

Carga térmica

Lic. Profr. José Luis Melo

Capítulo 1 EFECTOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE EL HOMBRE

1. INTRODUCCIÓN

El calor es una forma de energía, la cual se debe a la agitación molecular.

Las condiciones del medio ambiente y las atmosféricas (clima) influyen sobre el individuo, Nadie puede negar los efectos de la temperatura sobre el hombre, a ésta se le agregan otros factores, tales como la humedad y el viento, los cuales en conjunto forman el confort del medio ambiente, es decir lo agradable del clima, este será nuestro objetivo en el desarrollo del capítulo, (que el hombre pese al frío o calor siempre se encuentre dentro de las condiciones de confort).

Nota:

Un elemento importante en el confort térmico es la presión atmosférica, lamentablemente hay muy pocos estudios al respecto

Comenzaremos como siempre lo hacemos, pensado en el hombre como un animal de sangre caliente que necesita mantener la temperatura de sus órganos centrales (vitales), dentro de ciertos márgenes, debido a problemas netamente metabólicos de los cuales depende la vida del individuo, su capacidad de reacción, su desarrollo normal, y rendimiento laboral.

También se tiene que tener en cuenta que como consecuencia de las altas o bajas temperaturas el hombre no sólo está frente al riesgo de enfermedades, sino también al de accidentes por cansancio prematuro o efectos directos de la situación corporal y también de una sensible pérdida de la calidad del trabajo

2. SIGNIFICADO DEL METABOLISMO CALÓRICO – AUTOCONTROL TÉRMICO (termo regulación)

La temperatura central del hombre es aproximadamente de 36,8°C y puede desviarse algo de dicho valor, salvo que a bajas o altas temperaturas (extremas) o por algún tipo de enfermedad llegue a ser la causa de esas variaciones, ya que el aumento de la temperatura en más de 1,5°C produce en el promedio de los hombres un almacenamiento de calor de 335 KJ, (éste puede llegar a ser causante del efecto denominado golpe de calor)

Si la temperatura corporal llega a descender por debajo de los 35°C, se está en presencia de *hipotermia*, llegando a situaciones críticas e incluso mortales cuando ésta se encuentra entre los 27 y 23°C, en forma opuesta nos encontramos que cuando la temperatura asciende por encima de los 40,6°C, se llega al estado denominado *hisotermia*, con falta de transpiración se llega también al riesgo de muerte cuando la temperatura interna (rectal) se encuentra entre 41,7 y 43,3°C

Sólo en los músculos, de los miembros y especialmente en la piel se permiten grandes fluctuaciones de la temperatura, así por ejemplo, los músculos pueden llegar a tener una temperatura superior en varios grados a 36,8° C, cuando realiza tareas muy intensas sin manifestar problemas y la piel puede llegar también a tener una temperatura mucho más baja que los 35° C debido a un gran frío ambiental.

Dado que todo proceso metabólico del cuerpo está asociado a la formación de energía calórica y para poder contrarrestar los desequilibrios que le pueden llegar a provocar problemas, el organismo cuenta con un mecanismo de regulación del calor (termorregulación) muy complejo para mantener la temperatura interna dentro de unos intervalos muy estrechos, compensando las pérdidas y ganancias de calor. Es así que una actividad en posición de sentado genera aproximadamente 400 KJ/hora y de ésta, sólo una pequeña cantidad es necesaria para mantener la temperatura del cuerpo. En general el sistema circulatorio es el responsable de **la función disipadora a través de la sangre, la cuál toma el calor interior del cuerpo y lo transporta a las zonas periféricas del mismo. Esta tarea se denomina termo regulación** del aparato circulatorio, según algunos autores esta función es más importante para el cuerpo que el llevar la sangre a los músculos.

En la **figura 1.** se presenta un esquema del sistema de control del calor del cuerpo, en éste se observa que el centro de control se halla en la cabeza, más precisamente en el hipotálamo, por ello cuando se produce un desequilibrio en el balance térmico, el hipotálamo genera una señal que provoca la puesta en marcha de diferentes mecanismos que contrarresten el efecto desequilibrante térmico. Cabe hacer notar que el sistema genera calor independientemente que el hombre esté despierto, realizando alguna tarea o durmiendo

La parte anterior del hipotálamo actúa como termostato, mientras que la parte posterior como regulador

Cuando se produce el desequilibrio térmico, debido a cualquier causa de sobrecarga térmica, (laboral, o climática), el organismo cuenta con dos mecanismos:

- Se incrementa el flujo sanguíneo periférico con el objeto de llevar el calor acumulado en los órganos profundos hasta la piel, (los vasos sanguíneos se expanden con el fin de distribuir el flujo incrementado, se utilizan los capilares debajo de la primera capa de la piel), mediante el aumento de la frecuencia cardíaca, y desde la piel como será visto en el punto 2. (intercambio de calor entre el cuerpo y el medio ambiente), (ver **figura 1**), en conducción, radiación, y convección, (ver **figura 2.**), (sobre todo en ambientes húmedos como se estudiará más adelante, por lo cual no debe someterse a una persona a realizar tareas con carga muscular dinámica durante largo tiempo en condiciones climáticas severas (temperatura y humedad).

Esto denota que las actividades en ambientes calientes representan una carga adicional para el sistema cardiovascular

- Por otra parte, una vez que el calor se transporta a la piel, incrementando la actividad de las glándulas sudoríparas se elimina mediante la evaporación de la transpiración, como será visto en el punto 3. (intercambio de calor entre el cuerpo y el medio ambiente), (ver **figura 1.**).

Nota:

En casos de deshidratación, el volumen de la sangre disminuye y la persona no puede liberarse de la carga de calor lo suficientemente rápido.

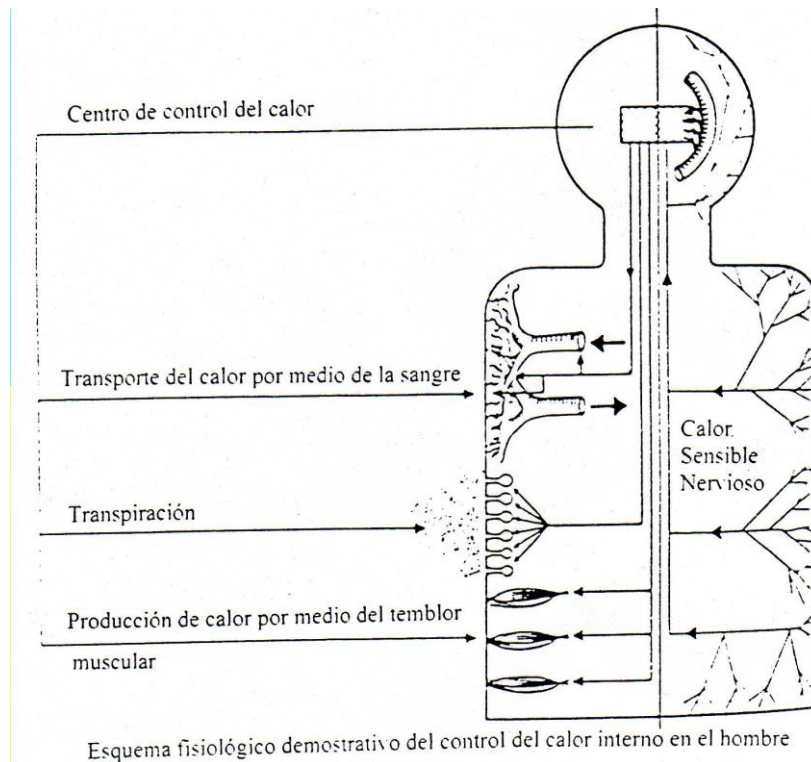


Figura 1.

Cuando el corazón bombea sangre a la superficie de la piel para efectuar la termoregulación, se disminuye el caudal de sangre en los órganos principales

Cuando la temperatura ambiental es próxima a la temperatura normal de la piel, el organismo demora más en enfriarse, el corazón continúa bombeando la sangre hacia la superficie de la piel, pero la liberación de la transpiración a través de las glándulas sudoríparas es la única forma efectiva de mantener la temperatura del cuerpo regulada

En el caso de una combinación de temperatura con humedad se presenta un problema, porque la humedad limita la evaporación, y el cuerpo no se enfría, en este caso, el corazón continúa bombeando la sangre a la piel provocando la disminución de caudal en los órganos principales y músculos, y en el caso que la temperatura rectal llegue a los 40.6°C el cuerpo no responde y la persona sufre el llamado golpe de calor.

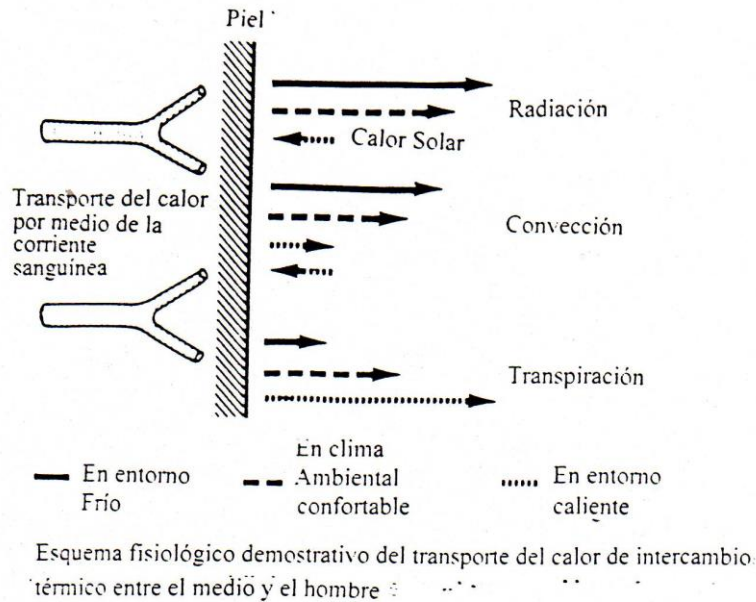


Figura 2.

Además de la posibilidad de trasladar el calor metabólico hacia la periferia, tiene otras alternativas de termo regulación para hacer frente a grandes oscilaciones de la temperatura interna, como puede ser aumentar la generación de calor ante bajas temperaturas provocando temblores musculares.

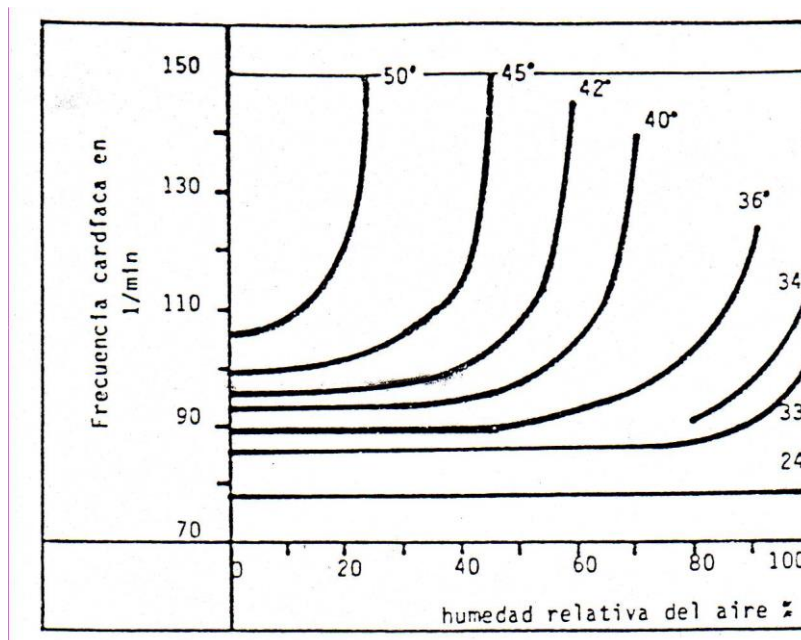


Figura 3. Frecuencia cardíaca de una persona vestida con ropa ligera que efectúa trabajo muscular en distintas condiciones climáticas (Según Wenzel, Piekarski, 1980)

En la **figura 3.** se puede apreciar lo siguiente:

- Una persona realizando tareas a una temperatura de 24° C no varía su ritmo cardíaco independientemente del porcentaje de humedad reinante en el medio ambiente
- Realizando tareas a 33° C y variando la humedad relativa del aire, se observa en primera instancia que el hombre en vez de tener un ritmo cardíaco de 78 pulsaciones por minuto tiene 86, y a partir del 80 % de humedad relativa, un incremento del ritmo cardíaco que a medida que aumenta dicho porcentaje también se incrementa la frecuencia cardíaca, hasta llegar a 101 pulsaciones al 100 % de humedad relativa.
- Al hacer la experiencia a 34° C se produce algo similar, el ritmo cardíaco inicial es de 88 pulsaciones hasta llegar al 75 % de humedad relativa donde el ritmo comienza a incrementarse hasta 113 pulsaciones al llegar a 100 % de humedad relativa.
- Ya al repetir la experiencia a 36° C, el ritmo cardíaco inicial es de 89 pulsaciones y el inicio del incremento se efectúa a 45 % de humedad relativa viéndose claramente el incremento en forma exponencial y al llegar a una humedad del 90 % el ritmo cardíaco trepó a las 115 pulsaciones
- Ya a 40° C, la persona tiene inicialmente 93 pulsaciones por minuto y se ve que el punto de inflexión se aparece a los 23 ° C y a 64 % de humedad el ritmo cardíaco es de 140 pulsaciones
- Siguiendo la prueba se puede observar que los incrementos cada vez son mayores hasta que a 50° C y 0 % de humedad relativa las pulsaciones son 116, el incremento del ritmo cardíaco es inmediato, y pasando el 20 % de humedad las pulsaciones por minuto llegan a 150, lo que hace imposible trabajar o mantenerse en el lugar por riesgo de muerte

Las conclusiones son simples:

- La humedad en combinación con la temperatura debe ser controladas, dado que según la relación entre ellas pueden acarrear riesgos para la salud y en casos extremos para la vida
- Se debe tratar de evitar trabajar a temperaturas altas por que en ellas el ritmo cardíaco es elevado
- Se debe tratar de evitar trabajar con alto porcentaje de humedad relativa, sobre todo a partir de 30° C

Nota:

Parámetro	Símbolo	Unidad	Relación /observación
Temperatura del aire	t _a	°C Grado Celsius	
Temperatura de bulbo seco	t _s	°C Grado Celsius	
Temperatura de bulbo húmedo	t _h	°C Grado Celsius	
Humedad relativa	x	%	Grado de saturación del aire con Vapor de agua
Velocidad del aire	v	m/s (metros por Segundo)	
Temperatura normal efectiva	NET	°C Grados Celsius	Combinación de temperatura del aire de bulbo seco, del bulbo húmedo, velocidad del aire y sensación del hombre

Figura 4. Para facilitar los estudios definiremos previamente las unidades con las cuales se trabajará

ACLIMATACIÓN

En contraposición con la adaptación a corto plazo, están las reacciones del cuerpo a largo plazo, las cuales se denominan aclimatación. **La aclimatación tiene la finalidad de hacer más soportable una carga climática dada y que también sea percibida subjetivamente menor.**

Una persona no aclimatada que se expone a ambientes con sobrecarga térmica, experimenta una elevación de la temperatura interna (rectal), un aumento de la frecuencia cardíaca, molestias y sensación de angustia, la cual se compensa en los días sucesivos por efecto de un ajuste fisiológico de adaptación al medio. Los primeros ajustes fisiológicos comienzan a producirse en la primera semana de exposición, pero el tiempo de aclimatación dura de dos a tres semanas de trabajo, en un medio ambiente de alta temperatura conduciendo generalmente a:

- Elevar la generación de transpiración, (una persona aclimatada tiene mayor transpiración)
- Disminuir la elevación de la temperatura cutánea
- Mejorar progresivamente la circulación sanguínea en los órganos centrales, (disminuir el incremento de la temperatura interna del cuerpo)
- Disminuir el contenido de sales en la transpiración, (el hombre aclimatado tiene la transpiración más diluida, en cuanto a concentración iónica se refiere)
- Disminuir el ritmo cardíaco y la circulación sanguínea

Nota:

Una persona aclimatada a temperaturas elevadas mejora en forma progresiva la circulación central del cuerpo, por lo que el calor es llevado a la piel, lo que genera un aumento de la generación de transpiración y modifica la composición de la misma al disminuir la concentración iónica.

El estado de aclimatación no es estable, si se deja de trabajar en un ambiente de alta temperatura, donde se llevó a cabo durante un período de aclimatación, en pocos días comienza a repetirse el proceso, por ello es muy importante tener en cuenta que los días de descanso no deben acumularse de tal manera que a su regreso les resulte difícil retomar la tarea. Después de tres semanas de haber abandonado el trabajo a altas temperaturas se alcanzan otra vez los valores promedio de las personas no aclimatadas. Lo mismo ocurre en el caso de tareas a bajas temperaturas.

Esto se puede apreciar en los cambios climáticos por ejemplo en Buenos Aires, al llegar el fin del año se produce una ola de calor, es la irrupción de una masa de aire caliente y seco que proviene del norte (Brasil), las personas se encuentran hasta entonces aclimatadas a temperaturas del orden de los 30 - 28 °C pasando en un par de días a temperaturas del orden de los 33 – 35 °C sin descender más de los 27 °C lo que hace muy agobiantes las jornadas en las fiestas de Navidad y Fin de Año, hasta que generalmente llega una lluvia, pero luego la temperatura continúa alta pero no se “siente”, esto es debido a que se produjo una aclimatación al verano.

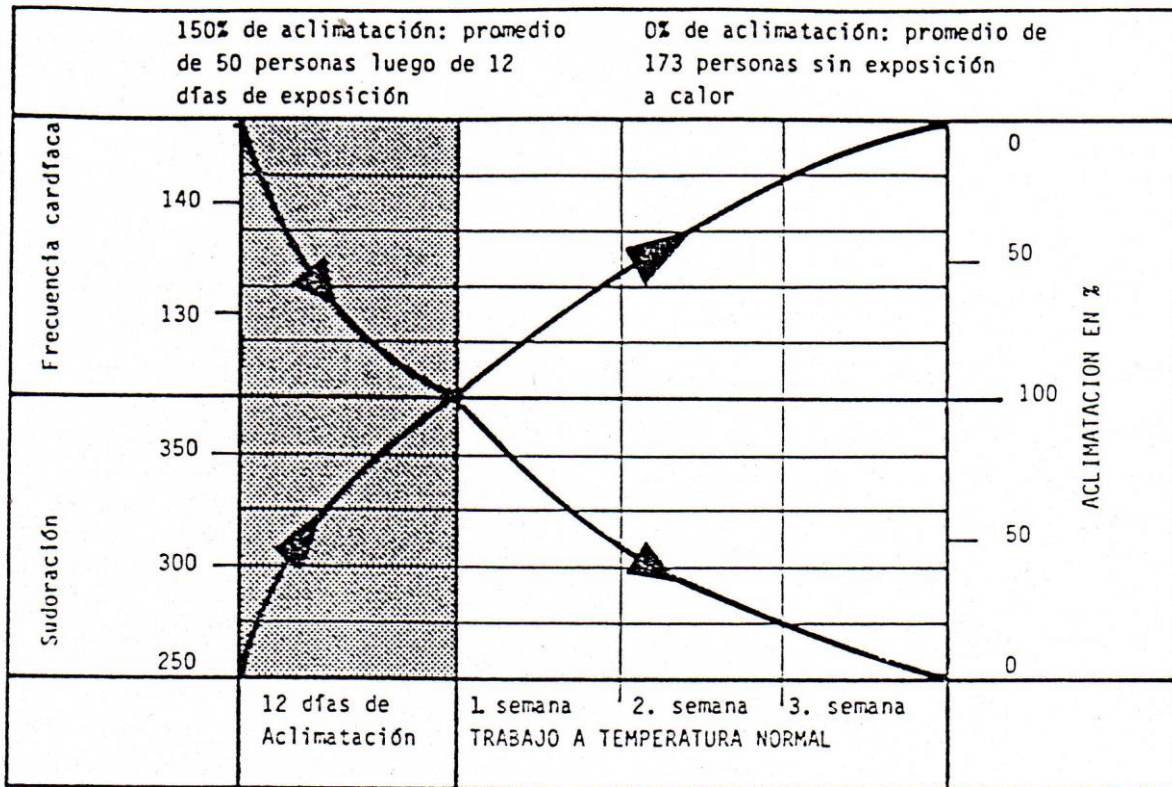


Figura 5. Evolución de la aclimatación al calor (Según Wenzel, Piekarske, 1980)

Nota:

La aclimatación debe ser progresiva. Es recomendable que la persona comience su labor con tiempos y cargas menores, por ejemplo, un tiempo de exposición del 50 % del total el primer día, continuando con incrementos diarios del 10 % hasta alcanzar el valor 100 %, en el sexto día de trabajo. Hay que tener en cuenta que cada caso es diferente por las variaciones del tipo climático del medio, (presión atmosférica, humedad relativa, temperatura y velocidad del aire), y por la infinidad de cargas laborales (carga muscular, vibraciones, ruidos, iluminación, etc. unidos al tipo de trabajo como ser rotativo, nocturno, con todas sus variables).

3. FORMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL CUERPO Y EL MEDIO AMBIENTE

En regiones en las cuales la temperatura es inferior a la del ser humano, el intercambio de calor entre el medio ambiente y el cuerpo se lleva a cabo sin dificultad, (luego se ve que esto se cumple siempre que la humedad relativa del aire no llegue a ciertos límites que varían con la temperatura).

La cantidad de calor emitida por el cuerpo depende de las condiciones climáticas y de la vestimenta.

El calor proveniente del interior del cuerpo que fluye hacia la periferia, (extremidades), es disipado por el cuerpo a través de cuatro vías, según se observa en la **figura 6**.

Las vías de disipación del calor establecidas por Wensel son las siguientes:

- 1- Convección de calor
- 2- Conducción de calor
- 3- Radiación de calor
- 4- Evaporación de agua

1- Transmisión del calor por Convección

La transmisión del calor por convección se genera por medio del intercambio entre la piel y el aire, u otro fluido.

Cuanto la diferencia de temperatura entre la piel y el aire es mayor, mayor es el intercambio de calor, el cual se encuentra favorecido en forma proporcional a la velocidad de movimiento del aire circundante; lo que explica la sensación de frescura o de frío cuando existe una corriente de aire.

Cuanto mayor es el aislamiento de la vestimenta, menor es el intercambio de calor.

En condiciones normales según el Dr. Gradjean, el intercambio de calor por convección llega a ser entre el 25 y 30 % del intercambio total.

2- Transmisión del calor por Conducción.

El intercambio de energía calórica por conducción se realiza entre el cuerpo y los objetos que este toca (toma contacto, ya sean sólidos o líquidos, que están estáticos), siempre que exista una diferencia de temperatura entre ambos.

La cantidad de calor transmitida depende directamente de la diferencia de temperatura de los cuerpos involucrados. En este caso la velocidad del aire no afecta el intercambio calórico.

Hay buenos y malos conductores de calor, los metales son excelentes conductores. También son buenos conductores las piedras tales como el mármol y el vidrio; en cambio la madera, los plásticos, el corcho y las telas también son malos conductores.

3- Radiación del calor

La radiación del calor de un objeto a otro se produce sin que haya entre ellos contacto ni medio conductor como ser el aire. Esta se produce directamente por la diferencia de temperatura entre ellos, siendo el calor transmitido del cuerpo de mayor temperatura al más frío, pudiendo citar como ejemplo, el calor que uno siente de una estufa sin estar en contacto con ella, lo mismo nos ocurre al pasar al lado de una caldera encendida o de un fuego, o de algún objeto expuesto directamente al sol del mediodía en verano, etc.

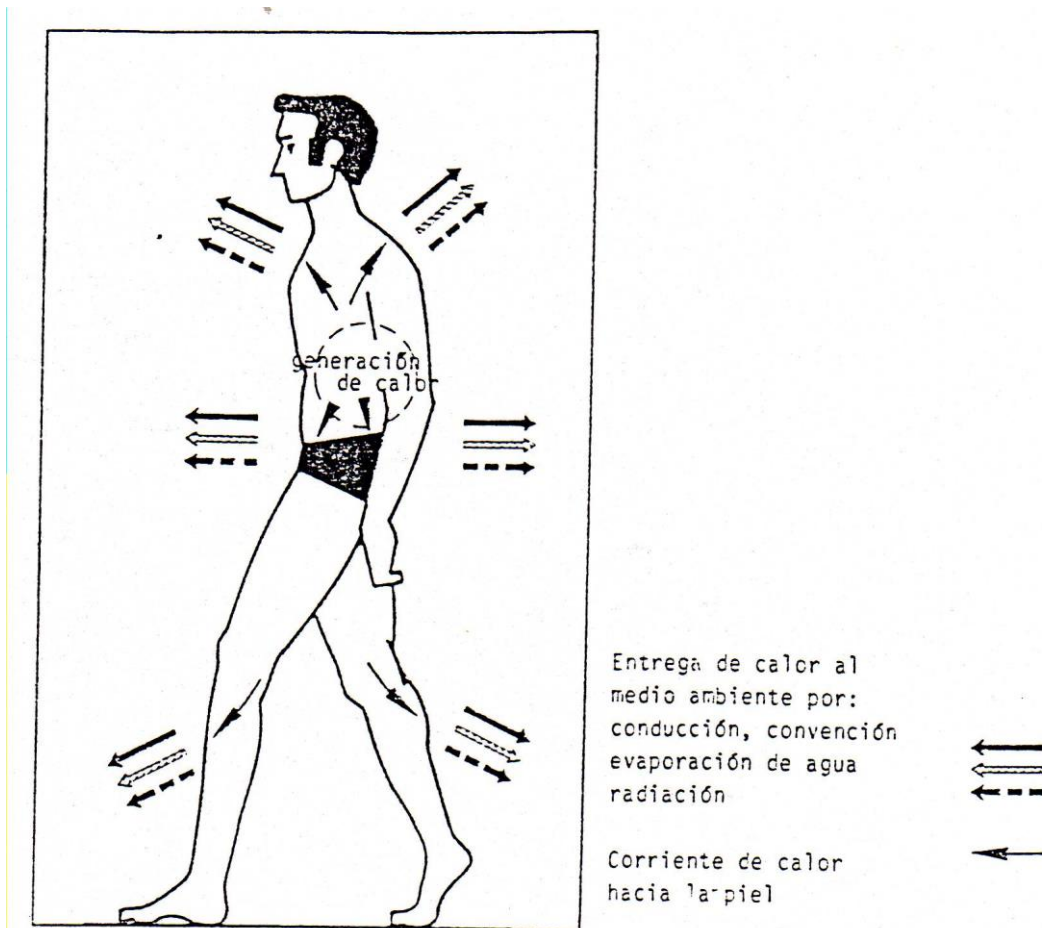


Figura 6. Vías de disipación del calor según Wensel y otros, 1980.

La cantidad de calor transmitida depende de la temperatura superficial y del tamaño de la superficie de la fuente, también tiene fundamental importancia la distancia que hay entre emisor y receptor del calor. También en este caso no tiene ninguna importancia la velocidad con que se mueve el aire.

En el caso que la temperatura del medio ambiente sea menor a la de la piel, se genera una transferencia de calor del cuerpo hacia el medio circundante en forma de radiación. En el caso de pasar una persona frente a una pared y particularmente frente a una ventana se llega a veces a producir una sensación de frío o de calor en función de la superficie está más fría que la piel (invierno), o más caliente (verano).

"La entrega de calor por radiación diaria de una persona oscila entre 4.200 y 6.300 KJ, representando entre el 40 y 60% de la cantidad total que entrega al medio ambiente, (Grandjean).

4- Evaporación

Al evaporarse el agua que se encuentra en la superficie de la piel produce un descenso de temperatura de la misma, razón por la cual juega una importante función en la

regulación del balance térmico del cuerpo. También se puede ganar por condensación en este caso no son necesarias diferencias de temperatura en el desarrollo del proceso, el calor transmitido en esta forma se denomina calor *latente*, diferenciándose del que se transmite a través de cambios de temperatura y que se denomina calor *sensible*

Como los mecanismos de termo regulación del cuerpo tienen la finalidad de mantener estable la temperatura interna, es evidente la existencia de un equilibrio entre la cantidad de calor generado por el cuerpo y el calor transmitido por el medio ambiente, este equilibrio se denomina *balance térmico* y se representa mediante la ecuación:

$$M - E_d - E_s - E_r - L = K = R + C$$

En donde:

M = Producción metabólica de calor

E_d = Pérdida de calor por difusión de vapor de agua a través de la piel

E_s = Pérdida de calor por evaporación de la transpiración desde la superficie de la piel

E_r = Pérdida de calor latente en la respiración

L = Pérdida de calor sensible en la respiración

K = Calor transmitido desde la superficie de la piel hasta la superficie exterior de la ropa

R = Calor perdido por radiación desde la superficie exterior de la ropa

C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior de la ropa

Medio Ambiente

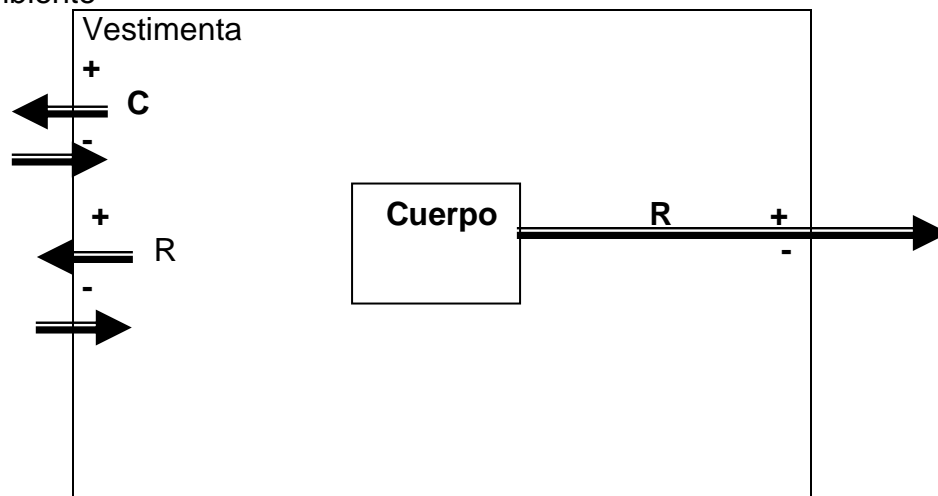


Figura 7.

Esta ecuación representa la producción de calor interno menos las pérdidas de calor por evaporación desde la piel ($E_d + E_s$) y las de respiración ($E_r - L$), es igual al calor transmitido a través de la ropa (K) y disipado al otro lado de ésta por radiación y convección (R + C).

El balance térmico tiene como hipótesis que la evaporación del agua correspondiente a E_s y E_d ocurre en la superficie de la piel y es por lo tanto aplicable a cualquier situación.

Nota:

Se tiene que para evaporar un litro de agua es necesario, a presión atmosférica normal 2.500 KJ, valor que corresponde a la cantidad de calor que elimina por transpiración una persona delgada, de mediana estatura, aproximadamente 1,75 metros, vestida y en condiciones normales durante un día.

La cantidad de calor entregado por evaporación depende de la humedad relativa del aire en el lugar, (presión de vapor de agua en la superficie de transmisión de la piel).

El aire saturado puede absorber muy poca cantidad de agua, esto se percibe perfectamente los días de alta temperatura y humedad ya que la transpiración aumenta en función proporcional con el aumento de ambas o una de ellas.

Otro elemento a tomar en cuenta es la superficie de intercambio dado que la amplitud de ésta es proporcional a la evaporación. Debido que a altas temperaturas (por encima de los 25 ° C), se dificulta el intercambio de calor por convección o radiación, la termo regulación se debe llevar a cabo en gran medida por evaporación de agua, (transpiración).

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

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

Donde por simplificación $E = E_s$

Podemos decir que en condiciones de equilibrio térmico, cuando la temperatura interna del cuerpo permanece constante, las ganancias y las pérdidas de calor del organismo están igualadas, por lo que podemos establecer una ecuación que presente el balance térmico considerando las variables que intervienen en la entrada y salida del calor del cuerpo, esta fórmula podemos representarla de la siguiente forma:

$$A = M - (R + C + E)$$

Donde:

A = acumulación del calor corporal

M = Producción metabólica de calor

R = Calor perdido o ganado por radiación desde la superficie exterior de la ropa

C = Calor perdido por convección desde la superficie exterior de la ropa

E = Calor por evaporación

Dado el caso en que el hombre esté en presencia de una gran carga de trabajo en un ambiente con sobrecarga térmica, se va a producir una acumulación de calor cuantificable mediante el empleo de la formula anterior

Pero en el caso de equilibrio térmico no habrá acumulación de calor, en consecuencia, tanto las pérdidas como las ganancias serán iguales.

La cantidad de calor metabólico producido por el hombre estará en función al tipo de actividad que desarrolle. Existe una tabla al respecto la que presentaremos más adelante, cuando se desee obtener el consumo total de la energía. Habrá que sumar el valor que surge de la fórmula anterior al valor correspondiente al metabolismo basal, que es el consumo energético necesario para mantener las funciones vegetativas.

Por otro lado, como es evidente, el calor de intercambio entre el hombre y el medio ambiente, divididos en intercambio de calor por radiación, por convección y por evaporación estarán influenciados por la velocidad de desplazamiento del aire, la humedad relativa ambiente, la temperatura radiante media, la temperatura del aire, la ropa de trabajo y los elementos de protección personal

Antecedentes fisiológicos

Como se mencionó anteriormente, el organismo mantiene la temperatura dentro de ciertos límites muy estrechos:

- Temperatura media normal del interior del cuerpo es de 36,8°C
- La temperatura normal media de la superficie de la piel es aproximadamente de 35°C.
- La temperatura media normal de la piel del cuerpo es (según Fanger):

$$T_m = 37,5 - 0,032 Q/S$$

En donde:

- Q = Producción de calor por hora
- S = Superficie en m²

Nota:

Los mecanismos de regulación térmica del hombre con el medio ambiente se denominan homeóstasis térmica

En 1980 Wensel y Piekarski determinaron como magnitudes condicionantes térmicas las siguientes:

1- Magnitudes condicionantes climáticas

- a- Temperatura de bulbo seco
- b- Velocidad del aire
- c- Presión de vapor del agua en el aire
- d- Temperatura radiante media

2- Magnitudes condicionantes no climáticas

- a- Actividad corporal

b- Resistencia térmica de la vestimenta

Las variables mencionadas pueden determinar el balance térmico en cualquier tipo de tarea, por eso se deben establecer modelos y/o métodos para determinar el estrés térmico.

Los métodos de evaluación se clasifican sobre la base de los datos que manejan los mismos y son:

- Métodos instrumentales
- Métodos de balance térmico
- Métodos fisiológicos

Estos métodos se describirán con detalle más adelante, pero antes debemos aclarar que el término “estrés térmico” se utiliza para denominar la agresividad térmica sobre el hombre, lo que es opuesto al confort térmico, el cual también describiremos.

3.1. 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. En el año 2003 éste es reemplazado por el anexo III de la Resolución MTESS N° 295/2003 (Ver **figura 8. y Anexo III de la Resolución MTESS N° 295/2003 adjunta al final de este capítulo**)

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 artículo 60 de la Reglamentación aprobada por Decreto N° 351/79

CAPITULO 8 Carga Térmica

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 comprobados con los obtenidos con la metodología fijada por esta Reglamentación.

1.1. 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 un 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.

1.2. Termómetro de Bulbo Húmedo Natural.

Se medirá con éste la temperatura del 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 efectuar 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 del tipo de trabajo (MII), por lo que:

$$M = MB + MI + MII$$

En donde:

2.1. Metabolismo Basal (MB).

Se considerará a MB = 70W.

2.2. Adición derivada de la posición (MI)

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

2.3. Adición derivada del tipo de trabajo

Tipo de trabajo	MII (W)
Trabajo manual ligero	23
Trabajo manual pesado	63
Trabajo con un brazo ligero	70
Trabajo con un brazo pesado	106
Trabajo con ambos brazos ligero	105
Trabajo con ambos brazos pesado	175
Trabajo con el cuerpo ligero	170
Trabajo con el cuerpo moderado	330
Trabajo con el cuerpo pesado	490
Trabajo con el cuerpo muy pesado	630

Conv = 1.053 para pasar de M cal/h a Watt.
1 J/L R

3. Evaluación de la carga térmica

A efectos de evaluar la exposición de los trabajadores sometidos a carga térmica, se calculará el Índice de la Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH).

- Para lugares interiores o exteriores sin carga solar TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG.
- Para lugares exteriores con carga solar TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TES.

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

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

LÍMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TÉRMICA

Valores dados en °C = TGBH

Régimen de trabajo y descanso	Tipo de trabajo		
	Ligero (menos de 220 W)	Moderado (230 a 410 W)	Pesado (más de 400 W)
Trabajo continuo	26,0	26,7	25,0
10% trabajo y 15% descanso, cada hora	26,5	27,0	25,9
10% trabajo y 30% descanso, cada hora	27,4	26,4	27,9
10% trabajo y 45% descanso, cada hora	27,2	27,1	28,0

Trabajo continuo: Ocho horas diarias (48 horas semanales).

Si el lugar de descanso determina un índice menor de 24° C (TGBH) el régimen de descanso puede reducirse en un 25%.

Figura 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:

$$WBGT = 0,7 T_h + 0,2 T_g + 0,1 T_s$$

2- Interiores o exteriores sin carga solar:

$$WBGT = 0,7 T_h + 0,3 T_g$$

De donde:

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

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

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

T_s = 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 esas condiciones de trabajo, ver **figura 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 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 10.**, los mismos están determinados 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 junto con el índice determinado, el metabolismo correspondiente a la actividad y la duración de la exposición (o exposiciones), según la **figura 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
Moderada 200 – 300 kcal/h	27,8	30,5
Pesada 300 kcal/h	26,1	28,9

Figura 10. Valores límite permitidos de WBGT en grados centígrados en función de la exposición al calor en el lugar de trabajo. (Según el Ds 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:

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

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 térmicas, teniendo en cuenta la velocidad del aire y el tipo de trabajo, cuando éste 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.** presenta un diagrama psicométrico, la comparación de los valores límites del método WBGT, propuestos por el “Atandard Advisory Committe en Heat Stress”, para un trabajo de 300 Kcal/h, para baja y alta velocidad del aire, con los valores índice calculados por los métodos de “Temperatura Efectiva” y de “Tensión Térmica”, las líneas continuas corresponden a los estados determinados de idéntico Índice de Tensión Térmica, con un caudal de transpiración de l/h y una temperatura de la piel (Tp) 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) es alto 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

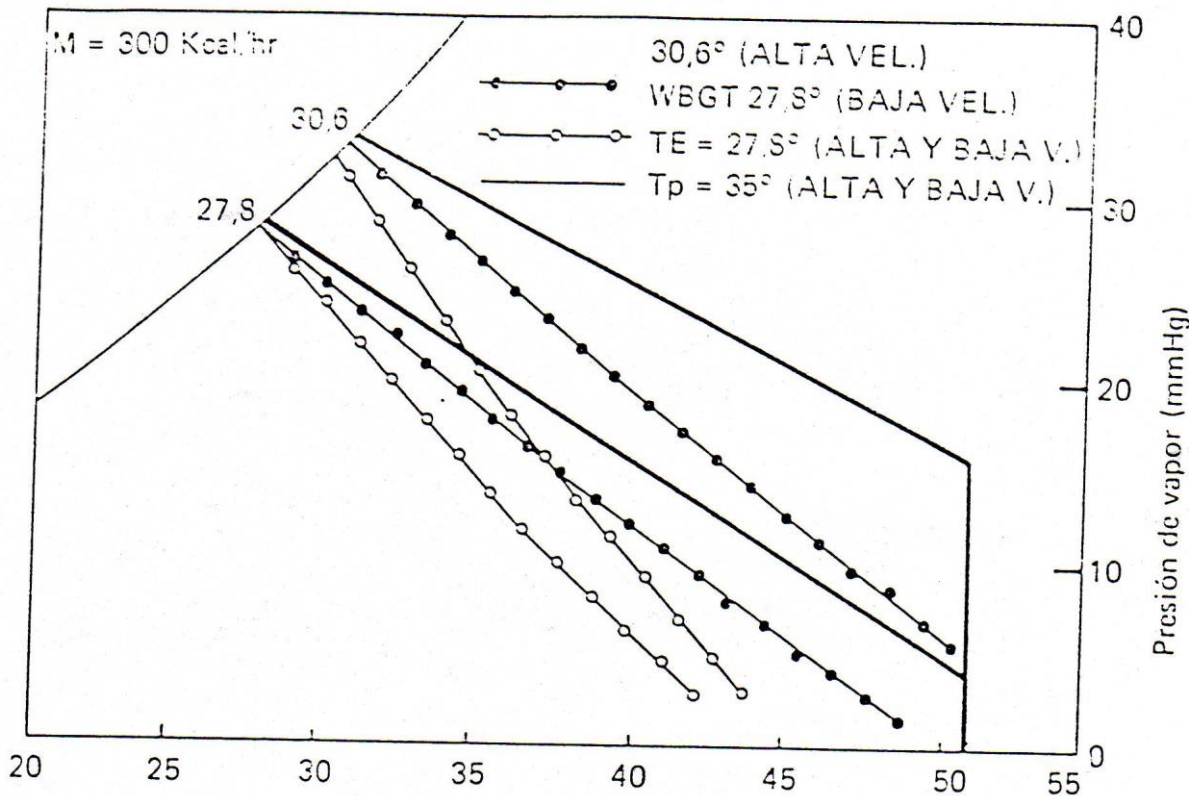


Figura 11. Comparación de índices térmicos

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 12.** y **9.**, en el Anexo 1 figuras **Ane 1.1** y **1.2.**

