipo de control proporcionada puede influenciar en la forma como es "percibido" la comodidad por ejemplo, ajustes de un termostato puede inducir una percepción de mejora de las condiciones, incluso si el termostato está desconectado y no tiene ningún efecto.
- Compruebe el funcionamiento y calibración de los sensores, etc, sobre

todo la humedad relativa y los sensores de presión de aire en los sistemas de conducto de volumen de aire variable.

- La planta puede ser controlada por un Sistema de Gestión de la Energía / Sistema de manejo de la edificación.

El control total de la planta, puesta en marcha de tiempos, valores de temperatura, etc, a menudo se controlan con tales sistemas por un arranque óptimo localizado y detención del controlador.

f) Mantenimiento de Plantas

- Debe verificarse y mantenerse con regularidad para garantizar un funcionamiento correcto. La inspección diaria se recomienda para grandes instalaciones. Los sistemas de tratamiento de aire incluyendo conductos requieren inspección y limpieza periódica. Esto puede ser necesario en virtud de la legislación local o recomendado en los códigos de prácticas.
- La planta debe estar totalmente documentada, de manera que la naturaleza de la operación; y el sistema de control y la lógica se pueden determinar.
- Los registros de mantenimiento y monitorización del estado deben mantenerse y estar disponibles para su inspección. Los sistemas de gestión de edificios tienen un gran valor aquí, aunque a veces demasiada información puede estar disponible.
- Puede haber dificultades para obtener todas las explicaciones / respuestas relativas a la construcción y sus servicios. En este caso, los servicios y la experiencia de los consultores externos pueden ser necesarios para evaluar los sistemas.
- Puede ser necesario recomendar reevaluación completa de los sistemas mecánicos aunque esto será un proceso costoso.

6 EVALUACIÓN DE AMBIENTES CALUROSOS

6.1 LA UTILIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE ESTRÉS POR CALOR

Un índice de estrés por calor es un número único que intenta reflejar los efectos de los parámetros básicos de cualquier ambiente térmico. Su objetivo es correlacionar el número con la tensión térmica experimentada por la persona expuesta. Es importante recordar la diferencia entre el estrés por calor y la tensión de calor. El estrés por calor es la carga total de calor en el cuerpo de todas las fuentes. La tensión de calor se refiere a la respuesta fisiológica del estrés impuesto.

Un golpe de calor leve o moderado puede causar molestias y puede afectar negativamente al rendimiento y la seguridad, pero no es perjudicial para la salud. A medida que el estrés por calor se aproxima a los límites de tolerancia humana, el riesgo de trastornos relacionados con el calor aumenta.

El objetivo del índice de estrés de calor es proporcionar una aproximación del trabajador al estado fisiológico en cualquier momento de la exposición. Esto permitirá la evaluación de la duración admisible de la exposición y la duración de las pausas de descanso. Si bien ha habido una gran cantidad de trabajo realizado en el desarrollo de una serie de índices no existe un único índice que haya sido aceptado como un indicador preciso del riesgo y de aplicación universal.

Mientras muchas investigaciones han entrado en la determinación del índice definitivo todavía hay mucho debate sobre cuál es el mejor. Muchos índices no consideran los seis parámetros básicos, aunque todos ellos se han tenido en cuenta en la aplicación. El uso de índices particulares dependerá de las situaciones individuales, por tanto, la razón de tantos.

La mayoría de los índices de calor consideran, directa o indirectamente, que la tensión principal en el cuerpo es debido a la sudoración. A mayor sudoración requerida para mantener el equilibrio de calor y la temperatura corporal, mayor es la tensión en el cuerpo.

Los índices más utilizados hoy en día para gestionar el riesgo de estrés por calor son:

- Temperatura efectiva (ET)
- Temperatura efectiva corregida (CET)
- Tasa de sudoración con predicción de 4 horas (P4SR)
- Temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT)
- Índice de estrés térmico (HSI)

- Tasa de sudoración requerida (SW req)
- Tensión térmica predictiva (PHS)
- Límite de Trabajo térmico (TWL)

Los índices de estrés por calor normalmente se dividen en dos tipos:

- Empíricos, los que se han desarrollado mediante la evaluación de los efectos fisiológicos en un grupo de prueba de las personas en diferentes condiciones de ensayo ambientales, e incluye el ET, CET, P4SR y WBGT.

Los índices empíricos no permiten fácilmente el examen detallado de los componentes individuales del ambiente térmico, pero en general evalúan el efecto global y son los más utilizados como base para las normas.

- Los índices teóricos o racionales que han sido derivadas por la consideración de los efectos del medio ambiente, etc. en el balance calórico del cuerpo. El HSI se modeló en la ecuación de balance de calor y se basa en una comparación de la evaporación requerida para mantener el equilibrio térmico con la evaporación máxima que se podría lograr en ese entorno.

Un mayor desarrollo del HSI dio como resultado el índice de sudoración requerida (SW req) que fue aceptado como la norma ISO 7933 en 1989.

Este índice calcula la sudoración necesaria para el equilibrio de calor de una mejor ecuación de balance de calor, pero lo más importante permite la interpretación de los cálculos con lo que se requiere con lo que es posible y aceptable en seres humanos.

Mejoras adicionales a la tasa de transpiración han dado como resultado el método de tensión predictiva de calor que se ha adoptado en su versión revisada y cambiado con el nombre ISO 7933: 2004.

Otro índice racional de estrés térmico, el Límite de Trabajo térmico (TWL), ha sido desarrollado en Australia en un intento por superar las deficiencias de algunos índices (por ejemplo, ET y WBGT) que no toman en cuenta adecuadamente los efectos de la velocidad del viento y no se basa en la estimación de los índices metabólicos (por ejemplo SW req, y PHS).

6.2 EFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO Y EVALUACIÓN DE LA TENSIÓN TÉRMICA POR MEDIO DE MEDICION FISIOLÓGICA DIRECTA

Hay una serie de parámetros fisiológicos que se pueden utilizar para evaluar los efectos del estrés por calor en el cuerpo humano. ISO 9886: 2004 describe métodos para medir e interpretar estos parámetros fisiológicos:

- Temperatura corporal central
- Temperaturas de la piel
- Frecuencia cardiaca
- Masa corporal

6.2.1 Temperatura corporal central

El núcleo corporal se refiere a todos los tejidos situados a una profundidad suficiente para no ser afectado por un gradiente de temperatura a través de la temperatura superficial. La temperatura del núcleo corporal no es una única temperatura y se puede medir en diferentes puntos del cuerpo:

- Esófago
- Recto
- Tracto gastrointestinal
- Boca
- Tímpano
- Canal auditivo
- Temperatura de la orina

ISO ha propuesto una serie de límites para la temperatura interna que deben ser observadas y éstas se resumen a continuación.

Ambientes calurosos:

En el caso de almacenamiento de calor lento es decir, aumento de alrededor de 1 ° C en más de una hora, el límite debe fijarse a un aumento de 1,0 ° C o 38,0 ° C lo que ocurra primero, en los siguientes casos:

- Si la temperatura interna se mide de forma intermitente, cualquiera que sea la técnica utilizada.
- Para la temperatura del canal auditivo y la temperatura timpánica, debido a la incertidumbre de la posición correcta constante de transductor.

- En ausencia de personal médico competente.
- Donde no sea medido otro parámetro fisiológico.

En el caso de almacenamiento de calor rápida, es decir, aumento en alrededor de 1 ° C en menos de una hora, el mismo límite se aplica también cuando se utilizan temperaturas rectales o intra-abdominales, a medida que suben a un ritmo más bajo que las temperaturas de termorregulación.

En otras condiciones y, en particular, cuando la temperatura del esófago, así como la frecuencia cardíaca es monitoreada, los valores límite superiores pueden ser tolerados, tales como aumento de 1,4 ° C o 38.5 ° C, lo que ocurra primero.

Temperaturas superiores a 38,5 ° C pueden tolerarse siempre que se respeten las siguientes condiciones:

- Los sujetos son examinados médicamente.
- Ellos están aclimatados al calor a través de la exposición repetida a ese entorno y a la tarea de trabajo en particular.
- Se proporciona vigilancia médica continua y los recursos de emergencia están fácilmente disponibles.
- La temperatura esofágica se controla continuamente.
- Otros parámetros fisiológicos, en particular, el ritmo cardíaco se controla simultáneamente.
- La exposición puede ser detenida tan pronto como aparezcan los síntomas de intolerancia, tales como sensaciones de agotamiento, mareos o náuseas.
- El trabajador se le permite salir de la situación de trabajo como él / ella quiera.

NO se recomienda cualquier aumento de la temperatura interna por encima de 39 ° C.

Ambientes fríos:

Sólo la temperatura esofágica, la temperatura rectal y la temperatura intra abdominal son relevantes en este caso.

El límite inferior para estas temperaturas debe fijarse en 36,0 ° C:

- Cuando estas temperaturas se controlan de forma intermitente
- Cuando la exposición se va a repetir el mismo día

En circunstancias excepcionales, las temperaturas más bajas pueden ser toleradas por cortos períodos previstos:

- Los sujetos han sido examinados médicamente.
- Las temperaturas locales en la piel son monitoreadas de manera simultánea y se respeten los límites pertinentes.
- El trabajador tendrá derecho a salir de la situación de trabajo como él / ella quiere.

6.2.2 Temperaturas de la piel

La temperatura de la piel varía ampliamente sobre la superficie del cuerpo y especialmente cuando las condiciones ambientales son frías. Debe hacerse una distinción entre:

- Temperatura de la piel medida en un punto específico, y
- Temperatura media de la piel que no se pueda medir directamente, pero se pueda estimar mediante la ponderación de un conjunto de temperaturas de la piel locales

La temperatura de la piel está influenciada por:

- Los intercambios térmicos por conducción, convección, radiación y evaporación en la superficie de la piel
- Las variaciones de flujo sanguíneo y de la temperatura de la sangre arterial que llegan a una parte particular del cuerpo

ISO también ha propuesto límites de temperatura de la piel que se resumen a continuación.

- Los límites indicados se refieren únicamente al umbral del dolor y de acuerdo con estos criterios, en un ambiente caluroso, la temperatura máxima local de la piel es de 43 ° C.
- En situaciones de frío, la temperatura de la piel mínima es de 15 ° C (en particular para las extremidades: cara, manos y pies).

6.2.3 Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca (FC) por lo general se mide en latidos por minuto (lpm)

y proporciona una guía de estrés en el cuerpo (o esfuerzo anticipado, el placer, etc.) que puede ser provocada por una serie de factores incluyendo la actividad, la tensión térmica y respuestas psicológicas.

Las frecuencias cardíacas se pueden utilizar como una medida eficaz de la tensión de calor y esto es debido a la forma en que el cuerpo responde a un aumento de las cargas de calor. La circulación sanguínea se ajusta para mover más sangre alrededor del cuerpo para disipar el calor. Esto a su vez da como resultado un aumento en el pulso.

Hay una serie de recomendaciones para la frecuencia cardíaca como un indicador de la tensión térmica. Estos se resumen a continuación.

ISO 8996

En la norma ISO 8996, se sugiere que el aumento de la frecuencia cardíaca debido a la tensión térmica es en promedio 33 bpm por grado de aumento de la temperatura interna del cuerpo. Sin embargo, esto varía mucho de un individuo a otro.

En situaciones en las que una evaluación del riesgo sugiere tensión térmica muy alta, se requiere una medida de acompañamiento de la temperatura central. Además, el sistema utilizado debe permitir que la frecuencia cardíaca se mida en tiempo real durante la exposición.

La frecuencia cardíaca en el lugar de trabajo no debe exceder el valor máximo de la persona reducido en 20 lpm. Idealmente, esto debe ser determinado por medio de una prueba individual.

Si esto no es posible, el límite de frecuencia cardíaca (HRL) se puede predecir por:

$$\text{HRL} = 185 - 0,65 \times \text{edad}$$

La frecuencia cardíaca sostenida a lo largo de un período de trabajo no debe exceder de:

$$\text{HRL, sostenida} = 180 - \text{edad}$$

ACGIH

La ACGIH (2007) también ha proporcionado directrices relativas a la frecuencia cardíaca cuando se rebasen los TLVWBGT, sin ropa impermeable.

Ellos sugieren que la exposición a un individuo al estrés por calor se debe interrumpir cuando cualquiera de los siguientes casos ocurra:

- Sostenida (varios minutos) de la frecuencia cardíaca por encima de 180 latidos por minuto menos la edad de los individuos en años (180 - edad), para los individuos con función cardíaca normal; o
- La temperatura central del cuerpo es mayor que 38,5 ° C para el personal medicamente seleccionado y aclimatado; o mayor que 38 ° C en los trabajadores no seleccionados medicamente o no, o
- La recuperación del ritmo cardíaco, un minuto después de un esfuerzo de trabajo máxima sea superior a 110 latidos por minuto; o
- Hay síntomas de fatiga repentina y severa, náuseas, mareos o desvanecimientos.

Por ejemplo, la frecuencia cardíaca máxima sostenida para una persona de 40 años sería 140 bpm. Estos valores representan una demanda cardiovascular equivalente de trabajo de alrededor de 75% de la capacidad aeróbica máxima.

Enfoque de recuperación de la frecuencia cardíaca

Otro enfoque fue sugerido por Brouha (1960), donde un método de la tasa de recuperación implicó el uso de un procedimiento específico de la siguiente manera:

Al final de un ciclo de trabajo, un trabajador está sentado y se miden la temperatura y la frecuencia del pulso

- La frecuencia del pulso P1 contado a partir de 30 a 60 segundos
- La frecuencia del pulso P2 contado a partir de 90 a 120 segundos
- La frecuencia del pulso P3 contados a partir de 150 a 180 segundos

El último criterio en cuanto a la tensión de calor es la temperatura oral de 37,5 ° C.

1. Si $P3 < 90$ lpm situación laboral es satisfactoria.
2. $P3 \leq 90$ lpm y $P1 - P3 < 10$ lpm

Esto indica que el nivel de trabajo es alto, pero hay poca probabilidad de un aumento de la temperatura corporal.

3. Si $P3 > 90$ lpm y $P1 - P3 < 10$ lpm

El estrés (+ trabajos de calor) es demasiado alto y es necesario tomar medidas para rediseñar el trabajo.

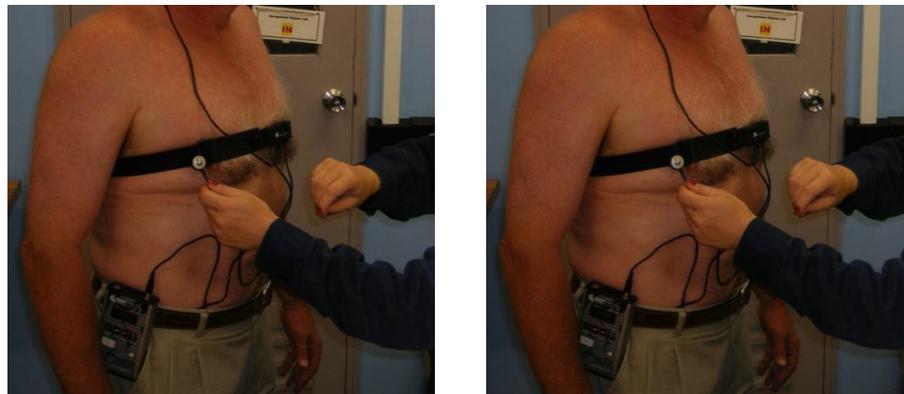
Los tres enfoques mencionados anteriormente esencialmente tienen por objeto minimizar la tensión térmica en el cuerpo a través de control de la HR de modo que la temperatura interna no se mantenga en niveles elevados. Se debe apreciar que estos enfoques son guías y la variabilidad individual puede restringir su uso.

Un ejemplo de la colocación de instrumentación para medir la frecuencia cardíaca personal se muestra en las figuras 7.1 y 7.2.



(Fuente: University of Wollongong)

Figura 7.1 & 7.2 – Medición de tasa de frecuencia cardíaca



(Fuente: University of Wollongong)

Figura 7.1 & 7.2 – Medición de la frecuencia cardíaca

6.2.4 Pérdida de masa corporal debido a la sudoración

En un entorno cálido, la pérdida de sudor puede ser considerado como un índice de la tensión fisiológica de origen térmico, que incluye no sólo el sudor que se evapora en la superficie de la piel, sino también la fracción que gotea de la superficie del cuerpo o se acumula en la ropa.

De acuerdo con los requisitos de la norma ISO 7933, la tasa de sudoración debe limitarse a 1,0 litros / hora para sujetos no aclimatados y hasta 1,25 litros / hora para los sujetos aclimatados.

En lo que se refiere al equilibrio total del cuerpo el límite de agua debe fijarse en 5% de la masa corporal para evitar la deshidratación.

6.3 TEMPERATURAS EFECTIVA (ET)

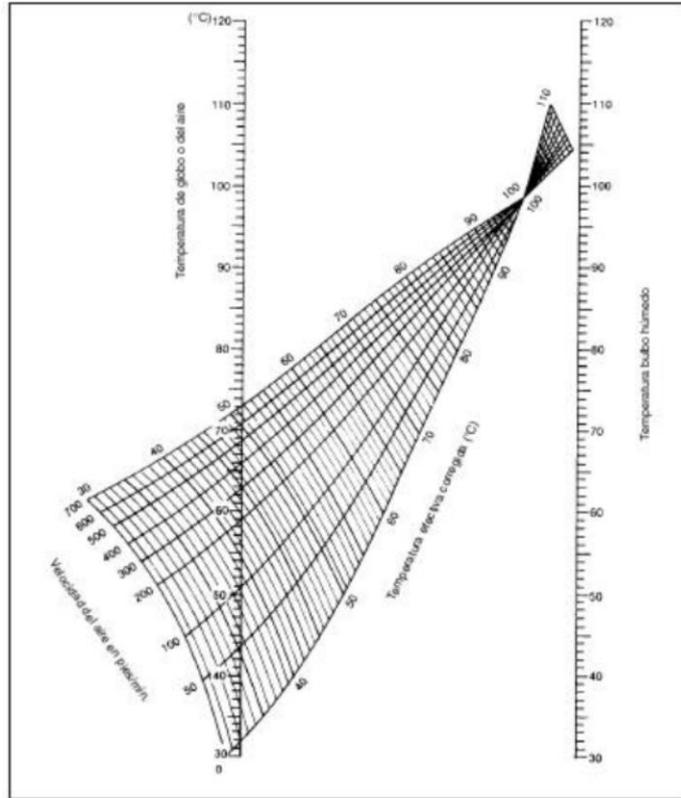
6.3.1 Índice de temperatura efectiva

La temperatura efectiva (ET) fue desarrollada por Houghton y Yaglou 1923 como una escala de confort. Combina los efectos de la temperatura del aire, la humedad y el movimiento del aire en una escala a ser utilizados como base para las comparaciones. Tres sujetos juzgaron cuál de las dos cámaras climáticas eran más calientes por caminar entre los dos. El uso de diferentes combinaciones de temperatura del aire y líneas de humedad de la misma facilidad se determinaron. Impresiones inmediatas se hicieron por lo que la respuesta transitoria se registró. Esto tuvo el efecto de más énfasis en el efecto de la humedad a bajas temperaturas y subestimar a altas temperaturas cuando se compara con condiciones de estado estacionario.

El índice ET utiliza el concepto de la temperatura de un entorno estándar como el valor del índice. ET es la temperatura de un entorno estándar que contiene todavía, aire saturado que proporcionaría la misma sensación de calor como en el entorno real. La persona en el entorno estándar tendría la misma ropa y la actividad como en el entorno real.

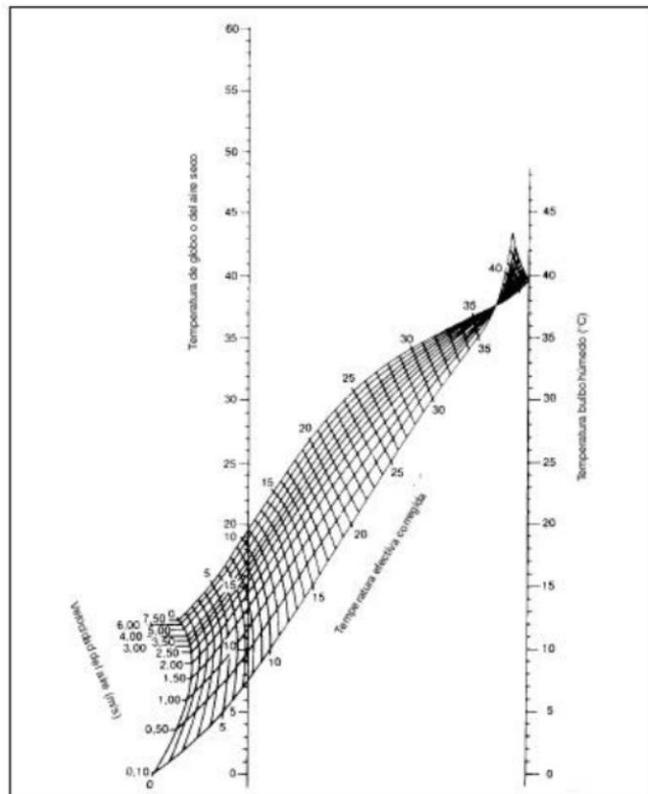
Se desarrollaron dos tablas. Una de las personas desnuda hasta la cintura (temperatura efectiva básico (BET) - véase la Figura 7.3, y otro para las personas normalmente vestidos temperatura efectiva normal (NET) - ver Figura 7.4.

Para obtener la temperatura efectiva, se traza una línea entre el bulbo seco y bulbo húmedo, teniendo en cuenta donde se cruza la línea de la velocidad del aire, y se inclina hacia abajo a la derecha - esto da la temperatura efectiva.



(Fuente: BJH, 1972, Vol.29, Pag. 370 – reproducido con permiso de BMJ Publishing Group)

Figura 7.3 – Escala Básica de temperatura efectiva corregida



(Fuente: BJH, 1972, Vol.29, Page 371 – reproducido con permiso de BMJ Publishing Group)

Figura 7.4 –Escala Normal de Temperatura Efectiva Corregida

6.3.2 Índice de temperatura efectiva corregido

La ET fue limitada porque no tuvo en cuenta los efectos del calor radiante. Más tarde se modificó para formar la temperatura efectiva corregida (CET). La base de este índice fue usar una medición de temperatura de globo de 150 mm de diámetro en la escala en lugar de la temperatura de bulbo seco.

El índice de ET fue el primer índice de calor y como ET y CET todavía se utiliza en todo el mundo como un índice de confort. Si bien ha sido reemplazado por otros índices todavía es una técnica de medición útil en minas subterráneas y otros lugares donde la humedad es alta y bajo el calor radiante.

La ET y CET están limitados en la asignación de los efectos de la ropa usada y no tiene en cuenta el nivel de actividad física. Bajo condiciones severas que se acercan a los límites de la tolerancia, las temperaturas de bulbo húmedo se convierten en el determinante principal de la tensión de calor y estas escalas pueden subestimar la severidad de las condiciones.

Un valor de CET máximo fue recomendado en 27 ° C para trabajadores que realizan trabajos aclimatados de forma, hecha por los primeros investigadores.

Sin embargo Parsons (2003) afirma que Bedford propuso un CET de 34° C como índice de eficiencia razonable y de 38,6 ° C como valor de tolerancia.

