

Higiene Laboral

Carga Térmica

Se entiende por carga térmica a la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

El objeto de controlar la carga térmica es determinar la exposición o no del trabajador a calor excesivo en los puestos de trabajo que se consideren conflictivos.

La medición consiste en determinar el TGBH (Índice de Temperatura Globo Bulbo Termómetro). Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas: temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y de globo. Para realizar estas mediciones se utilizan dos tipos de termómetro:

● **Globotermómetro:** con este termómetro se mide la temperatura del globo y consiste en una esfera hueca de cobre, pintada de color negro mate, con un termómetro o termocupla inserto en ella, de manera que el elemento sensible esté ubicado en el centro de la misma, con espesor de paredes de 0,6 mm. y su diámetro de 150mm.aproximadamente.

● **Termómetro de bulbo húmedo natural:** con este otro termómetro se mide la temperatura de bulbo húmedo natural y consiste en un termómetro cuyo bulbo está recubierto por un tejido de algodón. Este debe mojarse con agua destilada.

Además de las temperaturas ambiente tomadas se tiene en cuenta el calor metabólico de la persona a la que se le realiza el estudio. El calor metabólico se determina teniendo en cuenta la posición del cuerpo y el tipo de trabajo efectuado.

A través de una fórmula, introduciendo las anteriores variables se determina el TGBH. Con este valor, entrando en la tabla siguiente, se determina si la persona se encuentra expuesta o no a carga térmica:

LÍMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TÉRMICA Valores dados en °C grados - TGBH			
Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Liviano (menos de 230 W)	Moderado (230-400W)	Pesado (mas de 400W)
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

En el caso de superar las temperaturas máximas según el tipo y régimen de trabajo se deben implementar las medidas correctivas correspondientes tales como:

- Rotación del personal.
- Entrega de ropa y equipos de protección personal especiales.
- Colocación de barreras protectoras que impidan la exposición a radiaciones.

Carga Térmica - Generalidades

LOS MÉTODOS INSTRUMENTALES DE EVALUACIÓN

Son los que tratan de establecer modelos físicos que determinen las reacciones del hombre cuando es sometido a condiciones termohigrométricas, por el empleo de la cuantificación de factores externos, dentro de ellos podemos mencionar el índice WBGT, (método de temperatura de globo y bulbo húmedo), el cual fue desarrollado por Yaglou y Minard en 1957, (para controlar la exposición del personal de la Marina de los EE.UU.), que ha sido adoptado como valor permisible promedio (TLV) por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), debido a su simplicidad, rapidez de utilización en puestos de trabajo expuestos al calor y eficacia. El mismo utiliza la temperatura de globo, la temperatura húmeda y el valor de carga metabólica, fue adoptado en el Decreto reglamentario 351/79 ANEXO II, Capítulo 8 artículo 60. (Ver figura 11.8.)

Si bien existen métodos más precisos como el del "índice de tensión térmica", los parámetros intervinientes que denotan los aportes y pérdidas de calor de los individuos en estudio, como el conocimiento de cada carga interviniente que afecta el balance térmico, hacen difícil el cálculo, como la exacta determinación de cada valor, por lo cual no pueden competir con la facilidad de las mediciones necesarias en el método WBGT.

Anexo II

Correspondiente al art. 60 de la Reglamentación aprobada por Decreto 351/79

CAPITULO VIII CARGA TERMICA

1) Instrumental a emplear

Los aparatos que se enumeran a continuación constituyen un conjunto mínimo para la evaluación de la carga térmica, sin excluir otros que puedan cumplir eficientemente los mismos objetivos, siempre que sus resultados sean comparables con los obtenidos con la metodología fijada por esta reglamentación.

a) Globotermómetro

Se medirá con éste la temperatura del globo y consiste en una esfera hueca de cobre, pintada de color negro mate, con un termómetro o termocupla inserto en ella, de manera que el elemento sensible esté ubicado en el centro de la misma, con espesor de paredes de 0,6 mm. y su diámetro de 150 mm. aproximadamente.

Se verificará la lectura del mismo cada 5 minutos, leyendo su graduación a partir de los primeros 20 minutos hasta obtener una lectura constante.

b) Termómetro de bulbo húmedo natural

Se medirá con éste la temperatura de bulbo húmedo natural y consiste en un termómetro cuyo bulbo estará recubierto por un tejido de algodón. Este deberá mojarse con agua destilada durante no menos de media hora antes de efectuarse la lectura, se prolongará aproximadamente una longitud igual a la del bulbo y estará sumergido en un recipiente conteniendo agua destilada.

2) Estimación del calor metabólico

Se realizará por medio de tablas según la posición en el trabajo y el grado de actividad.

Se considerará el calor metabólico (M) como la sumatoria del metabolismo basal (MB), y las adiciones derivadas de la posición (MI) y el tipo de trabajo (MII), por lo que:

$$M = MB + MI + MII$$

En donde:

a) Metabolismo Basal (MB)

Se considerará a MB = 70W

b) Adición derivada de la posición (MI)

Posición de cuerpo	MI (W)
Acostado o Sentado	21
De pie	42
Caminando	140
Subiendo pendiente	210

c) Adición derivada del tipo de trabajo.

Tipo de trabajo	MII (W)
Trabajo manual ligero	28
Trabajo manual pesado	63
Trabajo con un brazo: ligero	70
Trabajo con un brazo: pesado	126
Trabajo con ambos brazos: ligero	105
Trabajo con ambos brazos: pesado	175
Trabajo con el cuerpo: ligero	210
Trabajo con el cuerpo: moderado	350
Trabajo con el cuerpo: pesado	490
Trabajo con el cuerpo: muy pesado	630
Coef.= 1,163 para pasar de K cal/H a Watt.	

3) Evaluación de la carga térmica
A efectos de evaluar la exposición de los trabajadores sometidos a carga térmica, se calculará el Índice de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH).
Este cálculo partirá de las siguientes ecuaciones:

a) Para lugares interiores o exteriores sin carga solar $TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$.
b) Para lugares exteriores con carga solar $TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$.

Donde:

TGBH: índice de temperatura globo bulbo húmedo
TBH: temperatura del bulbo húmedo natural
TBS: temperatura del bulbo seco
TG: temperatura del globo.

Las situaciones no cubiertas por la presente reglamentación, serán resueltas por la autoridad competente de acuerdo a la mejor información disponible.

LÍMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TÉRMICA Valores dados en C grados - TGBH			
Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Liviano (menos de 230 W)	Moderado (230-400W)	Pesado (mas de 400W)
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Trabajo continuo: Ocho horas diarias (48 horas semanales).
Si el lugar de descanso determina un índice menor a 24 grados C (TGBH) el régimen de descanso puede reducirse en un 25%.

Figura 11.8. Anexo II, correspondiente al artículo 60 de la reglamentación aprobada por el Decreto N° 351/79. Capítulo 8 Carga térmica

Al no poder efectuarse la medición de la temperatura corporal para supervisar la carga térmica en el hombre, este método usa la medida de factores ambientales que más estrechamente se correlacionan con la temperatura corporal interna y demás respuestas fisiológicas

El valor del índice WBGT se obtiene por ponderación mediante ecuaciones apropiadas de la Temperatura del globo (Tg), Temperatura seca (Ts) y Temperatura húmeda (Th):

1- Exteriores con carga solar:

$$WBGT = 0,7 Th + 0,2 Tg + 0,1 Ts$$

2- Interiores o exteriores sin carga solar:

$$WBGT = 0,7 Th + 0,3 Tg$$

De donde:

WBGT = Temperatura de globo y bulbo húmedo según la ecuación en °C

Th = Temperatura natural de termómetro de bulbo húmedo en °C

Tg = Temperatura del termómetro de globo en °C, algunos autores la denotan como T

Ts = Temperatura del bulbo seco °C

La forma de la determinación del Índice WBGT, la descripción del instrumental y las condiciones bajo las que se han de efectuar las mediciones de los parámetros intervinientes están denotados en las Normas ISO 7243 (estimación del estrés térmico en el ambiente de trabajo basada en el índice WBGT) e ISO 7726 (ambientes térmicos, instrumentos y métodos para la cuantificación de magnitudes físicas)

Las temperaturas WBGT determinadas para unas condiciones específicas, se comparan con las temperaturas WBGT máxima admisible para condiciones esas condiciones de trabajo, ver figura 11.9.

Régimen de Trabajo - descanso	Carga de trabajo		
	Ligera	Moderada	Fuerte
-			
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,5
75% de Trabajo + 25% de descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% de Trabajo + 50% de descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% de Trabajo + 75% de descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Figura 11.9. Valores permisibles de exposición al calor en °C (Según la American Conference of Governmental Industrial Hygienist)

Este método tiene el inconveniente que al basarse en la Temperatura de globo, la Temperatura del bulbo seco y la Temperatura del bulbo húmedo, indirectamente está ponderando otras variables que influyen sobre ella, como son la temperatura del aire, la velocidad de desplazamiento y la temperatura media radiante, no siendo sensible a los cambios de estas variables una a una, además este método no considera la aclimatación, la cual hay que considerar efectuando correcciones, otro elemento a tener en cuenta es la ropa que usa el hombre su forma física (si es obeso o no), su edad, etc.

Otro problema de este método es que denota la situación de disconfort o de riesgo, pero no denota el grado y su efecto a largo o corto plazo.

La aplicación de este método no es uniforme existen distintos criterios de los cuales describiremos algunos, tales como:

NIOSH
ACGIH
OSHA
ISO

CRITERIO NIOSH:

El NIOSH, utilizando el método del WBGT, determinó un nivel promedio para una exposición continua de una hora de duración o intermitente durante un tiempo de dos horas, de 26,1°C por encima del cual las personas expuestas deben seguir un proceso de aclimatación, beber agua y tomar sal, usando ropa de protección, (previamente se debe tratar de reducir las cargas térmicas ambientales sobre la persona).

Los valores límites que deben aplicarse son los establecidos en la figura 11.10., los mismos están establecidos para períodos continuos de trabajo de dos horas de duración a la exposición más desfavorable en la jornada laboral, los valores WBGT determinados y las cargas de trabajo serán los valores promedios ponderados en el tiempo para el período de dos horas en cuestión

Este método obliga a tenerse en cuenta en la evaluación térmica, que junto con el índice determinado, el metabolismo correspondiente a la actividad y la duración de la exposición (o exposiciones), según la figura 11.10.