El índice de estrés térmico se obtiene de:

$$\frac{\text{La carga térmica soportada en WBGT}}{\text{La carga máxima que pueda soportarse en la tarea}}$$

En el caso de tareas donde la exposición al calor y el esfuerzo muscular son intermitentes el 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

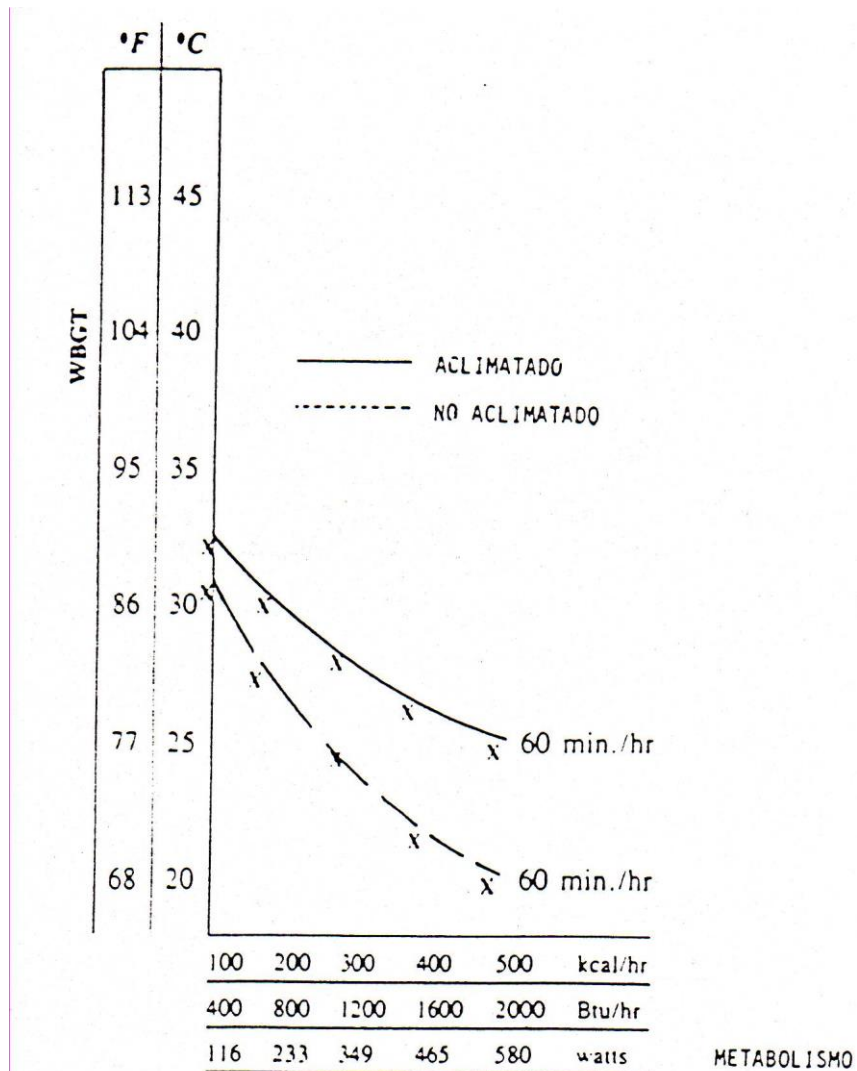


Figura 13.

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 14**.

CARGA DE TRABAJO	BAJA VELOCIDAD DEL AIRE (HASTA 90 m/min)	ALTA VELOCIDAD DEL AIRE (SUPERIORES A 90 m/min)
Ligera (200 kcal/hora o menor)	30	32
Moderado (201 kcal/hora a 300 kcal/hora)	28	30,5
Pesado (superiores a 300 kcal/hora)	26	29

Figura 14. Valores umbrales WBGT en °C

CRITERIO ISO 7243

Según la Norma ISO 7243 los valores determinados por el método WBGT admisibles se indican en las **figuras 17.15.** y **17.16.** en el Anexo 1.17 ver **figura Ane 1.17.3.**

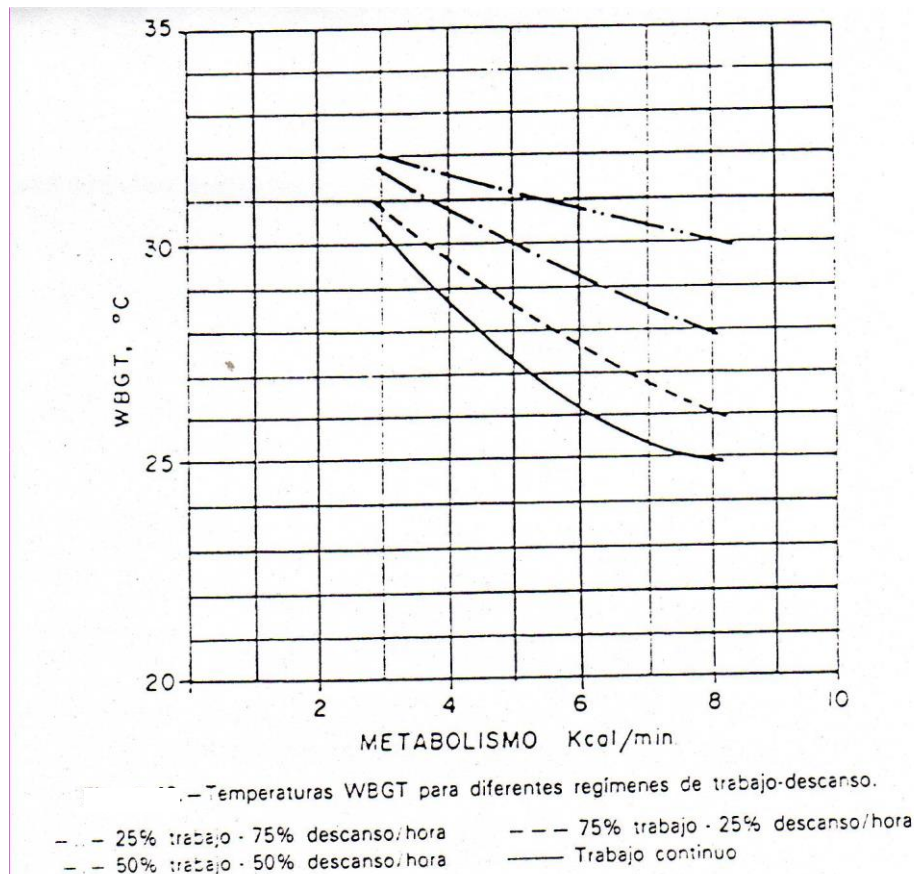


Figura 15.

RANGO DE METABOLISMO VALORES DE REFERENCIA WBGT						
Metabolismo	Referido a superficie	TOTAL	Personas aclimatadas		Personas no	
	unidad del área de piel	Para una superficie de 1,8 m²	al calor		aclimatadas al calor	
	W/m²					
o- 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 16. Valores de referencia WBGT correspondientes a diversas situaciones

3.2. 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 17.** este 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 18.** que 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 agregando, de ser necesaria, la carga solar con la temperatura de bulbo seco.

En equipo primitivo para medir el calor radiante, se utiliza un termómetro corriente, se le sitúa el bulbo dentro de un flotador metálico (de cobre de un 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 negra 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.

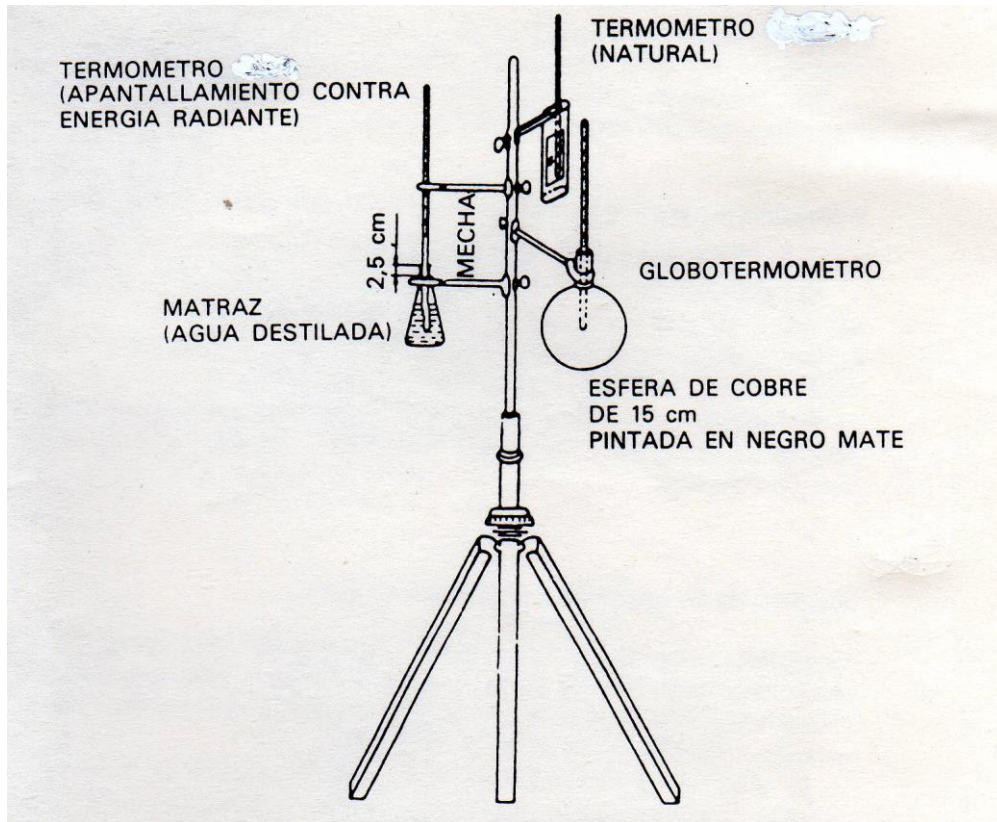


Figura 17. Equipo clásico de medición el índice WBGT



Figura 18. Moderno Equipo Quest para la determinación de los valores para el índice WBGT

3.3. MÉTODOS DE BALANCE TÉRMICO

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

Un método consiste en 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
- K_2 = 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 $5,67 \times 10^{-8}$ Watt/m² °K⁴
- 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
- K_1 = 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:

$$M - K_2 V^m (P_p - P_a) W = A \times F_e \times (T_p^4 - T_{RM}^4) + K_1 V^n (T_p - T_a)$$

En donde:

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

Podemos decir que como lo manifestaron en 1980 Wensel y Piekarski 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, P_a
- d- Temperatura radiante media, (emisividad de los focos radiantes del local F_e, 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 que está indicado en la Norma ISO 7933, consiste en la 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 podrían 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 hidro mineral 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 TENSION 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 él 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 sí el cociente entre la evaporación requerida y la evaporación máxima, indicado en porcentaje 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 transpiración
 E_{máx} = Calor de la máxima capacidad de evaporación en el ambiente laboral

Si:

$$\text{Evaporación requerida} = M + R + C$$

En donde:

M = Metabolismo total en kcal/hora

R = Energía radiante (balance) en kcal/hora

C = Energía intercambiada por convección en kcal/hora

CONSTITUCIÓN CORPORAL

Debido a que la principal disipación del calor interno se hace a través de la piel se tiene que las personas obesas poseen una baja relación el volumen (peso) y la superficie cutánea que el promedio de la población; por lo tanto, se tiene que el hombre corpulento está en desventaja en el disipar su calor. Esto hace que las personas obesas tengan una mayor frecuencia de ocurrencia de síncope por calor, que el promedio del resto de la población,

Debido a que el sistema circulatorio y la menor proporción de superficie desde la cual se disminuye la carga térmica por evaporación, convección y radiación, donde no tiene participación la capa adiposa subcutánea en la limitación de la disipación del calor, debido 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 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, las personas mayores tienen 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.

3.4. LOS MÉTODOS FISIOLÓGICOS

Son aquellos que están basados en estudios hechos sobre grandes poblaciones de individuos (colectivos), a partir de datos estadísticos 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.

3.4.1.EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS

Cuando el calor que el organismo entrega al medio ambiente es menor a la cantidad de calor que éste 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, (donde la pérdida de ClNa puede llegar hasta 15 g/l.)

Estos mecanismos ya fueron explicados en los puntos 2. y 3. En la **figura 19.** se puede observar las zonas de termo regulación establecidas por Lehmann.

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

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

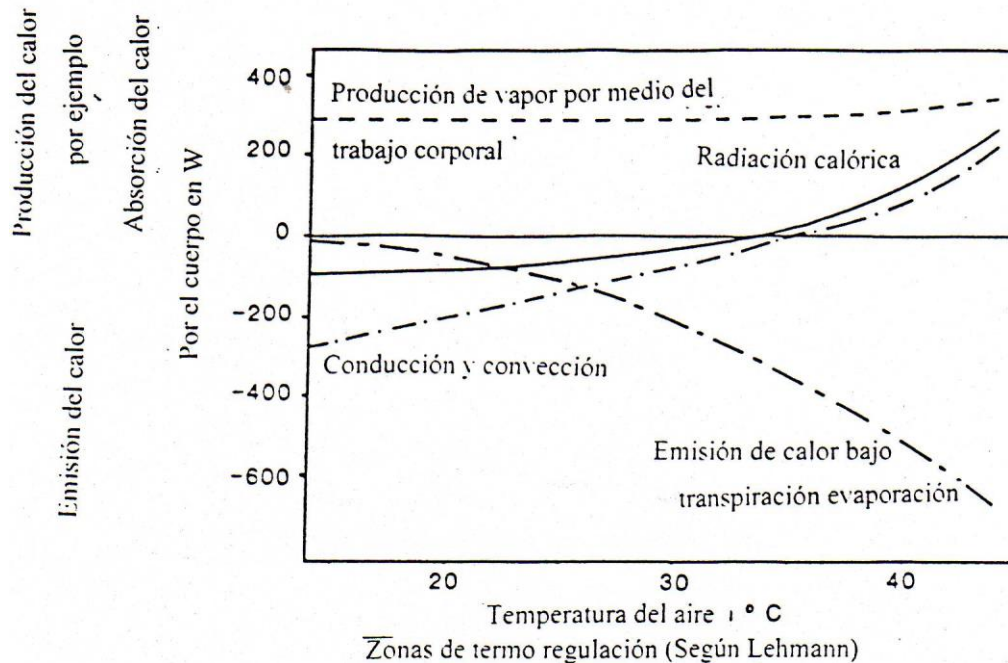


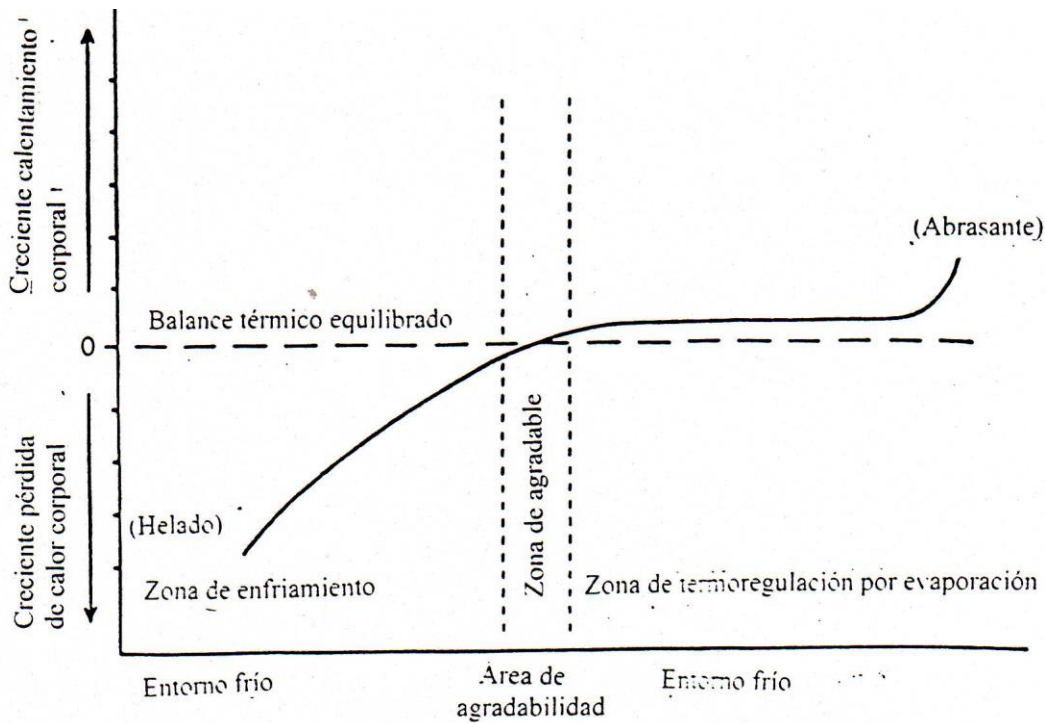
Figura 19.

3.4.2. EFECTOS 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:

- Vasoconstricción 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 2. y 3. En la **figura 20.** se presenta el balance térmico del hombre en diferentes condiciones climáticas establecido por Grandjean.



Balance térmico del hombre en diferentes condiciones climáticas (Según Grandjean)

Figura 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)

3.4.3. DESARROLLO DE LOS MÉTODOS FISIOLÓGICOS

Nota:

Ante de comenzar a desarrollar algunos de los muchos métodos debemos indicar que el calor metabólico se expresa en kcal/h como lo venimos indicando, pero también se los hace en otras unidades para lo cual se tiene:

$$1 \text{ kcal/hora} = 3,97 \text{ BTU/ h} = 1,6 \text{ Watts}$$

$$4\text{Btu aprox } 1 \text{ kcal}$$

Uno de los métodos fisiológicos es el **Índice de Temperatura Efectiva (TE)**, este método sólo se utiliza como criterio de evaluación del confort térmico dado que no toma en cuenta la carga metabólica ni las influencias de la carga térmica total de aporte por radiación.

El método de SE TE basa en el estudio de las respuesta de grandes grupos de personas, de las cuales se toman las observaciones y se las lleva a diagramas psicométricos modificados, permitiendo de esta manera evaluar una temperatura que nos indica el grado de confort del medio

En los puestos de trabajo las condiciones climáticas se determinan por medio de las siguientes magnitudes:

- Temperatura del aire (temperatura a bulbo seco) en °C.
- Humedad relativa porcentual del aire (temperatura de bulbo húmedo en °C).
- Temperatura radiante media en °C.
- Velocidad del aire en m/s.

Como referencia sobre aparatos de medición y la manera de efectuarla hay estudios realizados por Wenzel y Piekarki en 1980, además están las Normas Din 33403 partes 1, 2 y 3.

De las magnitudes básicas mencionadas surge el desarrollo de las tablas de combinaciones equivalentes para la apreciación del clima en el medio ambiente.

Dichos valores tienen en cuenta que combinaciones distintas de humedad relativa, velocidad del aire (viento) y temperatura ambiente pueden dar la misma sensación climática, estas combinaciones sin tener en cuenta la temperatura efectiva según Yaglou, basada sobre la temperatura de un ambiente con el 100 % de humedad relativa y con una velocidad del aire (viento) de tan solo 0,1 m/s.

Mediante un ensayo Wenzelk y Piekarski en 1980, que describiremos determinaron la llamada temperatura efectiva. La prueba consiste en la determinación de combinaciones climáticas bajo las cuales un individuo percibe la misma sensación térmica. En la figura 21. se observa la forma como se realizan los ensayos para la determinación de la temperatura efectiva (NET).

La temperatura referida a una persona vestida se denomina Temperatura Efectiva Normal (NET), la misma se mide en °C y se determina de un nomograma el cual describiremos más adelante.

Si la temperatura del aire (temperatura de bulbo seco) difiere mucho de la temperatura radiante media, debe emplearse la “temperatura del globo” en lugar de la temperatura del

	HUMEDAD RELATIVA EN %	VELOCIDAD DEL VIENTO EN m/s	TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	TEMPERATURA EFECTIVA NET EN °C
RECINTO 1				
CLIMA DE REFERENCIA	100	0,1	POR EJEMPLO 25	} 25
	100	0,5	26	
	100	2,0	28	
RECINTO 2	75	0,1	27	
	25	0,1	32	
CLIMA DE COMPARACION	45	2,0	32	
	10	3,0	37	

Figura 21. Determinación de la temperatura efectiva (Según Wenzel, Piekarski en 1980)

bulbo seco, pues se trata de determinar la llamada **Temperatura Efectiva Normal Corregida (CNET)**, que es la suma de la temperatura de irradiación y de la temperatura de bulbo seco.