6.4 PREDICCIÓN DEL PORCENTAJE DE SUDOR DE 4 HORAS

La predicción del porcentaje de calor 4 horas (P4SR) se estableció en cámaras climáticas en Londres y fue evaluado extensamente en Singapur. El índice P4SR mide la tasa de sudor como una función del estrés climático. Se utiliza un nomograma (figura 7.5) para predecir la cantidad de sudor que se desprende a los jóvenes aclimatados expuestos al medio ambiente durante cuatro horas.

El P4SR es uno de los pocos índices que tienen en cuenta todos los factores ambientales, además de los factores personales de la tasa metabólica y la ropa. Una desventaja es que sólo cubre un rango moderado de actividad física. También es importante tener en cuenta que fue desarrollado para el personal naval cargando armas con municiones durante un combate naval.

Este índice empírico y las medidas adoptadas para obtener el índice son los siguientes:

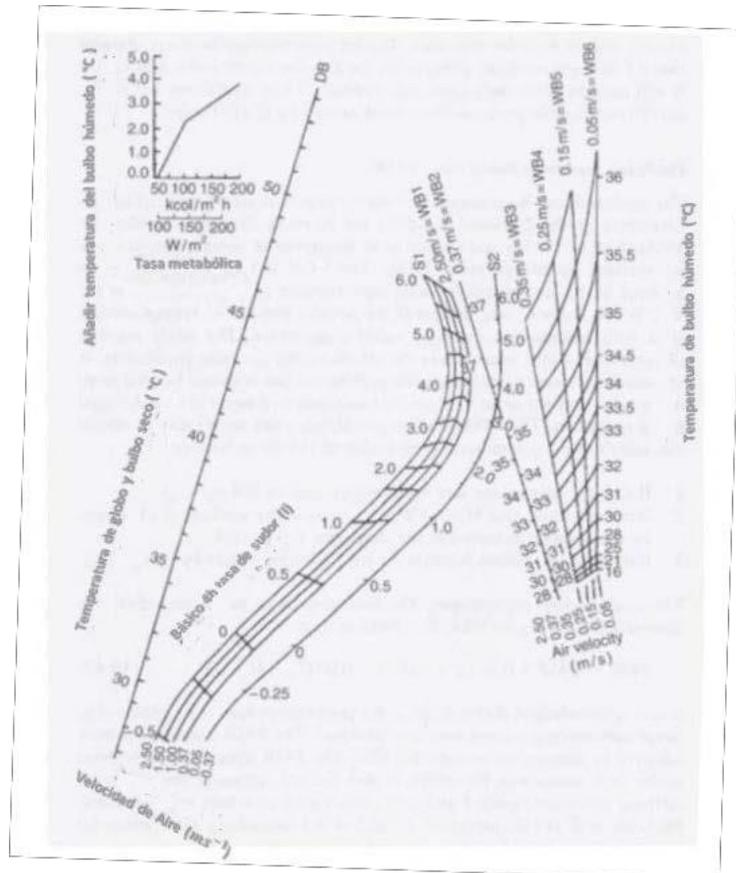
1. Si $t_g \neq t_a$, aumentar la temperatura de bulbo húmedo $0,4 (t_g - t_a) ^\circ C$
2. Si la tasa metabólica $M > 63 \text{ W m}^{-2}$, aumentar la temperatura de bulbo húmedo por la cantidad indicada en la tabla siguiente o el gráfico en el nomograma (Figura 7.5).

Tabla 7.1 - Factores Wet Bulb corrección Para la tasa metabólica Trabajo

Actividad	Tasa Metabólica Aprox W m^{-2}	Corrección $^\circ C$
Sedentario	76	0.6
Ligero	116	2.2
Moderado	192	3.3
Pesado	262	4.2

3. Si la persona está vestida, aumentar la temperatura de bulbo húmedo en $1,5 \times I_{clo} (^\circ C)$
4. Usando la tabla, dibujar una línea recta entre el globo (si hay una carga de calor radiante) o la temperatura de bulbo seco (si no hay carga de calor radiante) que aparece en el lado izquierdo extremo de la tabla y la intersección entre la temperatura de bulbo húmedo modificado y la velocidad del aire que aparece en el bloque en el lado derecho. La tasa de transpiración de 4 horas Básica (B4SR) se puede leer desde la intersección de esta línea con las líneas de la velocidad del aire en el bloque B4SR que aparece en el centro del nomograma.
5. El P4SR puede calcularse entonces:

$$P4SR = B4SR + 0.37I_{clo} + (0,012 + 0,001 \times I_{clo}) (M - 63)$$



(Fuente: BJH, 1972, Vol.29, Page 373 – reproducido con permiso de BMJ Publishing Group)

Figura 7.5 - Nomograma para Calcular P4SR

El valor del índice P4SR que resume los efectos de los seis parámetros básicos es una cantidad de sudor de la población específica y debe ser utilizado como un valor de índice y no como una indicación de sudor en un grupo individual de interés.

Se reconoció que, fuera de la zona prescriptiva (por ejemplo $P4SR > 5$ litros) la tasa de sudoración no era un buen indicador de tensión. Se han propuesto una serie de límites para P4SR - un máximo absoluto de 4,5 litros, y un máximo de 3 litros para la exposición regular.

6.5 Temperatura de globo y bulbo húmedo

El termómetro de bulbo húmedo (WBGT) es probablemente el índice más ampliamente aceptado. Fue desarrollado originalmente para su uso en el control de las bajas de calor en los centros de entrenamiento militar como una aproximación al más engorroso CET y fue modificado para tener en cuenta la carga solar.

El WBGT combina los efectos de los cuatro principales componentes térmicos que afectan al estrés por calor: temperatura del aire, humedad, velocidad del aire y la radiación medida por el bulbo seco, bulbo húmedo natural y temperaturas de globo.

Los valores se calculan a partir del WBGT de una de las siguientes ecuaciones:

Con exposición directa a la luz solar

$$WBGT_{\text{exterior}} = 0,7 \text{ NWB} + 0,2 \text{ GT} + 0,1 \text{ DB}$$

Sin exposición directa al sol

$$WBGT_{\text{interior}} = 0,7 \text{ NWB} + 0,3 \text{ GT}$$

Dónde:

NWB = Temperatura de bulbo húmedo natural

GT = temperatura del globo

DB = temperatura de bulbo seco (aire)

Cuando se mide el ambiente térmico, se debe tener cuidado cualquier variación en el índice de estrés por calor en todo el cuerpo. En este sentido ISO 7243 (1989) sugiere que las lecturas se pueden hacer en tres posiciones que corresponden a la altura de la cabeza, abdomen y tobillos en relación con el suelo.

NIOSH e ISO 7243

El índice WBGT fue adoptado tanto por el NIOSH (1972) e ISO 7243 (1982) y también se incorpora en la norma ISO 7243: 1989 ambientes calientes - Evaluación del estrés térmico basado en el WBGT- índice (temperatura de globo y bulbo húmedo)

El WBGT también se ha utilizado como base para las recomendaciones de ACGIH como el primer índice en la contribución del medio ambiente al estrés por calor.

Criterios de Tamizaje para la Selección del TLV® de ACGIH y nivel de acción de calor para limitar la exposición de estrés por calor

La orientación proporcionada por la ACGIH (2007), tanto en su folleto como en la documentación adjunta del TLV representa condiciones en las cuales se cree que casi todos los trabajadores, adecuadamente hidratados, sanos, sin medicar pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud. El límite o nivel de acción representa condiciones para las que se debe

considerar un programa de manejo de estrés por calor. La orientación no es una línea muy fina entre niveles seguros y peligrosos.

Ya que el WBGT sólo es un índice del medio ambiente, los criterios de selección se ajustan de acuerdo a las contribuciones de las exigencias del trabajo y del vestido, así como el estado de aclimatación. La tabla 7.2 proporciona criterios de selección para TLV basados en valores WBGT y limitar la acción de la exposición al estrés térmico. Para los tipos de prendas de vestir que figuran en la Tabla 7.3 se pueden hacer ajustes al WBGT ambiental.

A medida que aumentan las tasas metabólicas, (es decir, mayor exigencia física en el trabajo), los criterios y los valores límite de acción de la Tabla 7.2 disminuyen para asegurar que la mayoría de los trabajadores no van a experimentar una temperatura corporal por encima de 38 ° C. Tabla 7.4 proporciona una orientación general para la selección de la categoría del ritmo de trabajo que se utilizará en la Tabla 7.2.

Tabla 7.2 – Criterio de Tamizaje para el cálculo de la exposición TLV y Limite de Acción.

Lugar de Trabajo en un Ciclo de Trabajo y Recuperación	TVL (valores de TGBH en °C)				Limite de Acción (valores TGBH °C)			
	<u>Ligero</u>	<u>Moderado</u>	<u>Pesado</u>	<u>Muy Pesado</u>	<u>Ligero</u>	<u>Moderado</u>	<u>Pesado</u>	<u>Muy pesado</u>
	75 a 100%	31.0	28.0	-	-	28.0	25.0	-
50 a 75%	31.0	29.0	27.5	-	28.5	26.0	24.0	-
25 a 5%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
<u>0 a 25%</u>	<u>32.5</u>	<u>31.5</u>	<u>30.5</u>	<u>30.0</u>	<u>30.0</u>	<u>29.0</u>	<u>28.0</u>	<u>27.0</u>

Notas:

- Ver la Tabla 3 y la documentación para las categorías de demanda de trabajo.
- Los valores TGBH están expresados lo más cercanos posibles a los 0.5°C.
- Los límites umbral están calculados como la tasa TW A-Metabólica en donde la tasa metabólica para el descanso se toma como 115W y el trabajo es el valor representativo (rango-medio) de la tabla 3. La base del tiempo de toma como la proporción de trabajo al límite superior del rango de porcentaje de trabajo (ej., 50% para el rango de 25% al 50%).
- Si los ambientes de trabajo y descanso son diferentes, debe usarse y calcularse los promedios de tiempo y horario ponderado (TW A) TGBH. El TWAs para la tasa de trabajo también debe usarse cuando la demanda de trabajo varíe entre horas, note que la tasa metabólica de descanso es un factor ya incluido dentro del límite.
- Los valores de la tabla son aplicados por referencia de la selección de la documentación de "Régimen de trabajo-descanso" y asumen 8 horas para el día laboral, en una semana de trabajo de 5 días, con descansos convencionales como se discutió en la documentación. Cuando el día de trabajo se prolongue, consulte la selección de la documentación, "Aplicación de los TLV[®]".
- Debido a la asociación entre la tensión fisiológica con el trabajo pesado y el muy pesado entre los trabajadores menos aclimatados respecto a la TGBH, no se suministran valores de criterio para trabajo continuo y para más del 25% de descanso en una hora para trabajo muy pesado. Los criterios de selección no son recomendados y se debe realizar un análisis detallado y/o monitoreo fisiológico.

(Fuente: ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007 – reimpresso con permiso)

La evaluación de la exposición WBGT para calor se desarrolló para un uniforme de trabajo tradicional usando una camisa de manga larga y

pantalones. Adiciones a los valores WBGT medidos para algunos conjuntos de ropa se proporcionan en el folleto de ACGIH TLV (ACGIH de 2007).

Tabla 7.3 – Factores de ajuste para algunos tipos de vestido

Tipo de Ropa	Adición a la TGBH (°C)
Ropa de trabajo (camisa de manga larga y pantalones)	0
Ropa (material tejido) overol	0
Ropa tejida de doble capa	3
Overoles SMS de polipropileno	0.5
Overoles de poliolefina	1
Overoles de barreras de vapor – Uso limitado	11

*Estos valores no deben ser usados para los trajes completamente encapsulados, también llamados Nivel A. Factores de ajuste de ropa, no puede añadirse a los de capas múltiples. Se asume que con los overoles se utiliza ropa sencilla debajo de ellos, no una segunda capa de ropa.

Tabla 7.4 – Categorías de Tasa Metabólica y Tasas Representativas con Ejemplo de Actividades

Categoría	Tasa Metabólica (W)*	Ejemplos
Descanso	115	Sentado
Ligero	180	Sentado con trabajo manual ligero con las manos o manos y brazos, y conducir. De pie con algún trabajo ligero de brazo y caminata ocasional
Moderado	300	Trabajo moderado sostenido con mano y brazo, trabajo moderado con brazo y pierna, trabajo moderado con brazo y tronco, o ligero empuje y arrastre. Caminata normal.
Pesado	415	Trabajo intenso de brazo y tronco, cargando, paleando, aserrado manual; empujar y arrastrar cargas pesadas; y caminar a paso rápido.
Muy pesado	520	Actividad muy intensa a paso rápido y máximo.

*El efecto del peso corporal en la tasa metabólica estimada puede calcularse por la multiplicación de la tasa estimada por la relación del peso corporal real, dividido por 70 kg (154 lb)

La sencillez del índice y su uso por organismos influyentes ha conducido a su aceptación extensa. Como todos los índices directos tiene limitaciones cuando se utiliza para simular la respuesta humana y debe utilizarse con precaución en aplicaciones prácticas. Instrumentos electrónicos portátiles para la medición de WBGT son comercialmente disponibles (Figura 7.6)



(Fuente: Quest Technologies – reproducido con permiso)

Figura 7.6 - Questemp°36 para medición del WBGT

6.6 ÍNDICE DE ESTRÉS DE CALOR (HSI)

El HSI fue desarrollado por Belding y Hatch y se basa en el intercambio de calor.

Es una comparación de la evaporación necesaria para mantener el equilibrio térmico (E_{req}) con la evaporación máxima que puede lograrse en ese entorno (E_{max}).

$$HSI = E_{req} / E_{max} \times 100$$

$$\text{Tiempo de exposición permisible AET} = 2440 / (E_{req} - E_{max}), \text{ min.}$$

Dónde:

E_{req} = pérdida por evaporación (es decir el sudor)

$(W m^{-2}) = M - R - C$ es decir, es la suma del ritmo de trabajo metabólico, pérdida de calor de radiación y pérdida de calor por convección

E_{max} = pérdida máxima por evaporación (es decir el sudor) $W m^{-2}$)

= $7.0 \times 0.6 (56 - p_a)$ vestido

= $11.7 \times 0.6 (56 - p_a)$ no vestido

Un límite superior de $= 390 W m^{-2}$ se asigna a E_{max} , esto corresponde a una tasa de sudor de 1 litro/hora para un hombre típico en un día de trabajo de 8 horas.

M = Metabolismo ($W m^{-2}$)

R = Tasa de pérdida de calor radiante ($W m^{-2}$)

= $4.4 (35 - t_r)$ con ropa

= $7.3 (35 - t_r)$ sin ropa

C = tasa de pérdida de calor por convección ($W m^{-2}$)

= $4.6 \times 0.6 (35 - t_a)$ vestida

= $7.6 \times 0.6 (35 - T_A)$ sin ropa , y

p_a = presión de vapor de agua (mb)

T_R = temperatura media radiante ($^{\circ} C$)

T_A = temperatura de bulbo seco (es decir aire) ($^{\circ} C$)

Un HSI de 100 representa el límite superior de la zona prescriptiva y es la máxima de sudoración que puede lograrse. Si $E_{req} > E_{max}$ el cuerpo no puede mantener el equilibrio y la temperatura comienza a elevarse.

Si $HSI > 100$, no hay almacenamiento de calor del cuerpo y tiempos de exposición admisibles deben calcularse.

Si $HSI < 20$ es suave frío.

La gama de posibles efectos de una exposición puede ser de 8 horas se resume como sigue:

Tabla 7.5 – Rango de Posibles efectos Vs Valores HSI

HSI	Efecto de Exposición 8 Horas
0	Sin tensión por Calor (no tensión térmica).
10 – 30	Leve a moderada tensión por Calor.
40 - 60	Severa tensión calórica, implica amenaza para la salud al menos que este en buena forma física.
70-90	Muy severa tensión calórica, el personal de ser medicamente evaluado y tomar medidas sobre la ingesta de líquidos.
100	Máxima tensión calórica tolerada por jóvenes hombres aclimatados.
Sobre 100	El tiempo de exposición está limitado por el aumento de la temperatura corporal.

HSI	Efecto de Exposición 8 Horas
0	Sin tensión por Calor
10- 300	No tensión térmica
10 – 30	Breve a moderada tensión por Calor
10-30	Leve a moderada tensión por calor
40-60	Severa tensión calórica, implica amenaza para la salud al menos que este en buena forma física.
70-90	Muy severa tensión calórica, el personal de ser medicamente evaluado y tomar medidas sobre la ingesta de líquidos
100	Máxima tensión calórica tolerada por jóvenes hombres aclimatados
Over 100	El tiempo de exposición está limitado por el aumento de la temperatura corporal.

El siguiente ejemplo ilustra la aplicación del HSI:

Un trabajador está expuesto a las siguientes condiciones:

$$T_A = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{WB} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_R = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$v = 0.5 \text{ m/s}$$

$$M = 165 \text{ W m}^{-2}$$

Calcular el HSI e interpretar los resultados.

$$C = 4.6v^{0.6}(35 - t_a) \text{ vestida}$$

$$= 4.6 (0.5)^{0.6}(35 - 30)$$

$$= 15.17 \text{ W m}^{-2}$$

$$R = 4.4 (35 - t_r) \text{ vestidos}$$

$$= 4.4 (35 - 45)$$

$$= - 44 \text{ W m}^{-2} \text{ 117.}$$

$$E_{req} = M - R - C$$

$$= 165 - (-44) - 15.17$$

$$= 194 \text{ W m}^{-2}$$

$$E_{max} = 7v^{0.6} (56 - p_a) \text{ vestidos}$$

$$= 7 (0.5)^{0.6}(56 - 16.3)$$

$$= 183$$

$$HSI = E_{req}/E_{max} \times 100 = 194/183 \times 100 = 106$$

Interpretación: Tiempo de la exposición limitado por la subida de la temperatura profunda del cuerpo.

$$AET = 2440 / (E_{req} - E_{max}) \text{ min.}$$

$$= 2440 / (194-183)$$

$$= 222 \text{ minutos}$$

Aunque el HSI considera todos los factores y el ritmo de trabajo, no es completamente satisfactorio para determinar la insolación de un trabajador individual. Si bien el HSI es un índice racional basado en la ecuación de balance de calor, se ha hecho para diferente clo

6.7 LA TASA DE SUDORACIÓN REQUERIDA

Un desarrollo teórico y práctico adicional del HSI y otro índice relacionado, el índice de estrés térmico (que no se discute aquí) fue la tasa de sudoración requerida (SW_{req}) y por lo tanto también se basa en la ecuación de balance de calor.

La SW_{req} es un índice amplio, complejo, que toma en cuenta muchos factores que afectan la respuesta del cuerpo al calor y fue adoptado posteriormente en la norma ISO 7933: 1989 - ambientes calurosos - Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de sudor requerido.

En él se describe un método para calcular el balance de calor, así como la tasa de sudoración requerida que el cuerpo humano debe producir para mantener este equilibrio.

La información requerida incluye la medición de la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad, velocidad del aire, la temperatura de globo, junto con las estimaciones de los factores relacionados con el aislamiento térmico, las prendas de vestir, la tasa metabólica y la postura de trabajo. Esto permite el cálculo de la tasa de sudoración requerida (para el mantenimiento del equilibrio térmico) según la ecuación del calor básica:

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - K - C - R$$

Combinado con

$$SW_{req} = E_{req} / r_{req}$$

Dónde

M = potencia metabólica

W = potencia mecánica

C_{res} = pérdida de calor por convección respiratoria

E_{res} = pérdida de calor por evaporación respiratoria

K = intercambio de calor en la piel por conducción

C = intercambio de calor en la piel por convección

R = intercambio de calor en la piel por la radiación

SW_{req} = tasa de sudoración requerida para el equilibrio térmico

E_{req} = evaporación requerida para el equilibrio térmico

$RREQ$ = eficiencia de evaporación en la tasa de sudoración requerida

Posteriormente se predice la tasa de sudoración, la tasa de evaporación y la humedad de la piel. Si se mantiene el equilibrio térmico, no debe haber un riesgo de estrés térmico. Si no se establece, entonces la cantidad de tiempo para alcanzar debe ser determinando un límite superior de almacenamiento de calor.

La tasa de sudoración requerida se compara con los valores límite máximo de la humedad de la piel y la tasa de sudoración requerida que se estima. Estas son proporcionadas en la Norma ISO para las personas aclimatadas y no aclimatadas en el trabajo y el descanso.

Donde el equilibrio térmico no pueda mantenerse y en consecuencia el almacenamiento de calor la temperatura corporal aumenta y se proporcionan valores límite para los niveles de advertencia y peligro de la temperatura central y la pérdida de agua máximo permisible.

La tasa de sudoración predicha puede determinarse a partir de la tasa de sudoración requerida y los valores límite. Si la tasa de sudoración requerida se puede lograr por parte de personas y que no cause pérdida de agua inaceptable, entonces no hay límite de tiempo debido a la exposición al calor durante un turno de 8 horas. Si este no es el caso, entonces una tasa de exposición permisible puede calcularse a partir de las ecuaciones apropiadas.

El cálculo de la tasa de sudoración requerida si se hace de forma manual puede tomar más de una hora para resolverla y por lo general se ingresan los datos en una hoja de cálculo y se calculan con un ordenador.

6.8 INDICE PREDICTIVO DE TENSION POR CALOR

Los métodos para el cálculo de la tasa de transpiración Obligatorio (SW_{req}) de la norma ISO 7933 1989 fue desarrollado por Malchaire et al (2001) y condujeron al desarrollo del índice predictivo de tensión por calor (PHS).

Sus consideraciones teóricas y prácticas y modelos empíricos, ecuaciones y métodos conducen a un modelo mejorado para SW_{req} con cambios significativos que conformaron un nuevo método: Predicción de la tensión provocado por el calor que fue adoptado posteriormente en la revisión y el cambio de nombre de la norma ISO 7933: 2004 - "Ergonomía del ambiente térmico - determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga térmica estimada."

Las modificaciones en el índice de la tasa de sudoración requerida incluyen: modificaciones a la pérdida de calor respiratorio, la introducción de la temperatura corporal media, la distribución de almacenamiento de calor en el cuerpo, la predicción de la temperatura rectal, promedio exponencial de temperatura de la piel media y la tasa de sudoración, la eficiencia de evaporación de la sudoración, límites W_{max} para sujetos no aclimatados, tasa máxima de sudor, aumento de la temperatura interna con la actividad, los límites de temperatura interna, la deshidratación y la pérdida de agua, la influencia de la ropa de protección de radiación y la inclusión de los efectos de la ventilación en el aislamiento de ropa.

El modelo predictivo de calor de la norma ISO 7933, en resumen, adoptó los siguientes criterios para la estimación de tiempo de exposición aceptable en un entorno de trabajo en caliente:

Sujetos aclimatados y no aclimatados

Los sujetos aclimatados sudan más abundantemente, más uniformemente y más tempranamente que los sujetos no aclimatados. Esto se traduce en el almacenamiento de calor en la región inferior y central conduciendo a menor restricción cardiovascular. Afectando en máximo la humedad de la piel y la tasa de sudoración.

- **Máxima humedad de la piel**

La máxima humedad de la piel se establece en 1,0 para sujetos aclimatados (asumiendo que sea capaz de evaporarse el sudor del 100% de la superficie de la piel cuando sea necesario), y 0,85 para los trabajadores no aclimatados

(se supone que transpirar menos eficientemente y por lo tanto es capaz de evaporar el sudor, por lo máximo, en 85% de la superficie de la piel).