Si en un mismo día de trabajo una persona está expuesta a distintas condiciones ambientales, se debe determinar el índice WBGT que pondere las distintas exposiciones, con los tiempos de duración de cada una de ellas mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$WBGT_m = \frac{(WBGT)_i \cdot t_i}{t_i}$$

En donde

(WBGT)_i = Cada uno de los índices calculados

WBGT_m = Índice medio

t_i = Tiempo de permanencia respectiva a cada índice

CARGA DE TRABAJO	VALORES PERMITIDOS DE WBGT °C	
	Velocidad del aire < 1,5 m/seg	Velocidad del aire > 1,5 m/seg
Ligera < 200 kcal/h	30	32,2
Moderada 200 - 300 kcal/h	27,8	30,5
Pesada 300 kcal/h	26,1	28,9

Figura 11.10. Valores límite permitidos de WBGT en grados centígrados en función de la exposición al calor en el lugar de trabajo. (Según el Dr. H. S. Belding y otros)

Si en un mismo día de trabajo una persona está expuesta a distintas condiciones ambientales, se debe determinar el índice WBGT que pondere las distintas exposiciones, con los tiempos de duración de cada una de ellas mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$WBGT_m = \frac{(WBGT)_i \cdot t_i}{t_i}$$

En donde

(WBGT)_i = Cada uno de los índices calculados

WBGT_m = Índice medio

t_i = Tiempo de permanencia respectiva a cada índice

CRITERIO AACHS:

El "Atandard Advisory Committe en Heat Stress" aconseja, para los casos de tareas con carga térmica, teniendo en cuenta la velocidad del aire y el tipo de trabajo, cuando este se efectúe en distintos ambientes en la misma jornada laboral, el cálculo del índice WBGT, debe ser hecho utilizando el período de dos horas más caluroso de la jornada

La figura 11.11. presenta un diagrama psicométrico, la comparación de os valores límites del método WBGT, propuestos por el "Atandard Advisory Committe en Heat Stress", para un trabajo de 300 Kcal/h, para bajas y alta velocidad del aire, con los valores índice calculados por los métodos de "Temperatura Efectiva" y de "Tensión Térmica", las líneas continuas corresponde a los estados determinados de idéntico Índice de Tensión Térmica, con un caudal de transpiración de l/h y una temperatura de la piel (T_p) igual a 35 °C.

Cuando en el lugar de trabajo las condiciones de saturación del aire con vapor de agua (humedad relativa próxima a 100%), se observa una convergencia de los valores determinados por los tres métodos, pero cuando la temperatura radiante (del globo) son altos y la humedad relativa baja, el método WBGT da valores que difieren con los fisiológicos, pero van en beneficio de la seguridad de las personas expuestas, de igual forma, los valores obtenidos por método de Temperatura Efectiva, independientemente de la velocidad del aire, los valores obtenidos son menos próximos a los fisiológicos que los del método WBGT

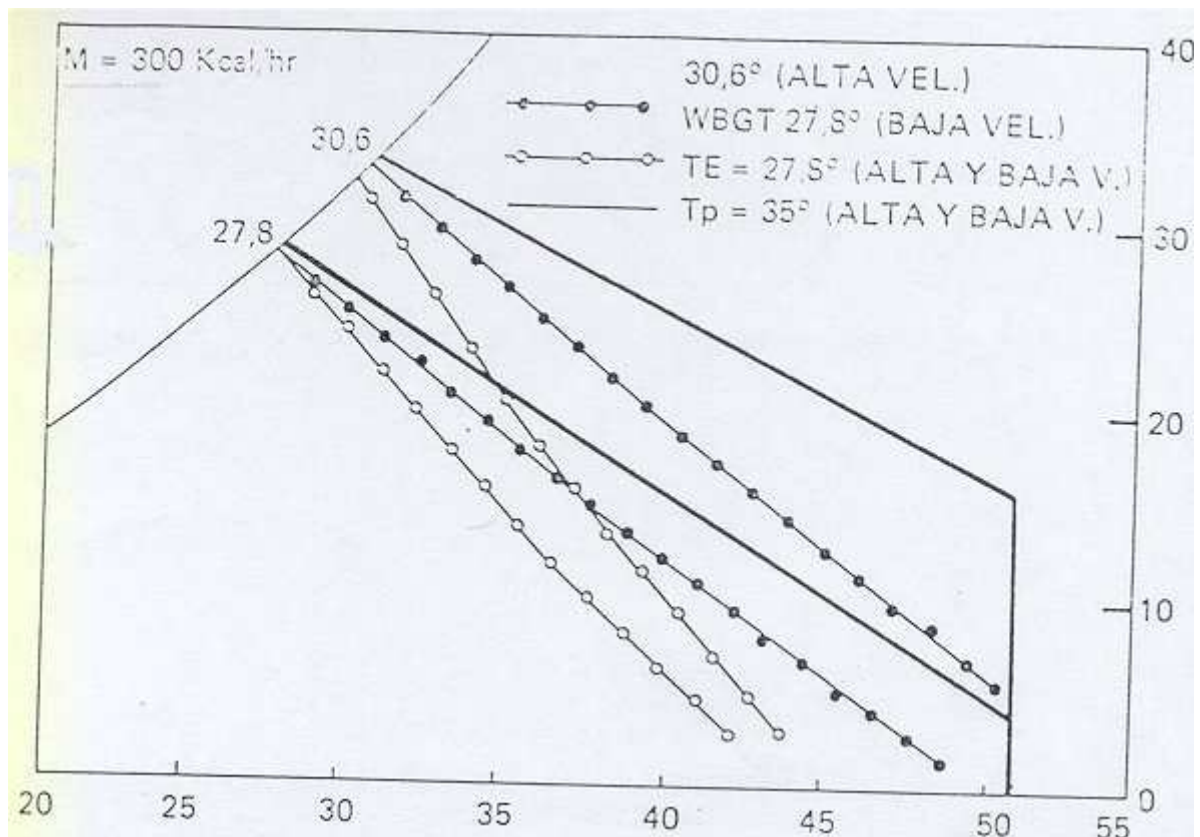


Figura 11.11. Comparación de índices térmicos

CRITERIO ACGIH:

La ACGIH en sus tablas TLV's, las temperaturas determinadas por el método WBGT propuestas para la persona que se encuentre aclimatada o no se rigen por lo establecido en las figuras 11.12. y 11.9., en el Anexo 11-1 figuras Ane 11.1.1 y 11.1.2.

El índice de estrés térmico se obtiene de :

La carga térmica soportada en WBGT

La carga máxima que pueda soportarse en la tarea

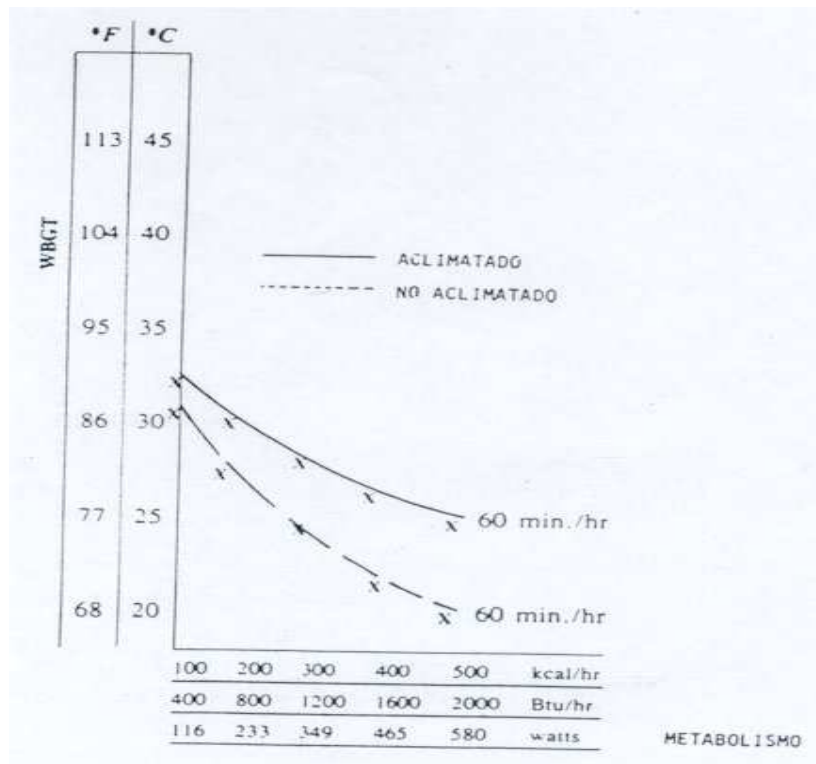
En el caso de tareas donde la exposición al calor y el esfuerzo muscular son intermitentes en cálculo se efectúa por la siguiente ecuación:

$$\frac{(T_{WBGT1}) t_1 + (T_{WBGT2}) t_2 + \dots + (T_{WBGTn}) t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

En donde:

T = Valores medidos en los distintos intervalos de trabajo y/o descanso durante el período total de trabajo

t = Duración (en minutos) de cada intervalo

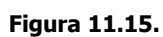


CRITERIO OSHA

La falta de valores que evalúen la incidencia de la velocidad del aire hace que en determinados casos los resultados obtenidos no lleguen a ser correctos, por ello la OSHA, introdujo en la normalización de este índice este factor, los valores están representados en la figura 11.14.

Figura 11.14. Valores umbrales WBGT en °C

Según la Norma ISO 7243 los valores determinados por el método WBGT admisibles se indican en las figuras 11.15. y 11.16. en el Anexo 1.11 ver figura Ane 1.11.3.



METABOLISMO	RANGO DE METABOLISMO		VALORES DE REFERENCIA WBGT			
	Referido a superficie unidad, del área de piel W/m^2	TOTAL Para una superficie de $1,8 m^2$ W	Personas aclimatas al calor		Personas no aclimatadas al calor	
0 - Descanso	$M < 65$	$M < 117$	33		32	
1	$65 < M < 130$	$117 < M < 234$	30		29	
2	$130 < M < 200$	$234 < M < 360$	28		26	
3	$200 < M < 260$	$360 < M < 468$	Aire en calma	Aire en movimiento	Aire en calma	Aire en movimiento
			25	26	22	23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

Figura 11.16. Valores de referencia WBGT correspondientes a diversas situaciones

Carga Térmica - Métodos de medición

EQUIPO NECESARIO PARA EL ESTUDIO DEL MÉTODO WBGT

El Índice WBGT se basa en la instalación de un equipo de medición que está formado por:

- 1-** Termómetro seco
- 2-** Termómetro húmedo
- 3-** Termómetro de globo y soporte

Como se puede apreciar en la figura 11.17. el cual es el equipamiento básico original denotado por la norma, actualmente todo este equipamiento ha sido reemplazado por un solo instrumento, el cual se representa en la figura 11.18. el cual permite determinar todos los datos necesarios para el método.

La humedad se determina midiendo la temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo y usando un gráfico o nomograma sicrométrico, en cuanto al calor radiante se controla a través de un termómetro de globo, determinando el índice por medio de las temperaturas de bulbo húmedo y globo, agregado de ser necesario la carga solar con la temperatura de bulbo seco.