A parte de la NET y de la CNET hay una serie de magnitudes en uso, cuyos valores para las mismas condiciones climáticas varía considerablemente, en los casos críticos se recomienda usar distintos métodos de evaluación, para asegurarse los resultados dada la importancia que tiene. Hay que hacer notar que el objetivo primordial es el cálculo de la temperatura efectiva para implementar medidas correctivas o de protección con la finalidad de aproximarse lo más posible a las condiciones óptimas de ambiente (clima ideal u óptimo).

Cuando se habla de condiciones climáticas óptimas se quiere referir al confort del lugar, el grado de confort climático (térmico), no sólo está dado por las magnitudes climáticas básicas o de la temperatura efectiva, sino también por la tarea, forma con que se lleva a cabo y la vestimenta.

El confort térmico no se puede definir con exactitud en forma individual, sino que se debe realizar en forma grupal, para poder tener precisión, la cual mayor será cuanto mayor sea el grupo de personas, ya que en forma individual se presentan considerables diferencias en la apreciación del clima.

Sobre la base de apreciaciones del clima se desarrollan las denominadas curvas de confort que tienen en cuenta las condiciones térmicas, la actividad y la vestimenta.

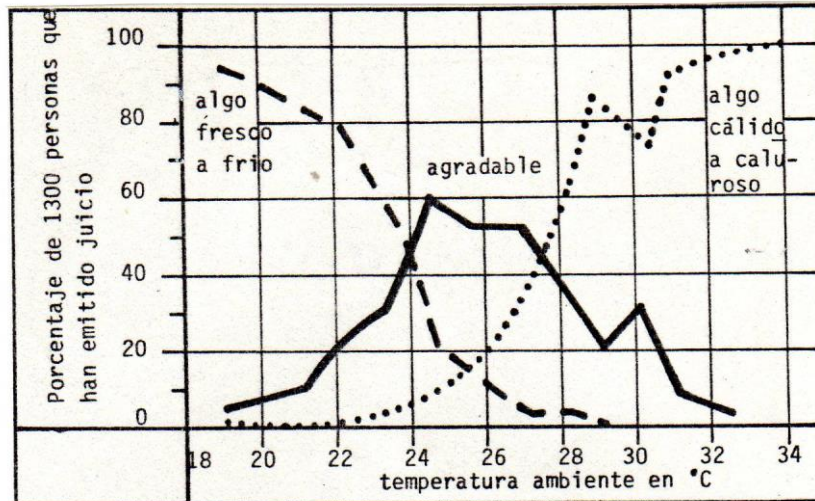


Figura 22. Apreciación del clima por un grupo de personas (N=1300, humedad relativa = 50%, velocidad del aire = 0,1 m/s, vestimenta liviana)

También hay encuestas sobre la apreciación del clima según la estación del año, las hechas por Grandjean demostraron que la confortabilidad promedio varia siendo desplazada hacia temperaturas más altas en verano, ver **figuras 23.** y **24.**

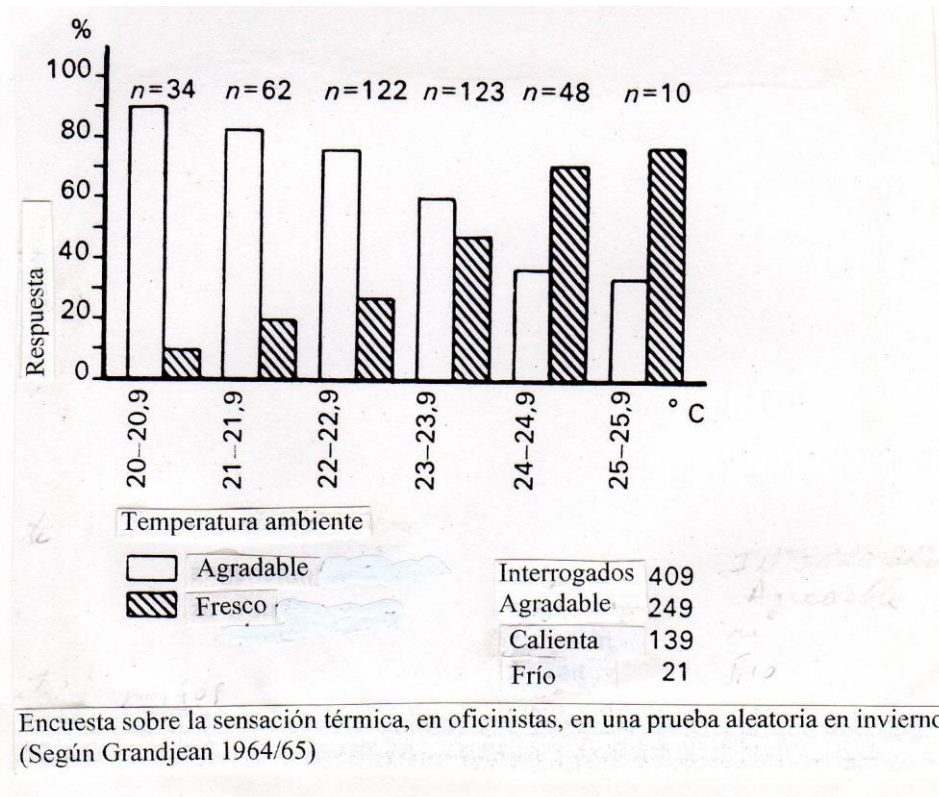


Figura 23.

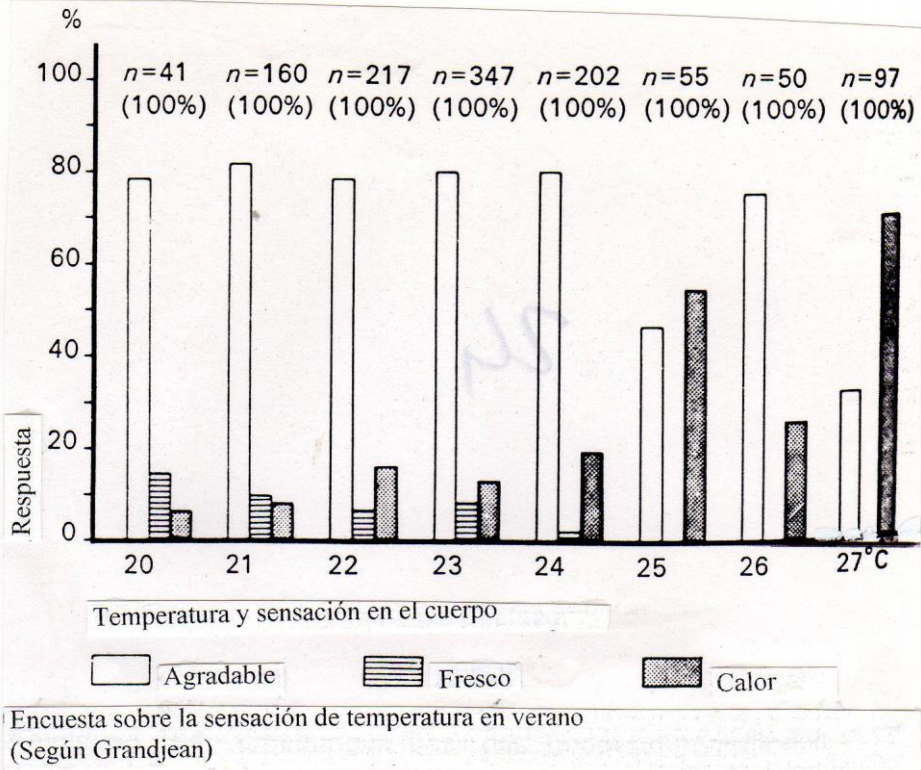


Figura 24.

Otro elemento que entra en juego en la agradabilidad de un clima es la velocidad de movimiento del aire hecho que se observa en la **figura 25**

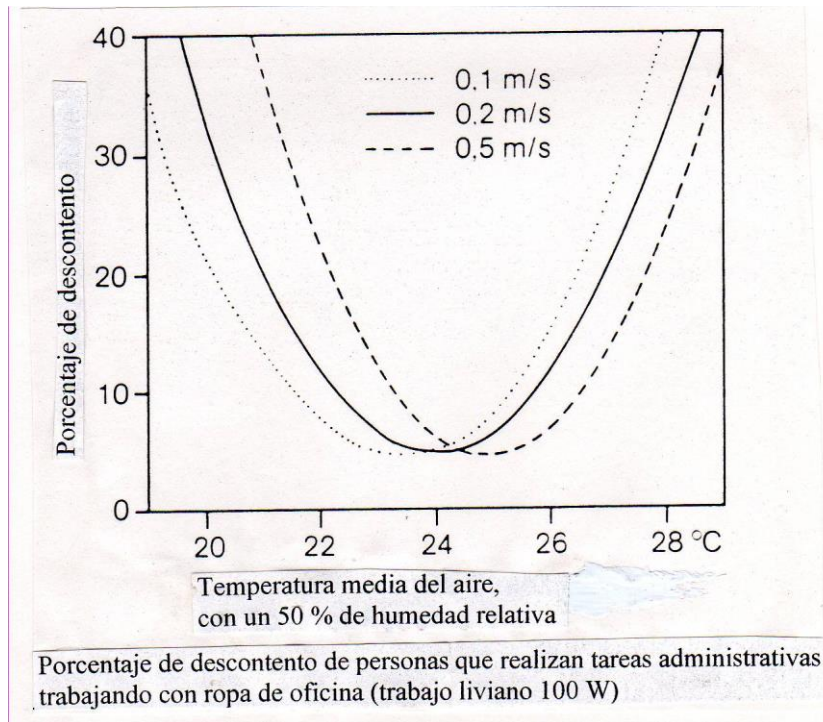
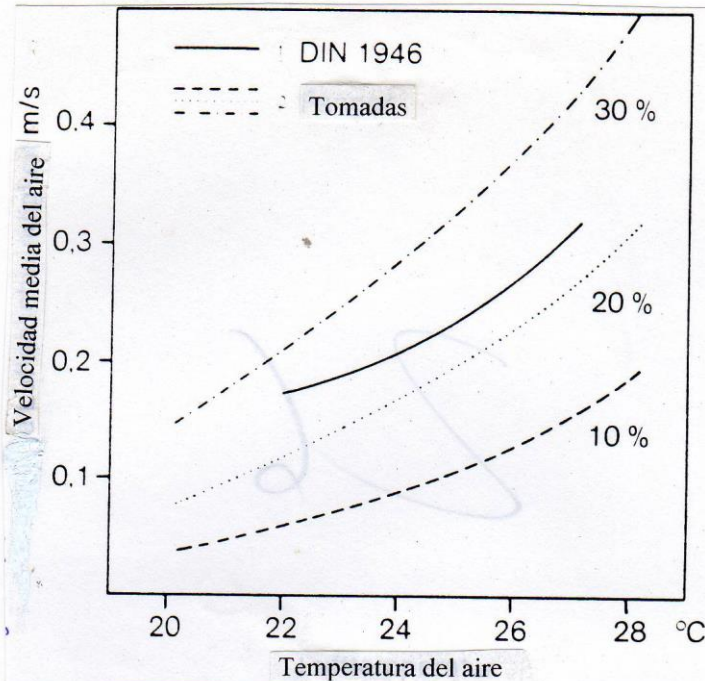


Figura 25



Valor límite para la velocidad del aire según la norma DIN 1946 (1979), tomada en 1978, para el descontento (discomfort), con oscilaciones periódicas de 0,1 Hz, límite para velocidad máxima del 2% del valor tomado previamente de velocidad del aire

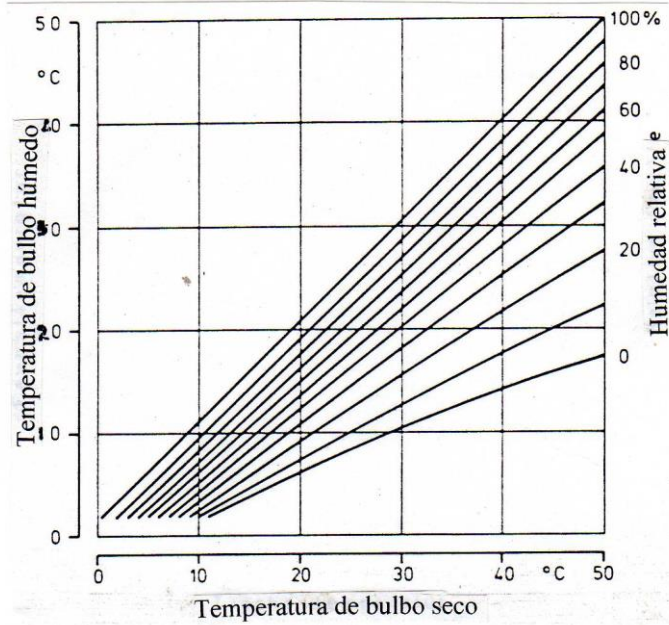
Figura 26.

El índice TE hace intervenir la temperatura seca, la húmeda y la velocidad de movimiento del aire. En figuras anteriores pudimos apreciar distintas relaciones entre estos parámetros, pero nos hace falta ver la relación existente entre la temperatura de bulbo húmedo y la de bulbo seco, por ello esta se presenta en la **figura 27**.

La TE es representada en ábacos que cuales varían mucho según el autor, esto no se debe a una diferencia de criterio o a errores, sino que estas diferencias aparecen como consecuencia de la falta de una normalización sobre cómo debe tomarse. Entonces cada investigador aplica su criterio, se deben hacer las mediciones con la persona desnuda, parcialmente vestida, con ropa liviana, de invierno, etc., por ello antes de usar un ábaco hay que verificar la información para saber como se encontraba el hombre durante el estudio.

En las **figuras 28**. y **29**. se presentan dos gráficos tomados con distinto criterio y si se desea ahondar más en el anexo 2. hay un tercero para poder comparar.

La forma de uso de los nomogramas es sumamente sencilla, partiendo de los datos de las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco en el medio ambiente, se unen éstas en gráfico con una línea recta, y en la intersección de ésta con la correspondiente curva de velocidad de desplazamiento del aire en el lugar que se está investigando se obtiene un punto, se verifica cual es la temperatura efectiva correspondiente a él viendo cual línea oblicua casi perpendicular a la de las velocidades del aire, pasa.



Relación entre la temperatura de los termómetros de bulbo húmedo y de bulbo seco en función de la humedad relativa

Figura 27.

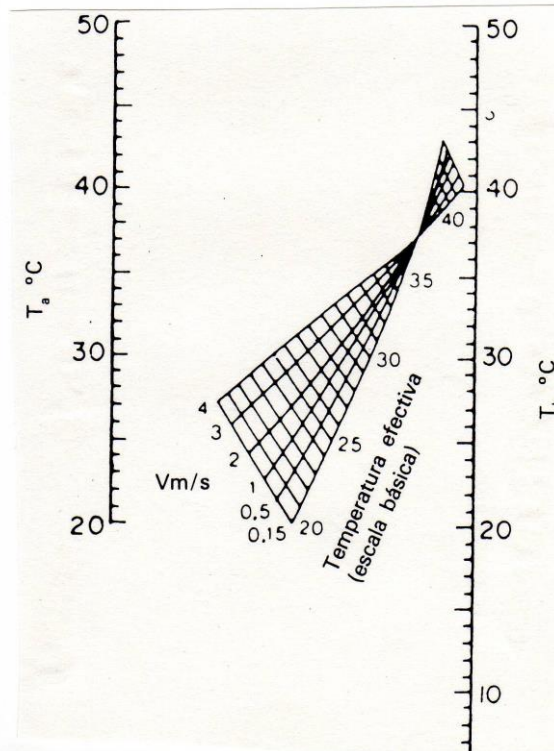


Figura 28. Abaco de temperatura efectiva, válido para personas con el torso desnudo. (Según Kerlake 1972)

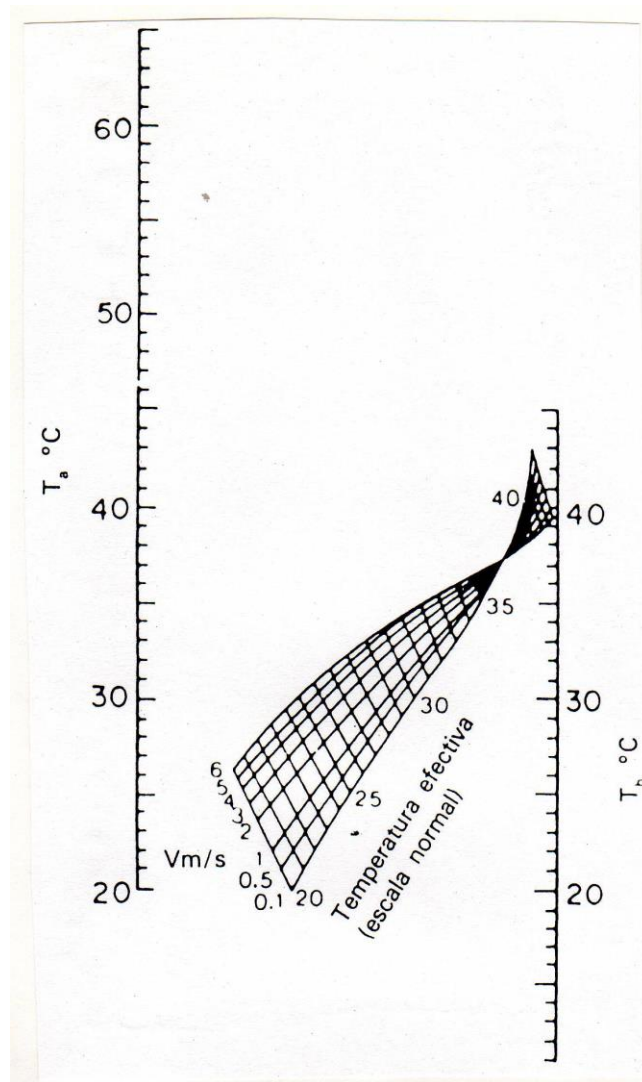


Figura 29. Abaco de temperatura efectiva, válido para personas vestidas normalmente

También está el índice de temperatura efectiva corregida ICNET, el cual surge del CNET temperatura efectiva normal corregida, éste es como se intuye debido a que el índice de la temperatura efectiva como se mencionó no hace intervenir el intercambio de calor por radiación.

El índice de temperatura efectiva es solo apto donde no existan fuentes que irradien calor, por lo tanto en zonas donde hay focos de radiación elevada como ser hornos, inyectoras de plástico, etc. no es útil.

Para poder aplicar este índice en los lugares mencionados se hicieron una cantidad de correcciones, con la intención de hacer intervenir la temperatura radiante media a través de la lectura en un termómetro de globo (T_g).

En los casos que existe una tasa alta de radiación, las correcciones que se realizan son:

- Se coloca la temperatura de globo Tg en la escala de la temperatura seca (sustituir Tg por Ta)
- Se busca en un diagrama psicrométrica, la temperatura húmeda que corresponda al aire (con la misma humedad absoluta), si se calentase desde la temperatura seca Ta, hasta la temperatura de globo Tg.
- La temperatura húmeda corregida en la escala de la temperatura húmeda.
- Uniendo los puntos y en donde corta el ábaco de la velocidad de movimiento del aire correspondiente, se toma la temperatura que es la temperatura efectiva corregida.

La **figura 30.** es la tabla de los valores límites de temperatura efectiva corregida en °C en función del metabolismo y del estado de aclimatación de la persona, estos índices que se utilizan para determinar el grado de confort. Otro ábaco utilizado es el de la **figura 31.**

Metabolismo	Persona no aclimatada	Persona aclimatada
M = 220 W	30	32
M = 350 W	28	30
M = 530 W	26,5	28,5

Figura 30.

Calculo del estrés térmico

Hay una gran cantidad de parámetros para poder determinar el consumo metabólico basal, los cuales fueron hallados por medios estadísticos, uno de estos es el de Boothby, Berkson y Dunn, establecieron en su estudio la tabla de la **figura 32.** En donde se tiene los valores del consumo metabólico por unidad de superficie corporal en función de la edad y sexo de la persona.