- **Tasa de sudoración máxima**

Puede estimarse usando las ecuaciones proporcionadas y puede variar desde 650 - 1.000 g / hora.

Para los sujetos aclimatados, la tasa de sudoración máxima es de aproximadamente un 25% mayor que para los no aclimatado.

Deshidratación máxima y pérdida de agua

La pérdida de agua máxima fijada es de 7,5% para un sujeto normal y un 5% del cuerpo para proteger el 95% de la población trabajadora.

Temperatura rectal máxima

Ajuste a 38 ° C, el límite que asegura que las probabilidades de que un trabajador alcance 39,2 ° C y 42 ° C son inferiores a 10^{-4} y 10^{-7} respectivamente.

El programa para el cálculo de la sobrecarga térmica estimada se puede descargar de forma gratuita desde Malchaire en el sitio web en <http://www.md.ucl.ac.be/hytr/new/en/>

Un estudio de caso de la industria del acero mediante el modelo de PHS se llevará a cabo como un ejercicio.

6.9 LÍMITE DE TRABAJO TERMICO (TWL)

Otro índice de estrés térmico racional llamado el límite de trabajo térmico (TWL) ha sido propuesto por Brake y Bates (2002) que consideran que los índices de estrés térmico actualmente en uso son bien difíciles de aplicar o mal aplicables en muchas situaciones.

Para cualquier conjunto de condiciones ambientales, existe una tasa máxima a la que un individuo puede disipar calor, es decir, una tasa metabólica limitante, y por lo tanto una tasa máxima a la que se puede trabajar con seguridad.

Es una forma de identificar las condiciones donde el estrés térmico es excesivo y pone en riesgo la salud, es de fácil aplicación en los lugares de trabajo. La ISO 7933 2004, describe el índice de estrés térmico racional que utiliza el índice de sobrecarga térmica estimada, pero es complejo de usar. En el uso común es el índice WBGT empírico que la ACGIH utiliza como base para la tensión del TLV por calor.

El WBGT no tiene en cuenta la velocidad del viento y las dificultades para estimar los índices de las tasas metabólicas, un proceso que es difícil y sujeto a errores considerables, especialmente para los trabajadores que se desplazan y trabajan en diferentes tareas y tasas metabólicas durante su turno.

Los avances en la instrumentación han permitido superar estas deficiencias mediante el uso del TWL. TWL utiliza cinco parámetros ambientales (temperatura de bulbo seco, temperaturas de bulbo y globo húmedos, velocidad del viento y presión atmosférica) y tiene capacidad para factores de ropa para llegar a una predicción de un máximo de seguridad de forma continua de la tasa metabólica sostenible ($W m^{-2}$) para las condiciones (es decir, el TWL). El TWL se define como la tasa metabólica sostenible limitante (o máximo) que hidratados, los individuos aclimatados pueden mantener en un entorno térmico específico, dentro de una temperatura segura profunda corporal central ($<38,2^{\circ} C$) y la tasa de sudoración ($1,2 \text{ kg / hr}$).

Un algoritmo del índice límite térmico ha sido desarrollado utilizando estudios experimentales publicados de transferencia de calor humano y a través de ecuaciones de transferencia de calor y humedad a través de la ropa. Los parámetros de la ropa pueden ser variados y el protocolo se puede extender a los trabajadores no aclimatados. El índice está diseñado específicamente para los trabajadores que llevan su propio ritmo de trabajo y no se basa en la estimación de las tasas metabólicas reales, un proceso que puede ser difícil y sujeto a errores considerables. Las áreas de trabajo se miden y se clasifican en base a una ecuación de balance de calor metabólico, el uso de bulbo seco, bulbo húmedo y el movimiento del aire para medir la potencia de refrigeración por aire (W / m^2).

Tabla 7.6 – Valores TWL en diversas condiciones ambientales y conjuntos de ropa

MRT = DB C 2 [±] C						MRT = DB						MRT = DB C 3 [±] C					
Velocidad del viento = 0.2 m/s ⁻¹						Velocidad del viento = 0.5 m/s ⁻¹						Velocidad del viento = 1.5 m/s ⁻¹					
Presión Barométrica = 101 kPa						Presión Barométrica = 115 kPa						Presión Barométrica = 80 kPa					
i _{cl} = 0.45, i _{cl} = 0.45						i _{cl} D 0.69, i _{cl} D 0.4						i _{cl} D 0.35, i _{cl} D 0.45					
WB						WB						WB					
DB	24	26	28	30	32	DB	24	26	28	30	32	DB	24	26	28	30	32
34	175	157	136	114	n/p	34	181	161	140	118	n/p	34	288	260	229	193	154
36	170	151	131	109	n/p	36	176	156	136	113	n/p	36	282	254	222	187	148
38	164	145	125	103	n/p	38	171	152	131	109	n/p	38	276	248	216	181	141
40	158	140	120	n/p	n/p	40	166	147	126	104	n/p	40	270	242	210	174	135
42	152	134	114	n/p	n/p	42	161	142	122	n/p	n/p	42	264	235	203	167	128

MRT = temperatura radiante media, °C; DB = temperatura de bulbo seco °C; WB = temperatura de bulbo húmedo, °C; i_{cl} = resistencia térmica del vestido, clo; i_{cl} = eficiencia de permeación al vapor del vestido, adimensional; n/p = máximo estrés calórico para trabajo ligero (continuo). Se requiere permiso de trabajo.

(“Applied Occupational and Environmental Hygiene, Limitación de tasa metabólica (Limite Térmico de Trabajo) como un Índice del Estrés Térmico, 17(3): pags 176-186. Copyright 2002. ACGIH®, Cincinnati, OH. Reimpreso con permiso”)

El TWL está diseñado para los trabajadores que son bien educados acerca del trabajo en calor, tienen control sobre su ritmo de trabajo, son saludables y están bien hidratados. Las pautas recomendadas para los límites de TWL con las intervenciones correspondientes se proporcionan a continuación en la tabla 7.7. Estas directrices se basan en la jerarquía de controles de seguridad e incluyen una gama de intervenciones de ingeniería, procedimientos y equipos de protección personal (individual).

Tabla 7.7 - Límites recomendados TWL e intervenciones para ritmo de trabajo personal

Límite TWL (W / m ²)	Nombre de la zona	Intervenciones
< 115 (o DB > 44+/- °C o WB > 32+/-32°C	withdrawal	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo ordinario no permitido • Trabajo solo en caso de emergencias o para el control de una condición ambiental • Debe expedirse permiso de trabajo firmado y autorizado por personal competente • Prueba de deshidratación al final del turno • Una botella de agua de 4 litros debe estar disponible todo momento en el sitio de trabajo

115 a 140	Buffer	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la ventilación y redistribuir a los trabajadores si es posible • Ninguna persona debe trabajar sola • No permitido el trabajo para persona no aclimatada • Si el trabajo continúa, debe expedirse y firmarse por persona competente una acción correctiva dentro de 48 horas • La velocidad del aire debe aumentarse al menos a $0,5 \text{ m/ s}^{-1}$ • Prueba de deshidratación al final del turno • Una botella de agua de 4 litros debe estar disponible todo momento en el sitio de trabajo
140 a 220	Aclimatación	<ul style="list-style-type: none"> • Se permite el trabajo en personas aclimatadas pero no debe estar solo • Una botella de agua de 4 litros debe estar disponible todo momento en el sitio de trabajo
➤ 220	Sin restricción	<ul style="list-style-type: none"> • Sin límites en el trabajo sin riesgo de tensión térmica

("Applied Occupational and Environmental Hygiene, Limitación de tasa metabólica (Limite Térmico de Trabajo) como un Índice del Estrés Térmico, 17(3): pags 176-186. Copyright 2002. ACGIH®, Cincinnati, OH. Reimpreso con permiso")

A valores altos de TWL, las condiciones térmicas imponen límites en el nivel de trabajo que pueden realizarse. En valores moderados, adecuadamente hidratados y al ritmo de los trabajadores serán capaces de adaptarse al estrés térmico mediante el ajuste de su ritmo de trabajo. A valores bajos de TWL, el almacenaje del calor es probable que ocurra y el TWL puede utilizarse para predecir horarios de ciclos seguros de trabajo-descanso. En valores muy bajos no se puede sostener ningún trabajo útil y se debe permitir sólo funcionan en una situación de emergencia. Con TWL, cuanto mayor sea el número, mayor será el ritmo de trabajo sostenible (en términos de estrés térmico). El uso del algoritmo TWL proporciona una estimación de la tasa metabólica limitante de simples mediciones de las condiciones ambientales.

En condiciones controladas la TWL se validó originalmente en ambientes subterráneos (Brake y Bates 2002) donde no hay carga solar o calor radiante, sin embargo, recientemente (Miller & Bates 2007) confirmaron estos resultados y su estudio extiende la aplicabilidad de TWL para ambientes al aire libre y genera pautas de manejo para su aplicación. A continuación se presenta un medidor de tensión térmica para determinar aspectos de este índice (Figura 7.7)



(Fuente: Romteck Pty Ltd – reproducido con permiso)

Figura 7.7 – Monitor de Estrés Calórico (HSM)

6.10 RESUMEN DE ÍNDICES DE AMBIENTES CALUROSOS

Los índices anteriormente analizados pueden clasificarse en dos grupos, empírico y racional. Estos se resumen en las tablas 7.8 y 7.9.

Tabla 7.8 – Resumen de Índices Empíricos

Índice	Parámetros Medidos	Otros Factores	Usos	Información Adicional
Temperatura Efectiva (ET)	Bulbo Seco, Bulbo Húmedo, Velocidad del Aire	Dos tipos de vestido, básico y normal	Confort Térmico	No tiene en cuenta la cantidad de calor radiante ni la tasa metabólica
Temperatura Efectiva Corregida (CET)	Termómetro de Globo, Bulbo Húmedo, Velocidad del Aire.	Dos tipos de vestido, básico y normal	Confort Térmico	No tiene en cuenta la tasa metabólica
Tasa de sudoración 4-horas (P4SR)	Termómetro de Globo, Bulbo seco, Bulbo Húmedo y Vel de Aire.	Se aplican correcciones a la tasa metabólica y vestido	Estrés Calórico	Máxima Absoluta 4.5 litros, limite normal de 3 litros
Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo. (WBGT)	Globo, Bulbo Húmedo, Bulbo seco si es en exterior.	Se aplican correcciones por vestido, diferentes tasas metabólicas.	Estrés Calórico – deriva régimen de trabajo-descanso. Bastante simple – Disponibilidad de Instrumentos	Dos fórmulas (espacio interior y exterior). Dos límites, nivel de acción y TLVs

Tabla 7.9 - Resumen de los índices racionales

Índice	Parámetros Medidos	Otros Factores	Usos	Información Adicional
Índice de Estrés por Calor (HSI)	Termómetro de Globo, bulbo seco, bulbo húmedo, velocidad del aire, tasa metabólica.	Asume límites según tipos de vestido.	Estrés Calórico – Difícil de usar – Deriva tiempos de exposición admisible.	100 Max >70 muy severa tensión por calor >40 severa tensión por calor
Tasa de Sudoración Requerida (SW _{req})	Termómetro de Globo, bulbo seco, bulbo húmedo, velocidad del aire, tasa metabólica, vestido	Aclimatado y no aclimatado	Estrés Calórico – muy complejo	Puede calcular tiempo de exposición admisible (alarma y peligro)
Tensión térmica Predictiva (PHS) – Malchaire	Termómetro de Globo, bulbo seco, bulbo húmedo, velocidad del aire, tasa metabólica, vestido	Otros factores incluidos.	Estrés calórico – muy complejo. Disponible programa de computador	
Límite de Trabajo Térmico (TWL)	Termómetro bulbo seco, bulbo húmedo, velocidad del aire.	Se toman en cuenta: aclimatados, no aclimatados y factor de vestido.	Estrés calórico – bastante sencillo – combina instrumentos disponibles.	Does not require estimation of metabolic rate. Workers self-pace

7 CONTROL DE LOS AMBIENTES CALUROSOS

7.1 LOS FACTORES PERSONALES MITIGACIÓN DE TRABAJO CONTRA EL CALOR

Como hemos visto anteriormente en el capítulo 4 (Efectos de las Temperaturas Extremas) hay una serie de factores predisponentes que pueden influir en la susceptibilidad de una persona a ambientes fríos y calientes. La gravedad de los trastornos relacionados con el calor de estos factores personales se puede reducir.

7.1.1 Obesidad

Aquellas personas que tienen sobrepeso son más propensas a experimentar efectos adversos cuando se trabaja en ambientes calurosos. A mayor nivel de condición física del trabajador mejor se adaptara para tolerar tanto el calor como el frío. La aptitud física conduce a una mejor tolerancia térmica debido a un mayor volumen de sangre y capacidad cardiovascular. La capacidad aeróbica es conocida (AIHA 2003) para aumentar el volumen de sangre, el volumen sistólico, el gasto cardíaco máximo y la capitalización de los músculos. Estos cambios reducen el esfuerzo cardiovascular para cualquier tipo de trabajo determinado, así como aumentar las reservas fisiológicas. El volumen de sangre aumentado, por ejemplo, llega a ser importante cuando la sangre debe suministrar simultáneamente a los músculos con oxígeno, al mismo tiempo, debe transportar el calor a la piel para la disipación.

El tamaño del cuerpo y la gordura también influyen en la tolerancia al calor. Cuanto mayor sea en la persona, mayor es la energía necesaria para realizar una tarea y por lo tanto mayor es la producción de calor metabólico, en particular para actividades de apoyo de peso tales como caminar. Además, cuanto más grande es la persona, menor es la proporción de área superficial con respecto a masa, por lo que la capacidad de la persona para disipar el calor se reduce y se tarda más tiempo para refrescarse después de la exposición al calor.

Hay que señalar sin embargo, que hay mucha variación individual en la influencia de la obesidad y el tamaño en el calor y la tolerancia al frío.

El mantenimiento de un estilo de vida saludable puede contribuir a la mitigación de los efectos de trabajar en un ambiente caluroso.

7.1.2 Medicamentos

Muchos fármacos terapéuticos y sociales pueden tener un impacto en el trabajador por tolerancia al calor. Un fin de semana con bebida social puede dejar a una persona peligrosamente deshidratada. Algunos fármacos terapéuticos, tales como las drogas usadas para el control de la frecuencia cardíaca (bloqueante beta) pueden comprometer la capacidad de trabajo en puestos de trabajo con alta tensión de calor, como el trabajo duro o moderado en ambientes calurosos.

Cualquier trabajador que esté tomando medicación debe recibir el alta médica antes de ser expuesto a condiciones de calor.

Los trabajadores enfermos, especialmente aquellos con fiebre, corren un riesgo especial en entornos de trabajo calurosos debido a que la temperatura del cuerpo se regula a una temperatura más alta de lo normal. Esto significa que la misma cantidad de trabajo produce el mismo almacenamiento de calor, pero a una temperatura más alta, será más peligroso. Un trabajador que normalmente tolera a voluntad el calor, es probable que se deteriore.

Cualquier enfermedad que pueda afectar a la función de hidratación cardiovascular o renal (por ejemplo, resultados de diarrea en la deshidratación) puede tener un impacto en la tolerancia al calor.

En general, es peligroso para los enfermos también trabajar en ambientes calurosos.

7.1.3 Edad

La AIHA (2003) sugiere que, aunque no se ha estudiado, la tolerancia térmica de calor tiende a ser sólo ligeramente afectada por la edad, aunque algunos estudios anteriores sugieren que las tolerancias de calor disminuyen en las personas mayores. Las disminuciones observadas en la tolerancia térmica con la edad pueden estar relacionadas con la capacidad física en lugar de envejecimiento como tal. Sin embargo hay una disminución clara de la capacidad máxima de trabajo con la edad. La caída en el gasto cardíaco máximo con la edad probablemente contribuye a la reducción de la capacidad de trabajo y también una mayor susceptibilidad a las lesiones por calor.

7.1.4 Estado de Aclimatación

En la aclimatación del cuerpo al calor, aquel se adapta de diferentes maneras:

- Aumento de la cantidad de sudor que aumenta el potencial de enfriamiento por evaporación.

- A principios de inicio de la sudoración se reduce el almacenamiento de calor antes de la activación de la refrigeración por evaporación.
- Sudor más diluido (es decir, menor concentración de sal) que reduce las pérdidas de electrolitos (sodio y cloruro).
- El aumento del flujo sanguíneo de la piel que proporciona una mayor transferencia de calor por convección entre el cuerpo y la profundidad de la piel
- Reducción de la frecuencia cardíaca en cualquier tipo de trabajo dado, lo que disminuye la tensión cardiovascular y las necesidades de oxígeno del corazón.
- Una mayor utilización de las grasas como combustible en trabajos pesados que conserva los hidratos de carbono que son útiles cuando se necesitan altas tasas de producción de energía.
- Reducción de la piel y temperatura corporal profunda en cualquier tipo de trabajo dado que mantiene una reserva de almacenamiento de calor más grande y permite que el trabajador trabaje a un ritmo mayor.

Estas adaptaciones trabajan juntos para reducir la profundidad de la temperatura corporal y la temperatura de la piel es decir tensión de calor para una cantidad dada de trabajo, proporcionando una mayor reserva de emergencia o requisitos de trabajo prolongados.

La aclimatación al calor se produce muy rápidamente con una adaptación sustancial evidente después de sólo dos horas de exposición al calor por día durante ocho días consecutivos (AIHA 2003). Aclimatación adicional se sigue produciendo con la exposición adicional y se completa a los 14 días.

Si los cambios estacionales son graduales, las personas que trabajan en ambientes externos hacen una adaptación natural al calor o frío. Sin embargo, los cambios bruscos de clima, especialmente las de estrés por calor pueden dar lugar a niveles peligrosos de estrés.

Los trabajadores que comienzan a trabajar en ambientes calientes por primera vez, necesitan tener suficiente tiempo para aclimatarse. La aclimatación a un nivel de calor puede darse sólo parcialmente del individuo a exposiciones más altas de calor. Del mismo modo la aclimatación se puede perder hasta cierto punto después de un largo fin de semana y está casi extinguido después de unas vacaciones de cuatro semanas o más. Cuanto más tiempo una persona pasa lejos del calor, mayor será el tiempo necesario para la readaptación.

7.2 BREVE INTRODUCCIÓN AL CONTROL DE INGENIERÍA Y MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN

Al igual que con cualquier exposición los principios de la jerarquía de control deben aplicarse a la exposición a ambientes calurosos. Esto se aplica en particular a las actividades laborales que no son "normales" o "regular o de rutina" y puede incluir actividades tales como la reparación de averías de un equipo caliente, el mantenimiento y reparación de instalaciones y equipos calientes, la sustitución de los materiales de aislamiento térmico, etc. El trabajo puede ser al mismo tiempo de duración variable y en diversos niveles de exposición al calor.

Si la exposición es inevitable entonces el riesgo debe ser controlado a límites aceptables según lo determinado por la evaluación del riesgo. Donde, a pesar de que todos los controles ambientales razonables se hayan ensayado, las temperaturas siguen siendo superiores a las recomendaciones de la ACGIH, ISO 7243, ISO 7933, AIOH u otras recomendaciones locales o legales, se deben tomar precauciones adicionales para reducir el riesgo para el personal, incluyendo:

7.2.1 Controles Ambientales

a) El control en la Fuente

- Cuando el calor se libera a partir de un proceso en particular es posible reducir la temperatura de la fuente de calor?
- A menudo, se puede lograr que las exposiciones sean de un tiempo relativamente corto durante las operaciones de reparación y mantenimiento de equipos calientes y materiales aislantes. Puede ser posible aislar la sección de instalaciones o equipos, y permitir que se enfríe antes de comenzar el trabajo. Alternativamente, puede ser posible reducir la temperatura del vapor y el agua en las tuberías y de la planta antes de que comience el trabajo.
- Se pueden aislar las superficies calientes?

El aislamiento puede reducir la temperatura de la superficie y por lo tanto la emisión de calor radiante desde la superficie. Una variedad de materiales de aislamiento están disponibles. En caso de sustitución de un material aislante se debe tener especial cuidado si el material a retirar contiene asbestos.

El uso de aislamiento también puede proporcionar protección contra las quemaduras por contacto.

Calor radiante

El calor radiante de las superficies depende de la naturaleza de la propia superficie. Superficies brillantes tienen emisividad inferior (es decir, menor salida de calor radiante) que las superficies oscuras u opacas a las mismas temperaturas. Por ejemplo, una superficie de color negro plana (emisividad de 1,0) emite la mayor parte del calor mientras que una superficie lisa y pulida (emisividad cero) emite lo menos. La emisividad de aluminio oxidado es de 0,1, mientras que la de acero oxidado es de 0.85 y del ladrillo en bruto es 0,93. Por lo tanto la emisión de calor radiante procedente de las superficies de acero o de ladrillo se puede reducir mediante revestimiento con aluminio o estaño.

Barreras de calor radiante

Cuando no sea posible reducir el calor radiante en la fuente, las barreras de calor radiante posicionado entre la fuente y el trabajador reducen el calor radiante directo.

Las barreras deben hacerse en material con buenas propiedades de aislamiento y que tengan superficies de baja emisividad / alta reflectividad de modo que ellos mismos no se calienten. Los materiales transparentes como el vidrio parcialmente plateado o plásticos transparentes tratados se pueden utilizar cuando es necesario reducir la fuente de calor.

b) Ventilación, Aire Acondicionado y Movimiento de Aire

La ventilación se puede lograr de dos maneras

- Por eliminación o dilución del aire caliente / húmedo reemplazándolo con aire más fresco / seco.

Este es el método más eficiente y se puede lograr por ventilación mecánica forzada o natural. Es especialmente importante en ambientes cálidos y húmedos.

La ventilación mecánica se puede lograr con tiro forzado por el que se toma aire desde un lugar fresco fuera de la edificación y es soplado para desplazar el aire caliente.

El aire caliente (y también el polvo y los gases de emisiones de un proceso) también puede ser extraído de la zona de un proceso y retirado directamente a la atmósfera o en un sistema de recogida de vapores.

Los sistemas de inyección –extracción, es decir, una combinación de los métodos anteriores también pueden ser utilizados.

La ventilación natural que utiliza el movimiento del aire a través de ventanas y puertas abiertas también puede ser ventajosa en la eliminación de calor desde el lugar de trabajo. Las corrientes ascendentes térmicas por encima de la colada de metal fundido, por ejemplo, suben a la parte superior del edificio y por lo general escapan a través de las lumbreras del techo.

- **Aumento de la circulación del aire**

En general el aumento de la velocidad del aire aumenta la velocidad de pérdida de calor del cuerpo por convección y evaporación. A temperaturas superiores a 35 ° C, sin embargo, la transferencia de calor por convección se convertirá en una ganancia de calor al cuerpo, pero a menos que la humedad sea alta la pérdida de calor por evaporación prevalece siempre sobre la ganancia de calor por convección. A muy altas temperaturas y / o humedades esto se invierte. El efecto neto de aumentar la velocidad del aire se puede calcular a partir de los índices, tales como ISO 7933 y HSI. Como regla general, el SBSO (1996) sugiere que si la temperatura de bulbo húmedo es inferior a 36 ° C, el aumento de la velocidad del aire es beneficioso; si es superior a 36 ° C, es perjudicial. Las razones de esto son evidentes ya que el aire por encima de 37 ° C en ausencia de otros controles, añadirá a la carga térmica.

c) Refrigeración artificial

A menudo, no hay ninguna ventaja real en el uso de aire ambiente si la temperatura de este aire no es significativamente diferente a la de la zona de trabajo por lo que se requiere aire enfriado artificialmente.