El equipo primitivo para medir el calor radiante, se utiliza un termómetro corriente el cual se le sitúa el bulbo dentro de un flotador metálico (de cobre de in depósito de inodoro), pintado de negro mate, con la parte del vástago del termómetro sobresaliendo hacia fuera, a través del agujero del tapón de goma, este se denomina termómetro de globo

Su funcionamiento radica en que la superficie negro mate se calienta por el calor radiante y por ello calienta el aire que hay en su interior, temperatura que se refleja en el termómetro que tiene el bulbo en contacto con el mencionado aire.

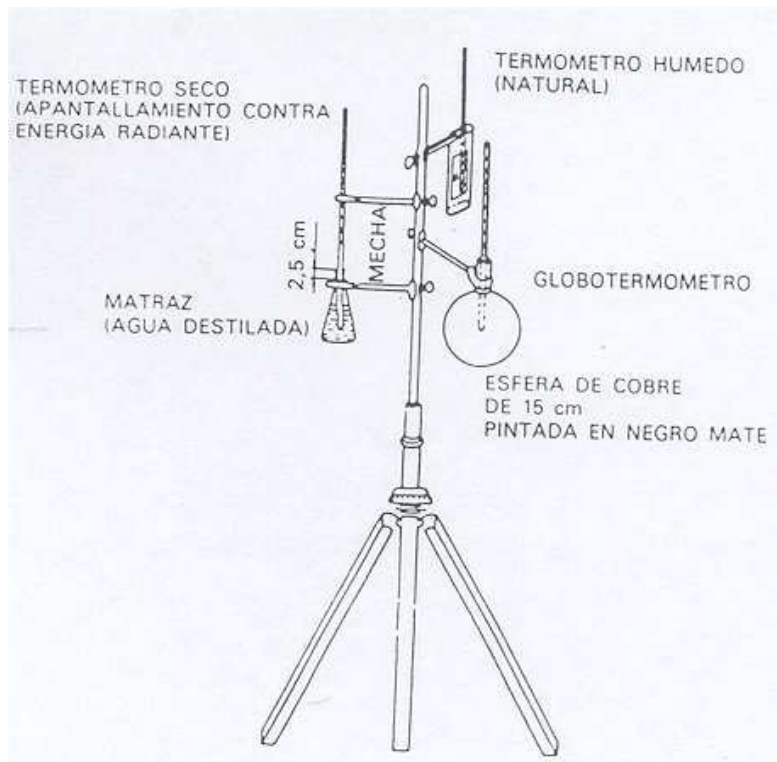


Figura 11.17. Equipo clásico de medición el índice WBGT

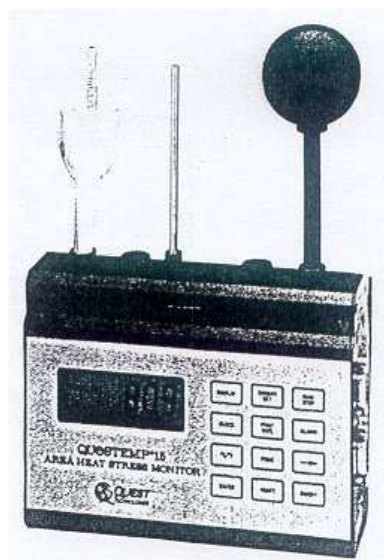


Figura 11.18. Equipo Quest para la determinación de los valores para el índice WBGT

Su funcionamiento radica en que la superficie negro mate se calienta por el calor radiante y por ello calienta el aire que hay en su interior, temperatura que se refleja en el termómetro que tiene el bulbo en contacto con el mencionado aire.

MÉTODOS DE BALANCE TÉRMICO

Estos métodos de aparición más reciente, son más complejos pero mucho más precisos, tratan de tomar todas las variables intervinientes en el balance térmico, mediante el empleo de ecuaciones.

Un método es el de determinar el balance térmico a través de la cantidad de calor eliminado por la evaporación, la cual puede determinarse mediante la siguiente expresión:

$$E = K_2 V_m (P_p - P_a) W$$

En donde:

E = Calor intercambiado por unidad de tiempo
K₂ = Coeficiente dependiente del sistema de unidades utilizado
V = Velocidad del aire
m = Coeficiente que varía de 0,37 a 0,63
P_p = Presión de vapor de agua a la temperatura de la piel
P_a = Presión de vapor del aire
W = Superficie de la piel humedecida por la transpiración

El calor perdido por radiación se determina por:

$$R = F_e \& (T_p^4 - TRM^4)$$

En donde:

R = Calor perdido por radiación
F_e = Factor de emisividad
& = Constante de Boltzman $5,67 \times 10^{-8} \text{ Watt/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4$
T_p = Temperatura de la piel
TRM = Temperatura radiante media

La cantidad de calor intercambiado por el organismo se determina por:

$$C = K_1 V_n (T_p - T_a)$$

En donde:

C = Calor intercambiado en la unidad de tiempo
K₁ = Coeficiente dependiente de la unidad del sistema empleado
V = Velocidad del aire
N = Coeficiente cuyo valor varía entre 0,5 y 0,6 según distintos autores
T_p = Temperatura seca del aire
T_a = Temperatura de la piel

La ecuación simplificada de balance térmico es

$$M - E = R + C$$

Por sustitución se obtiene:

$$M - K_2 V_m (P_p - P_a) W = A \times F_e \& (T_{p4} - T_{RM4}) + K_1 V_n (T_p - T_a)$$

En donde:

A = Área de la piel que interviene en el intercambio térmico por radiación

Podemos decir que como lo manifestaron en 1980 Wensel y Piekarski que hay dos grupos de magnitudes condicionantes térmicas:

1- Magnitudes condicionantes climáticas

a- Temperatura de bulbo seco, T

b- Velocidad del aire, V

c- Presión parcial del vapor de agua en el aire, Pa

d- Temperatura radiante media, (emisividad de los focos radiantes del local Fe, suponiendo que la emisividad de la piel es fija)

2- Magnitudes condicionantes no climáticas (estado y posición del cuerpo)

a- Actividad corporal, producción metabólica, M

b- Resistencia térmica de la vestimenta, posición del cuerpo respecto a los puntos radiantes, A

Dentro de este grupo de métodos está el denominado Índice de transpiración (sudoración) requerida, el cual está indicado en la Norma ISO 7933, determinación analítica e interpretación del estrés térmico basada en el cálculo de la sudoración requerida y consiste en la evaluación de dos clases de parámetros:

- Parámetros físicos relativos al ambiente térmico, como son la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la presión parcial de vapor de agua y velocidad del aire.
- Parámetros característicos de las situaciones de trabajo, como podría ser la carga metabólica de trabajo o el aislamiento térmico de la ropa.

Este método establece la siguiente fórmula:

$$M - W = C_{res} + R_{res} + K + C + R + E + S$$

Donde:

M = Producción metabólica total

W = es la carga metabólica útil

C_{res} = Intercambio de calor por vías respiratorias por convección

R_{res} = Intercambio de calor por vías respiratorias por evaporación

K = intercambio de calor a nivel de piel por conducción

C = intercambio de calor a nivel de piel por convección

R = intercambio de calor a nivel de piel por radiación

E = intercambio de calor a nivel de piel por evaporación

S = acumulación de calor en el cuerpo

Teniendo cada uno de estos términos sus ecuaciones correspondientes para la cuantificación de los mismos. En el caso de desequilibrio térmico, la acumulación de calor tiene un valor límite (máximo), de manera tal que al elevarse la temperatura interna del cuerpo no afecte la salud del hombre, también considera un valor máximo de pérdida de agua del organismo, basándose en el mantenimiento del equilibrio hidromineral, y sobre la base de estos valores límites de exposición, se determina el tiempo máximo de exposición a las condiciones de carga térmica

● ÍNDICE DE Tensión Térmica

Este índice fue propuesto por Belgig entre otros y concretado en la Universidad de Pittsburggh, está basado en el análisis del balance térmico que caracteriza la tensión térmica, en el intervienen los parámetros físicos que regulan los intercambios de calor entre el hombre y el medio ambiente.

El índice de tensión térmica representa la relación entre la cantidad de calor que necesita evaporar por transpiración un hombre sometido a un ambiente con carga térmica determinada y a la cantidad de calor que puede eliminar como máximo en dicho ambiente, es en si el cociente entre la evaporación requerida y la evaporación máxima, indicado en tanto por ciento, calculando el esfuerzo fisiológico se determina por medio de la ecuación siguiente:

$$HSI = \frac{E_{req}}{E_{m\acute{a}x}} \cdot 100$$

En donde:

HSI = Índice de tensión térmica

E_{req} = Calor de evaporación de la tranpinación

E_{máx} = Calor de la máxima capacidad de evaporación en el ambiente laboral

Si:

Evaporación requerida = M + R + C

En donde:

M = Metabolismo total en kcal/hora

R = Energía radiante (balance) en kcal/hora

C = Energía intercambiada por convección en kcalhora

● CONSTITUCIÓN CORPORAL

Las personas obesas debido su relación entre la superficie cutánea y el peso del cuerpo es relativamente baja, dado que la disipación del calor es en función de la superficie y la producción interna del calor, del peso, el hombre corpulento está en desventaja ya que como es evidente la relación entre la superficie y el volumen corporal menor que en el resto de la población

Las personas obesas son las que con mayor frecuencia sufren síncope por calor, que el promedio del resto de la población, debido a que el sistema circulatorio y a la menor proporción de superficie desde la cual se disminuye la carga térmica por evaporación, como se aprecia no tiene participación la capa adiposa subcutánea en la limitación de la disipación del calor, dado que el calor que proviene del interior del cuerpo se transporta por medio de la sangre y no por conducción a través de esta capa.

La ecuación de balance térmico puede expresarse en forma simplificada de la siguiente manera:

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

● EDAD Y APTITUDES FÍSICAS

Cuando se realizan tareas en ambientes calurosos el hombre somete a su sistema cardiovascular a una carga elevada, debido a que se establece la necesidad de aumentar el flujo sanguíneo hacia la piel y hacia los músculos en actividad.

La capacidad cardiovascular disminuye con la edad, por lo tanto también disminuye la capacidad a la tolerancia de la combinación de carga térmica y carga muscular, por otro lado se tiene que las personas de mayor edad poseen más dificultad que los jóvenes en disipar el calor, esto se debe a un retardo en la respuesta a la transpiración y a una menor capacidad de generación de la transpiración, el resultado final es un aumento en la cantidad de calor acumulado durante el tiempo de trabajo y en consecuencia una prolongación en el tiempo de recuperación.

● LOS MÉTODOS FISIOLÓGICOS

Son aquellos que están basados en estudios hechos sobre grandes poblaciones de individuos (colectivos), a partir de datos estadísticos y los cuales utilizan como base para evaluar los problemas termohigrométricos.