Para poder determinar el metabolismo basal es necesario tener la superficie de la piel de la persona, para lograrlo Du Bois estableció la siguiente ecuación:

$$S = P_{0,425} \times T^{0,725} \times 71,84$$

En donde:

S = Superficie de la piel, en cm²

P = Peso, en kg

T = Talla (altura), en cm

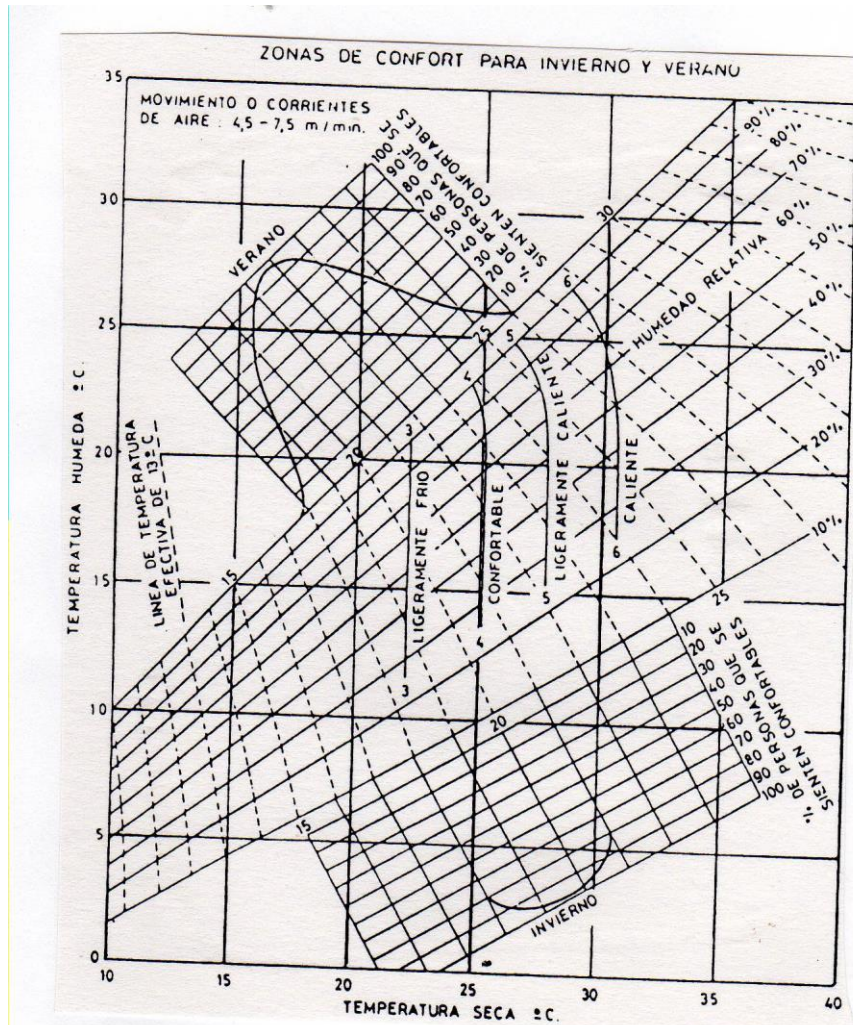


Figura 31. Diagrama de confort de aire tranquilo. La línea de confort para invierno está referido a locales climatizados por sistemas de calefacción central por convección (como ser viviendas particulares y oficinas), donde los ocupantes estén completamente adaptados a las condiciones artificiales ambientales y en lugares donde la permanencia no sea inferior a tres horas. La línea de confort óptima para verano corresponde a la zona norte de los EE UU y sur de Canadá, en latitudes inferiores a 300 m sobre el nivel del mar.

VARONES		MUJERES	
Edad (en años)	kcal/m ² /h	Edad (en años)	kcal/m ² /h
18	34,25	15	40,10
18,50	42,70	15,50	39,40
19	42,32	16	38,85
19,50	42,00	16,50	38,30
20-21	41,43	17	37,82
22-23	40,82	17,50	37,40
24-27	40,24	18-19	36,74
28-29	39,81	20-24	36,18
30-34	39,34	25-44	35,70
35-39	38,68	45-49	34,94
40-44	38,00	50-54	33,96
45-49	37,37	55-59	33,18
50-54	36,73	60-64	32,61
55-59	36,10	65-69	32,30
60-64	35,48		
65-69	34,80		

Figura 32. Consumo metabólico por unidad de superficie corporal en función de la edad y del sexo

F. G. Benedic y J. Harris, establecieron dos gráficos para la determinación del metabolismo basal diario, uno que determina el consumo de kcal en función del peso corporal (término A de la fórmula) ver figura 33. y el otro que determina el consumo diario de kcal en función de la altura de la persona (talla), (término B de la fórmula), ver **figura 34.**

Fórmula de Benedic-Harria A + B, esto es resultado de la **figura 33.** + resultado de la **figura 34.**

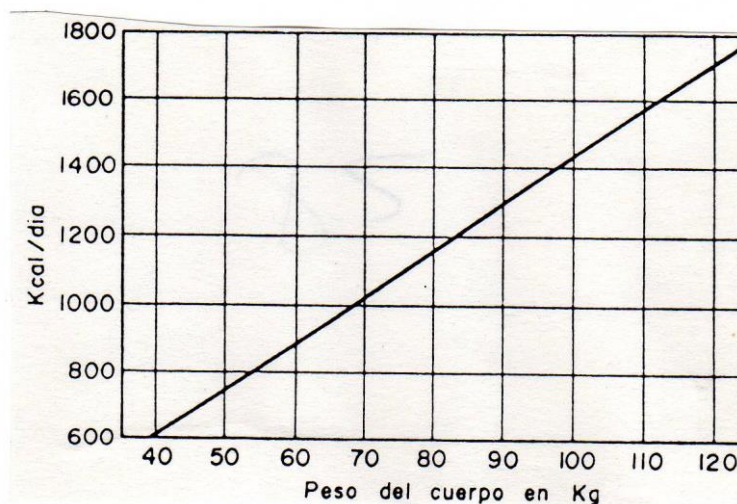


Figura 33. Gráfico para la determinación del metabolismo basal en las personas según su peso corporal, término A (Según F. G. Benedict y J. A. Harris)

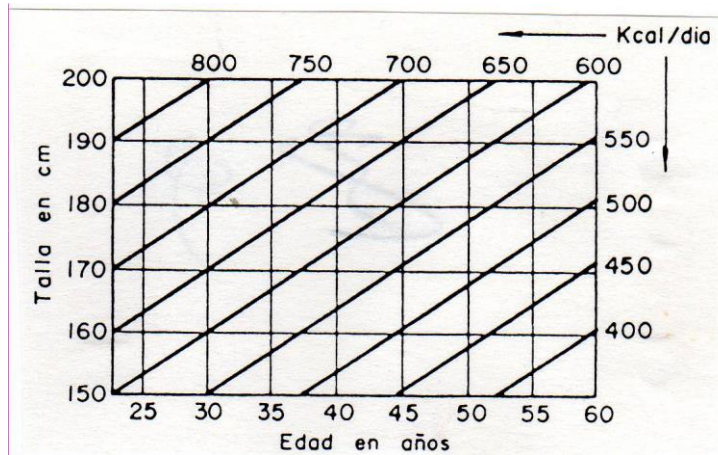


Figura 34. para la determinación del metabolismo basal en las personas según su talla corporal, término B (Según F. G. Benedict y J. A. Harris)

También se puede recurrir el gráfico de la **figura 35.** para determinar en forma aproximada el metabolismo basal promedio de las personas según la edad y el sexo

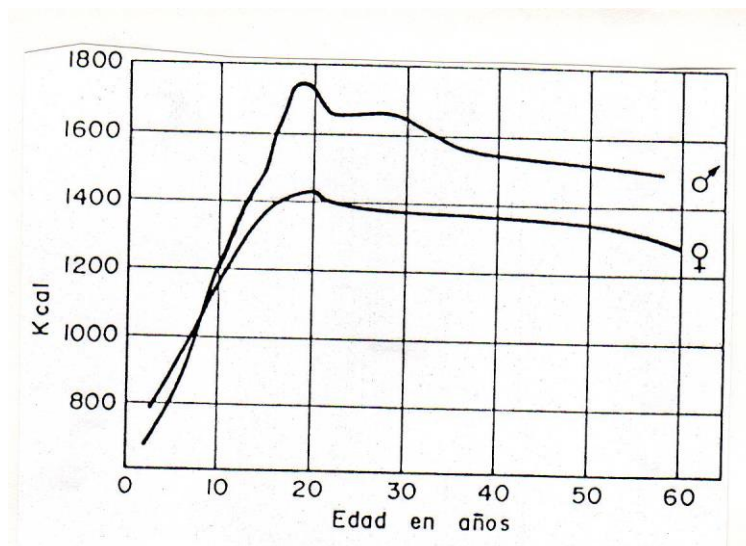


Figura 35. Metabolismo basal diario promedio, de las personas según su edad y sexo

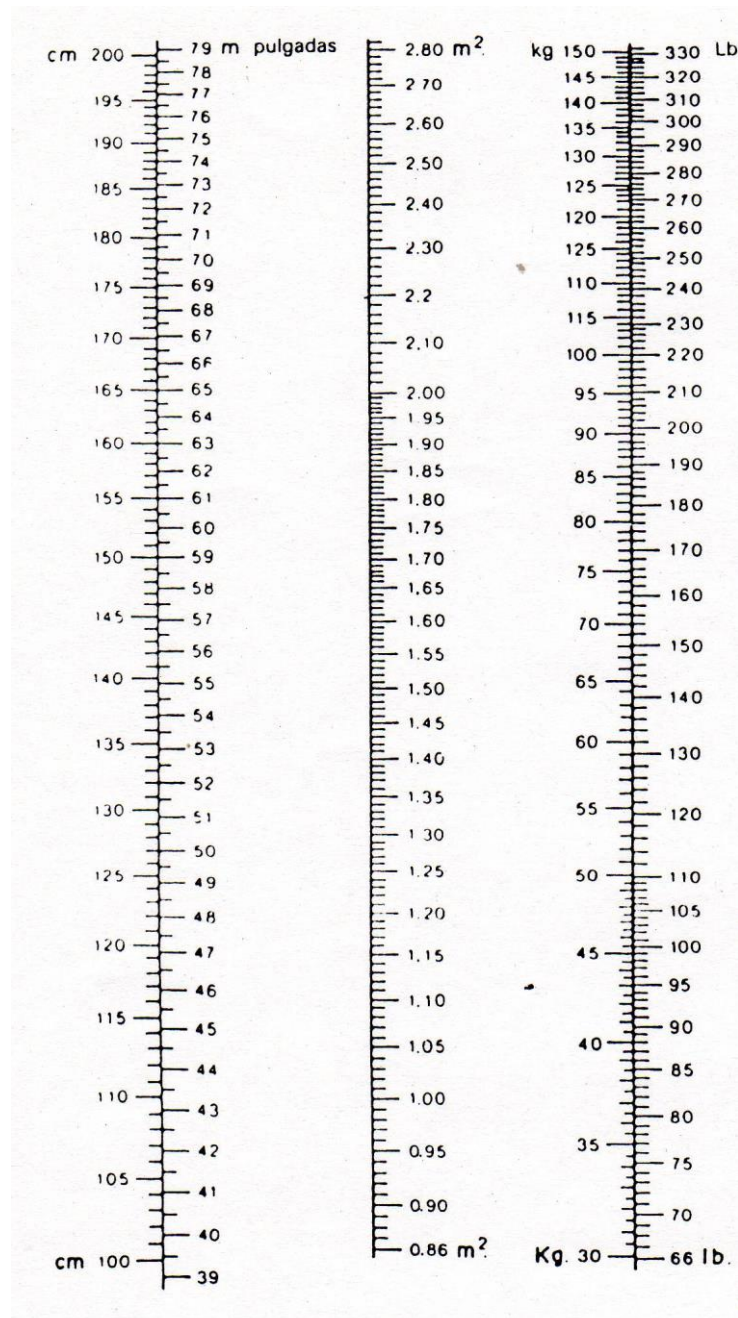


Figura 36. Nomograma para la determinación de la superficie de la piel

Los instrumentos de medición climática se basan en las curvas de confort, que toman al hombre en el puesto de trabajo bajo las influencias climáticas, indicando la apreciación media.

Cuando se analizan las condiciones del medio ambiente y de carga laboral se debe distinguir entre situaciones de estrés térmico a corto o a largo plazo sobre la base del tiempo de exposición necesario para dar lugar al desequilibrio térmico.

Dentro de los distintos casos de estrés térmico a largo plazo podemos mencionar:

- Lugares de trabajo cerrados y sin ventilación, o con ventilación insuficiente
- Habitaciones con techos exteriores negros no aislados
- Lugares con altas temperaturas y humedad, (en verano son insoportables, pese a que en invierno se tornen agradables)
- Tareas desarrolladas en las proximidades de fuentes de calor
- Trabajos pesados desarrollados en lugares calurosos y/o con alta humedad

En el caso de situaciones de estrés térmico a corto plazo se pueden citar:

- Condiciones de disconfort tanto en invierno como en verano por la presencia de fuentes de calor y humedad
- Efectuar trabajos permanentemente sobre las fuentes de calor (mantenimiento de calderas, hornos, etc.)
- Trabajos con riesgo térmico donde es necesario ropa de protección
- Cualquier labor con antecedentes de estrés térmico

Ante factores y situaciones de riesgo por evidentes exposiciones peligrosas, el análisis necesario para establecer medidas correctivas de seguir pautas como las enumeradas:

- Evaluación del estrés térmico en ambientes susceptibles de producir incrementos en la temperatura corporal central o pérdidas hídricas importantes
- Buscar modificaciones de las situaciones de trabajo con el fin de disminuir o eliminar los efectos negativos
- Establecer los tiempos límites de exposición.

Cuando uno dispone de datos puede emplear los valores recomendados por ACGIH u otro, en el caso de la ACGIH, ésta establece que la carga térmica del trabajo se determina como adición del consumo de energía dado por la posición corporal y los movimientos del cuerpo, sumados al consumo de energía correspondiente al tipo de tarea que desempeña.

Los valores recomendados correspondientes por la ACGIH para la posición del cuerpo se encuentran en la **figura 37.**, y los correspondientes a la clase de tarea en la **figura 38.**

Posición y movimiento del cuerpo	Kcal/min
Sentado	0,3
De pie	0,6
Caminando en terreno plano	2,0-3,0
Caminando en una cuesta (plano inclinado)	Se debe sumar 0,8 por metro de desnivel

Figura 37.

Clase de trabajo	Media en kcal/min	Rango en kcal/min
Trabajo manual: ligero	0,4	0,2-1,2
pesado	0,9	
Trabajo con un brazo: ligero	1,0	0,7-2,5
pesado	1,7	
Trabajo con ambos brazos: ligero	1,5	1,0-3,5
Pesado	2,5	
Trabajo con el cuerpo: ligero	3,5	2,5-15
Moderado	5,0	
Pesado	7,0	
Muy pesado	9,0	

Figura 38.

La norma ISO 7243 establece la clasificación de rangos de metabolismo, esto cual puede verse en la tabla de la **figura 39**.

También se puede considerar el índice de PMV, PPD – Norma ISO 7730 que establece una relación entre los parámetros de una condición ambiental con relación a una situación referencial límite, para determinadas condiciones, haciendo intervenir a los parámetros más significativos, (velocidad del aire, temperatura radiante media, temperatura del aire, presión de vapor, ritmo metabólico de la persona (met) y aislamiento térmico de la ropa(clo)).

La combinación de estos factores satisface la ecuación de confort de P. O. Fanger, (método de valoración del confort térmico).

P. O. Fanger establece que para resolver una situación de inconformidad se debe partir de considerar que los mecanismos fisiológicos de la termorregulación lleven al organismo a un estado de equilibrio entre la ganancia de calor (como se estableció anteriormente de origen del medio ambiente y del metabolismo) y la eliminación del mismo, esto se efectúa en una secuencia que se representa en la **figura 40**.

Fanger establece que las etapas son:

CLASE	Distribución de los rangos de metabolismo M		Valores a utilizar para el cálculo de metabolismo		EJEMPLOS
	Relativo superficie unidad del área de piel	Para un área de piel de 1,8 m ² W	W/m ²	W	
0 Descansando	M < 65	M < 117	65	117	Descansando
1 Metabolismo bajo	65 < M < 130	117 < M < 234	100	180	<i>Sentado:</i> Trabajo manual (escribiendo, dibujando, mecanografiando, cosiendo); trabajos con mano y brazo (inspección, embalaje de materiales pequeños o ligeros, trabajo en banco con herramientas pequeñas); trabajo con brazo y pierna (conducción de vehículo en condiciones normales, accionamiento de mandos y pedales). <i>De pie:</i> Trabajar o fresar piezas pequeñas girar manivelas, bobinado, paseos esporádicos (velocidad superior a 3,5 km/h).
2 Metabolismo moderado	130 < M < 200	234 < M < 350	265	297	Trabajo continuo mano-brazo (empaquetando, martilleando clavos); trabajos brazo-pierna (conducción de camiones, tractores o máquinas de construcción); trabajos brazo-tronco (uso de martillos neumáticos, montaje de
3 Metabolismo alto	200 < M < 260	360 < M < 468	230	414	automóviles, enlucido, manejo intermitente de materiales moderadamente pesados, escandar, cavar, recoger frutas o vegetales, tirar o empujar carretillas, andar a velocidad de 3,5 km/h a 5,5 km/h. Trabajos intensivos con brazo y tronco; elevando materiales pesados, mover y amontonar tierra con pala; trabajos manuales con mazo, serrar o trabajar con formón maderas duras, segar a mano, excavar, andar a velocidad de 5,5 a 7,5 km/h.
4 Metabolismo muy alto	M > 260	M > 468	290	522	Empujar o tirar de carretillas pesadas, astillar, colocar bloques de hormigón. Actividad muy intensiva y rápida a ritmo máximo, trabajos con hacha, cavar o mover tierra de forma ir.tensiva, subir escaleras o rampas, andar rápidamente con pasos cortos, correr, andar a velocidad superior a 7 km/h.

Figura 39. Clasificación de los rangos de niveles de metabolismo

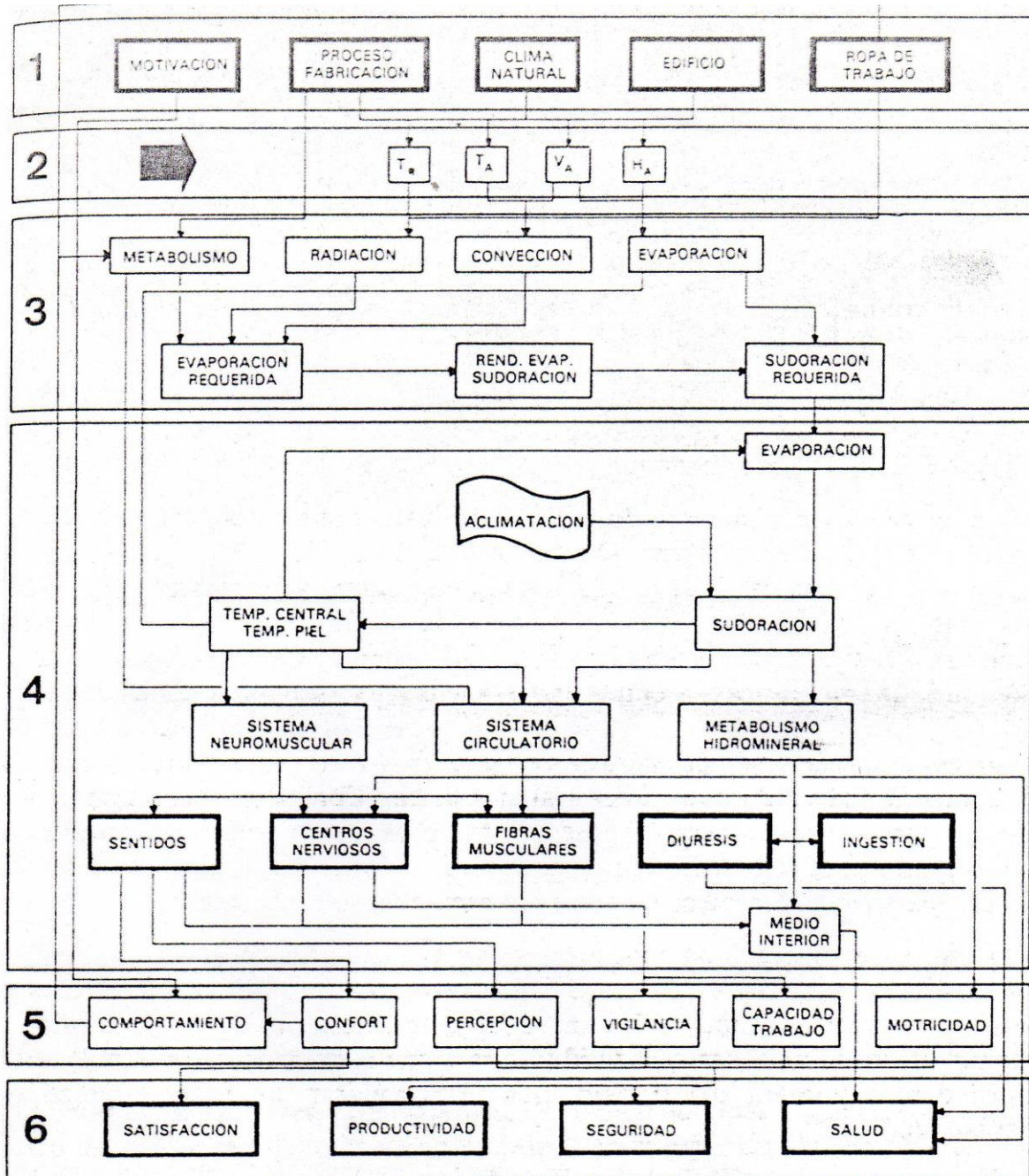


Figura 40 Efectos funcionales y operacionales de los ambientes térmicos (Según Fanger)