El enfriamiento por evaporación reduce la temperatura del aire por la pulverización de agua en la corriente de aire o pasar el aire sobre un elemento mojado. Otros métodos incluyen el uso de enfriadores y tubos de vórtice.

En algunas circunstancias, por ejemplo, durante los cierres de hornos donde las personas tienen que desplazarse pueden utilizarse enfriadores mecánicos y unidades de aire acondicionado para reducir la temperatura radiante y del aire antes de la entrada.

7.2.2 Controles de Administración

Una variedad de controles de administración también se puede utilizar:

Selección del trabajador

La selección trabajador puede plantear cuestiones morales y éticas.

Por ejemplo, excluir a las mujeres de algunos puestos de trabajo en caliente puede ser discriminación sexual poco ético e ilegal, pero la exposición de las mujeres embarazadas que se sabe que los trabajos ponen en peligro provocado por el calor es ciertamente poco ético. ¿Qué se hace con los trabajadores con enfermedades del corazón que les impida la realización de ciertos trabajos puede ser altamente ético en algunas situaciones y circunstancias y poco ético en otros, dependiendo de las circunstancias. Las cuestiones éticas deben ser consideradas en una base de caso por caso.

Los trabajadores pueden ser seleccionados sobre la base de la naturaleza del trabajo y la selección de los trabajadores sobre la base de factores obvios parece razonable. Aunque esto es cierto en general, la única manera de evaluar la tolerancia del trabajador es observar los trabajadores durante un período de tiempo para ver quién es más tolerante a una determinada carga de trabajo y el estado del medio ambiente. El monitoreo personal sería deseable, pero no siempre es práctico.

Capacitación de los trabajadores

La formación es necesaria para todos los trabajadores que puedan estar involucrados con el trabajo en ambientes calurosos, la realización de un trabajo agotador a temperaturas elevadas y las necesarias para trabajar con ropa de protección impermeable.

El AIOH (2003) recomienda que la formación deba incluir lo siguiente:

- Mecanismos de la exposición al calor
- Las posibles situaciones de exposición al calor
- Reconocimiento de los factores predisponentes
- Importancia de la ingesta de líquidos
- La naturaleza de aclimatación
- Efectos del alcohol y las drogas en ambientes calurosos
- El reconocimiento precoz de los síntomas de la enfermedad por el calor
- Prevención de la enfermedad por el calor
- El tratamiento de primeros auxilios de enfermedades relacionadas con el calor
- Auto evaluación

- Gestión y control
- Los programas de vigilancia médica y las ventajas de la participación de los empleados en los programas

Esta es una guía muy completa de formación y en caso de aplicarse debe reducir significativamente el riesgo de estrés térmico.

La capacitación de todo el personal en el área de gestión de estrés por calor se debe documentar.

Auto evaluación

La autoevaluación es elemento clave fundamental. Con el conocimiento correcto de los signos y síntomas tempranos los individuos serán capaces de tomar las medidas adecuadas para prevenir la aparición de enfermedades más graves relacionadas con el calor. Esto puede ser tan simple como tomar un breve descanso y tomar un poco de agua.

Programación de Trabajo

A menudo no es posible programar el trabajo y tendrá que ser llevado a cabo en ambientes calurosos, especialmente en caso de avería, con lo cual habrá que tener en cuenta los siguientes factores:

- El tiempo o la estación del año.
- Hora del día, sobre todo para el trabajo al aire libre - que puede hacerse durante la noche en lugar de a mediodía.
- Trabajo al aire libre que requiere ropa protectora, cuando sea práctico se realiza en los meses más fríos.

Intervalos de trabajo-descanso

Los intervalos de trabajo descanso a menudo se utilizan para controlar la exposición de los trabajadores al calor como se recomienda en la norma ISO 7243 (1989) y por la ACGIH (2007). A medida que el calor aumenta el descanso debe proporcionarse. Pero esto no es tan simple como parece. Por ejemplo, si se requiere que el trabajador use ropa protectora que a menudo no se lo quita durante el periodo de descanso y por lo tanto no se enfrían adecuadamente antes de reanudar el trabajo. Los periodos de descanso deben gestarse en un lugar fresco con suministro abundante de agua fresca para la reposición de líquidos.

Reposición de líquidos

La reposición de líquidos es fundamental cuando se trabaja en un ambiente caluroso, especialmente donde se está llevando a cabo su trabajo (trabajo metabólico). Las guías de la AHA (2003) para la reposición de líquidos incluyen:

- Los trabajadores deben tener cuidado al consumir una dieta bien balanceada y tomar un montón de bebidas no alcohólicas en el día anterior a una exposición al calor intenso.
- Los trabajadores deben evitar las bebidas diuréticas inmediatamente antes de trabajar y beber tanto como medio litro antes de comenzar el trabajo.
- Durante el trabajo los trabajadores deben tratar de beber agua tanto y tan frecuentemente como sea posible.
- A los trabajadores se les debe proporcionar bebidas frías que les atraigan. Los líquidos pueden contener desde 40 hasta 80 g / L de azúcar y de 0,5 a 0,7 g / L de sodio.
- Los trabajadores deben ser animados a rehidratarse entre turnos de trabajo.
- El peso corporal debe controlarse al comienzo y al final de cada turno para asegurar que la deshidratación progresiva no está ocurriendo.

7.2.3 Ropa y equipo de protección personal

Las prendas de vestir y la ropa de protección especial a menudo pueden tener un efecto adverso sobre el cuerpo en el balance de calor en ambientes calurosos aislando el cuerpo y reduciendo la pérdida de calor por evaporación. la ropa impermeable impide especialmente la pérdida de calor y el uso de estos equipos puede presentar algún riesgo si el trabajo físicamente exigente o el ejercicio se lleva a cabo a temperaturas del aire tan bajas como 21 ° C, sobre todo si el trabajador no está aclimatado, no es apto o no susceptible.

Las prendas de vestir y la ropa de protección especial pueden contribuir al almacenamiento de calor total del cuerpo, especialmente si tiene un alto factor de aislamiento (Iclo). La unidad de aislamiento es la clo (clothing) y por definición 1 clo es el aislamiento proporcionado por la ropa suficiente para permitir que una persona este cómoda, sentada o sedentario a 21 ° C, con una humedad relativa del 50% en aire en reposo.

Usando esta definición, conjuntos típicos de vestir pueden ser clasificados como se indica en la Tabla 8.1.

Tabla 8.1 – Valores de aislamiento típicos de trajes típicos

Ensamble de vestido	I _{clo} (clo)
Desnudo	0
Pantalones Cortos	0.1
Ropa Ligera de Verano	0.5
Ropa de Trabajo Habitual	0.6
Ropa Interior - Traje	1.0
Traje Pesado	1.5
Sobretudo resistente a productos químicos con capucha, respirador, casco, guantes de goma y botas y la ropa interior larga duración	2.0
Indumentaria Polar	3 – 4
Aislamiento Máximo	5

En algunas circunstancias, la ropa puede proporcionar protección contra el calor. La ropa de protección, sobre todo si se hace a partir de fibras naturales, proporcionará cierta protección contra las quemaduras por contacto y la radiación. Los colores oscuros, especialmente negros absorben de forma más directa y reflejan la energía de calor radiante y bien podría haber un aumento del riesgo de la tensión de calor. Los colores claros, especialmente el blanco, y la ropa reflectante (por ejemplo aluminizada) absorbe relativamente poca energía de calor radiante y podría haber un riesgo reducido de la tensión de calor.

Para la protección contra el contacto con superficies muy calientes, o de salpicaduras de metal fundido, ensambles especiales de ropa pueden ser necesarios y pueden ser especificadas en las normas locales o internacionales.

La ropa protectora resistente al calor sólo dará protección durante períodos limitados y puede tener un efecto perjudicial si continúa la exposición. Si la exposición continua es necesaria en circunstancias donde el uso de protección personal no es permitido se podría acudir a chalecos acondicionados para permitir exposiciones más largas.

Hay un número de diferentes sistemas y dispositivos disponibles y utilizados en la industria para el uso del personal y han sido descritos por el AIOH (2003) e incluyen:

Sistemas de circulación de aire

Los sistemas de circulación de aire por lo general incorporan el uso de un tubo de enfriamiento tipo vórtice. Dependiendo del tamaño del tubo de vórtice, se pueden utilizar para enfriar un sistema de gran volumen tal como un tanque o se pueden utilizar como un sistema personal por lo que el vórtice se lleva en el cinturón y el aire frío se alimenta en un casco de aire suministrado y / o chaleco. El balance de los volúmenes de aire y la temperatura es importante.

El aire respirable sólo se debe utilizar para sistemas de suministro de aire. Aunque a menudo proporcionan aire fresco para el usuario, los sistemas de aire suministrado tienen la desventaja obvia de ser conectado a una línea aérea y las líneas aéreas pudieran quedar atrapados, enredados o entrar en contacto con superficies calientes y dañarse. Los sistemas pueden ser muy eficaces y son considerablemente menos costosos que los sistemas de circulación de agua.

Sistemas de circulación de líquidos

Estos sistemas se basan en el principio de la disipación de calor mediante la transferencia de calor desde el cuerpo del líquido conectado con el disipador de calor (que es por lo general un paquete de hielo). Los trajes que utilizan líquido (agua) de refrigeración deben ser usados cerca de la piel. Mediante este sistema el líquido enfriado se bombea a través de un tubo capilar fino, usando una bomba de baterías que se coloca en el cinturón o a través de un "cordón umbilical" como una unidad de refrigeración remota.

Sistemas de enfriamiento con hielo

Tradicionalmente las prendas de enfriamiento de hielo implican la colocación de hielo en los bolsillos en una prenda de aislamiento, típicamente un chaleco, llevado cerca de la piel de tal manera que el calor es reducido. Esto a su vez enfría la sangre en los vasos cerca de la superficie de la piel, que a continuación, ayuda a reducir la temperatura interna central.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el aumento de la movilidad del usuario y también es menos costoso que los sistemas de circulación de aire o líquido. El hielo ha sido recientemente sustituido con otros materiales "cambio de fase", tales como los líquidos de tipo n-tetra decano,

que se congelan a 10 ° C dando como resultado varios beneficios inmediatos. Uno, que no es tan frío en la piel, y por lo tanto más aceptables para el usuario, y en segundo lugar, para congelar la solución sólo requiere de un refrigerador estándar o un recipiente aislado lleno de hielo.

Sistemas reflectantes

La ropa reflectante se utiliza para ayudar a reducir la carga de calor radiante en un individuo. Actúa como una barrera entre la persona y la superficie caliente de la piel reflejando la radiación infrarroja. La configuración más común de ropa reflectante es una superficie aluminizada unido a una tela de base.

En algunas situaciones solamente la parte delantera del cuerpo se expone tal como en un horno de inspección y, por tanto, un delantal sería adecuado. En otros trabajos se puede requerir un traje completo. Se debe tener precaución cuando se usa un traje completo, ya que afectará la refrigeración por evaporación del individuo. El traje debe ser usado lo más suelta posible con un mínimo de otras prendas de vestir para facilitar la circulación del aire para ayudar a la refrigeración por evaporación.

También puede ser posible combinar el uso de un chaleco de enfriamiento debajo de una chaqueta reflectante para ayudar a mejorar los tiempos de permanencia. Sin embargo, una vez se usan combinaciones de PPE pueden llegar a ser demasiado engorroso de usar. Tales combinaciones de PPE deben ponerse a prueba antes de emprender las tareas necesarias para determinar su idoneidad.

Una estrategia sugerida para el uso de equipos de protección personal de calor es:

Puede usted:

- ¿Hacer el trabajo sin él?
- ¿Usarlo por menos tiempo?
- ¿Cubrir menos partes del cuerpo?
- ¿Reducir el aislamiento térmico?
- ¿Aumentar la capilaridad y permeabilidad a la humedad?
- ¿Reducir peso?
- ¿Reducir el número de capas / a granel?
- ¿Utilizar un sistema de refrigeración auxiliar?

pero tenga en cuenta el peso.

7.2.4 Lista de verificación de la AIHA para las exposiciones a calor

La AIHA (2003) proporciona una lista de comprobación conveniente para el trabajo en ambientes calurosos:

- ¿Son adecuadas las bebidas frescas suministradas?
- ¿Cuál es la principal fuente de estrés por calor y cómo puede ser mitigado (por ejemplo, la ropa de protección requiere de estrategias particulares)?
- Es posible que en el lugar de trabajo se proporcione blindaje radiante (incluyendo sombra) como medio estratégico de control?
- Existe un equipo de evaluación ambiental de la temperatura en el sitio de trabajo?
- Las guías de trabajo incluyen aspectos relacionados con temperaturas y están disponibles para trabajadores y supervisores?
- Están disponibles elementos de primeros auxilios para las situaciones de emergencia por calor / frío?
- El ritmo de trabajo ha sido determinado y existe suficiente mano de obra para hacer rotaciones por exposición a calor a pesar de resultar en un ritmo de trabajo más lento?
- Los supervisores han recibido instrucciones para atender a los trabajadores a la primera señal de problemas?
- Han sido los trabajadores adecuadamente y completamente aclimatado (o reaclimatados después de un tiempo por fuera del entorno laboral)?
- Está disponible un área fresca para recuperación / descanso?
- Están los trabajadores y supervisores capacitados para reconocer los síntomas y proporcionar tratamiento de primeros auxilios de lesiones por calor?
- ¿Hay una manera de llamar a la asistencia médica de emergencia?
¿Saben los trabajadores cómo y dónde llamar para la ayuda médica de emergencia?
- Es la ropa apropiada (obstrucción mínima de la evaporación del sudor y la máxima protección contra el calor radiante es decir, utilizar la ropa más liviana y más permeable que proporcione seguridad adecuada)?
- Es la velocidad del aire tan alta como sea posible?
- ¿Los trabajadores están bien hidratados en el inicio de los trabajos?
- Está disponible enfriamiento localizado?
- Están disponibles equipos de refrigeración local (por ejemplo, chalecos tipo fresco) para cuando sea necesario?
- Las trabajadoras que pudieran estar embarazadas o aquellos con problemas cardiovasculares, lesiones de calor anteriores, medicamentos problemáticos y que tienen fiebre, han estado protegidos de temperaturas elevadas al interior del cuerpo?

- Han recibido los trabajadores recordatorios sobre las precauciones de seguridad apropiadas?

(Usado con permiso de la American Industrial Hygiene Association - 2007)

Si bien puede argumentarse que otros factores deben ser incluidos en la lista (vigilancia del lugar de trabajo, horario de trabajo y descanso, evaluación de riesgos documentada) que sirve para poner de relieve los diversos factores que deben tenerse en cuenta antes de comenzar a trabajar en ambientes calurosos.

7.2.5 Cabinas

Las cabinas también se pueden utilizar como un método para que los trabajadores permanezcan por periodos de tiempo, mientras no están expuestos a calor. Estas cabinas pueden ser climatizadas para reducir los efectos del calor radiante del medio ambiente.

7.3 SUPERFICIES CALIENTES

7.3.1 Introducción

Cuando la piel humana se pone en contacto con una superficie caliente la temperatura de la piel aumenta. Esto provoca una reacción que puede variar en vasodilatación local y sudoración dando sensaciones de dolor y daño físico (es decir, quemadura) a la piel.

Ocurran o no las quemaduras se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- La temperatura de la superficie
- El material de la superficie
- El período de contacto entre la piel y la superficie
- La estructura de la superficie
- La sensibilidad de la persona que entra en contacto con la superficie caliente (por ejemplo, adulto o niño)

El contacto con una superficie caliente puede tener lugar intencionadamente, (por ejemplo, para operar una máquina o herramienta) o involuntariamente, cuando una persona está cerca de un objeto caliente.

El período de contacto con la superficie caliente será diferente si el objeto es tocado intencionadamente que si se toca accidentalmente. Teniendo en cuenta los tiempos de reacción humanos 0,5 segundos es el tiempo de contacto mínimo aplicable para contactos involuntarios de una superficie caliente.

Las quemaduras de la piel

A temperaturas superiores de unos 43 ° C, el daño puede ocurrir si la exposición a esa temperatura es lo suficientemente largo. Es cierto en general, por lo tanto, que si la temperatura de la piel en contacto con una superficie sólida es inferior a aproximadamente 43 ° C, solo malestar y sensaciones se producirá sin daño de la piel.

Debe tenerse en cuenta que esto se aplica a las temperaturas locales en la piel. Si la temperatura interna está a 42 ° C, entonces habría una ruptura seria de termorregulación, ya que los niveles "límite superior seguro" para la temperatura interna del cuerpo están a menos de alrededor de 38.5 ° C.

Hay una serie de métodos para la clasificación de quemaduras en la piel y todos se basan en el grado de daño a las diferentes capas de la piel.

Las superficies sólidas

Las reacciones cutáneas al contacto con una superficie sólida caliente dependerán de la velocidad a la que se transfiere calor desde la superficie a la piel. Los metales, por ejemplo, se calientan con más facilidad que la madera, por circunstancias similares. Los factores relativos a la superficie sólida por contacto afectan que la transferencia de calor a la piel incluyen: número de capas, rugosidad de la superficie, húmedo o seco, temperatura de la superficie, conductividad térmica, calor específico, densidad, espesor del material y la limpieza de la superficie.

7.3.2 ISO 13732-1

Una serie de modelos empíricos, matemáticos de transferencia de calor y otros modelos integrales, se han utilizado como base para el establecimiento de normas y límites en todo el mundo por diferentes organizaciones de normalización.

Recientemente, el comité de ergonomía estándar de la ISO ha publicado una serie de normas para esta zona de la piel humana, cuando reacciona al contacto con superficies calientes (parte 1), moderadas (Parte 2) y superficies frías (parte 3).

ISO 13732-1: 2006 -". Ergonomía del ambiente térmico - Métodos para la evaluación de las respuestas humanas a ponerse en contacto con las superficies - Parte 1 Las superficies calientes"

La norma proporciona asesoramiento en detalle:

- Evaluación de la quemadura
- Umbrales de riesgo de quemadura
- Medidas de protección

Y se resume brevemente abajo.

Umbrales de quemadura

El umbral de quemadura se define como los valores de temperatura de las superficies calientes de los productos que, cuando está en contacto con la piel, da lugar a quemaduras.

Se proporcionan datos de umbral de quemadura durante tres periodos de contacto diferentes, a saber:

- Entre 0,5 segundos a 10 segundos
- Entre 10 segundos y 1 minuto
- Entre 1 min y más (8 horas y más)

Estos datos, en forma gráfica, se proporciona en la Norma para:

- Superficie caliente, suave hecha de metal desnudo (sin recubrir)
- metales revestidos
- cerámica, vidrio y materiales de piedra
- Plásticos

- madera

A modo de ejemplo, un metal recubierto puede quemar a umbrales para los períodos de contacto de 1 minuto (51 ° C), 10 minutos (48 ° C), y 8 horas y más (43 ° C).

Cabe señalar que el valor de 43 ° C se utiliza para todos los materiales para un período de contacto de 8 horas y ya sólo se aplica si una pequeña parte del cuerpo (menos de 10% de toda la superficie de la piel del cuerpo) o si una parte menor de la cabeza (menos de 10% de la superficie de la piel de la cabeza) toca la superficie caliente. Si la zona sensible al tacto no sólo local o si la superficie caliente es tocado por las áreas vitales de la cara (por ejemplo, las vías respiratorias), lesiones graves pueden ocurrir incluso si la temperatura de la superficie no excede 43 ° C.

Evaluación del riesgo de quemadura

Los siguientes procedimientos deben llevarse a cabo:

- Identificación de las superficies calientes
- El análisis de tareas
- Medición de la temperatura de la superficie
- Elección de umbral, aplicable a la quemadura
- Comparación de la temperatura de la superficie y el umbral de quemadura
- Determinación de los riesgos de quemadura
- Repetición de la evaluación

Medidas de protección contra las quemaduras

Medidas de Ingeniería

- Reducción de la temperatura de la superficie
- Selección de los materiales de la superficie y texturas con altos umbrales de quemaduras
- Aislamiento (por ejemplo, madera, corcho, fibra de recubrimiento)
- Aplicación de los guardas (pantallas o barreras)
- Estructuración de la superficie (por ejemplo, rugosidad, el uso de aletas)
- El aumento de la distancia entre las partes de un producto que se tocan intencionalmente y superficies calientes del producto.

Medidas organizacionales

- Fijación de señales de advertencia
- Señales de alerta de accionamiento (señales de alarma visual y acústica)
- Instrucción y entrenamiento de los usuarios
- Documentación técnica, instrucciones de uso
- Marco de los valores límite de temperatura de superficie en las normas y regulaciones del producto

Medidas de protección personal

- Uso de equipos de protección individual (por ejemplo, ropa, guantes, etc.)
-

8 EVALUACIÓN DE AMBIENTES FRÍOS

8.1 INTRODUCCIÓN

El estrés por frío se define como la carga térmica en el cuerpo donde se presentan pérdidas de calor normal y se requieren acciones compensatorias de termorregulación para el cuerpo térmicamente neutro.

En medio gaseoso (aire), el estrés por frío en general, produce molestias antes de que ocurra algún efecto sobre la salud. Por lo tanto, hay una reacción de comportamiento del individuo mediante acciones tales como aumento de la ropa, aumento de la actividad física o refugiarse en algún sitio para evitar los efectos.

Cuidados especiales normalmente se toman cuando se describe que el ambiente es "frío". Para aquellos entornos en los que se produce pérdida de calor del cuerpo, la descripción de "frío" es común, sin embargo, hay circunstancias en las que la temperatura del aire se puede considerar fría, pero el ambiente térmico puede ser considerado caliente.

Como ejemplo, consideremos el caso de una persona que desarrolla un trabajo pesado con ropa abrigada en una temperatura del aire "frío" de 5 °C. Esta persona, con toda seguridad puede manifestar sensación de encontrarse caliente y sudor en su ropa pesada en un intento de perder calor. Cuando la persona deja de desarrollar la actividad entonces la sensación por el ambiente térmico de 5 °C de la temperatura del aire, se convierte en frío y la pérdida de calor y la incomodidad se ven agravados por la ropa húmeda. En términos de un entorno térmico humano, la persona ha pasado de un entorno caliente a uno frío, mientras la temperatura del aire no ha cambiado.

Desafortunadamente, las normas relativas a la realización de trabajos, la regulación térmica y la duración de la exposición en ambientes fríos no están tan bien establecidas como los de las personas que trabajan en ambientes calurosos. Los objetivos de las normas de exposición al frío son evitar que la temperatura central del cuerpo caiga por debajo de 35 ° C y también para evitar lesiones por el frío en las extremidades del cuerpo.

Gran parte de la investigación sobre los índices de estrés por frío se ha asociado a las actividades militares según tipo de expedición y con respecto a trabajar al aire libre. Cada vez hay más interés en trabajar al interior de los espacios, sobre todo en cámaras de congelación.