Para poder describir estos métodos comenzaremos por mencionar los efectos principales de las temperaturas extremas sobre el hombre, considerando las altas y bajas temperaturas

● EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS

Cuando el calor que el organismo entrega al medio ambiente es menor a la cantidad de calor que este recibe o genera por medio del metabolismo total (considerando el metabolismo basal más el metabolismo correspondiente a la labor que efectúa), el organismo tiende a aumentar su propia temperatura.

Para evitar la hipertermia que esto genera, (aumento de la temperatura corporal), el organismo pone en marcha una serie de mecanismos, de los cuales citaremos:

- Vaso dilatación sanguínea
- Activación de las glándulas sudoríparas
- Aumento de la circulación periférica, (pudiendo llegar hasta 2,6 l/min/m².)
- Modificación electrolítica de la transpiración, (desde la pérdida de ClNa puede llegar hasta 15 g/l.)

Estos mecanismos ya fueron explicados en los puntos 11.2. y 11.3. En la figura 11.19. se puede observar las zonas de termorregulación establecidas por Lehmann.

Las consecuencias de la hipertermia son muchas y variadas dentro de ellas citaremos:

- Trastornos psiconeuróticos
- Trastornos sistémicos
 - Agotamiento por efecto del calor
 - Anhidrosis
 - Deshidratación
 - Desalinización
 - Deficiencia circulatoria
 - Calambres por efecto del calor
 - Golpe de calor (hiperpirexia)
- Trastornos de piel
 - Erupciones

O Quemaduras

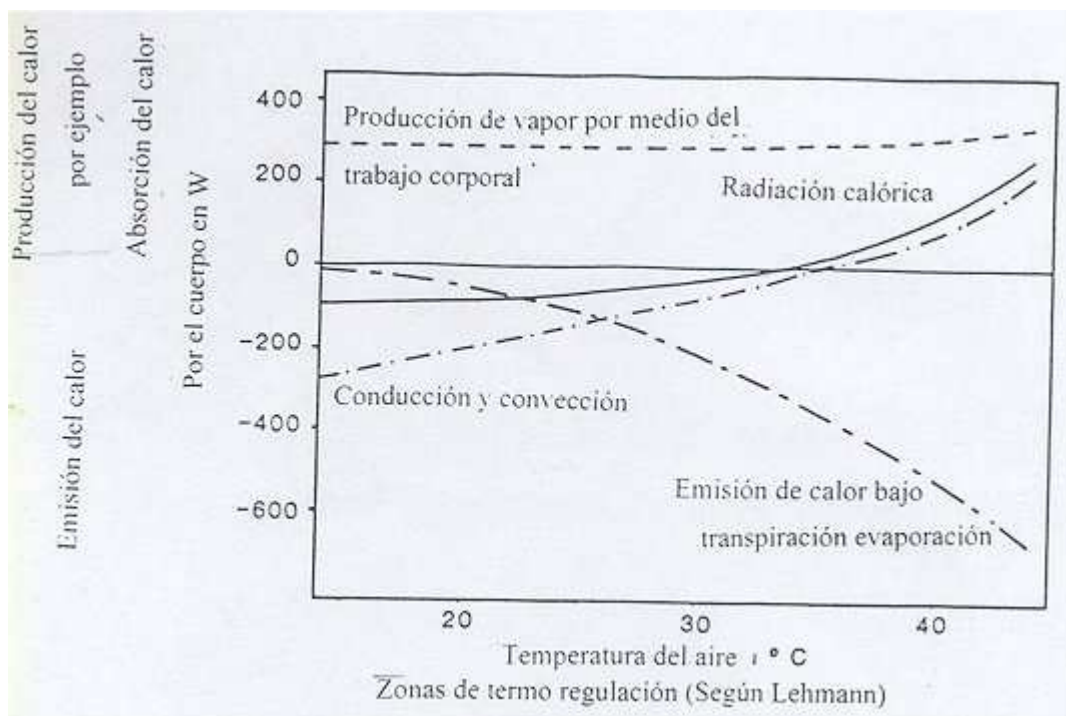


Figura 11.19.

EFFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS

Cuando a la inversa que en el punto anterior el calor entregado por el cuerpo al medio ambiente es mayor que el calor recibido o producido (considerando el metabolismo basal más el metabolismo correspondiente a la labor que se efectúa), el cuerpo se enfría y para evitar la hipotermia (descenso de la temperatura del cuerpo), el organismo pone en funcionamiento una serie de mecanismos de los cuales podemos señalar:

- Vaso-constricción sanguínea, (reducción de la entrega de calor al exterior)
- Desactivación de la transpiración
- Disminución de la circulación sanguínea periférica
- Temblores
- Autofagia de los tejidos grasos almacenados, transformación de los lípidos (grasas) a glúcidos de metabolización directa.
- Arrollamiento o encogimiento (forma de presentar menos superficie (piel) de contacto al medio ambiente)

Al igual que en el caso anterior estos mecanismos fueron detallados en los puntos 11.2. y 11.3.. En la figura 11.20. se presenta el balance térmico del hombre en diferentes condiciones climáticas establecido por Grandjean.

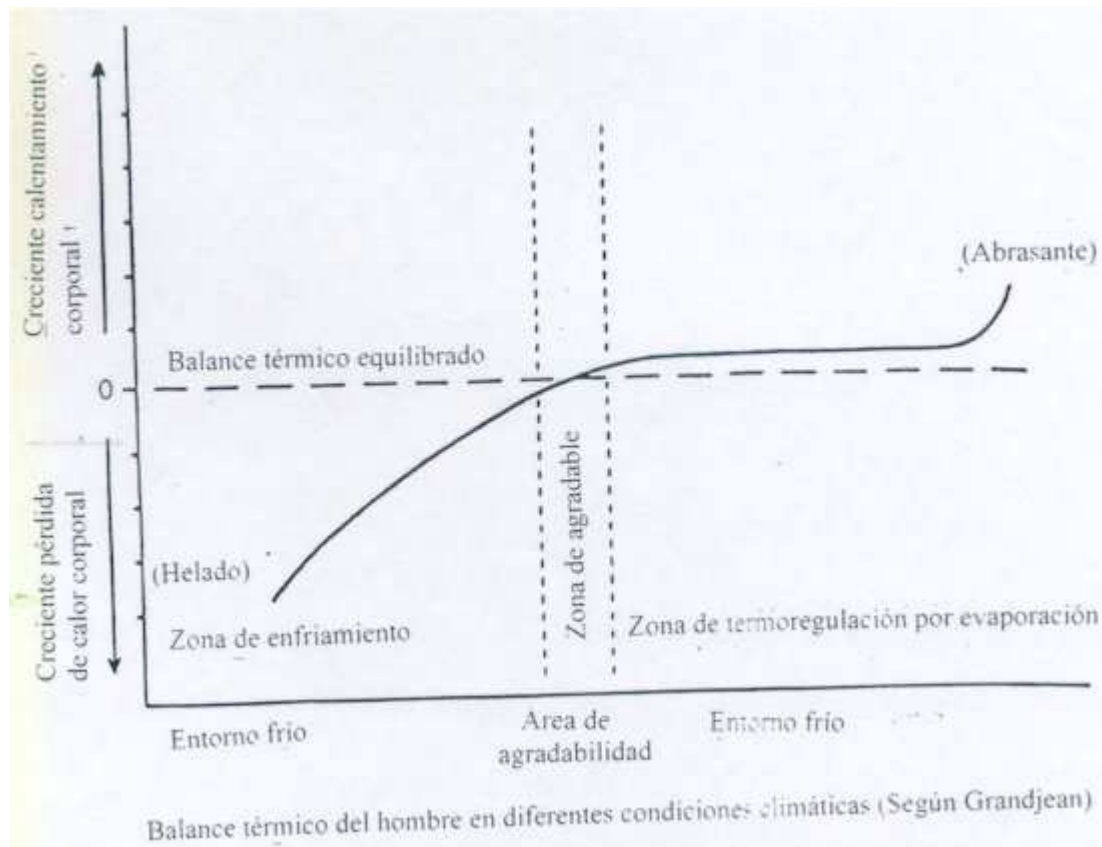


Figura 11.20.

Las consecuencias de hipotermia son muchas y variadas dentro de ellas citaremos:

- Malestar general del cuerpo
- Disminución de la destreza manual
- Anquilosamiento de las articulaciones
- Reducción de la capacidad del tacto
- Comportamiento extraño (extravagante), como consecuencia de hipotermia de la sangre que irriga el cerebro
- Congelamiento de las extremidades
- Cuando la temperatura interior del cuerpo es inferior a los 28 °C aparece el riesgo de muerte por paro cardíaco)

Carga térmica en el trabajo

PROBLEMAS DE CARGA TÉRMICA EN EL TRABAJO

Podemos decir que el problema térmico laboral se clasifica en:

- 1- Calor seco
- 2- Calor húmedo
- 3- Frío

Los factores que hacen que los mecanismos fisiológicos y psicológicos de adaptación del hombre (reacción al calor, hacen comprender el efecto que tienen sobre la salud