- 1- Condiciones laborales
- 2- Parámetros físicos
- 3- Estrés térmico
- 4- Esfuerzo fisiológico
- 5- Esfuerzo psicomotriz
- 6- Efectos últimos

Pese a todo ello la sensación de confort, independiente mente que el organismo llegue a lograr el balance térmico, solo pocas llevan a que las personas las consideren confortables, (ver **figura 41.**)

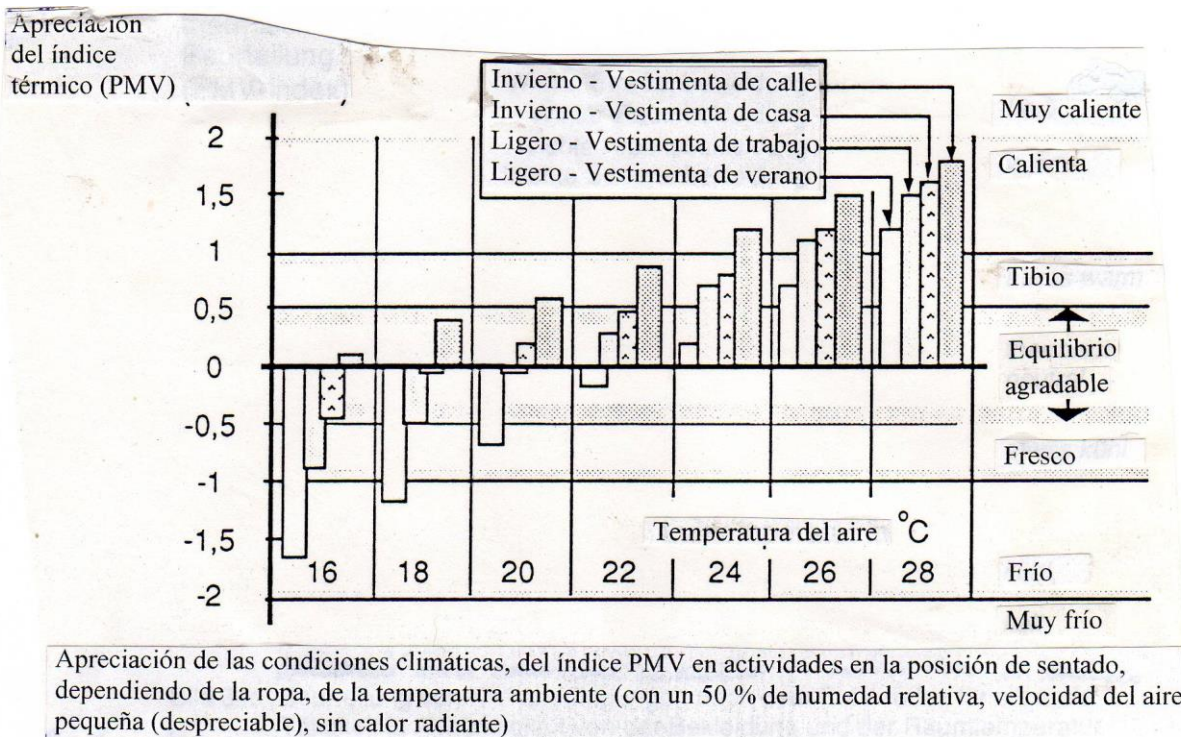


Figura 41

Fanger ha demostrado que los valores de la temperatura de la piel y la cantidad de calor secretado en estados de confort dependen del nivel de actividad a través de una serie de relaciones lineales, donde la temperatura de la piel es linealmente decreciente al consumo metabólico, la cantidad de calor evaporado crece linealmente con la actividad, siempre que se halle en condiciones de confortabilidad.

Posteriormente para facilitar la determinación a través de su ecuación Fanger la simplificó llevándola a una interacción de tres factores:

- 1- Características de la ropa
- 2- Características del tipo de trabajo (carga térmica metabólica y velocidad de desplazamiento del aire)
- 3- Característica del medio ambiente (temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad de desplazamiento de este)

El aire entra como componente por la velocidad efectiva del mismo respecto al cuerpo, considerando el efecto cuando se está quieto y la velocidad debida al movimiento del cuerpo relativo al aire tranquilo, (la suma de ambos entra en la fórmula de Fanger como velocidad relativa del aire con respecto al cuerpo)

Nota:

El aire tiene que poseer una composición normal ya que la falta de O₂, y la presencia de elementos extraños (anhídrido carbónico, polvos, humos, gases, transpiración, bacterias, microbios, hongos, etc.) vician el ambiente y el trabajo se hace más pesado.

Grado
Higrométrico

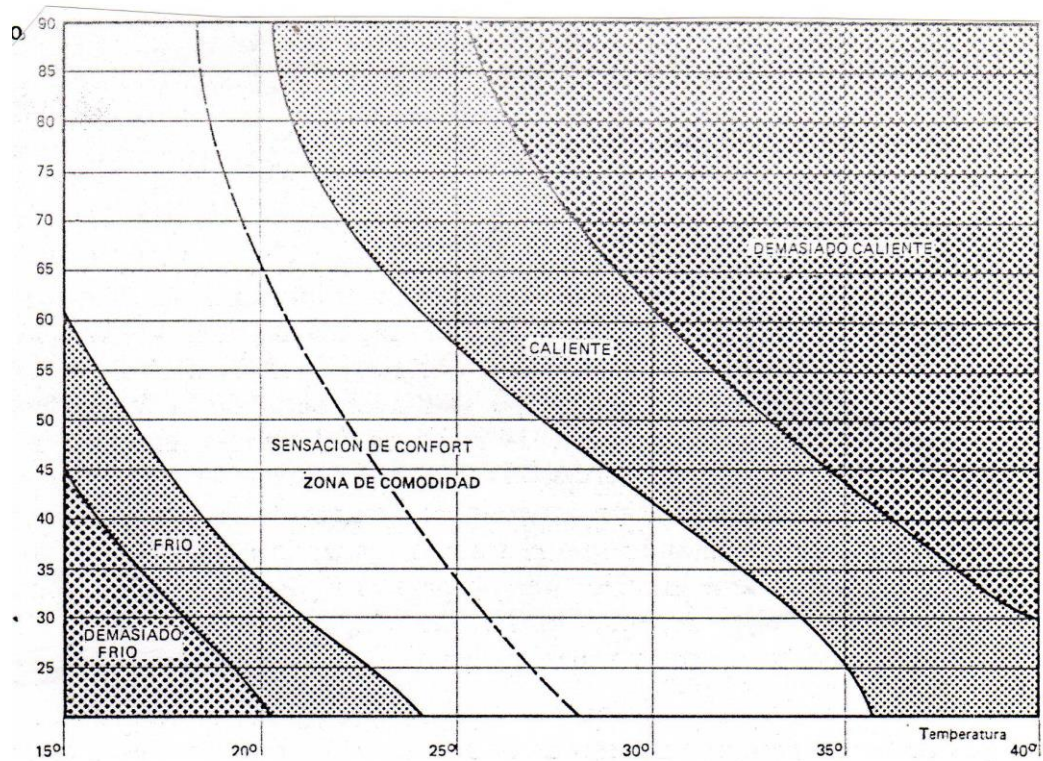


Figura 42. Curvas de confort, condiciones de humedad y temperatura más adecuadas para el trabajo, según Fanger (Thermal Coinfort, Meaw Hill, New York, 1972)

El índice de valoración del confort de las personas de Fanger toma como escala de valoración de la sensación térmica los valores que se encuentran en la figura 43.

- 3 muy frío	- 2 frío	- 1 ligeramente frío
0 neutro (confortable)	+ 1 ligeramente caluroso	+ 2 caluroso
	+3 muy caluroso	

Figura 43.

Además, considera que el calor metabólico depende también de las características individuales tales como edad, sexo, talla y superficie de la piel (corporal), y que en la realidad sólo el 75 % de la superficie corporal está afectada en el intercambio de calor por radiación con el medio ambiente

El voto medio previsto (PMV) determina para que mayor parte de la población, los valores subjetivos de la escala de la **figura 43.**, es decir en otras palabras se puede saber el porcentaje de individuos de una población media tienen una determinada sensación, las **figuras 44.** y **45.** nos permiten aclarar más el punto.

PMV	Porcentaje de personas			
	PPD	0	-1, 0, +1	-2, -1, 0, +1, +2
+2	75	5	25	70
+1	25	27	75	95
0	5	55	95	100
-1	25	27	75	95
-2	75	5	25	70

Figura 44. Distribución de los votos de sensación térmica individual (basado en la experiencia con 1.300 personas) para diferentes valores de PMV

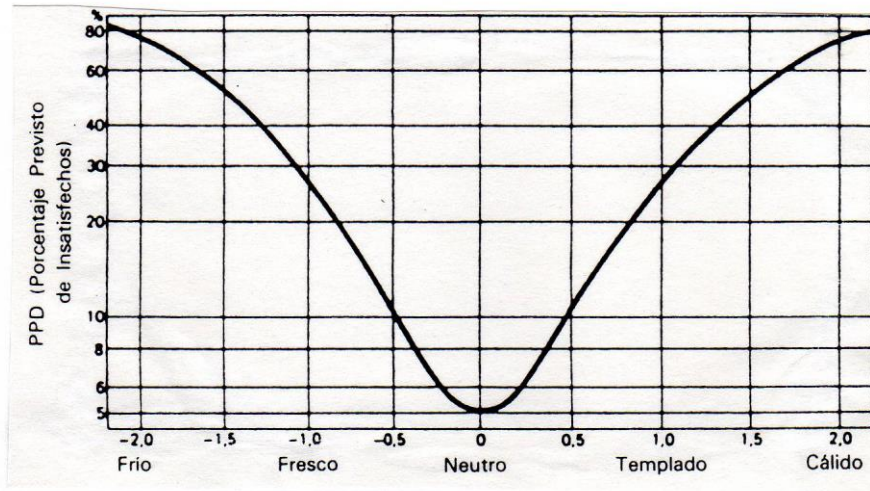


Figura 45. PMV (Voto Medio Previsto)

El porcentaje previsto de personas en Discomfort (PPD) predice qué porcentaje de personas se encontrará conforme a una temperatura dada con un determinado PMV (ver **figura 45.**)

Nota:

La Temperatura Operativa (°C):

Es el valor de la temperatura del aire y radiación media que produce la misma pérdida de calor en una persona por radiación y convección, que en el medio ambiente real. Es una integración de la influencia de la temperatura media del aire y la radiante.

La temperatura equivalente (°C):

Está definida **ver figura21.**

La Temperatura de confort (°C):

Es la temperatura equivalente para llegar a lograr un PMV de cero, dados el nivel de actividad, la humedad y la ropa. El medidor de confort térmico determina la temperatura de confort a partir de esos parámetros, previamente seleccionados

La temperatura diferencia (°K):

Es la cantidad que se necesita cambiar en la temperatura equivalente de tal manera que una persona, con actividad metabólica y el aislamiento de la ropa determinados, se sienta confortable, siendo igual a la temperatura de confort menos la temperatura equivalente.

La OMS en 1969 estableció los datos necesarios como indicadores biológicos de la exposición al calor para los valores de la temperatura central, frecuencia cardíaca y nivel de transpiración (sudación), con anterioridad Stoll y Greene establecieron los límites para la temperatura de la piel, (ver **figura 46.**)

Temperatura	Límites	Límite Superior	Límite Práctico
Temperatura de los receptores cutáneos		43,2 + 0,4 °C (Sensación de dolor)	42 °C
Temperatura central		40,6 °C (golpe de calor)	38 °C

Figura 46.

Y con respecto a los valores límites de la transpiración y frecuencia cardíaca los mismos establecieron valores (ver **figura 47.**)

Valores Caudal y frecuencia	Valor límite puntual	Valor límite para una jornada de trabajo
Frecuencia cardíaca	160 px´	100 px´
Caudal o volumen de transpiración	1,5 – 2 l/h	5 l/día

Figura 47.

REFA tiene en aplicación un método para determinar el tiempo de descanso como consecuencia de la carga térmica. Toma factores climáticos como temperatura ambiente, movimiento del aire (velocidad de circulación del aire) y radiación calórica, analizando en qué medida el medio ambiente es subjetivamente agradable, dependiendo de la combinación de los factores mencionados y de la dificultad de la tarea que realizan, de la ropa y de la adaptación climática (aclimatación).

El medio ambiente resulta una carga para el hombre cuando se encuentran por encima o por debajo del área de confortabilidad. Para poder determinar con precisión las condiciones a las que está sometida una persona es necesario una gran cantidad de mediciones con el fin de obtener valores promedios fidedignos, por ello resulta conveniente registrar las temperaturas de bulbo húmedo y de bulbo seco, la velocidad del

aire, así como el de la sensación térmica la cual se obtiene de un nomograma, (ver **figuras 28, 29. y Ane 2.17.**).

Si los lugares de trabajo poseen en su entorno focos de radiación térmica (superficies calientes), como ocurre en acerías, fundiciones, etc., la cual debe ser tomada en cuenta en la determinación de la sensación térmica. Se debe en primer lugar determinar la cantidad de calor transmitida sobre la superficie por unidad de tiempo (unidad kcal/m²/hora), lo que determina la radiación térmica proveniente de distintas direcciones, (calor radiante sobre una esfera)

La combinación de la sensación térmica y la radiación térmica se clasifica en grados de calor según el gráfico de la **figura 48.**

Sensación térmica en grados C	Radiación calórica en kJ/m ² h o en kcal/m ² h				
	(kJ/m ² h (kcal/m ² h) 210 50	210-1050 50-250	1050-2100 250-500	2100-3140 500-750	3140-4190 750-1000
	Grado de calor				
hasta 24	0	1	2	3	4
hasta 27	1	2	3	4	
hasta 30	2	3	4		
hasta 33	3	4			
más de 33	4				

Figura 48. Determinación del grado de calor (Según REFA 1976)

En la práctica no se halla una sensación térmica alta unida con una carga radiante elevada, cargas por radiación mayores de 1.000 kcal/m² hora y una sensación térmica mayor que 34 °C deben ser consideradas como excepción (grado de calor 5) y evaluadas en forma particular.

Para la determinación del suplemento por descanso en % para el trabajo muscular dinámico unido con una sollicitación provocada por el clima reinante en el recinto, deberá recurrirse al diagrama de la **figura 51.**

Intensidad de la radiación calórica (kcal/m ² h)	Eficiencia - Valor límite	Ejemplo de fuente de calor
10	Valor límite, calefacción alta (consideración del espacio de trabajo)	Cubierta de 32 a 34 °C
30	Sensibilidades distintas	Chapa de 2 m ² a 450 °C a 10 m de distancia
400-700	Sensación molesta durante la influencia	Boca de horno a 1200 °C de 0,5 m ² a 6 m de distancia
1500-3000	Sensación dolorosa a los pocos minutos de exposición	Fragua a 800 °C de 0,7 m ² a 3 m de distancia

Figura 50. Resultado y límite de la radiación (Según Munker 1977)

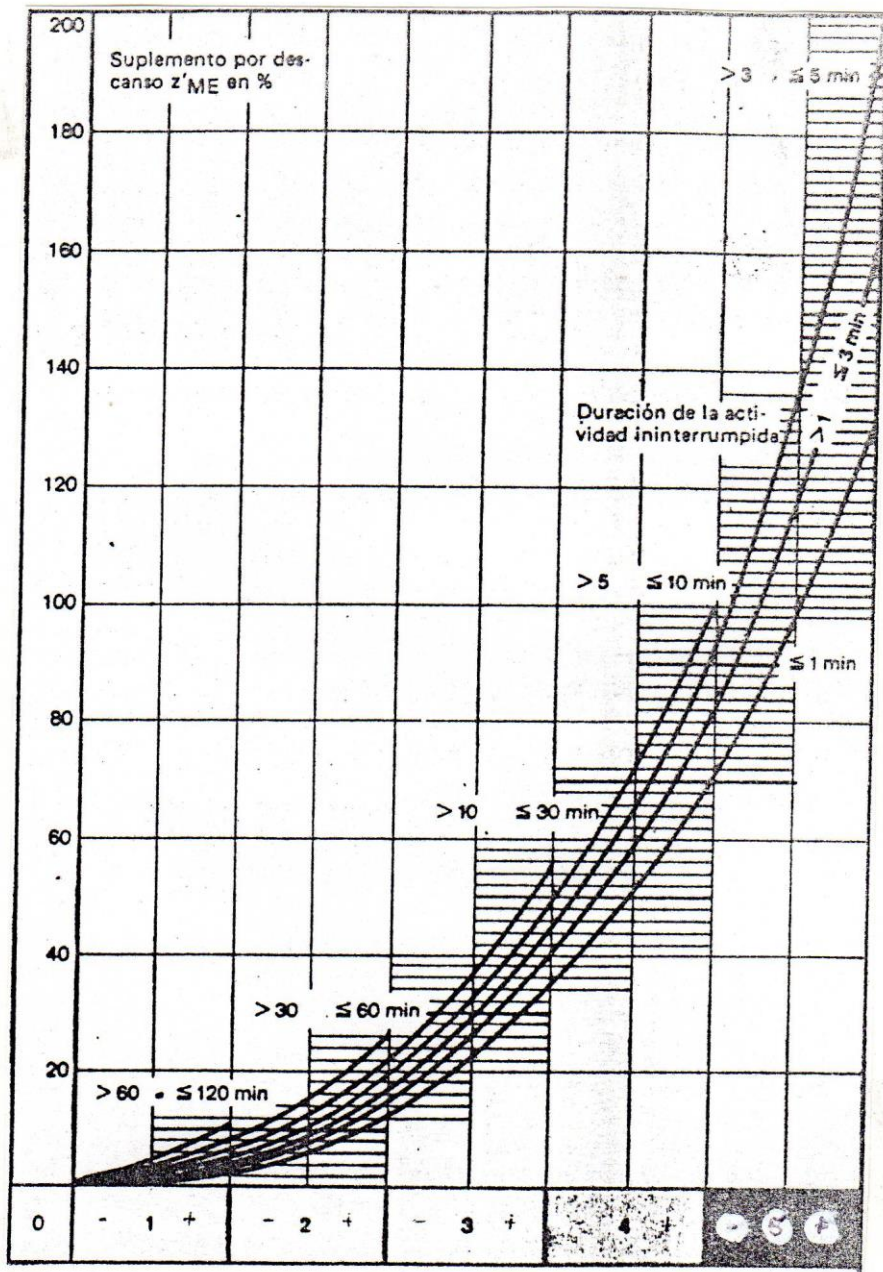
El diagrama de la **figura 51**. nos brinda el suplemento por descanso para trabajo muscular dinámico, según los estudios de Rohmert.

Esta figura está dada en función de dos magnitudes condicionantes:

- 1- La dificultad del trabajo, incluyendo la posición corporal, para lo que se dan seis grados de sollicitación diferentes, en el menor de los grados (0), se considera la tarea de menor nivel (inferior al límite de sollicitación continua), de tal manera que no ha de ser necesario un suplemento de descanso para el tipo de sollicitación correspondiente al trabajo muscular dinámico.
- 2- La duración de la tarea en forma ininterrumpida.

Los valores numéricos dados en el diagrama de la **figura 51**. tienen valor para los individuos que posean el grado de aptitudes y ejercitación requeridas para la correspondiente labor. Para los trabajos que necesiten ser realizados en forma ininterrumpida durante un tiempo limitado, y que el suplemento por descanso resulta tanto menor cuanto más corto es el tiempo de la actividad ininterrumpida, una tarea que corresponda al punto medio del grado de sollicitación por ejemplo 3, puede ser efectuado como máximo unos 30 minutos t el tiempo de descanso rondará ente 22 y 37 %, según varíe la duración de la actividad ininterrumpida correspondiente a esta magnitud de la sollicitación entre 1 o 30 minutos.

Utilizar en la práctica el diagrama de la **figura 51**. es factible dadas las frecuencias de sollicitaciones. Para guía se dan en la **figura 52**. ejemplos tomados de la práctica (según REFA), que tienen la ventaja de presentar la dificultad del trabajo perfectamente definida por medio de unidades físicas, siendo además conocida la posición corporal, (junto a los grados de sollicitación en función de la dificultad laboral se dan también los suplementos por descanso para fases de proceso de distinta duración).