8.2 INDICE DE ENFRIAMIENTO DEL VIENTO Y TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO EQUIVALENTE

El índice de enfriamiento del viento (WCI) puede ser descrito como la potencia de refrigeración de la atmósfera y combina los efectos de la temperatura del aire y velocidad del aire en un solo índice. El WIC, de consideración en la Antártida es el tiempo de congelación de 250 g de agua en un cilindro de plástico suspendido libremente en condiciones atmosféricas variables cuya temperatura y velocidad del viento eran conocidos (MacPherson 1962).

Para determinar los efectos de enfriamiento en los seres humanos, se hicieron numerosas observaciones simultáneas del tiempo necesario para la congelación de la piel humana normal, expuesta en el camino del viento frío por un médico (Parsons 2003). Una veintena de sujetos participaron en los experimentos y casi todos exhibieron congelación de la nariz con la congelación adicional de los párpados, las mejillas, la muñeca, lado de la sien y la barbilla. A partir de este experimento se construyó una escala de la energía de la atmósfera a los efectos humanos por refrigeración. Una ecuación se derivó para estimar la velocidad de enfriamiento de la piel expuesta, que se expresa comúnmente en unidades del SI como:

$$WCI = 1.16 (10\sqrt{v} + 10.45 - v) (33 - t_a)$$

Donde: WCI = Índice de Viento Helado

$$W m^{-2}$$

$$v = \text{Velocity Aire } ms^{-1}$$

$$t_a = \text{Temperatura de la Atmosfera } ^\circ C$$

El WCI refleja el poder de enfriamiento del viento sobre la piel expuesta y se expresa comúnmente como una temperatura de enfriamiento equivalente (T_{CH}). El T_{CH} es la temperatura en condiciones de viento en calma (= 1,8 ms⁻¹) que proporcionarían el enfriamiento de la piel (es decir, la misma WCI) equivalente a la que se encuentra con otras combinaciones de temperatura y viento. Esto puede replantearse como:

$$t_{ch} = 33 - \frac{WCI}{25.5} \text{ } ^\circ C \quad \text{si WCI se expresa en } W m^{-2}$$

El efecto sobre la piel expuesta, en varios WCI y TCH, se proporciona en la figura 9.1

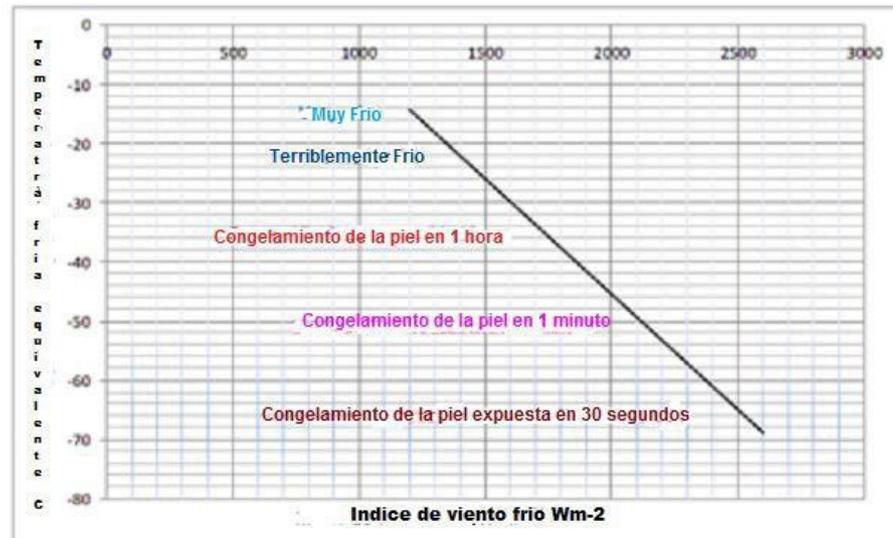


Figura 9.1 – Efecto de la piel expuesta

El WIC es el índice de estrés frío más utilizado a pesar de sus limitaciones teóricas. El WIC no reconoce la cantidad de ropa que se lleva puesta, pero se refiere en cambio al descubierto (sin barreras) de la piel como la cara y las manos. El WIC proporcionan una escala comparativa de la energía de enfriamiento del viento, pero debido a la importancia del viento para las personas vestidas con ropa pesada y sin tener protección de cara y mano, es conservadora para esas situaciones.

8.3 INDICE DE AISLAMIENTO DE ROPA REQUERIDA

El concepto de un índice de aislamiento de vestido (IREQ) fue primeramente desarrollado por Holmer (1984) y corresponde al aislamiento resultante de la ropa necesaria para mantener el cuerpo en equilibrio térmico bajo condiciones de estado estacionario cuando el sudor está ausente y la vasoconstricción periférica está presente.

En efecto el importante papel del aislamiento de la ropa que se omite en el WIC se utiliza en el IREQ para expresar el estrés por frío en enfriamiento general del cuerpo y el aislamiento requerido para mantener el equilibrio termal.

El método para el cálculo del IREQ se define en términos de la ecuación de balance de calor en el documento ISO 11079 (1998), sin embargo el cálculo es complejo y requiere de un programa informático y está fuera del alcance de este curso.

Se proponen dos índices; aislamiento de la ropa necesaria para el equilibrio de calor (IREQ min) y aislamiento de la ropa necesaria para proporcionar la comodidad (IREQ neutral). Estos índices se basan en la tensión fisiológica y se definen como:

IREQ (min): un mínimo aislamiento térmico para mantener el equilibrio térmico del cuerpo en un nivel subnormal de la temperatura corporal media. Esto representa el más alto enfriamiento del cuerpo admisible en trabajo profesional.

IREQ (neutral): un nivel neutral de aislamiento necesario para proporcionar el equilibrio térmico del cuerpo en un nivel normal de la temperatura corporal. Esto representa ninguno o mínimo de enfriamiento del cuerpo humano.

Así, para una situación dada, la elección de un conjunto de ropa con valores de aislamiento resultantes por debajo de la IREQ min daría lugar a un riesgo de progresivo enfriamiento del cuerpo mientras que valores superiores a IREQ neutral se consideraría caliente y se podría producir un sobrecalentamiento.

Cuando el valor de aislamiento resultante del conjunto de ropa seleccionado (Sección 10.4.2) sea menor que el IREQ min deberá limitarse el tiempo para prevenir el progresivo enfriamiento del cuerpo. Para estas condiciones, los tiempos de exposición permisibles (llamada duración limitada de la exposición (DLE)) se pueden calcular a partir de:

$$DLE = \frac{Q_{lim}}{S}$$

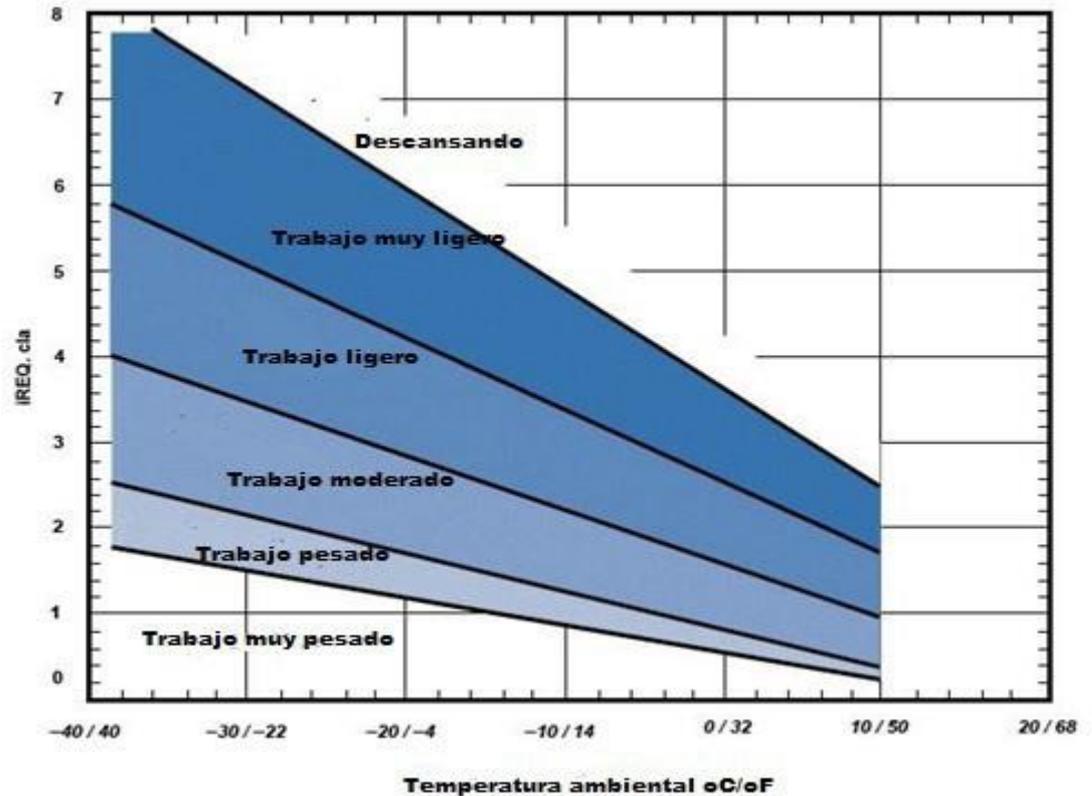
Dónde:

Q_{lim} = Limite de Almacenamiento de
calor Whm^{-2})

S = Tasa de Almacenamiento de Calor

Después de la exposición al frío, un período de recuperación se debe permitir para restablecer el equilibrio de calor normal del cuerpo. El tiempo de recuperación (RT) se puede calcular de la misma manera como DLE si S es la velocidad de almacenamiento de calor para las condiciones térmicas durante el período de recuperación.

La AIHA (2003) representa las relaciones típicas entre IREQ y la tasa metabólica a diferentes temperaturas ambientales (Figura 9.2). Esto puede ser usado para seleccionar el conjunto de ropa adecuada necesaria para controlar el cuerpo de enfriamiento en condiciones de frío.



(Usado con permiso de la Asociación Americana de Higiene Ocupacional [2007])

Figura 9.2 – IREQ en diferentes niveles de actividad

Parsons (2003) afirma que la utilidad de la IREQ en aplicaciones prácticas aún no se ha determinado. Se piensa comúnmente que la tolerancia al frío está dominada por las temperaturas locales en la piel (manos, cara, pies) y pueden ocurrir problemas debido a la sudoración en la ropa cuando se trabaja y problemas posteriores al descansar.

A partir de lo anterior, es posible observar que la aplicación del IREQ como un índice de ambientes fríos, necesita amplios conocimientos, experiencia e información y sólo debe ser aplicada por los experimentados en esta área.

8.4 NORMAS TLV DE ACGIH

La intención del Estrés por Frío TLV de ACGIH es proteger a los trabajadores de la hipotermia y lesiones por el frío en las extremidades y describir la exposición a condiciones de trabajo en frío bajo la cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud. Por tanto, la base de los TLV de ACGIH se define en términos de la prevención de que la temperatura central del cuerpo caiga por debajo de

36 ° C y para evitar lesiones por el frío en las extremidades del cuerpo con énfasis en las manos, los pies y la cabeza.

Para una sola exposición ocasional a un ambiente frío, la ACGIH propone que una caída en la temperatura central a no menos de 35 ° C debe permitirse, pero ofrece la cautela que cuando se ha alcanzado la temperatura interna a 35 ° C este debe ser tomado como una señal de peligro para los trabajadores. Además de la exposición debe terminarse inmediatamente la actividad para cualquier trabajador cuando el temblor severo se haga evidente.

Así, los TLVs de la ACGIH recomiendan que a los trabajadores correctamente vestidos en ambientes fríos le sean calculados la carga de trabajo y velocidad del viento y presentados con un plan de trabajo de calentamiento para un turno de trabajo de cuatro horas.

Figura 9.3 – TLV ACGIH como una relación trabajo/Calentamiento para un turno de 4 horas

Temperatura del Aire-Cielo Soleado		Sin Viento Apreciable		Viento de 5 mph		Viento de 10 mph		Viento de 15 mph		Viento de 20 mph	
°C (aprox)	°F (aprox)	Período Máximo de Trabajo	No. de Pausas	Período Máximo de Trabajo	No. de Pausas	Período Máximo de Trabajo	No. de Pausas	Período Máximo de Trabajo	No. de Pausas	Período Máximo de Trabajo	No. de Pausas
-26° a -28°	-15° a -19°	(Interrupciones Normales) 1		(Interrupciones Normales) 1		75 min	2	55 min	3	40 min	4
-29° a -31°	-20° a -24°	(Interrupciones normales) 1		75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5
-32° a -34°	-25° a -29°	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar	
-35° a -37°	-30° a -34°	55 min	3	40 min	4	30 min	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar			
-38° a -39°	-35° a -39°	40 min	4	30 min	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar		El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar			
-40° a -42°	-40° a -44°	30 min	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar							
-43° e inferior	-45° e inferior	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar		↓		↓		↓		↓	

Notas:

1. El horario de trabajo se aplica para cualquier periodo de trabajo de 4 horas con actividades de trabajo de moderado a pesado, con periodos de calentamiento de (10) minutos en un lugar caluroso y con descansos prolongados (ej., almuerzo) al terminar el periodo de trabajo de 4 horas en un lugar caluroso. Para trabajo de leve a moderado (movimiento físico limitado). Aplica el horario en una etapa inferior. Por ejemplo, a -35°C (-30°F) sin viento apreciable (etapa 4), un trabajador con poco movimiento físico debe tener un periodo máximo de trabajo de 40 minutos con 4 descansos y un periodo de 4 horas (etapa 5).
2. las siguientes sugerencias son una guía para estimar la velocidad del viento, si la información exacta no está disponible: 5 mph: mueve una bandera liviana; 10 mph: levanta una hoja de papel periódico; 20mph: sopla y flota la nieve.

3. Si solo se conoce la velocidad de enfriamiento del viento, una regla empírica aproximada para aplicar en lugar de los factores de temperatura y velocidad del viento expresados anteriormente sería: 1) al producirse un enfriamiento por el viento de 1.750 W/m², aproximadamente, se deben iniciar descansos especiales para calentamiento; 2) todo trabajo que no sea de emergencia debe suspenderse en o por debajo de un enfriamiento por el viento de 2.250 W/m², en general, el programa de calentamiento suministrado en la tabla anterior compensa ligeramente por defecto el viento a temperaturas más calurosas, asumiendo la aclimatación y el uso de ropa apropiada para trabajo en invierno. Por otro lado, la gráfica compensa ligeramente por exceso las temperaturas actuales en los rangos más fríos, porque las condiciones del viento raramente prevalecen a temperaturas extremadamente bajas.
4. Los TLVsR aplican los trabajadores con ropa seca.

(Nota: 5 m/hr = 8 km/hr).

(Fuente: ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007 – reimpresso con permiso)

La ACGIH también sugiere el uso de temperatura equivalente de enfriamiento (o frío) (ver sección 9.2) para el control de lesiones en la piel expuesta. En este caso la ACGIH sugiere que para la piel expuesta, la exposición continua no debe ser permitida cuando la temperatura de sensación equivalente está por debajo de -32 ° C (Figura 9.4).

TABLA DE ENFRIAMIENTO DEL VIENTO										
		Temperatura Ambiental (° C)								
		4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
Viento Km/h	Velocidad mph	Temperatura Fria Equivalente,(° C)								
Calm										
0	0	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
8	5	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44
16	10	-2	-9	-16	-23	-30	-35	-43	-50	-57
24	15	-6	-13	-20	-28	-36	-43	-50	-58	-65
32	20	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71
40	25	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76
48	30	-16	-19	-22	-36	-44	-53	-62	-70	-78
56	35	-11	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81
64	40	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82

Fuente: Threshold Limite Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEI) booklet; Published by ACGIH, Cincinnati, Ohio

Peligro escaso en menos de una hora de exposicion con piel seca

PELIGRO CRECIENTE
Peligro de congelacion del cuerpo expuesto en un minuto

GRAN PELIGRO
El cuerpo puede congelarse en 30 segundos

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpresso con permiso”)

Figura 9.4 – Tabla de enfriamiento del viento de ACGIH

Todas las recomendaciones anteriores se basan en trabajadores con vestidos bien secos. Para aquellos casos en los que la inmersión es un factor o la ropa se moja, es imperativo a temperaturas del aire de 2 ° C o menos que se proporcione una muda de ropa y los trabajadores afectados sean tratados por hipotermia.

8.5 USO DE ÍNDICES DE ESTRÉS POR FRÍO

Es importante tener en cuenta que ningún índice puede explicar con precisión las numerosas variables asociadas a la evaluación de estrés por frío y es por esa razón por la que sólo se deben utilizar como directrices y no como límites seguros o inseguros. Los diferentes índices tienen aplicación en diferentes condiciones térmicas y de trabajo y todos tienen algunas limitaciones en términos de su capacidad para predecir la respuesta humana al medio ambiente.

Los medios más apropiados para abordar los problemas de estrés por frío es más dirigiendo esfuerzos para controlar y gestionar los factores de riesgo presentes en un escenario individual.

9 CONTROL DE LA AMBIENTES FRÍOS

9.1 FACTORES PERSONALES

Parsons (2003) ofrece una serie de directrices para las prácticas de trabajo en ambientes térmicos fríos. Una de ellas es la selección de los trabajadores y sugiere que deben excluirse los trabajadores que sufren de enfermedades o están tomando medicamentos que interfieren con la regulación de la temperatura corporal normal o que reducen la tolerancia al frío

Las personas que sufren de enfermedades del corazón, especialmente en el grupo de mayor edad, están en mayor riesgo de un ataque coronario en condiciones de frío. El aumento de la incidencia de ataques de angina y trombosis coronaria y cerebral en temperaturas frías es probablemente debido al aumento de la presión arterial, la tensión cardíaca y aumento de la viscosidad de la sangre.

Las enfermedades respiratorias también pueden aumentar en un clima frío sobre todo cuando hay contaminantes atmosféricos con niebla o smog. El frío puede causar broncoespasmo y afectar adversamente el desempeño del trabajo físico y en algunos casos puede conducir al asma inducida por el ejercicio.

La alergia al frío de vez en cuando se desarrolla en la eliminación del frío con vasodilatación generalizada por todo el cuerpo, dolor de cabeza e hipotensión. Las personas con problemas circulatorios requieren una protección especial contra el frío. Las personas que sufren de fenómeno de Raynaud (constricción del suministro de sangre a las extremidades causando dedos blancos) son particularmente sensibles al frío local, lo que produce un intenso vasoespasmo y entumecimiento en las extremidades sin protección. El fenómeno de Raynaud en las manos se conoce que es el resultado de la exposición a vibración ("vibración dedo blanco") causado por el uso de herramientas neumáticas de modo que esto puede ser un peligro particular en condiciones de frío.

Una corriente de aire frío dirigido hacia el lado de la cara a veces puede inducir una parálisis aguda del nervio facial. Esto surge de la inflamación de atrapamiento del nervio en el canal facial óseo y que da como resultado una parálisis en un lado de la cara que puede tomar algunas semanas en resolverse.

Los empleados deben ser excluidos del trabajo en frío a -1°C o menos si sufren de la enfermedad de la termorregulación o del aparato cardiovascular o si están tomando algún medicamento que puede reducir su tolerancia a trabajar en ambientes fríos. Por lo tanto, los exámenes médicos correspondientes a trabajadores en potencial exposición a condiciones de frío, son importantes. En este sentido Parsons (2003) indica que el conocimiento de los trastornos médicos de quienes se ven afectados por el frío es

incompleto. A pesar de este hecho, algunos trastornos específicos se utilizan constantemente en el tamizaje como indicadores que incrementarán el riesgo.

Parsons (2003) proporciona una lista de factores de selección enumerados por la Confederación de la Industria Británica de Alimentos Refrigerados. Los factores incluidos en la lista son:

- Problemas del corazón o de la circulación
- Diabetes
- Trastornos de la tiroides
- Problemas sanguíneos
- Trastornos de la orina o el riñón
- Cualquier tipo de artritis o enfermedad de los huesos
- Cualquier infección, incluyendo el oído, la nariz y la garganta
- Problemas de la función pulmonar o asma
- Gastroenteritis, diarrea o vómitos agudos (debe ser notificada el mismo día)
- Mal función neurológica (nervio)
- Problemas psicológicos
- Dificultad auditiva y ocular
- Prescripción medica

Parsons (2003) describe la lista anterior como "sensible" pero carece de detalles sobre la interpretación que hace esta aplicación un tanto arbitraria.

A pesar de lo anterior debe ser utilizado como guía hasta que un enfoque más detallado esté disponible.

Más información sobre la interpretación de una condición física de las tareas a realizar se puede encontrar en la norma ISO 12894 (2001).

9.2 CONTROLES DE INGENIERÍA

Dado que uno de los factores más críticos en la aparición de estrés por frío es el frío del viento, cualquier proceso de ingeniería que pueda reducir la exposición al viento y por lo tanto la potencia de enfriamiento del aire es útil. Los dos métodos comunes son el uso de barreras contra el viento y refugios. Las barreras contra el viento (escudos) han resultado eficaces al aire libre o en contra de aire que circula en el interior en cámaras de congelación. La

provisión de refugios locales, equipados con bebidas calientes y condiciones cálidas para que los trabajadores puedan retirarse a descansar, son un control esencial de la ingeniería. Si el refugio se puede construir alrededor de la zona de trabajo de modo que la tarea requerida se realice en el interior, esto presenta un excelente ambiente de trabajo. Otros controles de ingeniería que deben ser considerados incluyen:

- Para trabajos por debajo de 0 ° C, las asas de metal y barras deben estar cubiertos por un material aislante térmico. Evitar las herramientas de metal, si es posible.
- Provisión de calentamiento local, chorros de aire caliente, calefacción radiante si las manos tienen que ser utilizadas
- Uso de ayudas mecánicas debe fomentarse con el fin de reducir los requisitos de manipulación manual (por lo tanto reduciendo el potencial de la transpiración).
- Las máquinas y herramientas deben estar diseñadas de manera que se puedan manipular sin tener que quitar mitones o guantes.
- Diseño de los lugares de trabajo para que los operadores no estén obligados a sentarse o estar de pie durante largos períodos en condiciones de frío.
- Reducción de la velocidad del aire fresco en habitaciones / enfriadores, mientras los trabajadores tengan que trabajar en el interior.

9.3 CONTROLES DE GESTIÓN

9.3.1 Monitoreo

La ACGIH (2007) sugiere que se adopte la siguiente estrategia de vigilancia del lugar de trabajo.

1. Termometría permanente en cualquier lugar de trabajo donde la temperatura ambiental sea inferior a 16 ° C.
2. Si la temperatura del aire en un lugar de trabajo cae por debajo de -1 ° C la temperatura de bulbo seco debe medirse y registrarse al menos cada cuatro horas.
3. En lugares de trabajo interiores, la velocidad del viento se debe registrar al menos cada cuatro horas cada vez que la velocidad es superior a 2 ms-1.

4. En situaciones al aire libre la velocidad del viento debe medirse y registrarse junto con la temperatura del aire cada vez que la temperatura del aire este por debajo de -1°C .
5. La temperatura de enfriamiento equivalente (TCH) debe calcularse (véase la Sección 9.2 y Figura 9.3) en todos los casos donde se requieran mediciones del aire y se registran cada vez que el TCH esté por debajo de -7°C .

Parsons (2003) sugiere que la temperatura del aire, velocidad del aire y temperatura de sensación equivalente deben ser monitoreados independiente de algún requisito formal de las autoridades legales.