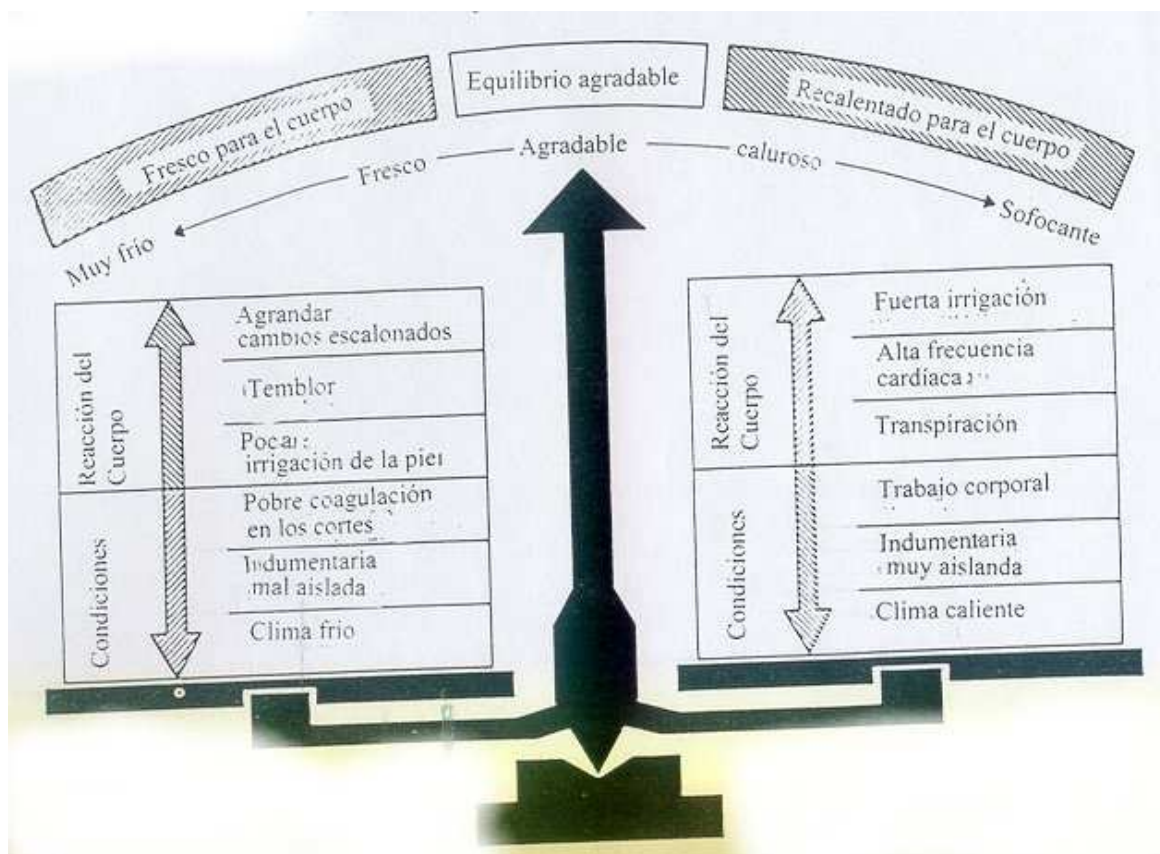


Figura 11.61. Esquema del balance térmico y sus efectos sobre el hombre (Según Langle, 1978)

El calor seco se presenta en las industrias tales como la de fabricación del vidrio, fundiciones, trenes de laminación, etc. donde la carga térmica sobre las personas está incrementada por el calor sensible que escapa de los medios de proceso, en el entorno laboral. Dentro del problema de la carga térmica este tipo de industrias tiene la ventaja que al carecer de humedad el medio ambiente, la capacidad de refrigeración por evaporación del hombre no se ve afectada, (las personas sometidas a estas condiciones su balance térmico está regido por la evaporación de la transpiración).

Pero en cambio en las industrias con procesos de fabricación de calor húmedo, como ser la vulcanización del caucho en base al calor del vapor, planchado en tintorerías, minas profundas, escapes de vapor en zonas

laborales, etc. la humedad ambiente hacen que la evaporación se reduzca, por lo tanto el hombre es incapaz de disipar su calor excedente, producto del metabolismo, incrementado por el calor radiante del medio ambiente.

En el tercer caso de la clasificación tenemos a las empresa de frío estas pueden ser por ejemplo, frigoríficos, industria del pescado, fabricación de hielo, helados, etc., en estos caso el problema es opuesto, no se tiene que disipar el calor del metabolismo, sino que se necesita aporte de calor el cual compense las pérdidas que tiene el hombre por sus mecanismos de disipación.

Desde el punto de vista de las condiciones de confortabilidad térmica el 25 % del calor producido por metabolismo en período de descanso, es transferido desde la superficie de la piel al aire por convección, la mitad es perdido por radiación al entorno y el 25 % restante es cedido por calentamiento del aire inspirado (el calor eliminado por la respiración es del orden del 8 al 10 % del producido por metabolismo, en una persona media, sana y en condiciones normales) y por evaporación de la transpiración de la piel expuesta (desnuda), (unos 20 a 30 gr/h, para una persona media, sana, y en condiciones normales)

Nota:

La máxima velocidad a la cual una persona puede tomar oxígeno durante un tiempo muy breve de gran esfuerzo es del orden de 2,0 a 4.021 l/min

ACTIVIDAD	O ₂ tomado 1 l/min.	Calor producido M (Kcal/ hr)	O ₂ máximo tomado		
			Baja 2,5	Media 3,0	Alta 3,5
			Porcentaje VO ₂ máximo requerido		
Descanso (sentado)	0,3	90	12	10	8,5
Trabajo ligero en una má- quina	0,66	200	26	22	19
Paseando	1,0	300	40	33	28
En forja	1,3	390	52	43	37
Trabajo de pala	1,5 - 2,0	450 - 600	60 - 80	50 - 66	43 - 58
Removiendo chatarra	2,3	700	92	77	66

Figura 11.62. Oxígeno recibido, calor producido y energía relativa en un hombre de 70 Kg. De peso (Srgún M. G. Aubertín "Le travail industriel en ambience chaude, E.N.R.S.,1976)

En la figura 11.62. se dan los consumos de O₂ necesario, el equivalente de calor y el porcentaje de V O₂ máximo para una actividad de baja carga (2,5 l/min), una de carga media (3,0 l/min) y una de carga alta (3,5 l/min)

Nota:

La energía es producida en el cuerpo por medio de una oxidación (denominada combustión), controlada por enzimas, de los hidratos de carbono, grasas y proteínas, transformándolas en dióxido de carbono, vapor de agua y nitrógeno, este proceso es exotérico (emite calor).

El calor producido es el medido cuando las mismas cantidades de alimentos son oxidadas a altas temperaturas fuera del organismo, esto es la llamada calorimetría indirecta, la que establece que el calor producido por el metabolismo puede ser medido por el consumo de oxígeno.

- 1 l de O₂ = 5 Kcal
- El O₂ consumido por un hombre medio, descansando, (de 70 Kg de peso y con una superficie de piel de 1,8 m² de superficie) = 0,3 l/min

- El consumo de $0,3 \text{ l/min} = 1,5 \text{ cal/min} = 90 \text{ /Kca/h}$
- En función del área de superficie de piel 50 Kcal/h m^2 , unidad definida como met, es el valor del metabolismo de una persona sentada y descansando, en un medio ambiente confortable

Por otro lado tenemos autores que expresan su clasificación sobre la base de la tolerancia humana a las condiciones térmicas que les rodean, las cuales también son tres, neutra, compensatoria e intolerable.

Las condiciones neutras, o permisibles o de confort (zona neutra), se da en las situaciones en las cuales el equilibrio térmico esta dado por la tasa de metabolismo y es independiente de l medio ambiente

Las condiciones de compensación (zona de compensación), están dadas por el equilibrio térmico, el que no depende solamente de la tasa metabólica, sino que su mantenimiento es evaluado por el costo en términos fisiológicos compensatorios, esta situación es la ideal en la cuál las personas pueden permanecer en forma continua y períodos prolongados

En cuanto a la intolerancia (zona de intolerancia), como su nombre lo indica el hombre no podrá permanecer en ella mas que un tiempo limitado.

Who estableció algo muy similar donde definió su clasificación según se observa en la figura 11.63.

NORMAS PARA LAS CONDICIONES DE TRABAJO POR TEMPERATURA Y HUMEDAD

En procedimiento para mantener las condiciones atmosféricas en buen estado de confort es denominado acondicionamiento del aire.

El acondicionamiento del aire y climatización, permite establecer las condiciones del medio ambiente optimas en los lugares de trabajo, ya sea mediante la regulación automática de la temperatura y su grado de humedad, como también de su renovación y purificación a través del intercambio con la atmósfera exterior.

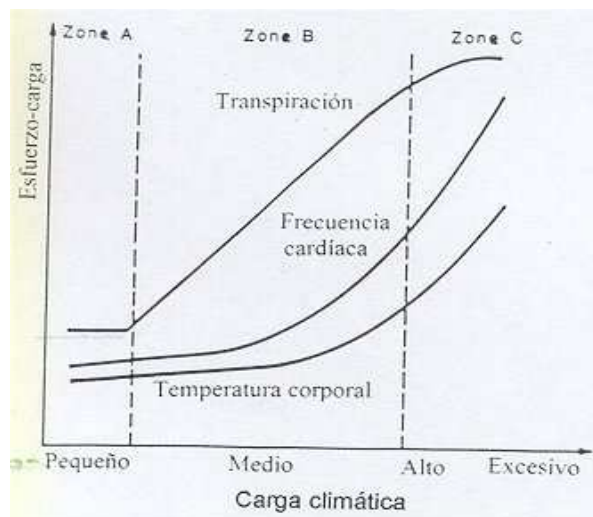


Figura 11.63 Reacción al esfuerzo dependiendo de la carga térmica (Según Who)

Nota:

Casi toda la bibliografía de acondicionamiento del aire toma las mismas variables temperatura humedad, en algunos casos partículas en suspensión pero salvo alguna muy especializada el tema de presión, factor sumamente importante y poco investigado, sobre todo para las pequeñas oscilaciones al nivel del mar que resultan sumamente molesta con el contenido de humedad y temperaturas (costas y climas subtropicales), tampoco se estudió en profundidad, salvo en caso particulares, los efectos de baja presión en los mineros de

alta montaña, donde entra en juego el tema de bajas temperaturas, humedad y grandes oscilaciones de temperaturas, el cual es un problema en la región Andina de nuestro país.

La temperatura ideal para realizar una tarea en particular siempre dependerá del hombre que la lleve a cabo, (su estado físico, su aclimatación su costumbre, etc.)

Cada autor aconseja la temperatura de acorde a su origen, (medio ambiente de su lugar de trabajo o investigación), la mayoría de los datos que se cuentan en el país provienen del hemisferio norte, donde se por ejemplo se da como recomendación para tareas en oficina o trabajos sedentarios la temperatura debe variar entre 16 y 20 °C, mientras que en la actividad fabril entre 12 y 15 °C

En Europa existen indicaciones sobre las temperaturas mínimas aconsejadas para diferentes puestos de trabajo sin dar indicaciones sobre la humedad relativa ambiente. , por ejemplo:

- - para tareas predominantemente de sentado + 19 °C
- - para tareas predominantemente de parado + 17 °C
- - para tareas de gran esfuerzo corporal + 12 °C
- - para: tareas en oficinas + 20 °C
- - para tareas en locales de venta + 19 °C

En épocas estivales los valores antes dados deben ser sobre pasados en función a la mayor temperatura exterior aunque estas fueran salas refrigeradas.

Los valores antes dados difieren con los que da Schmidke, (ver figura 11.64)

Tipo de tarea					Temperatura del aire °C
Sentado	efectuando	una	tarea	intelectual	21
Sentado	haciendo	trabajo	liviano		19
De pie	haciendo	trabajo	liviano		18
De pie	haciendo	trabajo	corporal	pesado	17
Haciendo trabajo corporal muy pesado					15 - 16

Figura 11.64. Recomendaciones de la temperatura de trabajo

En las figuras 11.65. y 11.66. se dan valores correspondientes de límites de soportabilidad que están asociados a la energía consumida por la actividad y el tiempo de trabajo para tareas que se realicen en ambientes húmedos, tema que se tomará más adelante.