Grados de sollicitación (carga)

Figura 51. Suplementos por descanso para trabajo muscular dinámico

Tarea laboral: hacer girar un volante con ambas manos, sentado

Grado de sollicitación	0	1	2	0	4	5
Potencia en kgm/seg	4	4,1	4,4	4,9	5,6	6,8
Tiempo de actividad en minutos	-	10	10	10	10	5
Suplemento por descaso en %	0	2	10	32	68	131

Tarea laboral: andar en bicicleta

Grado de sollicitación	0	1	2	0	4	5
Potencia al freno en kgm/seg	7,2	7,4	7,9	8,6	10,1	12,2
Tiempo de actividad en minutos	-	5	5	5	5	5
Suplemento por descaso en %	0	1	8	20	65	137

Tarea laboral: Transportar carga con ambos brazos

Grado de sollicitación	0	1	2	0	4	5
Peso en kg	27	29	34	40	48	54
Distancia en metros	150	75	45	40	40	40
Suplemento por descaso en % al finalizar el recorrido de regreso sin carga	0	2	8	22	50	100

Figura 52. Ejemplos físicos para los grados de sollicitación de la figura 11.51 (REFA)

En la **figura 53.** se dan más ejemplos, donde el signo + de la sollicitación corresponde a la derecha y el – a la izquierda de cada grado de sollicitación

Tarea laboral: levantar pesos, cantidad : 10 elevaciones/min Método de trabajo: elevar el peso con ambas manos desde su altura inicial hasta su altura final												
Peso en kg	10			20			30					
Altura inicial en cm	0			50			100			0		
Altura final en cm	50	100	150	100	150	100	150	100	150	50	100	
Grado de sollicitación	0	3--	4+	0	3--	0	2	4--	5	0	4	

Tarea laboral: mover una palanca o empuñadura Método de trabajo: 20 movimientos (tirar o empujar)/min, perpendicularmente descendente, duración del movimiento 0,77 -0,94 segundos, distancia 50 cm												
Altura inicial en cm	75			125			175					
Unidad de tracción en kgm	5	10	15	5	10	15	5	10	15			
Grado de sollicitación	0	3	5	0	2	4	0	1--	2+			

Tarea laboral: transporte horizontal para diversas distancias entre pilas												
Peso en kg para piezas/min	4 kg para 25 piezas/min			15 kg para 15 piezas/min			28 kg para 10 piezas/min					
Distancia entre pilas en cm	50			125			200			50		
Altura de las pilas sobre el piso en cm	0	50/100	0	50/100	0	50/100	0	50/100	0	50/100	0	
Grado de sollicitación	1--	0	3--	1	5-	2+	1+	0	4+	2	5	

Figura 53. Ejemplos prácticos para los grados de sollicitación de la figura 51.

Al suplemento determinado para carga muscular se le suman los porcentajes que surgen de la **figura 54**. Los valores que figuran allí se basan en gran cantidad de experiencias prácticas. (Los suplementos por carga térmica se aplican pese a que no haya para carga muscular).

Duración de La actividad Ininterrumpida en mim.		Suplemento de descanso en % para un grado de calor				
		0	1	2	3	4
Válido para todas las áreas de los grados de sollicitación para trabajo muscular dinámico de 1 hasta 5	5	0	2	6	14	20
	10	0	3	12	21	30
	30	0	5	20	35	50
	60	0	7	28	50	70
	120	0	10	40	70	100
	> 120	0	15	-	-	-

Figura 54. Suplemento de descanso para trabajo muscular dinámico junto con sollicitación térmica (REFA)

Si el grado de calor es superior a 120 min., se prevé un suplemento de descanso de 15 %. Es frecuente la necesidad de valores intermedios, los que se deberán interpolar a los dados en la **figura 54**. (para cargas extremas grado 5 no se pueden especificar suplementos de descanso).

En el trabajo muscular se pueden dar muchas pausas breves, las que se efectúan en el lugar de trabajo. En el caso de carga térmica ésto no se puede hacer, el descanso se efectuará en un lugar apropiado y las pausas no pueden ser menores de 10 min.

Indices para la evaluación del frío

Los índices de estrés térmico por frío poseen limitaciones, pero usados en condiciones adecuadas son muy útiles, en las tablas de TLV's de la ACGIH dan valores de TVL con el fin de dar protección al hombre ante los efectos del estrés por frío (hipotermia), como de las lesiones provocadas por el mismo frío y a describir las condiciones de trabajo con frío por debajo de las cuales se piensa que la mayoría de las personas pueden exponer su estado de salud.

La idea es que a través de los TLV se impida que la temperatura interna del cuerpo (medida por la temperatura rectal, como se verá más adelante con muchos gráficos) llegue a ser inferior a los 36 °C, (en casos ocasionales se permite un descenso

hasta los 35 °C, pero no es recomendable), y proteger partes del cuerpo, en especial las extremidades (pies y manos y la cabeza de las lesiones del frío.

Valor del IST	Implicaciones higiénicas y fisiológicas de la exposición diaria durante 8 horas
-20	Suave estrés frío. Es condición frecuente en áreas donde los hombres se recuperan de la exposición al calor.
-10	
0	Situación neutra. Ausencia de estrés.
+10	Estrés térmico suave a moderado. Si el trabajo exige funciones intelectuales, destreza o especial atención puede esperarse una reducción entre moderada y sustancial en la calidad o rendimiento del trabajo. En trabajos físicamente pesados puede esperarse un ligero descenso del rendimiento respecto a condiciones térmicamente neutras.
+20	
+30	
+40	
+50	Estrés térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está cualificado para estos trabajos. Son físicamente adecuados. Son necesarios períodos de descanso para hombres no aclimatados previamente. Debe esperarse una reducción en el rendimiento del trabajo físico. Es deseable la selección médica del personal eliminando para estos trabajos a aquéllos que tengan problemas cardiovasculares respiratorios o dermatitis crónicas. Condiciones inadecuadas cuando el esfuerzo mental exigido por el trabajo es apreciable.
+60	
+80	
+90	Estrés térmico muy severo. Solamente un pequeño porcentaje de la población está cualificado para estos trabajos. El personal será seleccionado previo reconocimiento médico por ensayos realizados en las condiciones de trabajo después de la aclimatación. Son necesarias medidas especiales de suministro de agua y sal. Debe reducirse la dureza del trabajo físico.
+100	
	Es el máximo estrés tolerable diariamente por hombres jóvenes físicamente adecuados y previamente aclimatados.

Figura 55. Significado de los valores índice de estrés térmico (IST)

La determinación de los efectos causados por los ambientes fríos sobre las personas puede ser realizado por otros índices tales como:

- Wind chill index (WCI)
- Índice de sensación térmica
- Índice de estrés térmico

Índice chill index (WCI)

El índice wind chill valora la pérdida de calor, donde el calor perdido se calcula por la siguiente fórmula:

$$WCI = (100 V_a + 10,45 - V_a) (33 - T_a)$$

De donde:

WCI = Wind chil indic, kcal h⁻¹m⁻²

Va = Velocidad del aire, m/s

Ta = Temperatura del aire, °C

Se recomienda no exceder el valor WCI de 1.100 a 1.400 kcal h⁻¹m⁻², para que las partes descubiertas del cuerpo no sufran daño por exceso de frío.

Indice de sensación térmica

Los efectos de la sensación térmica están determinados por la temperatura del medio ambiente y la velocidad de movimiento del aire, siendo el coeficiente o factor de enfriamiento por el viento un factor crítico, éste se mide por la pérdida de calor del cuerpo definida en W m² h y es función de la temperatura del aire y la velocidad de desplazamiento del mismo (viento) sobre la parte del cuerpo expuesta.

Cuanto mayor llegue a ser la velocidad del viento y menor la temperatura del medio ambiente mayor será la protección que se debe brindar al hombre (ropa de abrigo)

El grado de riesgo para las personas adecuadamente vestidas, según la velocidad del aire y la temperatura ambiente, están expuestas en la **figura 57.**, donde se dan las temperaturas equivalentes de enfriamiento, las que deben usarse al determinar el efecto combinado del descenso de la temperatura por la velocidad de desplazamiento del aire (velocidad del viento) y la temperatura ambiente reinante, sobre la parte expuesta de la piel del cuerpo o al determinar los requisitos de aislamiento de la ropa, para mantener la temperatura interna.

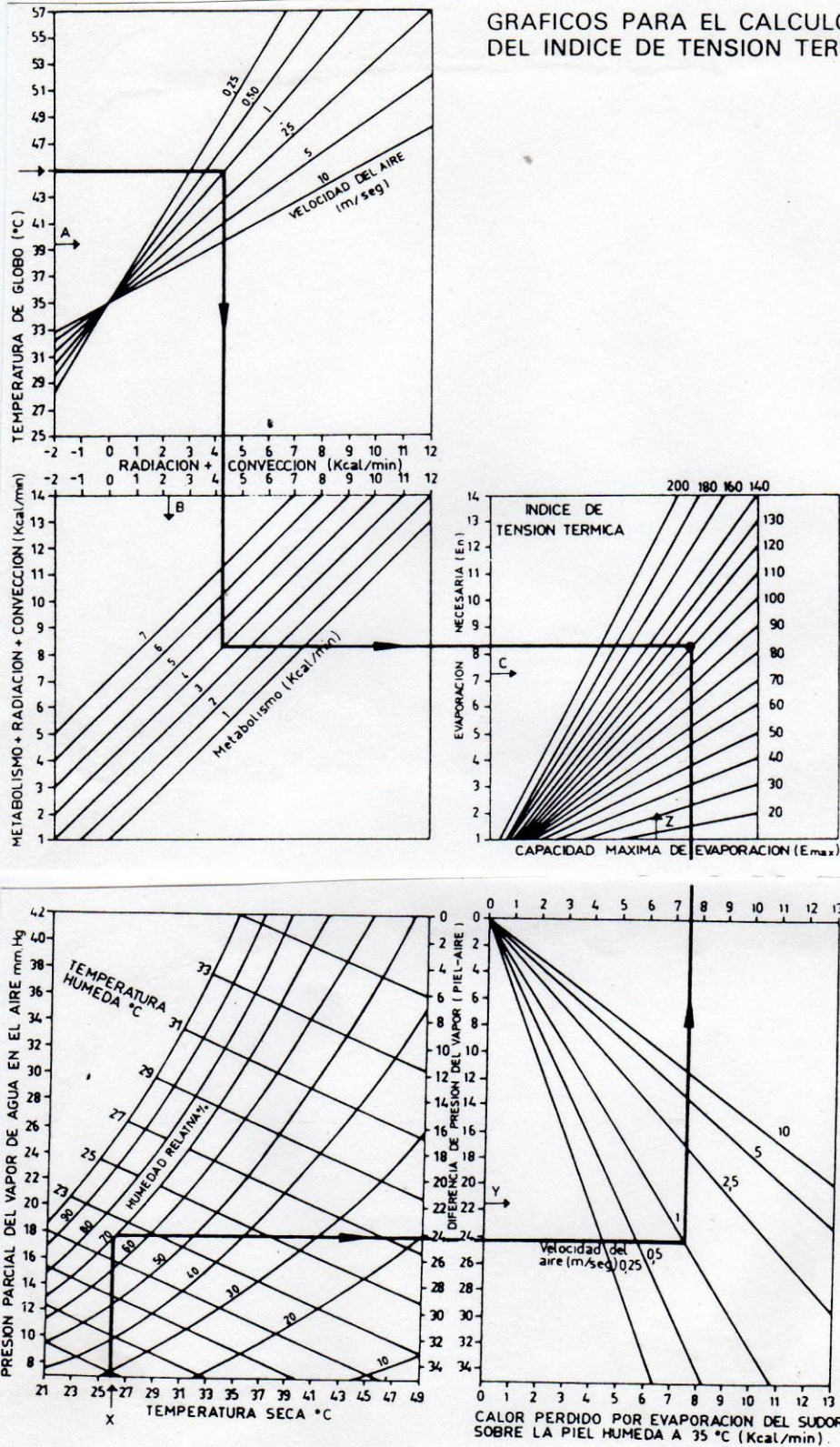
Indice de estrés térmico

El índice de estrés térmico (IST), en el caso de bajas temperaturas obtiene de los valores de la tabla de la **figura 58.**

Valoración subjetiva del medio ambiente

Los límites de exposición al frío máximos recomendados se encuentran en la **figura 59.**, (límites máximos de exposición diaria).

GRAFICOS PARA EL CALCULO DEL INDICE DE TENSION TERMICA



Etapa 1: Entrar por A. Trazar una línea vertical desde la intersección de la temperatura de globo con la velocidad del aire: se obtiene la carga de calor de radiación y convección combinadas. Extender la línea vertical hasta

Etapa 2: Entrar por B. Al interceptar con metabolismo, trazar una línea horizontal: se obtiene la carga total de calor expresada como la evaporación requerida para el balance calórico (E_{req}). Extender la línea horizontal hasta entrar por C.

Etapa 3: Entrar por X. Trazar una línea horizontal desde la intersección de las temperaturas húmeda y seca: se obtiene el gradiente de presión de vapor entre la piel saturada a 35° C y la del aire ambiente. Extender la línea hasta

Etapa 4: Entrar por Y. Al interceptar la velocidad del aire trazar una línea vertical: se obtiene la evaporación máxima de la piel húmeda a 35° C (E_{max}). Extender la línea hasta

Etapa 5: Entrar por Z. Mover hasta interceptar la línea horizontal desde C. Leer el valor del índice de stress calórico (si E_{max} es superior a 10, entrar por Z a 10).

Figura 56. Ejemplo del manejo del nomograma de índice de tensión térmica (MAPFRE)

Velocidad del viento en km/h	Temperatura real leída en el termómetro °C									
	10	4	-1	-7	-12	19	-23	-29	-34	-40
Calmo	10	4	-1	-7	-12	-19	-23	-29	-34	-40
8	9	3	-3	-9	-14	-20	-26	-32	-38	-43
16	4	-2	-9	-16	-23	-29	-36	-43	-50	-57
24	2	-6	-13	-21	-28	-38	-42	-50	-58	-65
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-68	-70
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-50	-59	-67	-75
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78
56	-3	-12	-20	-29	-37	-45	-55	-63	-72	-80
64	-3,5	-12	-21	-29	-38	-48	-56	-65	-73	-82
Superior 64 km/h (poco efecto adicional)	PELIGRO ESCASO (para una persona adecuadamente vestida)				AUMENTO DE PELIGRO (peligro de congelación en las zonas expuestas)			GRAN PELIGRO		

Figura 57. Riesgos en bajas temperaturas

Valor IST	Indicaciones higiénicas y fisiológicas en la exposición diaria durante 8 horas
30	Estrés de calor suave a moderado. Si el trabajo exige funciones intelectuales, destreza o especial atención, puede esperarse una reducción entre moderada y sustancial en la calidad o rendimiento del trabajo. En trabajos físicamente pesados puede esperarse un ligero descenso del rendimiento respecto a condiciones térmicamente neutras.
20	
10	
10	Situación neutra.
0	
-10	
-10	Suave estrés de frío. Es condición frecuente en áreas donde los hombres se recuperan de la exposición al calor.
-20	
-30	
-30	Estrés de frío moderado. Si el trabajo es de tipo ligero, exige funciones intelectuales, destreza o especial atención, puede esperarse una pequeña reducción en el rendimiento o calidad del trabajo, no así en trabajos moderados o pesados. Se precisa ropa adicional.
-40	
-50	
-50	Estrés de frío severo. Debe esperarse una reducción en el rendimiento del trabajo físico. Es deseable la selección médica del personal. Condiciones inadecuadas cuando el esfuerzo mental exigido por el trabajo es apreciable. Se precisa ropa adicional especial.
-60	
-70	

Figura 58. Significado de los calores de índices de estrés térmicos (IST)

Ambito de temperatura °C	Exposición máxima diaria
0 a -18	Sin límites siempre que la persona esté vestida adecuadamente.
-18 a -34	Tiempo total de trabajo: 4 horas, alternando una hora dentro y una hora fuera del área de baja temperatura.
-34 a -57	Dos períodos de 30 minutos cada uno, con intervalos de por lo menos 4 horas. Tiempo total de trabajo a baja temperatura permitido: una hora. (Tener en cuenta que existe cierta diferencia individual: un informe recomienda períodos de 15 minutos y no más de 4 períodos por jornadas de 8 horas; otro limita a períodos de una hora de cada cuatro con un factor de enfriamiento bajo, i.e., sin viento; un tercero dice que la operación continua 3 horas a -53 ha sido probada sin que se produjeran efectos nocivos).
-57 a -73	Tiempo máximo permisible de trabajo: 5 minutos durante un día de 8 horas de trabajo. Para estas temperaturas extremas se recomienda el uso de cascos herméticos que cubran totalmente la cabeza, equipados con un tubo respirador que pase por debajo de la ropa hasta la pierna para precalentar el aire.

Figura 59.

La relación subjetiva entre el medio ambiente frío y la temperatura de la superficie de la piel fue planteada por Leblac en 1975, donde comprobó que la incomodidad mínima para una temperatura de la superficie de la piel de la frente se encuentra entre 33 a 34 °C, disminuyendo tanto para mayores como para menores temperaturas

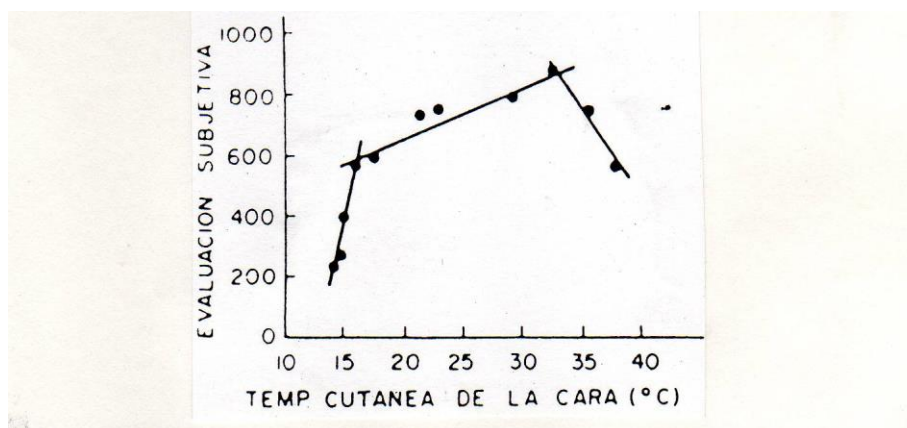


Figura 60. Incomodidad subjetiva de la temperatura cutánea de la frente (Según Leblanc 1975)

4.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

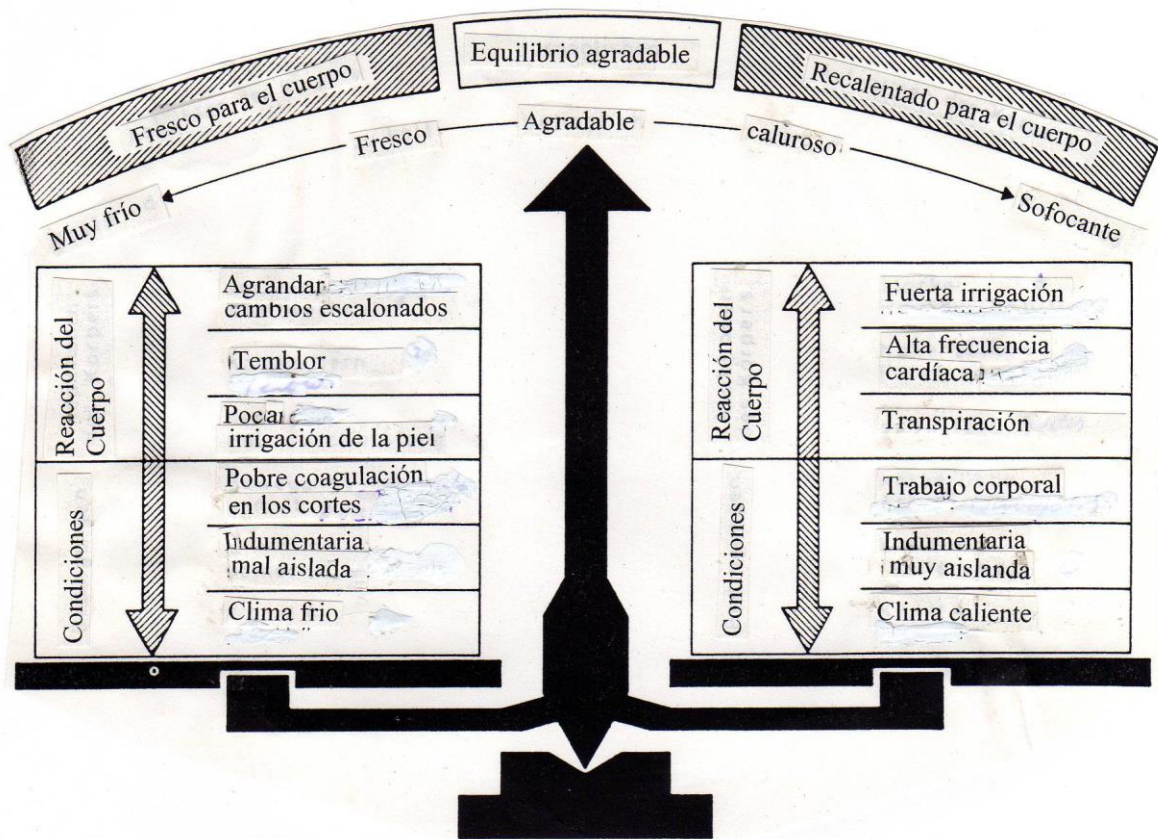


Figura 61. Esquema del balance térmico y sus efectos sobre el hombre (Según Langué, 1978)

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, (en 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 hace 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 empresas 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 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 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 máquina	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 62. Oxígeno recibido, calor producido y energía relativa en un hombre de 70 Kg. De peso (Según M. G. Aubertín "Le travail industriel en ambience chaude, E.N.R.S., 1976)

En la **figura 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 $O_2 = 5 \text{ Kcal}$
- El O_2 consumido por un hombre medio, descansando, (de 70 Kg de peso y con una superficie de piel de $1,8 \text{ m}^2$ de superficie) = $0,3 \text{ l/min}$
- 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 está 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 63**.