9.3.2 Los regímenes de trabajo-descanso

El concepto de los horarios de trabajo-descanso fue desarrollado por el Departamento de Trabajo de Saskatchewan en Canadá y posteriormente por la ACGIH como valores umbrales límite del estrés por frío (Figura 9.2).

ACGIH aplica para un turno de cuatro horas con actividad moderada a trabajos pesados pausas de descansos de 10 minutos en un lugar cálido.

Como ejemplo; un trabajador expuesto a condiciones de -35°C a una velocidad del viento, de 8 km/h debe tener una duración máxima de trabajo de 40 minutos con cuatro pausas en un período de cuatro horas.

Si un trabajador está llevando a cabo un trabajo que requiere poco movimiento físico (ligero con actividad laboral moderada), entonces el programa se debe aplicar en un escalón inferior a la de actividad moderada a trabajos pesados.

En el ejemplo anterior, una persona que realiza trabajo ligero a moderado debe tener una duración máxima de trabajo de 30 minutos con cinco pausas en un periodo de cuatro horas.

El horario de trabajo-descanso sólo es aplicable a los trabajadores con la ropa seca y proveer varios cambios de ropa cuan sea necesario durante el período de trabajo.

Las rutinas de trabajo-descanso deben variar para los trabajadores de diferentes edades y debido al coste metabólico de las diferentes tareas. Por tanto, es impropio insistir en la rutina de trabajo de recuperación rígida para todos los operarios, para adaptar el sistema a fin de satisfacer las necesidades de los individuos involucrados.

9.3.3 Otros Controles Gerenciales

Un número de controles adicionales de gestión están disponibles a fin de minimizar los efectos de la exposición al frío. Tales controles (y los demás

señalados anteriormente) deben establecerse a través de una evaluación detallada de los riesgos antes de realizar cualquier tarea.

Los ejemplos de otros controles administrativos incluyen:

- Educación - Los trabajadores y supervisores involucrados con el trabajo en climas fríos deben ser informados sobre los síntomas de efectos adversos para la salud derivados de la exposición al frío. Otra información, como los hábitos adecuados de ropa, las prácticas seguras de trabajo, los requisitos de aptitud física y procedimientos de emergencia debe ser comunicada.
- Examen médico del trabajador - Los trabajadores que sufren de enfermedades respiratorias o cardíacas o que toman medicamentos que interfieren con la regulación de la temperatura corporal normal deben ser excluido del trabajo en ambientes fríos.
- Se recomienda un período de aclimatación para los nuevos trabajadores (por ejemplo, una semana). Las personas que trabajan regularmente en un ambiente frío se aclimatan fácilmente. Las personas difieren en su capacidad para aclimatarse al frío. Atención especial se debe prestar a los que regresan al trabajo después de una ausencia prolongada de situaciones de exposición al frío debido a una enfermedad.
- Deben llevarse a cabo instrucciones verbales y escritas precisas, formación frecuente y otra información sobre los signos y síntomas de estrés por frío, procedimientos de emergencia y medidas preventivas, sobre una base regular. Esto para asegurar que las personas puedan identificar los signos y síntomas de estrés por frío en sí mismos y los demás en una etapa temprana. La formación es a menudo más eficaz cuando se refuerza durante las evaluaciones médicas.
- Supervisión regular para monitorear los signos y síntomas de los trabajadores expuestos a condiciones de frío potencialmente peligrosos. Esto puede implicar preguntar a los trabajadores si se sienten bien. Los trabajadores que estén mostrando signos visibles de estrés por frío (es decir, escalofríos, piel fría y pálida, cara "hinchada", signos de confusión, falta de coordinación, etc.) deben ser removidos de las condiciones de frío a reposar en un lugar cálido y seco. La ocurrencia de temblores y entumecimiento o dolor en los dedos de manos y pies puede ser utilizado como una alerta temprana de problemas de estrés por frío posiblemente más graves. Los dedos de manos y pies deben ser revisados regularmente para asegurarse de que están secos y cálidos. Viajar o trabajar en el frío extremo se debe hacer en parejas o en grupos.

- Fomentar el auto-reporte de la enfermedad, la medicación, la ingesta de alcohol y otros factores que pueden influir en la susceptibilidad al estrés por frío.
- Requisito para propio ritmo de trabajo a temperaturas inferiores a -12°C . Los tiempos de trabajo no deben ser tan altos como para provocar sudoración excesiva que se traduciría en ropa mojada, y fomentar la observación de los compañeros de trabajo para detectar signos y síntomas de estrés por frío en otros. Los signos o síntomas de estrés por frío en un individuo, nunca deben ser ignorados.
- Fomentar estilos de vida saludables. Una buena dieta y acondicionamiento físico ayuda a proteger contra el frío anormal. Las bajas temperaturas requieren un aumento en el consumo de calorías (debe ser alta en carbohidratos) y la ingesta regular de agua (por ejemplo, 4-5 litros de bebidas calientes, dulces, no alcohólicas por día). El descanso apropiado reduce el riesgo de fatiga, lo que puede aumentar la vulnerabilidad al frío. Limitar el consumo de alcohol, ya que el alcohol acelera la pérdida de calor del cuerpo.
- Controles administrativos tales como organizar las tareas de tal manera que eviten o minimicen permanecer sentado o de pie inmóvil durante largos períodos de tiempo. Siempre que sea posible, el trabajo debe ser programada para la parte menos fría del día (es decir, trabajo con el potencial de exposición más alto). Largas jornadas de trabajo y horas extraordinarias excesivas deben ser evitadas en el frío.

9.4 ROPA

9.4.1 Introducción

Ante la falta de abrigo, la ropa es el medio más importante de la protección contra el estrés por frío. El aislamiento térmico proporcionado por la ropa ocurre porque el aire es atrapado entre las capas de ropa y la estructura fibrosa. El aislamiento es proporcional al espesor de aire inmóvil dentro de la ropa, a la capacidad de atrapar aire y en la compresibilidad de la tela cuando está en uso. La ropa también tiene que proteger contra el viento que puede penetrar y destruir la propiedad aislante del aire atrapado. Por lo tanto, es necesario tener una capa exterior hecha de un material de tejido apretado o impermeable.

La protección de todo el cuerpo debe ser proporcionada en ambientes con aire frío o durante inmersión en agua fría sobre todo para prevenir la aparición de la hipotermia (temperatura central $<35^{\circ}\text{C}$). El objetivo es mantener una temperatura interna por encima de 36°C si es posible. La temperatura de sensación térmica equivalente se debe utilizar cuando se estima el efecto de

enfriamiento combinado de viento y baja temperatura en la piel expuesta a la hora de determinar los requisitos de aislamiento para mantener la temperatura interna profunda.

Las prendas de vestir de manera eficiente impermeabilizada son esenciales en ambientes fríos y húmedos a causa del rápido enfriamiento producido por la evaporación combinada y sensación térmica. Una desventaja sería de la impermeabilidad es que la ropa es también impermeable al vapor de agua que escapa de la superficie de la piel. Si no se puede escapar, el vapor de agua de la piel se condensará debajo de la capa impermeable en tiempo frío y finalmente elimina el aislamiento proporcionado por el aire atrapado. Este efecto se incrementa si el individuo está físicamente activo y sudando. En temperaturas ambientales inferiores a 0 ° C, el agua atrapada en la ropa se puede congelar. Además de la protección necesaria contra las condiciones húmedas, la ropa impermeable es principalmente útil en condiciones frías y secas para personas que no son muy activas. La ropa impermeable equipada con aberturas redondas del cuello, sin apretar tienen un efecto de fuelle para reducir la concentración de vapor de agua. Para trabajo más pesado la capa externa del vestido debe ser repelente al agua, pero capaz de permitir el movimiento de vapor de manera que este vapor de agua puede escapar. (La capa exterior debe cambiarse si se moja debido a las propiedades de repelencia al agua). Si la ropa de protección adecuada no está disponible para prevenir el desarrollo de hipotermia o lesiones por el frío, las prácticas de trabajo deben ser modificadas o suspendidas hasta que la ropa adecuada esté disponible o mejoren las condiciones climáticas.

La otra consideración importante es la protección de la ropa de las extremidades y la cabeza. Los guantes aislantes gruesos son de poca utilidad cuando se requieren movimientos finos en las manos, y además, el aislamiento de cilindros de pequeño diámetro como los dedos es difícil de lograr. El uso de manoplas, con todos los dedos cerrados juntos y sólo el pulgar separado, proporcionan un aislamiento más eficaz.

En situaciones extremas estas debilidades se pueden superar mediante la introducción de las manos y los brazos en el cuerpo de la camisa (asegurándose de que las mangas sueltas presenten cierre hermético).

9.4.2 Aislamiento intrínseco de la ropa

Parsons (2003) describe el aislamiento intrínseco de la ropa (o básico) (ICL) como una propiedad de la ropa en sí y representa la resistencia a la transferencia de calor entre la piel y la superficie de la ropa. La tasa de transferencia de calor a través de la ropa es a través de la conducción que depende del área de la superficie, el gradiente de temperatura entre la piel y la superficie de la ropa y la conductividad térmica de la ropa.

Las unidades de aislamiento de la ropa intrínseca son $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$, sin embargo, en 1941 se propuso la unidad clo para sustituir la unidad física más engorrosa.

Por definición 1.0 clo es el aislamiento proporcionado por la ropa suficiente para permitir que una persona se sienta cómoda cuando está sentado en aire en reposo a una temperatura de $21 \text{ } ^\circ\text{C}$. 1.0 clo es equivalente a un Icl de $0,155 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$. Ejemplos de valores de aislamiento de ropa típica se dan en la Tabla 8.1.

Por lo tanto, es posible comparar el valor de aislamiento intrínseco de ropa para la ropa usada por un trabajador contra la IREQ calculado para una actividad particular y establecer si el nivel de la ropa a ser usada es suficiente.

9.4.3 Selección y uso de ropa adecuada

Se necesita ropa de protección para el trabajo en o por debajo de $4 \text{ } ^\circ\text{C}$. La ropa debe ser seleccionada para adaptarse a la temperatura, las condiciones climáticas (por ejemplo, la velocidad del viento, lluvia), el nivel y la duración de la actividad, y el diseño del trabajo.

Al utilizar ropa de protección, es importante recordar lo siguiente:

- La ropa debe ser usada en múltiples capas que proporcionan una mejor protección que una sola prenda de espesor determinado. Tener varias capas también permite la opción de abrir o quitar una capa antes de estar demasiado caliente y comenzar a sudar o para agregar una capa cuando se toma un descanso.
- La capa interna de la ropa debe proporcionar aislamiento y ser capaz de "secar" la humedad de la piel para ayudar a mantenerla seca.
- Las capas adicionales de ropa deben proporcionar un aislamiento adecuado para las condiciones climáticas bajo las cuales se realiza el trabajo. También deben ser fáciles de abrir o quitar antes de llegar demasiado caliente para evitar la sudoración excesiva durante la actividad vigorosa.
- Para el trabajo en condiciones de humedad, la capa externa de la ropa debe ser resistente al agua.
- Un gorro de lana de lana o un forro bajo un sombrero duro puede reducir la pérdida de calor excesivo.
- La ropa debe mantenerse limpia ya que la suciedad se llena de capas de aire en las fibras de la ropa y destruye su capacidad aislante.
- La humedad debe mantenerse fuera de la ropa mediante la eliminación de la nieve antes de entrar en los refugios con calefacción.

- Si no se requiere destreza manual fina, los guantes deben ser usados por debajo de 4 ° C para trabajos ligeros y por debajo de -7 ° C para el trabajo moderado. Para el trabajo por debajo de -17 ° C deben utilizarse mitones.

Con respecto al calzado, deben ser forrados en fieltro, goma de fondo, botas de cuero con la parte superior de fieltro, con plantillas extraíbles son los más adecuados para el trabajo pesado en frío ya que el cuero es poroso, permitiendo que las botas "respiren" y dejan que se evapore el sudor. Las botas de cuero se pueden "impermeabilizar" con algunos productos que no bloqueen los poros de la piel.

Sin embargo, si el trabajo implica contacto con agua o lodo (por ejemplo, lucha contra incendios, agricultura), deben utilizarse botas impermeables.

En condiciones de frío extremo, donde se utiliza la máscara de protección, la protección de los ojos debe ser separada de la nariz y la boca para evitar que la humedad exhalada la empañe.

9.5 LISTA DE CONTROL AIHA PARA TRABAJAR EN AMBIENTES FRÍOS

La AIHA (2003) proporciona la siguiente lista de verificación como guía para ayudar a mejorar la seguridad de los trabajadores y la productividad en ambientes extremos:

- ¿Están los trabajadores y supervisores capacitados para reconocer los síntomas y proporcionar tratamiento de primeros auxilios por congelación e hipotermia?
- ¿Hay una manera de llamar a la asistencia médica de emergencia?
¿Saben los trabajadores cómo y dónde llamar la ayuda médica de emergencia?
- ¿Hay ropa apropiada y reemplazos para prendas húmedas?
- ¿Está disponible el calentamiento de emergencia?
- ¿Hay instalaciones disponibles para el secado de las prendas de vestir que se han humedecido o mojado?
- ¿Se instalaron barreras contra el viento en los lugares requeridos?
- ¿Está disponible un gráfico de sensación térmica?
- ¿Los supervisores han recibido instrucciones para retirar los trabajadores a la primera señal de problemas?
- ¿Hay disponibles calentadores de mano / pie?

- ¿El ritmo de trabajo se ha modificado tanto como sea posible para evitar tasas muy altas de trabajo con otras tasas muy bajas (es decir, evitar que los trabajadores suden, y en seguida al tener muy bajas tasas de trabajo podrían causar una hipotermia)?
- ¿Está disponible calentamiento lugar?
- ¿Existe disponibilidad de bebidas? (Evitar las bebidas con alto contenido de cafeína ya que la cafeína es un vasodilatador.)

(Usado con permiso de la American Industrial Hygiene Association - 2007)

Puede argumentarse que otros factores deben ser incluidos en la lista (vigilancia del lugar de trabajo, horario de trabajo-descanso) que sirva para poner de relieve los diversos factores que deben tenerse en cuenta antes de comenzar a trabajar en ambientes fríos.

10 ENFOQUES PARA LA EVALUACION DEL RIESGO

10.1 ENFOQUE DE NIVELES DE RIESGO DE AIOH

La AIOH (2003) declaró que la evaluación tanto del estrés por calor como la tensión por calor se puede utilizar para la evaluación de riesgo para la salud y la seguridad del trabajador y sugirió que se requiere un proceso de toma de decisión tal como el mostrado en la figura 11.1.

Sugieren un enfoque de evaluación de riesgo en niveles, estructurado como un medio para determinar las condiciones bajo las cuales se cree que un porcentaje aceptable de trabajadores adecuadamente hidratados, no medicados, sanos pueden estar expuesto repetidamente sin efectos adversos para la salud.

Su enfoque se resume así:

1. Usar el esquema de evaluación del riesgo térmico básico - figura 11.2

Si la evaluación del total de puntos es menor que 28, entonces el riesgo de condiciones térmicas es baja. Se puede tomar la rama NO de la figura 11.1. Sin embargo, si hay informes de síntomas de trastornos relacionados con el calor, entonces el análisis debe ser reconsiderado o proceder a un análisis más detallado cuando proceda.

Si la evaluación del puntaje total es 28 o más, se requiere un análisis más detallado.

Un punto de evaluación total superior a 60 indica la necesidad de la aplicación inmediata de los controles.

Identificar la ropa que no permite el movimiento de aire y vapor de agua.

Como la mayoría de los índices de evaluación de la exposición de calor fueron desarrollados para un uniforme de trabajo tradicional de una camisa de manga larga y pantalones, la proyección basada en estos no es apta para conjuntos de ropa externa más amplias, a menos que un método de análisis detallado adecuado a los requisitos de la ropa permeable esté disponible.

Con la eliminación del calor obstaculizado por la ropa, el calor metabólico puede producir calor que amenaza la vida, incluso cuando las condiciones ambientales son considerada fresca y la evaluación determina "bajo riesgo". Si los trabajadores están obligados a llevar ropa exterior que no permite la circulación de aire y vapor de agua, entonces se debe tomar la rama NO en la figura 11.1. El monitoreo fisiológico y de comportamiento descrito en el punto 3 se deben seguir para evaluar la exposición.

El formulario de Evaluación de Riesgo térmico pretende ser una etapa de tamizaje inicial.

No hay criterios de selección numéricos o valores límite aplicable donde la ropa no permita el movimiento de vapor de agua o aire. En este caso, el recurso debe ser colocado en la monitorización fisiológica.

2. Análisis detallado

Los criterios de selección requieren un conjunto mínimo de datos para tomar una determinación. Los análisis detallados requieren más datos sobre las exposiciones, incluidas las prendas de vestir, la velocidad del aire, contenido de vapor de agua del aire (por ejemplo, humedad), y la temperatura de globo. Siguiendo la figura 11.1, la siguiente pregunta es acerca de la disponibilidad de tales datos para un análisis detallado. Si estos datos no están disponibles, la rama NO realiza la evaluación para la monitorización fisiológica para evaluar el grado de tensión de calor.

El análisis racional detallado debe ajustarse a la Organización Internacional de Normalización (ISO) tensión calórica predictiva (ISO 7933 2004), aunque otros índices con una extensa documentación fisiológica de apoyo también pueden ser aceptables (por ejemplo el límite de trabajo térmico (TWL) y temperatura Básica Eficaz (BET) para el entorno de la mina subterránea - ver documentación AIOH para más detalles). Si bien tal método racional (frente a los umbrales WBGT derivados empíricamente) es computacionalmente más difícil, permite una mejor comprensión de la fuente del estrés por calor y es un medio para apreciar los beneficios de las modificaciones propuestas en la exposición.

En el caso de que se sobrepasen los valores sugeridos, ISO 7933 (sobrecarga térmica estimada) calcula un tiempo de exposición permitido.

Si la exposición no excede los criterios de la norma ISO 7933 sobre subida prevista de la temperatura interna de 1,0 ° C o pérdida de agua predicha máxima (en un turno o menos) de la masa corporal del 5%, entonces la rama NO en la figura 11.1 se pueden tomar.

Debido a que se han superado los criterios de la evaluación de riesgos, los controles de estrés térmico en general son apropiados como se detalla anteriormente en el capítulo 8 y según lo dispuesto por el AIOH en su estándar y Documentación.

Si la exposición excede los límites sugeridos por el análisis detallado, o fijado por la autoridad apropiada la rama SÍ conduce a la revisión de opciones de control específicos y luego la puesta en práctica y evaluación de estos controles de nuevo.

Si estos no están disponibles, o que no se puede demostrar que tienen éxito, entonces la rama NO conduce a la monitorización fisiológica como la única alternativa para demostrar que exista una protección adecuada.

3. Monitorización fisiológica

Cuando el tiempo de exposición permisible es de menos de 30 minutos o cualquier tarea que requiera la utilización de altos niveles de equipo de protección personal, tales como trajes encapsulados, la monitorización fisiológica debe ser considerada.

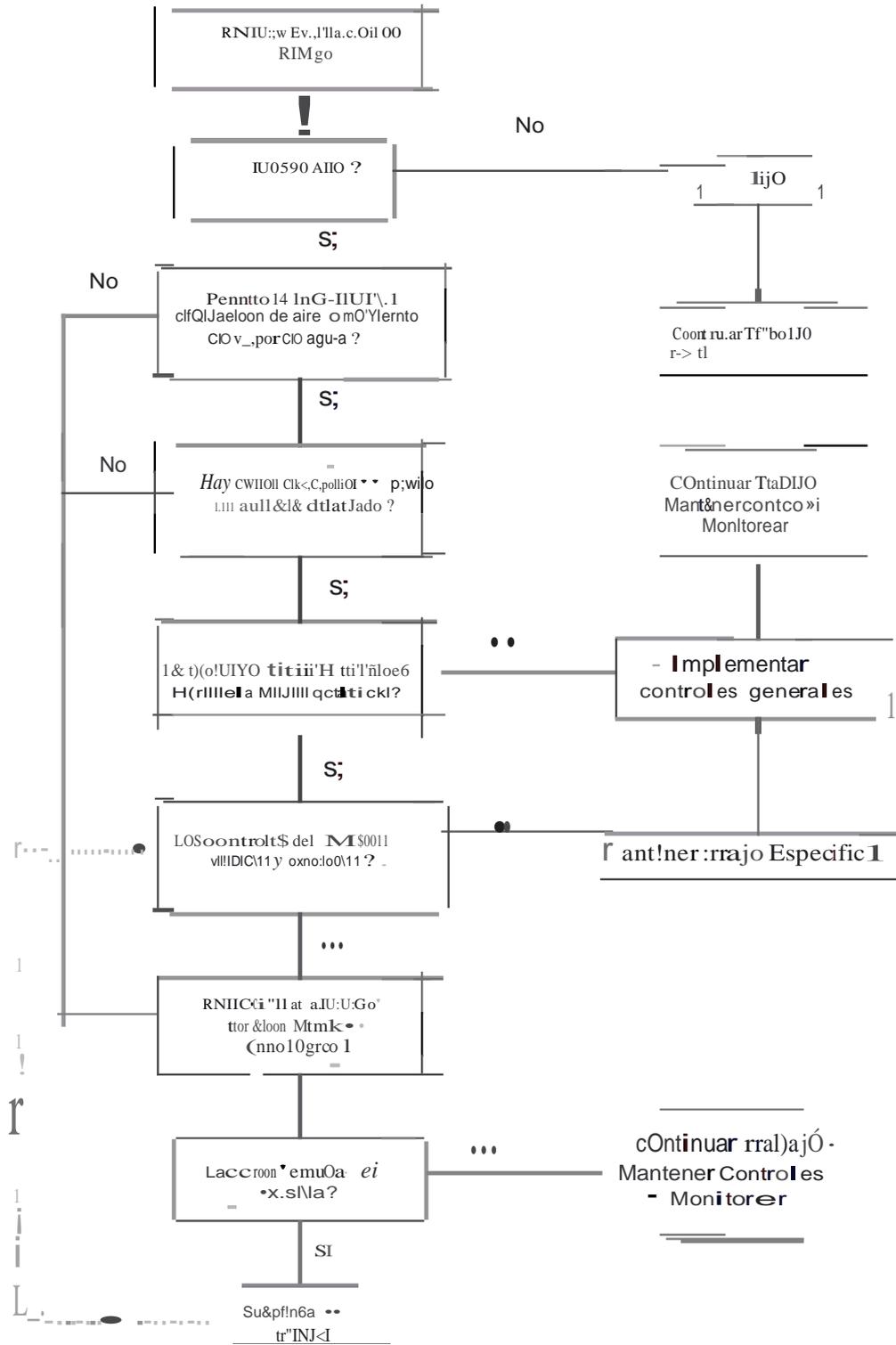
El AIOH sugiere que la tensión por calor excesivo puede estar marcada por una o más de las siguientes medidas, y la exposición de un individuo al estrés por calor se debe interrumpir en cualquiera de los siguientes casos:

- "Límite de frecuencia cardíaca" = $185 - 0.65 A$ (véase la norma ISO 9886), donde A = Edad en años; o
- " Ritmo térmico cardíaco" es mayor de 30 latidos por minuto por cada 1° C de aumento en la temperatura central; o
- Recuperación del ritmo cardíaco, un minuto después de un esfuerzo de trabajo máxima sea superior a 124 latidos por minuto; o
- la temperatura corporal es superior a $38,5^{\circ}$ C para el personal médicamente seleccionado y aclimatados ; o mayor que 38° C en los trabajadores no seleccionados médicamente , y no aclimatados; o
- Hay síntomas de fatiga repentina y severa, náuseas, mareos o desvanecimientos.