Energía total Consumida Kcal/h	Ejemplo	Límite de la temperatura del aire, temperatura Efectiva °C	Temperatura con 50 % de humedad relativa °C
400	Caminando con un peso de 30 kg	26 – 28	30,5 – 33
250	Trabajo medio caminando a 4 km/h	29 – 31	34 - 37
100	Sentado con trabajo liviano	33 – 35	40 - 44

Figura 11.65. Límites razonables de temperatura para trabajos que se realicen diariamente

Temperatura húmeda (°C)	Tiempo de trabajo permitido (min)
30	140
32	90
34	65
36	50
38	39
40	30
42	22

Figura 11.66. Tiempo de trabajo permitido para un medio ambiente húmedo y una trabajo corporal que insume 450 kcal/h (Según Mc Connel y Yaglou)

También la época del año influye en el rendimiento del trabajo como consecuencia de lo benigno o agresivo del clima dado que esto no es lo mismo para la Patagonia que para Formosa, cada lugar tiene una época de mayor confortabilidad que no tiene que coincidir con la de otro. Además hay que agregar que de una actividad a otra también hay influencias como consecuencia de la existencia o no de carga térmica, lo que se combina con el clima si este es o no frío.

El cansancio, que puede bien provenir de efectos climáticos es un elemento que incide en el aumento de los accidentes, según Anderson esto se debe a una tendencia del estado de salud del individuo, debido a la correlación existente con las enfermedades en las vías respiratorias, además encontró una relación con la pérdida de rendimiento debido a las altas temperaturas durante el verano, (de aproximadamente un 3 %, llegando algunas veces al 5 %), en su investigación comprobó la relación de esto con el dormir mal por la temperatura a la noche (superior a 27 °C) y a comida inapropiada, (con exceso de calorías).

Nota:

En casos extremos se recurre para bajar las temperatura a distintos sistemas de refrigeración, (haciendo circular el aire por superficies frías), con hielo,, salmuera o con algún otro refrigerante.

El efecto de las bajas temperaturas también es perturbante, el frío se combate con distintos sistemas de calefacción.

En la figura 11.67. se da a título de referencia una relación entre la temperatura y la velocidad de movimiento del aire sobre la base del tipo de trabajo

R (Kcal/hr m ²)		TRABAJO LIGERO	TRABAJO MODERADO	TRABAJO PESADO
300	Invierno	23 a 25 °C 1 a 3 m/s	20 a 23 °C 2 a 3 m/s	15 a 18 °C 2 a 3 m/s
	Verano	25 a 30 °C 1,6 a 2,5 m/s	22 a 25 °C 2 a 3 m/s	18 a 22 °C 2 a 4 m/s
600	Invierno	23 a 25 °C 2 a 3 m/s	20 a 23 °C 3 a 4 m/s	12 a 15 °C 2,5 a 4 m/s
	Verano	25 a 30 °C 2 a 4 m/s	22 a 25 °C 3 a 4 m/s	18 a 22 °C 3 a 5 m/s
1200	Invierno	18 a 20 °C 2 a 3 m/s	15 a 20 °C 2,5 a 4 m/s	10 a 15 °C 3 a 5 m/s
	Verano	20 a 25 °C 2 a 4 m/s	18 a 25 °C 3 a 5 m/s	15 a 20 °C 4 a 6 m/s
1500 a 1800 y puntos a 2400	Invierno	18 a 20 °C 3 a 4 m/s	15 a 20 °C 4 a 5 m/s	8 a 12 °C 3 a 5 m/s
	Verano	20 a 25 °C 3 a 5 m/s	18 a 22 °C 4 a 5 m/s	15 a 18 °C 5 a 6 m/s

Figura

En la figura 11.68. se agregan más datos sobre recomendaciones de temperaturas en distintos locales

11.67.

Clase de edificio o habitación	Temp. °C	Clase de edificio o habitación	Temp. °C
Cuartos de baño	29	Talleres mecánicos	16-18
Talleres de calderería	10-16	Oficinas	21
Talleres de ropa	21	Talleres de pintura	27
Fábricas (en general)	18	Fábricas de calzado	20-22
Fundiciones	20-16	Fábricas textiles	24-27
Hospitales	22-24	Talleres de carpintería	16-24

Figura 11.68. Temperaturas convenientes en distintos locales (Según The American Society of Mechanical Engineers)

En cuanto a la aclimatación del medio ambiente se recomienda procurar que la diferencia de temperaturas externa e interna no supere los 4 °C, además, según Grandjean para una humedad relativa del 50% deben mantenerse los límites de la siguiente tabla. (Figura 11.69.)

Temperatura exterior °C	20 22 24 26 28 30 32
Temperatura interior °C	20 21 22 23 24,5 26 28

Figura 11.69. Relaciones ideales entre temperaturas externas e internas en verano (según Grandjean, 1969)

Las diferencias de las temperaturas entre las ventanas, ventanales, paredes, etc. y el aire debe ser el menor que sea posible para no perder el calor por radiación, además hay que tener en cuenta que por más que el aire del medio ambiente llegue a ser muy agradable la presencia de ventanas o reas de superficies frías dan una sensación muy desagradable, siendo la diferencia máxima recomendable para guardar el confort en estos casos del orden del + 2 °C.

El disconfort por diferencias térmicas muy marcadas se dan en paredes exteriores mal aisladas, sistemas de calefacción mal balanceados o con deficiente instalación, grandes ventanales, etc.

Grandjean determinó que en un edificio moderno con un 50% de su superficie exterior compuesta por ventanas pierde a través de ellas el 82% del calor y el 18% restante a través de sus paredes, techo y piso. De lo anterior queda perfectamente señalado que toda medida de aislamiento térmica a encarar debe comenzar por las ventanas.

Es aconsejable que la temperatura de las habitaciones calefaccionadas de todo edificio no exceda de los 24 °C pues no se justifica por razones de agradabilidad valores mayores y además no sobrecargar el salto térmico entre el interior y el exterior cuando salgan las personas del edificio, también se recomienda que la velocidad de movimiento del aire en los lugares de trabajo no exceda de 0,1 m/s, también la humedad relativa por razones fisiológicas debe estar acotada entre 40 y 65%. Hay que tener en cuenta que valores menores producen el ressecamiento del ojo y de las vías respiratorias, y valores superiores disminuyen la posibilidad de evaporación de la transpiración, disminuyendo el confort del medio ambiente.

EFECTOS DEL CLIMA

Todo estudio tiene que tener en cuenta que la aclimatación ofrece ventajas tales como:

- Costos de fabricación más bajos
- Mejor calidad del producto
- Protección adicional al material en proceso o almacenado
- Mayor comodidad y eficiencia laboral
- Mejor salud promedio de los trabajadores

Como inicio de la tarea se debe comenzar como es lógico con la recopilación de datos, tales como:

- Medio ambiente de trabajo, tipos de fuentes de calor y su locación
- Extensión en el tiempo de las condiciones de estrés térmico, intermitencia o continuidad, si son ocasionales o repetitivas y el alcance o localización de estas condiciones
- Características de las personas expuestas, sexo, edad, condicione físicas, obesidad, ropa de trabajo, etc.

Para luego actuar sobre las probables medidas de corrección:

- Sistema de evaluación del calor
- Ventilación general
- Ventilación localizada (extracción)
- Acondicionamiento del aire
- Pantallas de fuentes de calor radiante
- Reducir la cantidad de trabajos corporales
- Establecer medidas de alternancia (permitir a los trabajadores cambiar la zona de trabajo en forma preestablecida y de tarea)
- Dar al personal elementos de protección personal
- Cambiar el proceso de trabajo, por otro de distinta tecnología (que no posea carga térmica o esta asea menor
- Etc.

Se debe tener en cuenta en lo estudios la íntima relación existente entre la temperatura y la humedad, (el clima caliente se soporta con más facilidad si la humedad es baja).

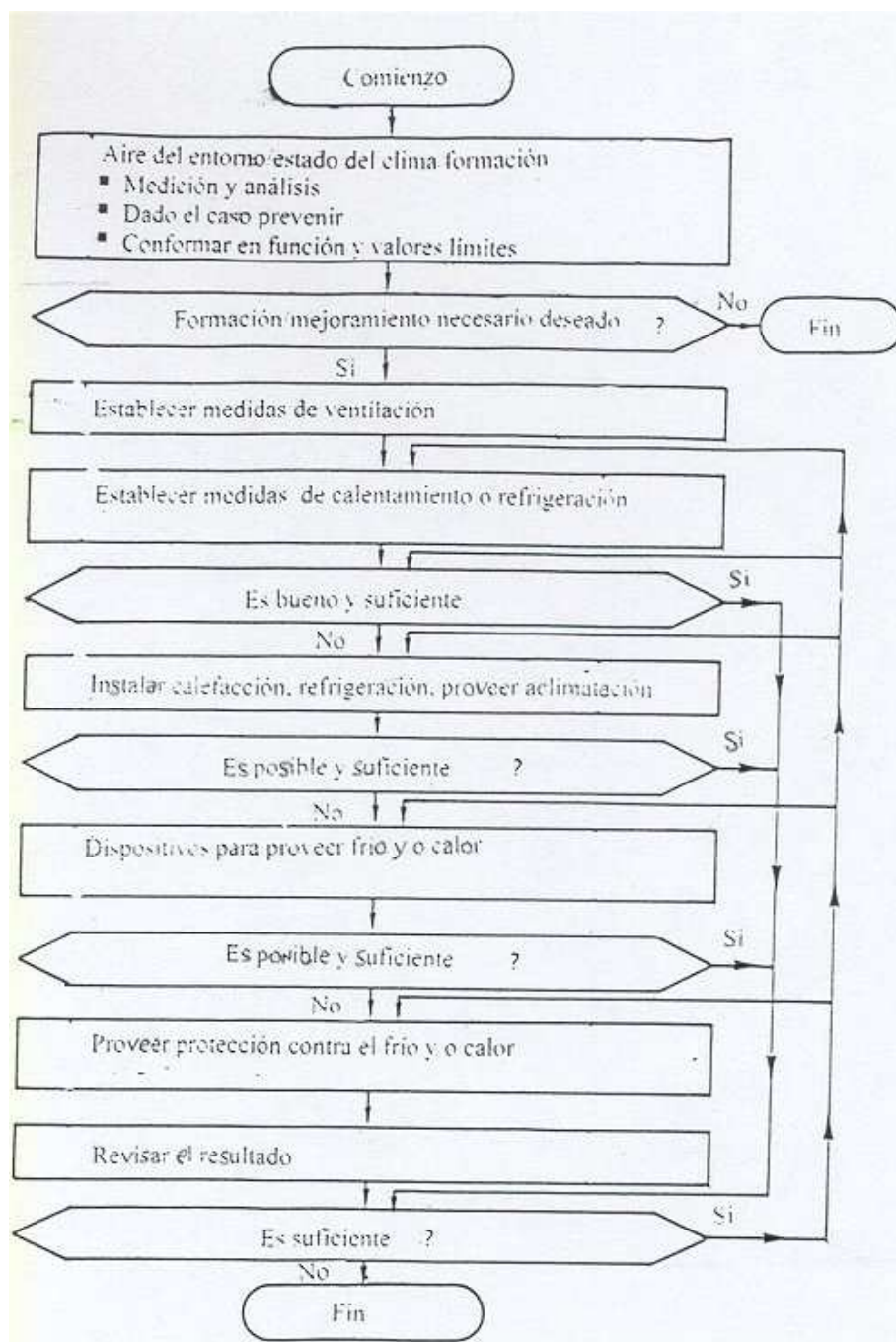


Figura 11.70. Esquema de ejemplo de un diagrama de investigación de un problema con carga térmica (Concepto de ventilación y formación del clima)

Nota:

En los lugares que no es viable por los procesos de fabricación tener un índice de humedad adecuado, como el indicado en el punto anterior, como puede ser en la fabricación de tejidos, es conveniente tener en movimiento el aire a una velocidad superior a la señalada anteriormente, con el fin de lograr un clima más soportable

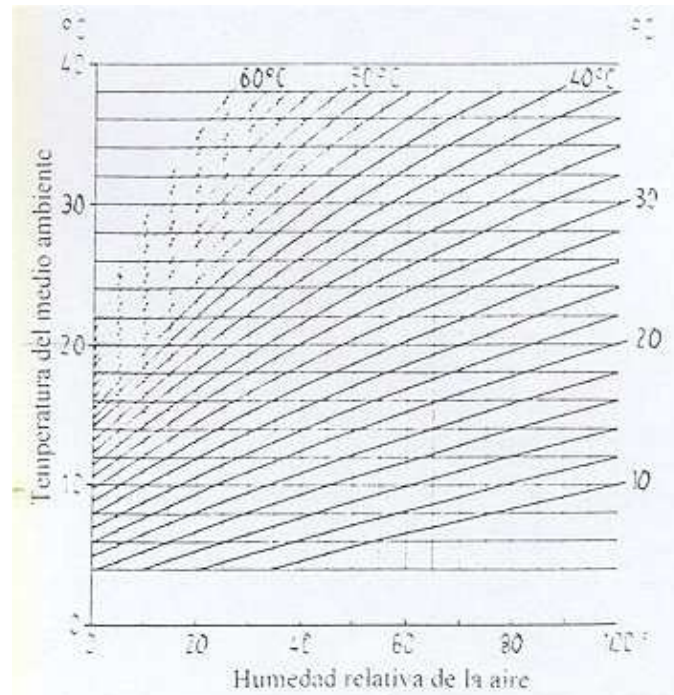


Figura 11.70. Relación entre la humedad relativa y la temperatura del aire

TRABAJO A BAJAS TEMPERATURAS

Las exposiciones al frío intenso de las personas suele ser el resultado de situaciones aleatorias y/o accidentales, las cuales no se pueden evitar. Son considerados ambientes fríos a aquéllos donde al balance térmico determinado sobre la base de los intercambios de calor por convección y radiación son negativos.

El organismo humano tiene varios medios para contrarrestar el efecto de las bajas temperaturas, estos los podemos dividir en:

- Reacciones térmicas
- Reacciones del sistema circulatorio
- Reacciones metabólicas

Reacciones térmicas:

Como ya mencionamos la variación de la temperatura de la superficie de la piel es una de las reacciones, en la que juega un importante papel la temperatura del medio ambiente y la velocidad de desplazamiento del aire, (ver figuras 11.71. y 11.72).

Reacciones del sistema circulatorio:

También como ya se mencionó la exposición a las bajas temperaturas produce una disminución de la frecuencia cardíaca, Leblanc en 1975 determinó que exposición a las bajas temperaturas, de la cara, lleva a una disminución del ritmo cardíaco, con un aumento de las presiones sistólicas, las que pueden llegar de 20 a 40 Tor, siendo las variaciones de la frecuencia cardíaca proporcionales a las variaciones de la temperatura de la superficie de la cara, (ver figura 11.73.).

Figura 11.71.

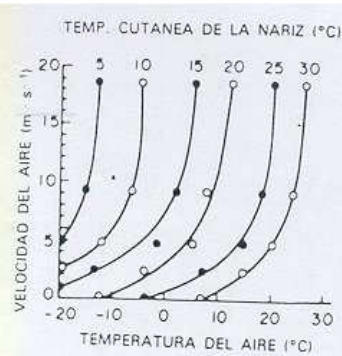


Figura 11.72.

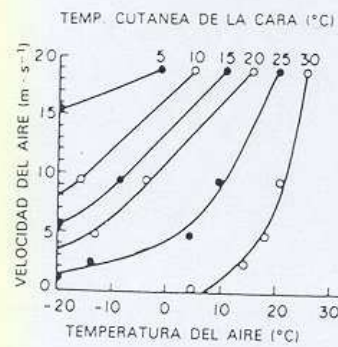
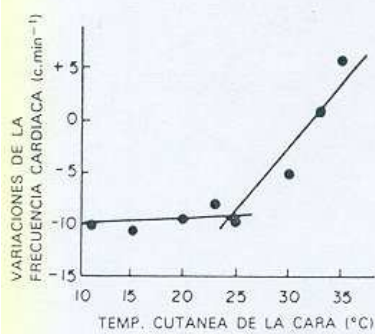


Figura 11.73.



Reacciones metabólicas:

En el caso que la protección que posea la persona contra el frío sea insuficiente, el consumo de energía aumenta, (aumento del metabolismo para compensar las pérdidas de calor).

Como el consumo de energía en este caso se produce por un aumento del consumo metabólico de los músculos esqueléticos, manifestando en primer lugar un aumento del vigor y luego surgen escalofríos (tiritona), ver figura 11.74.).

Temperat. del núcleo		Síntomas clínicos
°C	°F	
37,6	99,6	Temperatura rectal «normal»
37	98,6	Temperatura oral «normal»
36	96,8	La intensidad del metabolismo aumenta en un intento de compensar la pérdida de calor
35	95,0	Tiritones de intensidad máxima
34	93,2	La víctima se encuentra consciente y responde; tiene la presión arterial normal
33	91,4	Fuerte hipotermia por debajo de esta temperatura
32	89,6	Consciencia disminuida; la tensión arterial se hace difícil de determinar; las pupilas están dilatadas, aunque reaccionan a la luz; se deja de tiritar
31	87,8	
30	86,0	Pérdida progresiva de la consciencia; aumenta la rigidez muscular; resulta difícil determinar el pulso y la presión arterial; disminuye la frecuencia respiratoria
29	84,2	
28	82,4	Posible fibrilación ventricular con irritabilidad miocárdica
27	80,6	Cesa el movimiento voluntario; las pupilas no reaccionan a la luz; ausencia de reflejos tendinosos profundos y superficiales
26	78,8	La víctima está consciente en pocos momentos
25	77,0	Se puede producir fibrilación ventricular espontáneamente
24	75,2	Edema pulmonar
22	71,6	Riesgo máximo de fibrilación ventricular
21	69,8	
20	68,0	Parada cardíaca
18	64,4	Situación más baja de hipotermia accidental de la que la víctima se ha recuperado
17	62,6	Electroencefalograma isoelectrico
9	48,2	Situación más baja de hipotermia provocada de la que el paciente se ha recuperado

Figura 11.74. Situaciones clínicas progresivas de hipotermia (Según American Family Phisician, 1982)

Síntomas en el hombre:

El primer síntoma que aparece a modo de advertencia para quién se exponga (como reacción del cuerpo) ante el estrés de frío, es la sensación de dolor en las extremidades, pero el problema más grave es el descenso de la temperatura corporal interna, considerando como límite aceptable de descenso de la temperatura interna de 36 °C, dado que a partir de este punto comienzan a aparecer efectos en forma gradual que van desde una reducción de la actividad mental (disminución de la capacidad de toma de decisiones), hasta la pérdida del conocimiento con el riesgo de muerte que ello representa.

Como se estableció antes la temperatura rectal normal de una persona es de 37,6 °C, ante la exposición a aire frío o inmersión en agua fría, surgen una serie de reacciones en cadena que comienzan con la pérdida de calor, dado que el producido por el cuerpo es inferior a la pérdida, cuando la pérdida llega a 36 °C, se produce un incremento del metabolismo interno Como se mencionó), ante la necesidad de recuperar el calor perdido (búsqueda del equilibrio térmico), dado el caso que la exposición al frío continúe, la persona comenzará experimentar manifestaciones clínicas en forma progresivas de la hipotermia, en la siguiente secuencia:

- Aparición de temblores de máxima intensidad cuando la temperatura corporal interna se aproxima a 35 °C.
- Fuerte hipotermia por debajo de 33 °C.
- Con una temperatura menor a 30 °C se comienza a producir una pérdida progresiva de la consciencia.
- El límite de la supervivencia se estima en los 24 °C
- Riesgo de paro cardíaco a una temperatura interna de 22 °C.

En ambientes cerrados con bajas temperaturas, el organismo se torna sensible, la sensación de frío está dada por la temperatura del aire, la velocidad de desplazamiento del mismo y en una medida menor la humedad relativa ambiente, la imposibilidad de no poder influir sobre estos factores, obliga a utilizar ropa de abrigo (para dar confort y evitar enfermedades), la que siempre acarea incomodidad en los movimientos.

Los daños a la salud que puede generar el frío son:

- Enfriamientos
- Congelamientos
- Quemaduras por frío
- Disminución de la capacidad de concentración y reacción

En el caso de tareas de tipo técnico-informativo o informativo-mental, las bajas temperaturas llevan a una disminución de la capacidad de concentración de los individuos como también de la pérdida de reacción, tendencia a aumentar los errores; también se pierde destreza en los movimientos de los dedos, disminuyendo la velocidad de trabajo, esto se ve en las tareas de tipeo.