Con niveles aceptables de tensión por calor, se toma la rama NO en la figura 11.1. Sin embargo, si la tensión por calor entre los trabajadores se considera aceptable en el momento, los controles generales son necesarios. Además, la monitorización fisiológica periódica se debe continuar para asegurar que se estén siguiendo los niveles aceptables de tensión por calor.

Si se determina limitación de la tensión de calor durante las evaluaciones fisiológicas, entonces se toma la rama SÍ. Esto significa que las actividades de trabajo deben cesar hasta que los controles específicos de trabajo adecuados pueden ser considerados e implementados en un grado suficiente para controlar esa tensión. Los controles específicos de trabajo incluyen controles de ingeniería, controles administrativos y la protección personal.

Después de la implementación de los controles específicos de una tarea, es necesario evaluar su eficacia, y ajustarlas según sea necesario.



(Fuente: AIOH 2003 –repmiucido compenn;so)
 Figura 11.1 –Esquema para el manejo de estrés por calor

TIPO DE PREGUNTA	Evaluación del Valor Punto		
	1	2	3
Superficies calientes	Contacto neutral <input type="checkbox"/>	Caliente al contacto <input type="checkbox"/>	Quemadura al contacto <input type="checkbox"/>
Período de exposición	<30 minutos <input type="checkbox"/>	30 minutos-2 horas <input type="checkbox"/>	> 2 horas <input type="checkbox"/>
Espacio confinado	No <input type="checkbox"/>		Sí <input type="checkbox"/>
Complejidad de tareas	Sencillo <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Complejo <input type="checkbox"/>
Escalada, ascendente, descendente	Ninguna <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Significativo <input type="checkbox"/>
Distancia a la zona fresca de descanso	<50 metros <input type="checkbox"/>	50 - 100 metros <input type="checkbox"/>	> 100 metros <input type="checkbox"/>
Distancia a agua potable	<30 metros <input type="checkbox"/>	30 - 50 metros <input type="checkbox"/>	> 50 metros <input type="checkbox"/>
Ropa (permeable)	De una capa simple (ligero) <input type="checkbox"/>	De una sola capa (moderado) <input type="checkbox"/>	Multicapa <input type="checkbox"/>
Conocimiento del riesgo de tensión por calor	Con entrenamiento <input type="checkbox"/>		Sin entrenamiento <input type="checkbox"/>
Movimiento del Aire	Viento frecuente <input type="checkbox"/>	Algo de viento <input type="checkbox"/>	Viento escaso <input type="checkbox"/>
Protección respiratoria (presión negativa)	Ninguna <input type="checkbox"/>	Media cara <input type="checkbox"/>	Cara completa <input type="checkbox"/>
Aclimatación	Aclimatado <input type="checkbox"/>		No aclimatado <input type="checkbox"/>

SUBTOTAL A

	2	4	6
Tasa de trabajo metabólico	Ligero <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Pesado <input type="checkbox"/>
SUBTOTAL B			

	1	2	3	4
WBGT Medido	<24 C <input type="checkbox"/>	> 24 C <27 C <input type="checkbox"/>	> 27°C <30 C <input type="checkbox"/>	> 30 C <input type="checkbox"/>
SUBTOTAL C				

TOTAL = A más B Multiplicado por C =

* Ejemplos de Tasas de Trabajo

- Trabajo Ligero: Sentado o de pie controlando maquinas; Trabajo de ensamble con manos y brazos como clasificando materiales livianos.
- Trabajo Moderado: Trabajo con movimiento de manos y brazos como martillando, y manipulación de objetos pesados con moderada frecuencia.
- Trabajo pesado: Recoger y palear de forma continua, transitar por escaleras llevando cargas.

(Fuente: AIOH 2003 – reproducido con permiso)

Figura 11.2 – Evaluación Básica del Riesgo Térmico

La evaluación básica de riesgo térmico se utiliza de la siguiente manera:

- Marque cada caja de acuerdo con las condiciones adecuadas.
- Cuando se haya completado, sumar los totales utilizando los valores de los puntos de evaluación en la parte superior de la columna correspondiente a cada marca.

- Añadir los subtotales de los cuadros A y B y se multiplican con el sub-total de la Tabla C para el resultado final.
- Si el total es menor que 28, entonces el riesgo debido a las condiciones térmicas son bajos a moderados.
- Si el total es 28 a 60 hay un potencial de enfermedades inducidas por el calor que se producen si las condiciones no se tratan. Se requiere un mayor análisis de riesgo de estrés térmico.
- Si el total excede 60 entonces es muy probable la aparición de una enfermedad inducida por el calor y se deben tomar medidas tan pronto como sea posible para realizar los controles.

NB: Esta evaluación es para ser utilizada como una guía solamente. Una serie de factores no están incluidos en esta evaluación, como el estado de salud de los empleados y el uso de altos niveles de PPE (en particular los trajes impermeables). En estas circunstancias, el personal experimentado debe llevar a cabo una evaluación más amplia.

Un ejemplo tomado de la AIOH (2003) sobre aplicación de la evaluación de riesgos básicos térmico sería como sigue y se reproduce con permiso.

Un ajustador está trabajando en una bomba colocada en el piso que ha sido puesta fuera de servicio el día anterior. La tarea consiste en la eliminación de los pernos y una carcasa para comprobar los impulsores de desgaste, en aproximadamente dos (2) horas de trabajo. La bomba se encuentra a unos 25 metros del taller.

El ajustador está aclimatado, ha asistido a una sesión de entrenamiento y está llevando una sola capa larga con camisa y los pantalones estándar y no se requiere un respirador. El ritmo de trabajo es liviano, hay una ligera brisa y la temperatura WBGT se ha medido a 27C.

Utilizando la información indicada anteriormente nosotros tenemos:

TIPO DE PELIGRO	Evaluación del Valor Punto		
	1	2	3
Superficies calientes	Contacto neutral <input type="checkbox"/>	Caliente al contacto <input type="checkbox"/>	Quemadura al contacto <input type="checkbox"/>
Período de exposición	<30 minutos <input type="checkbox"/>	30 minutos-2 horas <input type="checkbox"/>	> 2 horas <input type="checkbox"/>
Espacio confinado	No <input type="checkbox"/>		Sí <input type="checkbox"/>
Complejidad de tareas	Sencillo <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Complejo <input type="checkbox"/>
Escalada, ascendente, descendente	Ninguna <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Significativo <input type="checkbox"/>
Distancia a la zona fresca de descanso	<50 metros <input type="checkbox"/>	50 - 100 metros <input type="checkbox"/>	> 100 metros <input type="checkbox"/>
Distancia a agua potable	<30 metros <input type="checkbox"/>	30 - 50 metros <input type="checkbox"/>	> 50 metros <input type="checkbox"/>
Ropa (permeable)	De una capa simple (ligero) <input type="checkbox"/>	De una sola capa (moderado) <input type="checkbox"/>	Multicapa <input type="checkbox"/>
Conocimiento del riesgo de tensión por calor	Con entrenamiento <input type="checkbox"/>		Sin entrenamiento <input type="checkbox"/>

Movimiento del Aire	Viento frecuente <input type="checkbox"/>	Algo de viento <input type="checkbox"/>	Viento escaso <input type="checkbox"/>
Protección respiratoria (presión negativa)	Ninguna <input type="checkbox"/>	Media cara <input type="checkbox"/>	Cara completa <input type="checkbox"/>
Aclimatación	Aclimatado <input type="checkbox"/>		No aclimatado <input type="checkbox"/>
	9	6	0
			15

	2	4	6
Tasa de trabajo metabólico	Ligero <input type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Pesado <input type="checkbox"/>
	SUBTOTAL B		
	2		

	1	2	3	4
WBGT	<24 °C <input type="checkbox"/>	>24 °C <27 °C <input type="checkbox"/>	>27 °C <30 °C <input type="checkbox"/>	> 30 °C <input type="checkbox"/>
	SUBTOTAL C			
	2			

A = 15; B = 2; C = 2, entonces

$$\text{Total} = (15 + 2) \times 2 = 34$$

Ya que la extensión se ubica entre 28 y 60 hay un potencial para que ocurra la enfermedad inducida por calor si las condiciones no se abordan, y se requiere un nuevo análisis de riesgo de estrés térmico.

Una explicación más completa del enfoque AIOH se puede encontrar en el Standard de Estrés por Calor & Documentación para uso en el entorno de Australia y debe ser referido si este enfoque es aplicado.

10.2 REPÚBLICA DE SUDÁFRICA DOM & E CÓDIGO DE PRÁCTICAS

Después de una comisión de investigación sobre seguridad y salud en la República de Sudáfrica (RSA), la salud ocupacional fue identificada como uno de los cuatro grandes temas que necesitan ser abordados por la industria minera.

En un intento de abordar este problema se creó una subcomisión tripartita del Comité Asesor de Minería de Salud Ocupacional (Mohac) y una de sus tareas era desarrollar una pauta para un código obligatorio de práctica (COP) en el estrés térmico. Este documento se publicó por primera vez por el Departamento de Minerales y Energía en febrero de 2002 y entró en vigor el 1 de agosto de 2002 (SADME 2002).

El objetivo de esta guía es permitir que el empleador en cada mina compile un COP, que, de aplicarse y cumplirse debidamente, protege y mejora la salud de los empleados en la mina mediante el control y la reducción de su exposición al estrés térmico. La guía proporciona un formato de carácter general con el contenido requerido por la COP y da detalles con suficiente información técnica

para que el comité de redacción de la mina prepare un COP completo y práctico para su mina.

En él se establecen los dos componentes de un programa de salud en el trabajo para reducir el riesgo de estrés térmico, a saber:

- Higiene Ocupacional
- Vigilancia médica

Bajo la ley de RSA, la falta de un empleador para preparar o implementar un código de buenas prácticas en el cumplimiento de la directriz es una violación de la Ley de Salud y Seguridad en las Minas de RSA.

10.2.1 Aspectos que deben abordarse en la COP

Cuando la evaluación del riesgo del empleador indica la necesidad de establecer y mantener un sistema de gestión con medidas de higiene en el trabajo o un sistema de vigilancia médica, según lo establecido por el reglamento, los siguientes elementos clave deben abordarse en el COP:

Evaluación y Control del Riesgo
Programa de Monitoreo
Jerarquía de Controles
Vigilancia Médica

El proceso como se describe en el COP se puede resumir de la siguiente manera (Figura 11.3)

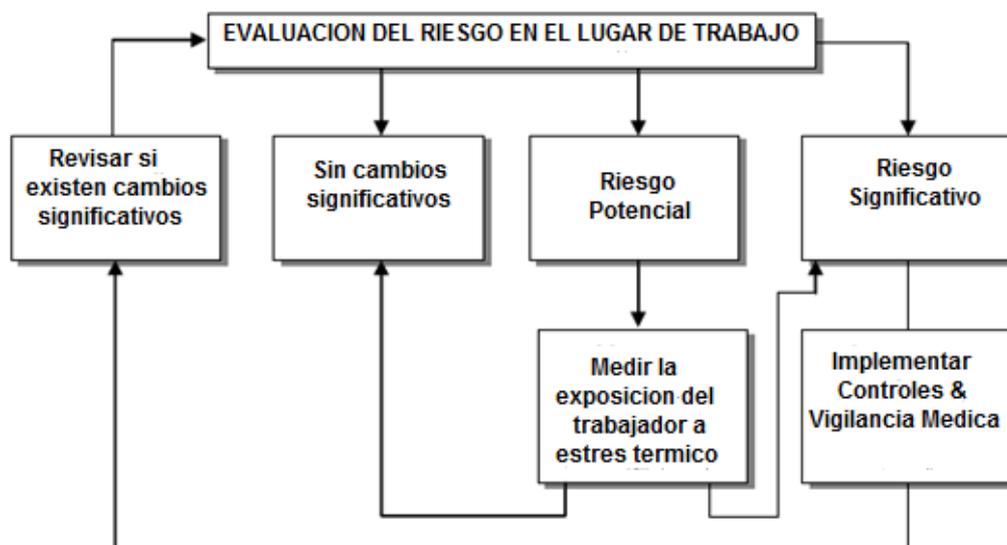


Figura 11.3 – Esquema del programa de estrés térmico de DME de Sur África

10.2.2 Higiene Ocupacional

Cuando se desarrolla un COP bajo la directriz de un empleador, asegúrese de que las siguientes medidas se incluyan:

Paso 1 - Evaluación y Control de Riesgos

Paso 2 - Categorización de los ambientes térmicos

Paso 3 - Manejo del estrés térmico (es decir, el estrés por calor y / o la gestión de estrés por frío)

Paso 4 - Metodología de Medición

Paso 5 - Control térmico del estrés

Paso 6 - Presentación de informes y grabación

Los detalles figuran en la directriz en cuanto a los requisitos para cada paso en relación tanto con el estrés caliente como frío. Los requisitos de la categorización del ambiente térmico se proporcionan en la Sección 5.2.2., donde se requieren programas de monitoreo de rutina para ser desarrollado de acuerdo con esta clasificación y los índices medidos relacionados con los límites prescritos y tomar medidas oportunas para mitigar las exposiciones excesivas.

10.2.3 Vigilancia Médica

La vigilancia médica es requerida en virtud del COP y la Ley de Seguridad y Salud de Minas. En términos de la COP esto depende de la evaluación de riesgos y los datos de higiene en el trabajo, pero puede ser anulado en algunos casos por la Ley de Seguridad y Salud de Minas.

Los requisitos de vigilancia médica incluyen:

- a) Examen inicial
- b) Examen periódico
- c) Examen de egreso

y se detallan en la guía.

10.3 ACGIH estrés térmico TLVs®

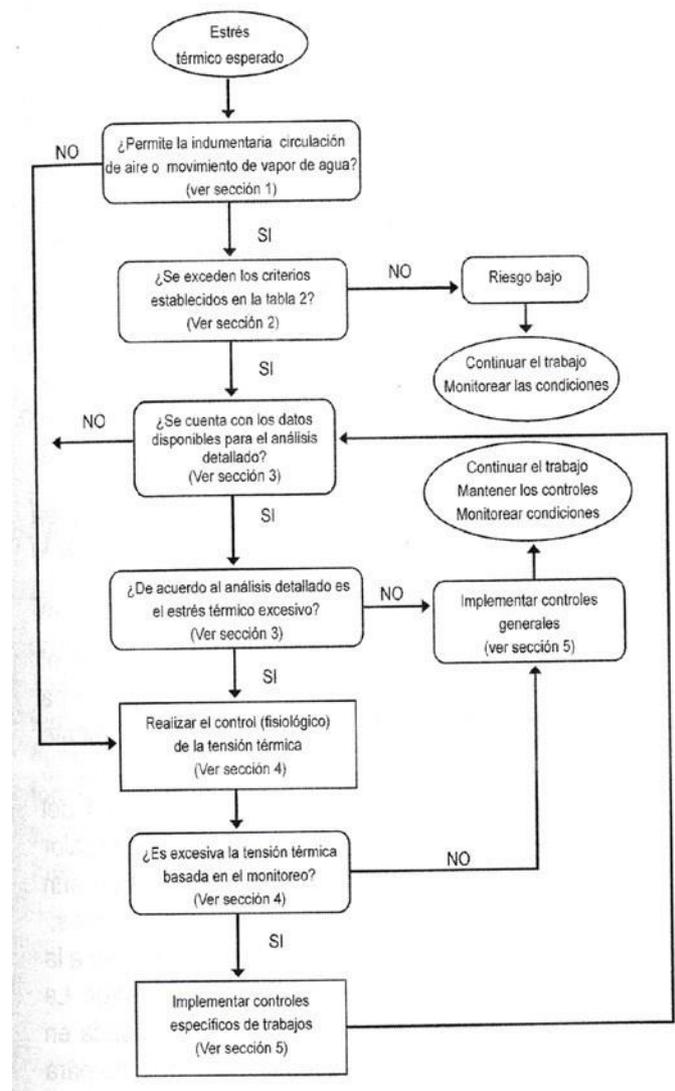
El objetivo del TLV de estrés térmico para ACGIH es mantener la temperatura corporal dentro de + 1 °C de la temperatura normal (37 ° C). La evaluación tanto de estrés por calor como de la tensión por calor se puede utilizar para evaluar el riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. Su orientación proporcionada en la figura 11.4 y en la figura 11.5 y en su documentación asociada del TLV (ACGIH 2007) representa las condiciones en las que se considera que casi todos los trabajadores aclimatados, adecuadamente

hidratados, y sanos, no medicados, pueden estar expuestos repetidamente sin efectos adversos para la salud.

El límite de acción indica similar protección para trabajadores no aclimatados y representa condiciones para las que se debe considerar un programa de manejo de estrés por calor.

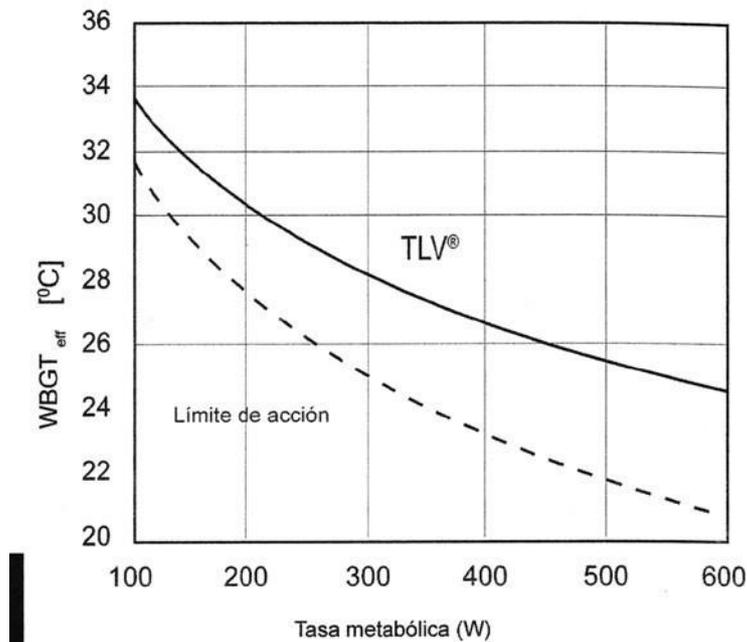
Su proceso de toma de decisiones como se indica en la figura 11.4 debe iniciarse si:

- Una evaluación de la exposición cualitativa indica la posibilidad de estrés calórico,
- Hay informes de malestar debido al estrés por calor, o
- El juicio profesional indica condiciones de estrés térmico por calor.



(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

Figura 11.4 – Evaluación del Estrés y Tensión por Calor



TLV (línea continua) y Límite de Acción (línea cortada) para estrés calórico.
 WBGT_{eff} está expresado como más el Factor de Ajuste del Vestido.
 (“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

Figura 11.5 – TLVs® y Límites de Acción para Estrés Calórico

Sección 1: Ropa

La figura 11.4 requiere una decisión acerca de la ropa y cómo podría afectar la pérdida de calor. Si la ropa requerida se describe adecuadamente por uno de los conjuntos en la Tabla 11.1, o por otros datos disponibles, a continuación, se selecciona la rama SÍ.

Si los trabajadores tienen que llevar ropa que no están representados en la Tabla 11.1, a continuación, se selecciona la rama NO. Esta decisión es especialmente aplicable para los conjuntos de ropa que son:

- Total mente encapsulado,
- o
- Varias capas donde no existen datos para el ajuste.

En estas circunstancias, a menos se disponga de datos fisiológicos deberán seguirse los signos y síntomas descritos en la sección 4 para evaluar la exposición.

Tabla 11.1 - Factores de Ajuste de Ropa para algunos Conjuntos de ropa *

Tipo de Ropa	Adición a la TGBH (°C)
Ropa de trabajo (camisa de manga larga y pantalones)	0
Ropa (material tejido) overol	0
Ropa tejida de doble capa	3
Overoles SMS de polipropileno	0.5
Overoles de poliolefina	1
Overoles de barreras de vapor – Uso limitado	11

*Estos valores no deben ser usados para los trajes completamente encapsulados, también llamados Nivel A. Factores de ajuste de ropa, no puede añadirse a los de capas múltiples. Se asume que con los overoles se utiliza ropa sencilla debajo de ellos, no una segunda capa de ropa.

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

Sección 2: Tamizaje basado en WBGT

El WBGT ofrece un útil índice de primer orden para evaluar la contribución ambiental al estrés por calor. Está influenciado por la temperatura del aire, calor radiante, el movimiento del aire y la humedad. Ya que el WBGT es solamente un índice del medio ambiente, los criterios de selección se ajustan para las contribuciones de las demandas de trabajo y ropa.

La Tabla 11.2 proporciona los criterios WBGT convenientes para propósitos de detección. Para conjuntos de ropa pueden utilizarse los listados en la tabla 11.1, 11.2 cuando se agregan como factores de ajuste de la ropa para el WBGT ambiental.

Tabla 11.2 - criterios de revisión para TLV ® y el límite de acción para la exposición de estrés de calor

Lugar de Trabajo en un Ciclo de Trabajo y Recuperación	TVL (valores de TGBH en °C)				Límite de Acción (valores TGBH °C)			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
	75 a 100%	31.0	28.0	-	-	28.0	25.0	-
50 a 75%	31.0	29.0	27.5	-	28.5	26.0	24.0	-
25 a 5%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0 a 25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

Notas:

- Ver la Tabla 3 y la documentación para las categorías de demanda de trabajo.
- Los valores TGBH están expresados lo más cercanos posibles a los 0.5°C.
- Los límites umbral están calculados como la tasa TW A-Metabólica en donde la tasa metabólica para el descanso se toma como 115W y el trabajo es el valor representativo (rango-medio) de la tabla 3. La base del tiempo de toma como la proporción de trabajo al límite superior del rango de porcentaje de trabajo (ej., 50% para el rango de 25% al 50%).
- Si los ambientes de trabajo y descanso son diferentes, debe usarse y calcularse los promedios de tiempo y horario ponderado (TW A) TGBH. El TWAs para la tasa de trabajo también debe usarse cuando la demanda de trabajo varíe entre horas, note que la tasa metabólica de descanso es un factor ya incluido dentro del límite.
- Los valores de la tabla son aplicados por referencia de la selección de la documentación de "Régimen de trabajo-descanso" y asumen 8 horas para el día laboral, en una semana de trabajo de 5 días, con descansos convencionales como se discutió en la documentación. Cuando el día de trabajo se prolongue, consulte la selección de la documentación, "Aplicación de los TLV[®]".
- Debido a la asociación entre la tensión fisiológica con el trabajo pesado y el muy pesado entre los trabajadores menos aclimatados respecto a la TGBH, no se suministran valores de criterio para trabajo continuo y para más del 25% de descanso en una hora para trabajo muy pesado. Los criterios de selección no son recomendados y se debe realizar un análisis detallado y/o monitoreo fisiológico.

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

La valoración correcta del ritmo de trabajo es de igual importancia a la evaluación ambiental en la evaluación de estrés por calor. La tabla 11.3 proporciona orientación amplia para seleccionar la categoría de tipo de trabajo para el uso en tabla 11.2.

Tabla 11.3 - Categorías de tasa metabólica y la tasa metabólica representante con ejemplo de actividades (ACGIH)

Categoría	Tasa Metabólica (W)*	Ejemplos
Descanso	115	Sentado
Ligero	180	Sentado con trabajo manual ligero con las manos o manos y brazos, y conducir. De pie con algún trabajo ligero de brazo y caminata ocasional
Moderado	300	Trabajo moderado sostenido con mano y brazo, trabajo moderado con brazo y pierna, trabajo moderado con brazo y tronco, o ligero empuje y arrastre. Caminata normal.
Pesado	415	Trabajo intenso de brazo y tronco, cargando, paleando, aserrado manual; empujar y arrastrar cargas pesadas; y caminar a paso rápido.
Muy pesado	520	Actividad muy intensa a paso rápido y máximo.

*El efecto del peso corporal en la tasa metabólica estimada puede calcularse por la multiplicación de la tasa estimada por la relación del peso corporal real, dividido por 70 kg (154 lb)

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

Basado en las categorías de tasa metabólica para el trabajo y la proporción aproximada de trabajo dentro de una hora, el criterio WBGT puede encontrarse en la tabla 11.2 para el TLV y para el límite de acción.

Si el TWA WBGT medido ajustado para la ropa es menor que el valor de la tabla para el límite de acción, se toma la rama NO en la figura 11.4 , y hay poco riesgo de exposición excesiva al estrés por calor.

Si las condiciones están por encima del límite de acción, pero por debajo del TLV, entonces se aplican los controles generales.

Si las condiciones de trabajo son superiores al criterio TLV indicados en la tabla 11.2 de revisión, un análisis adicional es necesario siguiendo la rama de SI.

Sección 3: Análisis Detallado

El segundo nivel de análisis detallado debe seguir un modelo racional o teórico derivado del estudio de los efectos del medio ambiente etc. sobre el balance calórico como el ISO 7933 modelo predictivo de la tensión térmica. Esto permite una mejor comprensión de las fuentes de estrés por calor y es un medio para apreciar los beneficios de las modificaciones propuestas en la exposición.

Si estos datos no están disponible la rama NO lleva a la evaluación del riesgo a través del monitoreo fisiológico para evaluar el grado de tensión de calor.

Si los datos están disponibles y la exposición no excede los criterios para el límite de acción (para trabajadores no aclimatados) entonces la rama NO puede ser tomada.

Si se exceden los criterios límite de acción, pero los criterios del TLV (para trabajadores climatizados) no se superan se implementan controles generales y seguirán vigilándose las condiciones. Los controles generales incluyen formación para los trabajadores y supervisores, las prácticas de higiene del estrés térmico y la vigilancia médica.

Si la exposición excede los límites TLV para los trabajadores aclimatados la rama SI conduce al control fisiológico como única alternativa para demostrar que se proporciona una protección adecuada.

Sección 4: Tensión por calor

La ACGIH proporciona una guía para los límites aceptables de la tensión de calor en la siguiente tabla 11.4.

Tabla 11.4 – Guía para limitar la tensión térmica.

El monitoreo de la tensión térmica, signos y síntomas de los trastornos relacionados con el calor son una buena práctica de higiene industrial, en especial cuándo la ropa puede reducir significativamente la pérdida de calor. Para propósito de vigilancia, un patrón de trabajadores que están excediendo los límites de tensión térmica, es un indicativo de la necesidad del control de las exposiciones. Sobre una base individual al estrés térmico cuando ocurra alguna de las siguientes:

Mantener (por varios minutos) el pulso cardíaco por encima de 180 bpm (pulsaciones por minuto) menos la edad de la persona en años (ej., 180 – edad), para personas con una valoración cardíaca normal; o

- La temperatura corporal interna es mayor que los 38.5°C (101.3°F) para los trabajadores seleccionados medicamente y aclimatados o mayor que 38°C (100.4°F) para los trabajadores no seleccionados o sin asimilar, o;
- La recuperación del ritmo cardíaco un minuto después del esfuerzo de un pico de trabajador es mayor que 120 bpm; o
- Hay sín tomas de fatiga r epentina y sever a, n auseas, mareos o desmayos.

Una persona puede estar en mayor riesgo de trastornos relacionados al calor si:

- **M**antien e una sudoración profusa durante horas;
- o
- La pérdida de peso durante la jornada laboral es mayor al 1.5% del peso corporal; o
- La excreción urinaria de sodio en 24 horas es menor a 50 mmoles.

RESPUESTA A EMERGENCIAS: Si el trabajador parece desorientado o confundido, sufre irritabilidad inexplicable, indisposición o escalofríos, deberá ser conducido a un lugar fresco con circulación de aire para descansar y mantenerlo bajo observación médica, debe tratarse como una emergencia y transportar de inmediato al hospital. Es necesario un plan de respuesta a emergencia.

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. *Reimpreso con Permiso*”)

Con niveles aceptables de tensión por calor, se toma la rama NO en la figura 11.4. Sin embargo, si la tensión de calor entre los trabajadores se considera aceptable en el tiempo, los controles generales son necesarios. Además, el control fisiológico periódico debe continuarse para asegurar que se mantienen niveles aceptables de la tensión de calor.

Si se encuentra limitada la tensión por calor las evaluaciones fisiológicas, entonces se toma la rama de SI. Esto significa que las actividades de trabajo deben cesar hasta que se apliquen adecuados controles de trabajo específicos y lo suficiente para controlar la tensión. Los controles de trabajo específicos incluyen controles de ingeniería, controles administrativos y protección personal. Después de la implementación de los controles de trabajo específicos, es necesario evaluar su eficacia y ajustarlos como sea necesario.

Sección 5: Manejo del estrés por calor y controles

El requisito de un programa de gestión del estrés térmico está marcado por: Niveles de estrés por calor que excedan el nivel de acción. O trabajar en conjuntos de ropa que limita la pérdida de calor.

En cualquier caso, los trabajadores deben ser cubiertos por controles generales (véase tabla 11.5)

Tabla 11.5 - Pautas para el manejo del estrés por calor.

Monitor de estrés térmico (ej., criterio de análisis de la TGBH en la tabla 2) y la tensión térmica (tabla 4) para confirmar el control adecuado.

Controles Generales

- Proporcionar instrucciones verbales y escritas correctas, programas anuales de entrenamientos y otras informaciones para estrés y tensión térmica
- Fomentar la bebida en pequeños volúmenes (1 taza aproximadamente) de agua potable fresca (u otro fluido aceptable que reemplace la bebida) alrededor de 20 minutos
- Fomentar en los trabajadores, el reporte al supervisor de síntomas relacionados con los trastornos por calor
- Fomentar la auto-limitación de las exposiciones cuando el supervisor no esté presente
- Fomentar la observación para detectar signos y síntomas de estrés térmico en otros compañeros
- aconsejar y monitorear a aquellos que tomen medicamentos que comprometan su sistema cardiovascular normal, presión sanguínea, regulación de temperatura corporal y funciones renales y de las glándulas sudoríparas así, como aquellos que abusan o se recuperan de la ingesta de alcohol u otros tóxicos
- Fomentar estilos de vida saludable, peso corporal ideal y balance electrolítico
- Ajustar las expectativas para aquellos que regresan a trabajar después de estar ausentes por una situación de exposición al calor y fomentar el consumo de alimentos salados (con la aprobación de un médico en una dieta restringida de sal)
- Considerar la valoración médica previa para identificar aquellos susceptibles a un daño sistemático por calor
- Monitorear las condiciones de estrés térmico y reportar los trastornos relacionados con el calor

Controles para el trabajo específico

- Considerar los controles de ingeniería para reducir la tasa metabólica, proporcionar movimiento general del aire, reducir los procesos calientes y con liberación de vapor de agua, y proteger fuentes de radiación térmica entre otros
- Considerar la protección personal que se haya demostrado efectiva para las prácticas de trabajo específico y condiciones en el lugar

-NUNCA ignore cualquier signo o síntoma relacionados con trastornos por calor-

(“ACGIH®, 2007 TLVs® and BEIs® Book. Copyright 2007. Reimpreso con permiso”)

Además de los controles generales, se requieren controles específicos para proporcionar una protección adecuada. Una vez implementado su eficacia debe ser confirmado y mantenidos dichos controles.

Una explicación más completa y exhaustiva del enfoque ACGIH se puede encontrar en su folleto de estrés por calor TLV y sus correspondientes documentos y debe ser referido si aplican sus criterios.

10.4 ENFOQUES CUANTITATIVOS – VS - CUALITATIVOS

Al considerar los enfoques cuantitativos frente a los enfoques cualitativos estamos considerando esencialmente un enfoque de medición frente a un enfoque de evaluación de riesgos.

El método de medición tiene en cuenta las variables (edad, condición física, etc) de los individuos particulares y proporciona una estimación más precisa de una tensión individual. Este proceso también da un mayor nivel de confianza en relación con el impacto en el individuo, independientemente de las condiciones y, sobre todo, incluye el impacto de equipo de protección personal.

Con respecto a un método de medición debe tenerse en cuenta que todos los índices tienen limitaciones en mayor o menor grado y por lo tanto deben ser tratados como guías sin división absoluta entre ambientes térmicos aceptables o inaceptables.

Las limitaciones del enfoque de medición incluyen:

- La necesidad de equipos, algunos de los cuales pueden ser costosos. Si bien algunas mediciones básicas se pueden hacer con un equipo sencillo para investigaciones más detalladas se requieren equipos especializados y sensibles.
- La necesidad de evaluar cada persona con el fin de obtener un perfil individual requiere cierto nivel de esfuerzo. Si bien esto puede llevar mucho tiempo proporciona una oportunidad para que el investigador interactúe con las personas y entender claramente la situación del lugar de trabajo.
- La necesidad de un mayor nivel de experiencia técnica en el investigador tratándose de una persona con conocimientos y habilidades.
- El enfoque de la evaluación de riesgos es ampliamente adoptado como medio por el cual las personas con conocimientos técnicos limitados puedan evaluar o al menos poner de relieve los muchos impactos asociados a diferentes evaluaciones térmicas. Al igual que con todas las evaluaciones de riesgo de los resultados de un proceso de este tipo son totalmente dependientes de la calidad de los datos introducidos en el proceso de evaluación de riesgos.

Las limitaciones del enfoque de evaluación de riesgos incluyen:

- El proceso es totalmente dependiente de la información y los errores disponibles en ese proceso de recolección puede fluir a través del sistema y conducir a un resultado incorrecto.
- Las evaluaciones de riesgo en sí mismos no pueden resolver un problema de estrés térmico, pero las acciones derivadas de una evaluación de riesgos (si se aplica) sin duda puede mejorar un lugar de trabajo. El mero hecho de realizar una evaluación del riesgo no es suficiente para proteger la

salud de una persona y hay necesidad de asegurar que existen procedimientos para implementar las acciones requeridas.

- La posibilidad de una situación inusual sin evaluar debido al limitado conocimiento del evaluador. En el método de medición tales situaciones son más propensas a ser destacado debido al aumento del nivel de habilidad del evaluador.

Si bien ambos enfoques tienen su papel que desempeñar, una revisión de la literatura sugiere una mezcla del enfoque de evaluación de riesgos integrada con las estrategias de control adecuadas, como modelo preferido para evaluar los lugares de trabajo en la actualidad. Esta reúne las ventajas de ambos enfoques y, si se realiza en un enfoque de fase (es decir, la evaluación cualitativa de ejercicio detallado de monitoreo como lo requiere la situación) puede ser a la vez completa y rentable.

10.5 EVALUACIONES FISIOLÓGICAS

Las evaluaciones fisiológicas son simplemente un medio para identificar "individuos en riesgo".

La susceptibilidad al calor varía de persona a persona y es importante que los que están en mayor riesgo de los efectos del calor no deben ser expuestos a condiciones excesivamente calientes. Los factores que deben tenerse en cuenta al evaluar la aptitud para el trabajo en ambientes calurosos incluyen:

- a) El peso y la condición física: Las personas con sobrepeso o no aptos son más propensos a experimentar efectos nocivos.
- b) Edad: Entre mayor sea una persona, más probabilidades hay de que sufran de los efectos del calor; una consideración especial se debe dar a las personas mayores de 45 años de edad.
- b) Los trastornos médicos: Muchos trastornos afectan la capacidad de una persona para trabajar en condiciones de calor. Estos incluyen trastornos tales como diarrea, vómitos, resfriados y gripe, y trastornos importantes como el de pulmón, el corazón y enfermedades circulatorias. Las enfermedades crónicas de la piel se pueden agravar por trabajar en un ambiente caliente y, a menudo predisponen a la enfermedad por el calor. La actividad de la glándula tiroidea de baja o alta producen marcada intolerancia al frío y al calor, respectivamente.
- d) Algunos medicamentos tienen un efecto adverso en los individuos expuestos al calor. El abuso habitual de alcohol ha contribuido directa o indirectamente a la muerte de los trabajadores expuestos a condiciones de trabajo en caliente.
- e) Anterior intolerancia al calor: Los trabajadores, que se han mostrado susceptibles a los efectos del calor en el pasado, incluso si no hay una razón

clara fue evidente, son propensos a tener un mayor riesgo de exposición adicional.

Del mismo modo para ambientes fríos el examen médico es importante; sin embargo, el conocimiento de cómo los trastornos médicos se ven afectadas por el frío es incompleta (Parsons 2003).

Como se ha descrito anteriormente (Sección 10.1) Parsons (2003) proporciona una lista de factores de selección enumerados por la Confederación de la Industria Británica de Alimentos Refrigerados.

Los factores incluidos en la lista son:

- Problemas del corazón o de la circulación
- Diabetes
- Problemas de tiroides
- Problemas sanguíneos
- Trastornos de riñón y orina
- Cualquier tipo de artritis o enfermedad de los huesos
- Cualquier infección, incluyendo el oído, la nariz y la garganta
- Problemas del pulmón o asma crónica
- Gastroenteritis o diarrea o vómitos agudos (debe ser notificada el mismo día)
- Malfunción neurológica (nervio)
- Problemas psicológicos
- Dificultad ocular o auditiva
- Prescripción médica.

Si bien este enfoque es muy básico se puede considerar buena práctica de la salud ocupacional y por lo tanto vale la pena considerar.

Un enfoque novedoso (SIMRAC 2001) desarrollado como herramienta de gestión en las minas de oro y de platino de Sudáfrica, consiste establecer un perfil de riesgo del empleado donde se evalúa la condición física general para el trabajo en ambientes calurosos. El perfil se compone de los siguientes elementos:

- Contraindicaciones médicas, es decir, una condición en particular, el tratamiento o incluso un historial médico probable que conduzca a una reducción relacionada con el trabajo crítico en la tolerancia al calor.
- Edad (50 años o más) en concierto con las exposiciones de turno completo de trabajo "extenuante"
- La obesidad, medida por el índice de masa corporal (IMC 30).
- Intolerancia al calor inherente.
- El trabajo pesado per se.
- Antecedentes de trastornos de calor.

En el desarrollo de un perfil de riesgo de los empleados con los elementos anteriores, se considera obvio que no hay reglas específicas y rápidas que pueden ajustarse y la estimación del riesgo puede ser imprecisa. Para hacer frente a estas deficiencias se recomienda un triple enfoque:

Un perfil de riesgo que cuente con no más de uno de los elementos anteriores en general, debe ser considerado como "aceptable".

La presencia de cualquiera de los dos factores (elementos) debe ser visto con preocupación y no debe ser tolerado a menos que la situación se pueda mejorar, por ejemplo, a través de prácticas de trabajo seguras especialmente desarrolladas.

Un perfil que contiene más de dos elementos indeseables constituirá un riesgo inaceptable.

SIMRAC (2001) proporciona la siguiente tabla de combinaciones de factores de riesgo (Tabla 11.6) que no deben ser toleradas bajo ninguna circunstancia.

Tabla 11.6 - Matriz del Perfil de Riesgo del Trabajador

Factor de Riesgo Primario	Factor de Riesgo Secundario					
	Contra-indicación Medica	Edad \geq 50 mas Trabajo extenuante	BMI \geq 30	Calor Intolerable	Trabajo Extenuante	Historia del trastorno por calor
Contra-indicación medica		X	O	O	O	X
Edad \geq 50 mas Trabajo extenuante	X		X	X		X
BMI \geq 30	O	X		X	X	X
Calor Intolerable	O	X	X		X	X
Trabajo Extenuante	O		X	X		X
Historia del trastorno por calor	X	X	X	X	X	

Donde X = Una combinación de factores que generalmente debe ser visto como una descalificación para trabajar en determinadas condiciones de calor y / o extenuantes.

O = Una combinación de factores que pueden ser tolerados si se considera que amerita.

(Reproducido con permiso de SIMRAC Handbook of Occupational Health Practice en el Industria de Sudáfrica Minería, Capítulo 8, 2001, Editor Dr. A. J. Kielblock.)

SIMRAC (2001) sugiere que hay una actitud general de la complacencia en Sudáfrica en la prevención del golpe de calor. Esta evaluación se basa en una revisión de 121 casos de golpe de calor en la industria minera de Sudáfrica, que encontró que en el 87% de los casos dos o más factores de riesgo estaban presentes sin embargo, el trabajador no había sido identificado como una persona "en riesgo".

Con el aumento general de la visibilidad de los programas "en condiciones de trabajar" dentro de las grandes empresas en todo el mundo el papel de las evaluaciones fisiológicas está recibiendo una mayor atención. Por el momento no parece ser significativa la coordinación dentro de la industria para establecer esquemas estandarizados para la medición de los trabajadores "en riesgo" a condiciones extremas de ambientes térmicos. En cambio las empresas individualmente parece estar estableciendo programas específicos de la

compañía (aunque a lo largo de líneas similares) con datos limitados o medios disponibles para juzgar su éxito.

11 REFERENCIAS

ACGIH (2007): Documentation of Physical Agents, ACGIH 2007

ACGIH (2007): Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical

Agents and Biological Exposure Indices, ACGIH 2007

AIHA (2003): The Occupational Environment: Its Evaluation, Control and Management; 2nd Edn, American Industrial Hygiene Association, 2003

AIOH (2003): DiCorleto, R., Coles, G. & Firth, I: Heat Stress Standard & Documentation developed for use in the Australian Environment, AIOH March 2003

AIOH (2006): Principles of Occupational Health and Hygiene, Ed. C. Tillman, Australian Institute of Occupational Hygienists, 2006

ASHRAE (1992): Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE, 55, 1992

BOHS (1996): The Thermal Environment, Technical Guide No.12 2nd Edn, British Occupational Hygiene Society 1996

Brouha, L. (1960): Physiology in industry. Pergamon Press. 1960

Brake, D. (2001): Fluid Consumption, Sweat Rates and Hydration Status of Thermally-Stressed Underground Miners and the Implication for Heat Illness & Shortened Shifts, Proceedings, QLD Mining Industry, OH&S Conference, Townsville 2001

Brake, D.J. & Bates, G.P., (2002): Limiting Metabolic Rate (Thermal Work Limit) as an Index of Thermal Stress. Applied Occupational & Environmental Hygiene Volume 17(3): 176 – 186, 2002)

BS7915 (1998): Ergonomics of the Thermal Environment – Guide to design and evaluation of working practices in cold indoor environments 197.

Chrenko, F.A. (1974): Bedfords Basic Principles of Ventilation and Heating, Ed.

F.A. Chrenko, H.K. Lewis, London 1974

Dembert, M.L. (1982): Medical Problems from cold exposure; American Family Physician Vol.25, No.1 January 1982

Ellis, F.P., Smith, F.E., Waters, J.D. (1972): Measurement of Environmental Warmth in SI Units, British Journal of Industrial Medicine, Vol.29, 1972

Fanger, P.O., (1970): Thermal Comfort; Danish Technical Press

Fanger, P.O., (1972): Thermal Comfort – Analysis and Applications in

Environmental Engineering, McGraw-Hill, 1972

HSE (2007): <http://www.hse.gov.uk/temperature/thermal/explained.htm>

(accessed May 2007)

Holmer, I. (1984): Required clothing insulation (IREQ) as an Analytical Index of Cold Stress, ASHRAE Transactions, 90(1) 116-128

ISO13732-1 (2006): Ergonomics of the thermal environment – Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces – Part 1: Hot surfaces

ISO 7243 (1989): Hot Environments – Estimation of the Heat Stress on Working Man, based on the WBGT-Index, International Standards Organization, Geneva, 1989

ISO 7726 (1985): Thermal Environments – Instruments and methods for measuring physical quantities; International Standards Organisation, Geneva, 1985

ISO 7726 (1998): Ergonomics of the Thermal Environment. Instruments for measuring physical quantities; International Standards Organization, Geneva, 1998 198.

ISO 7933 (2004): Ergonomics of the thermal Environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain, International Standards Organization, Geneva 2004

ISO 8996 (2004): Ergonomics of the Thermal Environment – Determination of Metabolic Heat Production, International Standards Organization; Geneva, 2004

ISO 9920 (1995): Ergonomics of the Thermal Environment – Estimation of thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble; International Standards Organization; Geneva 1995

ISO 11079 (1998): IREQ Evaluation of Cold Environments – Determination of Required Clothing Insulation (IREQ), International Standards Organization, Geneva, 1998

IUPS (2001): Glossary of Terms for Thermal Physiology, the Japanese Journal of Physiology, Vol.51, No.2, 2001

Knapik, J.J. et al (2002): Seasonal Variations in Injury Rates during US army Basic Combat Training. Ann. Occup. Hyg., 46(1); pp15-23

MacPherson, R.K., (1962): The Assessment of the Thermal Environment, British

Journal of Industrial Medicine Vol.19, pp151-164, 1962

Malchaire, J., Gebhardt, H.J., Piette, A. (1999): Strategy for Evaluation and Prevention of Risk due to Work in Thermal Environments, Assn. Occ. Hyg. 43 (5); 367-376, 1999

Malchaire, J., et al (2001): Development and Validation of the predicted Heat Strain

Model. Ann. Occup. Hyg., Vol. 45, pp 123-135, 2001

Miller, V.S., & Bates, G.P., (2007): The Thermal Work Limit is a Simple Reliable Heat Index for the protection of Workers in thermally Stressful Environments. Ann. Occup. Hyg. Vol. 51, No.6, pp553-561, 2007 199.

NSW WorkCover (1989): Heat and Comfort in the Factory and Office, Division of

Occupational Health, WorkCover Authority of NSW , BK021288/9

OSHA (1995): OSHA Technical Manual, Chapter 4, Heat Stress; http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html (accessed May 2007)

Parsons, K.C. (2003); Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance; Taylor &

Francis, 2nd Edn, 2003

SADME (2002): Guideline for the Compilation of a Mandatory Code of Practice for an Occupational Health Programme on Thermal Stress, Department of Minerals and Energy, Republic of South Africa, February 2002

SIMRAC (2001): Handbook of Occupational health Practice in the South African Mining Industry; The Safety in Mines Research Advisory Committee, Johannesburg, 2001

Smith, O. (1984): Effects of a cooler underground environment on safety and labour productivity. Proc. 3rd Int. Mine Ventilation congress (Harrogate), Institute of Mining & Metallurgy, UK 1984

Taylor, N.A.S. (2005): Heat Stress: Understanding Physiological Responses, Human Performance Laboratories (Australia), University of Wollongong

Taylor, N.A.S. (2007): Personal Communication

WHO (1969): Health factors involved in working under conditions of heat stress.
Technical Report 412, World Health Organization, Geneva 1969