Como causa del frío disminuye más la habilidad (destreza) en los dedos, que en el resto del cuerpo

La vestimenta adecuada puede con pocas las efectos del frío pero bajo ciertas circunstancias puede resultar molesta

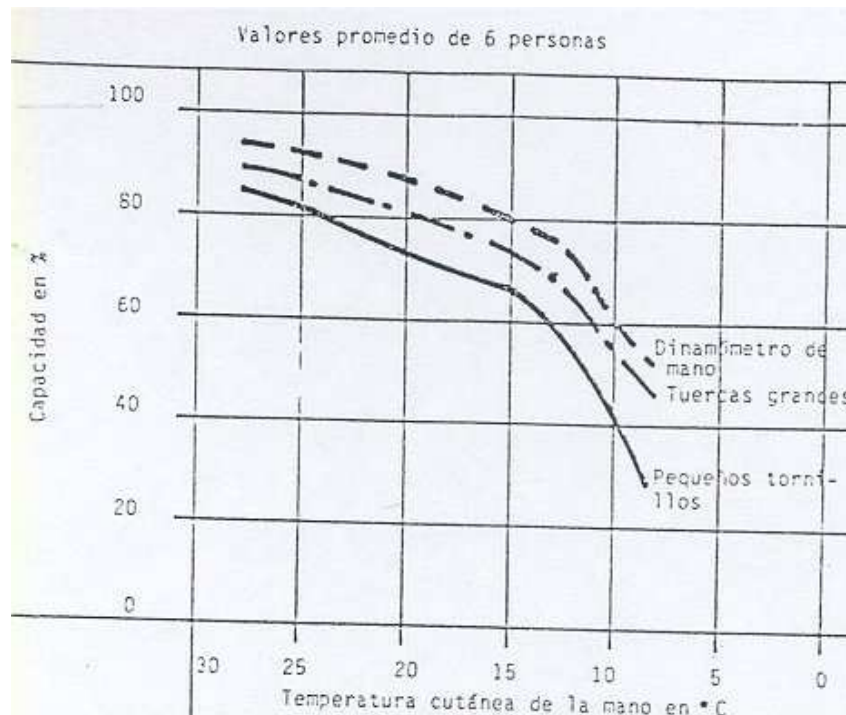


Figura 11.75. Disminución de la habilidad manual por acción del frío (Según Wenzel, Piekarski en 1980)

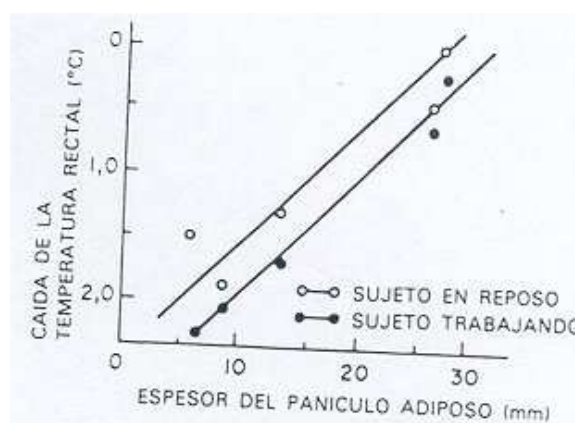
Como consecuencias de las bajas temperaturas, aunque esta no lleguen a 5°C, el hombre pierde su sensibilidad en las manos como consecuencia de la disminución de temperatura de los dedos, esto se puede apreciar en el trabajo de Wenzel y Piekarski, (ver figura 11.75.).

Medidas correctivas para situaciones de bajas temperaturas

Antes que tomar cualquier medida se debe considerar el control sobre las funciones fisiológicas, el cual consiste en considerar las características de la persona expuesta, su grado de aclimatación al frío y adaptación a él

El intercambio de calor se efectúa en forma proporcional a la superficie de la piel (fundamentalmente en las extremidades), por lo tanto la relación superficie/peso es un factor de suma importancia, una persona delgada y alta tiene que recibir más calor que una persona baja y gruesa para mantener la homeotermia.

Otro factor de importancia es la grasa subcutánea, dado que la conductibilidad térmica de la capa de grasa es menor que la de los músculos, en consecuencia la pérdida de calor a través de la piel es menor cuanto mayor es el espesor de la capa de grasa subcutánea.



Ya en el punto 11.2. hablamos de aclimatación y también en el punto 11.3. pero lo hicimos mencionando las altas temperaturas más que las bajas, podemos decir que en las bajas temperaturas la aclimatación del cuerpo se presenta en la reducción de los escalofríos y un aumento de la presión arterial.

En los trabajos que se requiera destreza manual, se deben tomar medidas cuando la exposición exceda los 25 minutos en ambientes con temperaturas inferiores a los 15 °C, con el objetivo de mantener las manos calientes, para ello siempre que no se realicen tareas a la intemperie, se pueden colocar equipos de calefacción (aire caliente, calor radiante, etc.), o por medio de la utilización de guantes adecuados, (si estos no interfieren con la destreza requerida por la tarea, los mandos de las máquinas y/o equipos, las herramientas, etc.)

Es importante diseñar los mandos y controles manuales, en los puestos de trabajo a bajas temperaturas, de manera tal que puedan ser operados con guantes y el mismo criterio emplearlo en la elección y compra de las herramientas de uso manual

TEMPERATURA DEL AIRE CIELO DESPEJADO		SIN VIENTO APRECIABLE		VIENTO DE 5 MILLAS POR HORA		VIENTO DE 10 MILLAS POR HORA		VIENTO DE 15 MILLAS POR HORA		VIENTO DE 20 MILLAS POR HORA	
°C (aprox.)	°F	Periodo de trabajo máx.	N.° de interr.	Periodo de trabajo máx.	N.° de interr.	Periodo de trabajo máx.	N.° de interr.	Periodo de trabajo máx.	N.° de interr.	Periodo de trabajo máx.	N.° de interr.
1 De -26 a -28°	De -15 a -19°	(Interrup. normales)	1	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
2 De -29 a -31°	De -20 a -24°	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
3 De -32 a -34°	De -25 a -29°	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar	
4 De -35 a -37°	De -30 a -34°	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	3	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar			
5 De -38 a -39°	De -35 a -39°	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar		↓		↓	
6 De -40 a -42°	De -40 a -44°	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar							
7 -43° y menos	-45° y menos	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar		↓		↓		↓		↓	

Figura 11.77. Valores TVL. Cuadro de trabajo/ calentamiento para un turno de trabajo de cuatro horas

En zonas de trabajo a la intemperie es bueno considerar la posibilidad de refugios para el caso de imprevistos cambios climáticos y/o accidentes, o para que los trabajadores puedan usarlos como reguladores para exposiciones de gran intensidad.

Los tiempos de descanso se efectuarán en intervalos regulares o cuando aparezcan signos de cansancio excesivo, somnolencia, irritabilidad, euforia o signos de congelamiento.

La ropa cuando se humedezca debe ser cambiada en forma inmediata y nunca ir a realizar la tarea con la ropa interior húmeda, dentro de este criterio es importante por lo tanto que el ritmo de trabajo no llegue a ser tan intenso que provoque la transpiración y con ello que la ropa se moje.

El suministro de ropa adecuada debe ser acompañado de una buena capacitación del correcto uso de la ropa de protección y de medidas de prevención:

- Procedimientos para recuperar calor.
- Conocimiento de primeros auxilios fundamentalmente con las medidas de acción en el caso de enfriamiento o cualquier otro problema causado por el frío
- Reconocimiento de los primeros síntomas de congelamiento
- Reconocimiento de los síntomas de hipotermia
- Uso adecuado de ropa de trabajo o prendas de protección para el medio donde se realizarán las actividades laborales
- Perfecta información del régimen de comidas adecuadas como en de bebidas

Siempre que fuera posible se modificará el ciclo de trabajo estableciendo pautas adecuadas de trabajo - calentamiento, medidas de protección colectiva, (nunca deberá en condiciones extremas trabajar una persona sola siempre será acompañada por otra de apoyo y auxilio ante cualquier eventualidad

En caso que sea posible la zona de trabajo será apantallada, para disminuir la velocidad del aire

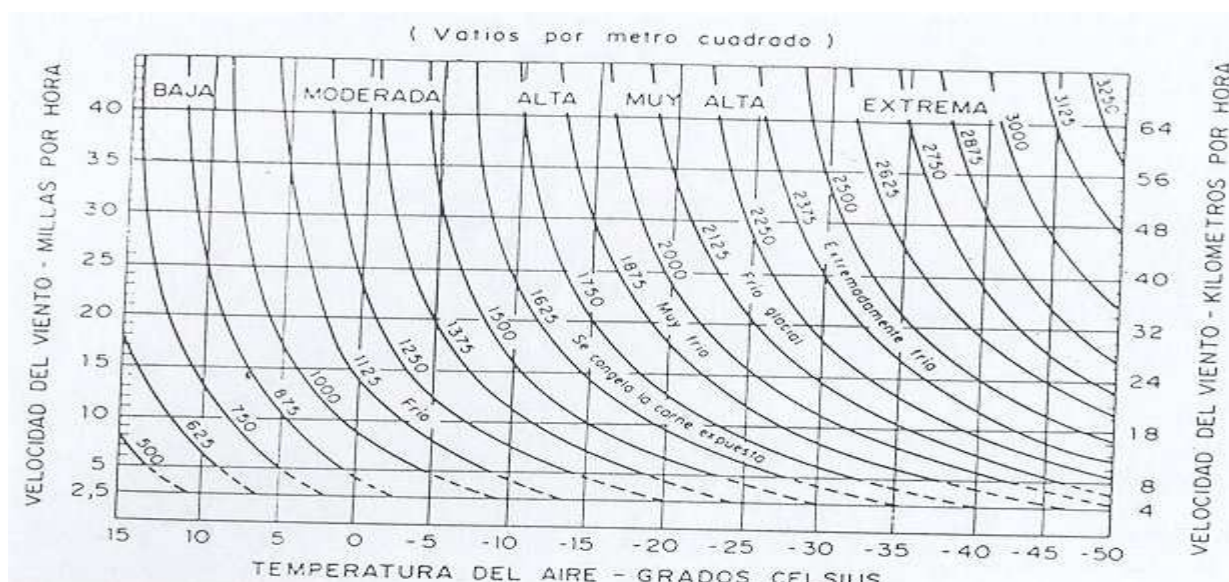


Figura 11.78. Indices de enfriamiento por efecto del viento: Adaptación a trabajos realizados por el Ministerio del Medio Ambiente, Servicio del Medio Ambiente Atmosférico de Canada

Velocidades de enfriamiento por el viento Wattios/m ² /h	Comentarios/efectos
700	Condiciones consideradas confortables cuando se está vestido para esquiar
1.200	Condiciones que ya no resultan agradables para actividades en el exterior en días nublados
1.400	Condiciones que ya no resultan agradables para actividades en el exterior en días soleados
1.600	Para la mayoría de la gente, comienza la congelación de la piel al descubierto, según el grado de actividad y el sol que haya
2.300	Se hacen peligrosas las condiciones para viajar a la intemperie como, por ejemplo, caminando. Las áreas expuestas de la cara se congelan en menos de 1 minuto, por término medio, para la persona humana
2.700	El cuerpo expuesto se congelará en medio minuto por término medio para la persona humana

Figura 11.79. Velocidades de enfriamiento por efecto del viento Ministerio del Medio Ambiente, Servicio del Medio Ambiente Atmosférico de Canadá