5. 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.

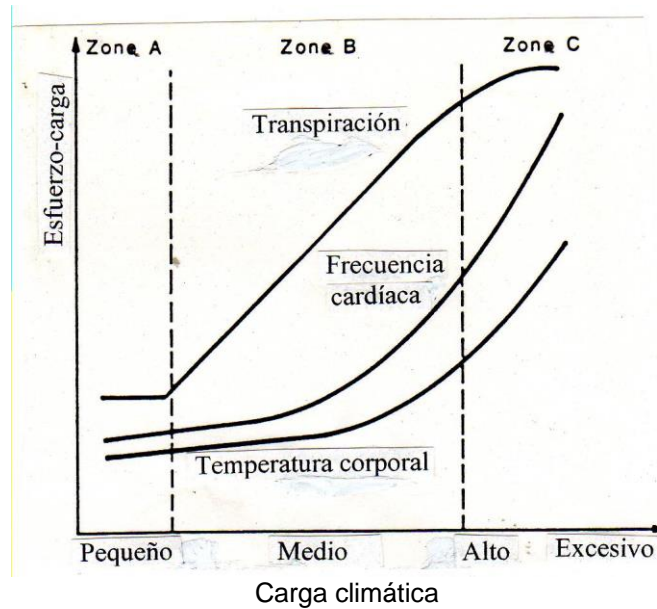


Figura 63 Reacción al esfuerzo dependiendo de la carga térmica (Según Who)

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 molestas con el contenido de humedad y temperaturas (costas y climas subtropicales), tampoco se estudió en profundidad, salvo en caso particular, 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, que 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 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 por ejemplo se da como recomendación para tareas en oficina o trabajos sedentarios que 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 sobrepasados en función a la mayor temperatura exterior, aunque éstas fueran salas refrigeradas.

Los valores antes dados difieren con los que da Schmidke, (ver **figura 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 64. Recomendaciones de la temperatura de trabajo

En las **figuras 65.** y **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 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 66. Tiempo de trabajo permitido para un medio ambiente húmedo y un 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 éste 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 temperaturas 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 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 67.

En la **figura 68.** se agregan más datos sobre recomendaciones de temperaturas en distintos locales

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 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 Gradjean para una humedad relativa del 50% deben mantenerse los límites de la siguiente tabla. (**Figura 69.**)

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

Figura 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 áreas 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, 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 resecamiento del ojo y de las vías respiratorias, y valores superiores disminuyen la posibilidad de evaporación de la transpiración, disminuyendo el confort del medio ambiente.

6. 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 ésta sea 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).

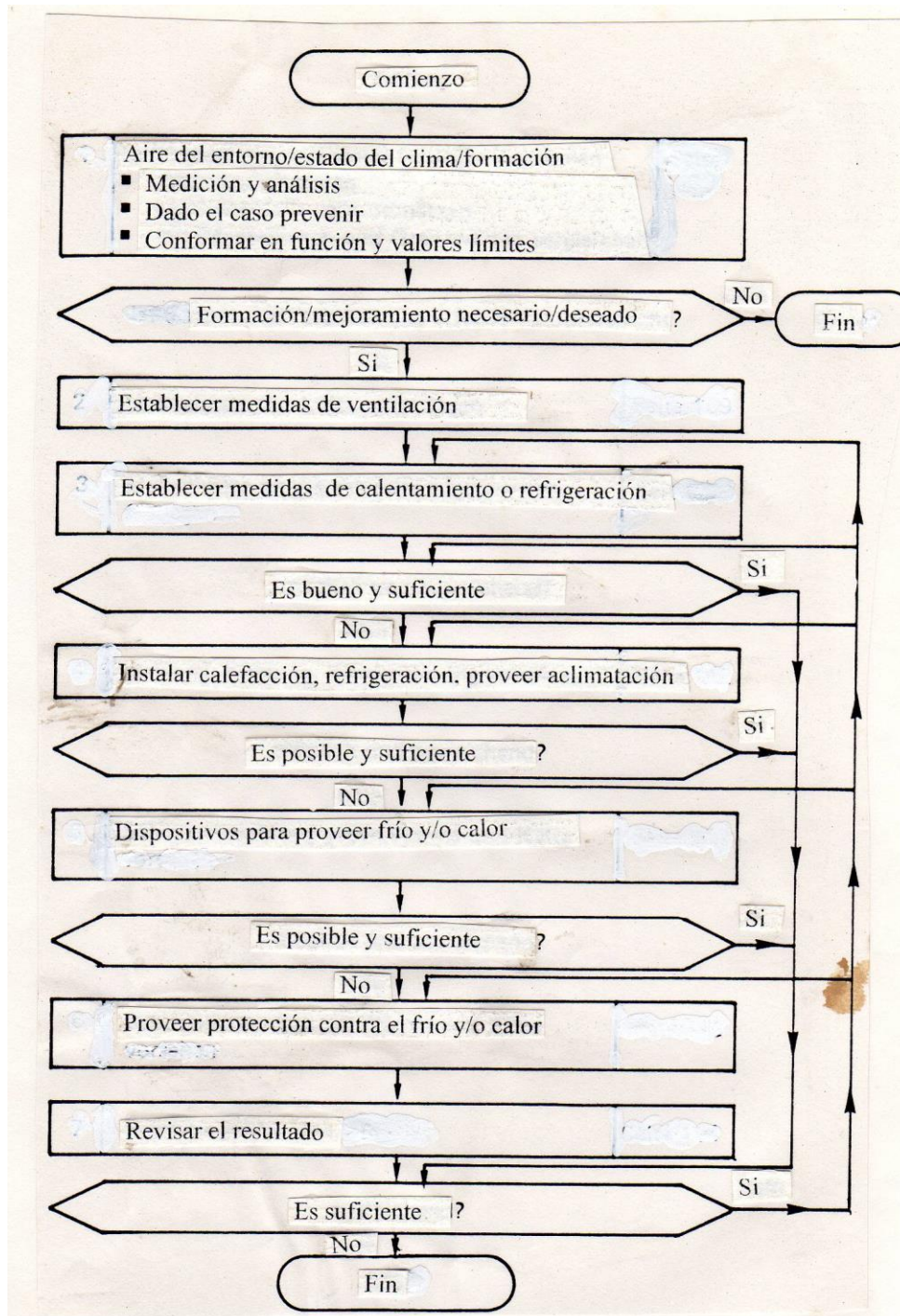


Figura 70. Esquema de ejemplo de un diagrama de investigación de un problema con carga térmica (Concepto de ventilación y formación del clima)

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

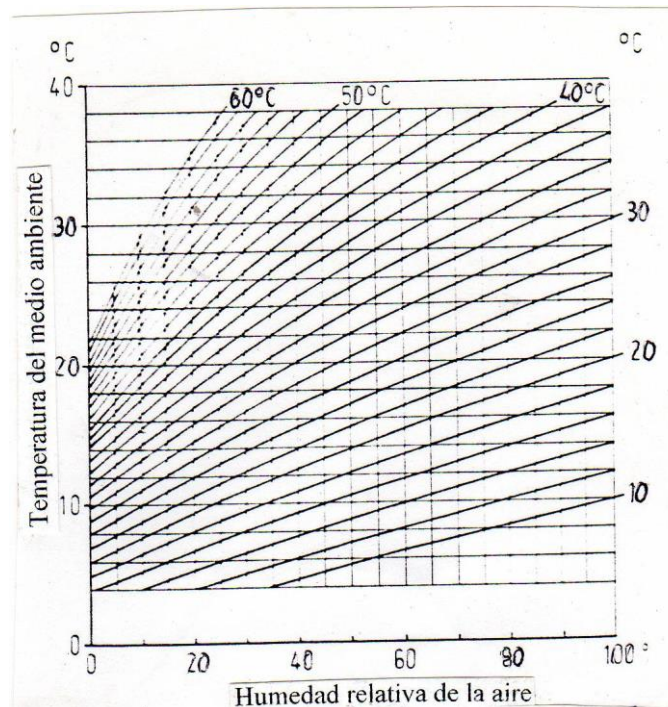


Figura 71. Relación entre la humedad relativa y la temperatura del aire

6.1. TRABAJO A BAJAS TEMPERATURAS

Las exposiciones al frío intenso de las personas suelen ser el resultado de situaciones aleatorias y/o accidentales, que no se pueden evitar. Son considerados ambientes fríos 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 72. y 73**).

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 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 74.**)

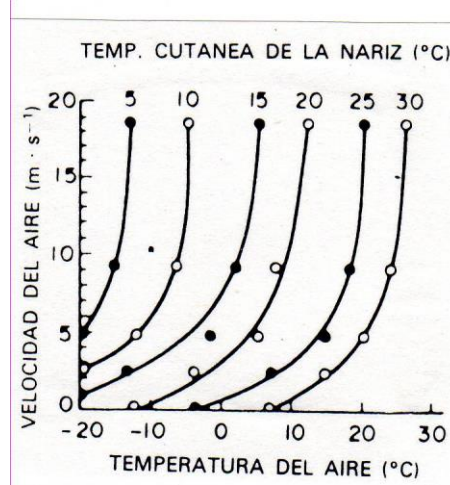


Figura 72.

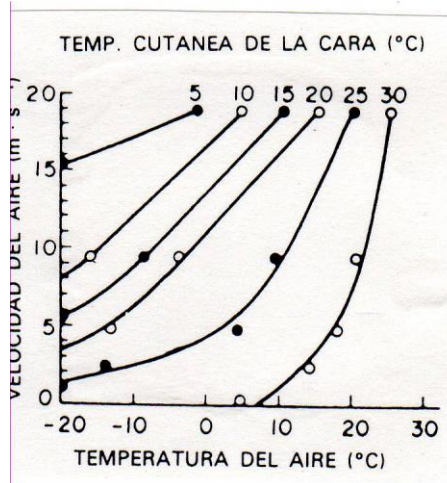


Figura 73.

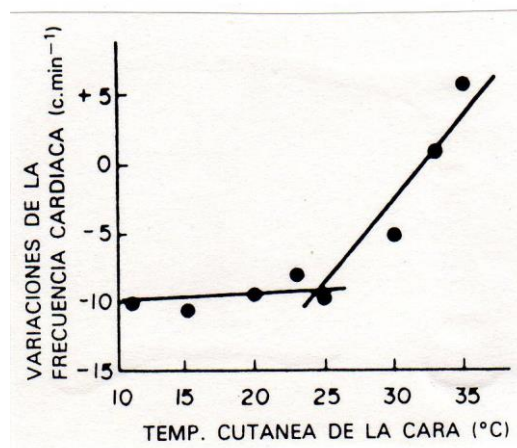


Figura 74.

Reacciones metabólicas:

En 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).

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 75**).

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		
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		
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		
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 75. 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 expone (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 a 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. Ante la necesidad de recuperar el calor perdido (búsqueda del equilibrio térmico), dado el caso que la exposición al frío continúe, la persona comenzará a 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 acarrea 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 tipo.

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

La vestimenta adecuada puede ser con prendas de abrigo para el frío pero bajo ciertas circunstancias pueden resultar molestas.

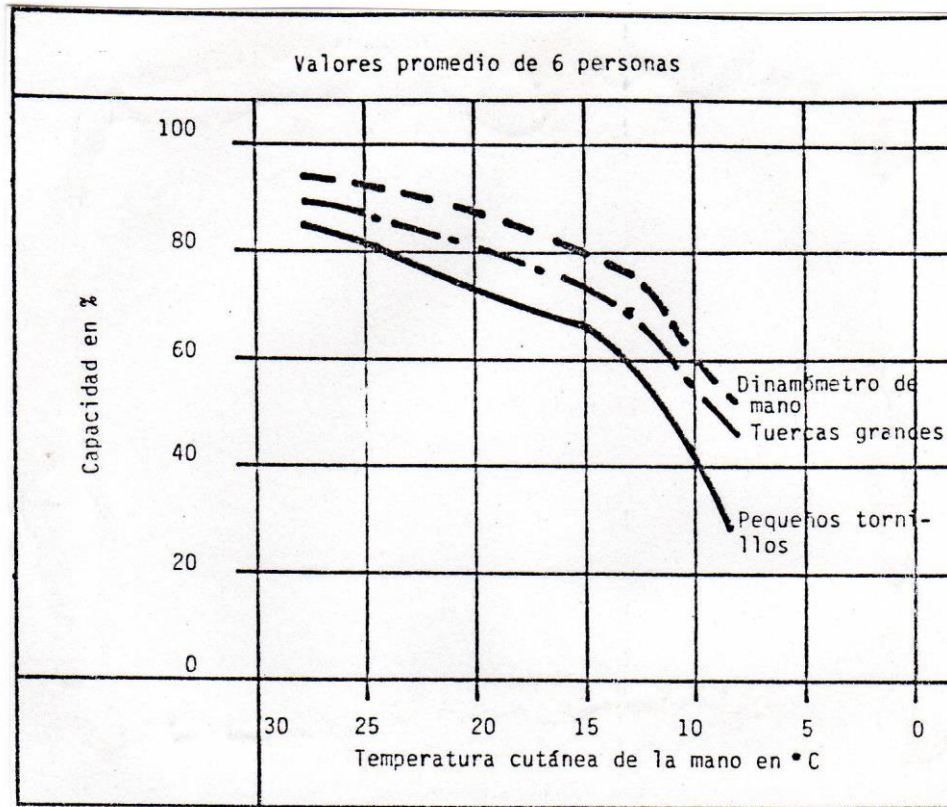


Figura 76. Disminución de la habilidad manual por acción del frío (Según Wenzel, Piekarski en 1980)

Como consecuencias de las bajas temperaturas, aunque ésta no llegue 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 76.**).

Medidas correctivas para situaciones de bajas temperaturas

Antes de tomar cualquier medida, se debe considerar el control sobre las funciones fisiológicas, el que 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.

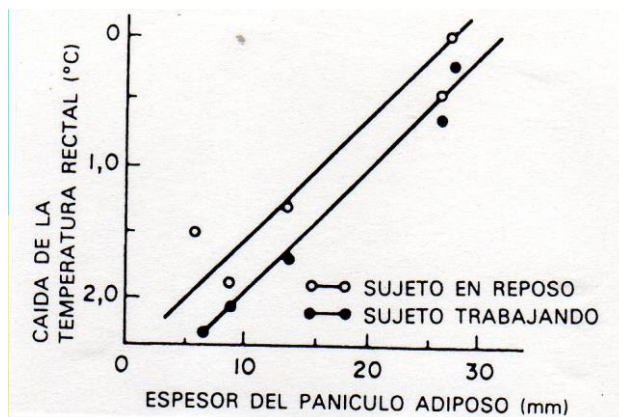


Figura 77. Influencias del pániculo adiposo sobre el descenso de la temperatura rectal en el transcurso del tiempo para una persona expuesta al frío

Ya en los puntos 2 y 3. hablamos de aclimatación, 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.

La pérdida del calor por efecto de la exposición a bajas temperaturas puede tener consecuencias graves sin que se alcancen los límites anteriores establecidos, muchos de los accidentes de trabajo son consecuencia de la pérdida de destreza o de la capacidad mental de la persona expuesta, sin tomarse medidas preventivas adecuadas.

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.)

Nota:

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

En las tareas que se realicen a temperaturas inferiores a los 5 °C se debe suministrar al trabajador ropa adecuada, la elección dependerá del tipo de actividad a desarrollar y del nivel de frío, cumpliendo la función protectora dentro del marco ergonómico, asegurando una mínima transpiración (adecuado la ventilación para evitar que las prendas interiores se mojen por la transpiración), exista una correcta libertad de movimientos y considerar además la posibilidad de poseer una capa impermeable exterior, para que eventualmente no se moje el interior de la ropa.

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	Período de trabajo máx.	N.º de interr.	Período de trabajo máx.	N.º de interr.	Período de trabajo máx.	N.º de interr.	Período de trabajo máx.	N.º de interr.	Período de trabajo máx.	N.º 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 78. 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 el de bebidas

Siempre que fuera posible se modificará el ciclo de trabajo estableciendo pautas adecuadas del mismo 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

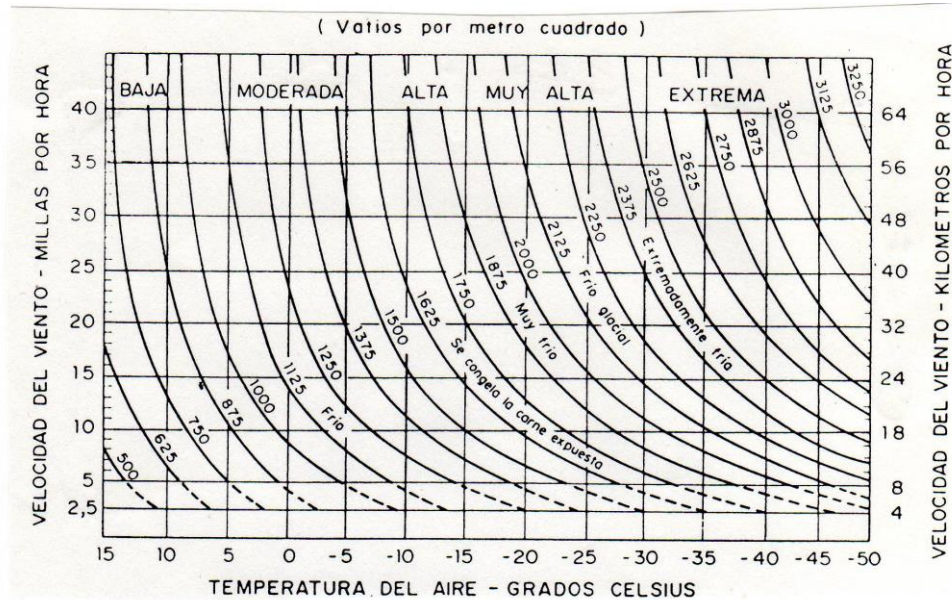


Figura 79. Índices de enfriamiento por efecto del viento: Adaptación a trabajos realizados por el Ministerio del Medio Ambiente, Servicio del Medio Ambiente Atmosférico de Canadá

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

6.2. TRABAJO A ALTAS TEMPERATURAS

Sobre el tema venimos hablando mucho y ya señalamos con creces las reacciones de los organismos a las altas temperaturas, por lo cual cambiaremos el esquema de planteo con respecto al trabajo a bajas temperaturas.

Recolección de datos climáticos

El intercambio térmico entre el hombre y el medio ambiente en forma de calor radiante, son de convección o por evaporación, va a depender, (sin tener en cuenta la influencia de la ropa) de cuatro parámetros, la temperatura radiante media, la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo, (la humedad ambiente, expresada en absoluta o relativa) y la velocidad de desplazamiento del aire, (se debe verificar que estas condiciones sean constantes, a lo largo de la exposición)

La temperatura del aire influye en el intercambio térmico por convección. La velocidad de desplazamiento del aire influye en el intercambio de calor por convección y por evaporación. La humedad influye sobre la evaporación de la transpiración, por último la temperatura radiante media influye sobre el intercambio por radiación entre el hombre y el medio ambiente.

Evaluación de la carga metabólica

La carga metabólica se puede determinar en forma aproximada por comparación de las tareas o por el uso de tablas. En el caso de tareas repetitivas se puede dividir la actividad en fases sucesivas a las que se asigna una duración y carga metabólica determinada para evaluar luego la carga metabólica total, (teniendo en cuenta la postura corporal y esfuerzo requerido, en cada fase del proceso). Además se debe evaluar la cantidad de pausas, el tiempo de duración de las mismas y la eventual carga que puede ver en el lugar donde se efectúa

Trabajando en ambientes con excesiva temperatura las personas se ven afectadas de la siguiente manera:

- Aumento de la transpiración
- Mayor temperatura corporal
- Incremento de la frecuencia cardíaca (en las tareas del tipo técnico-informativo o informativo-mental, las altas temperaturas llevan a una disminución de la capacidad de concentración y reacción aumentando la cantidad de errores cometidos).

A continuación, damos una serie de gráficos que permiten interpretar qué es lo que ocurre en las personas por efecto de la carga térmica. En la primera de ellas se ve en base a un estudio de Wenzel como varía la temperatura interna (corporal) de una persona expuesta a distintas temperaturas ambientes haciendo un trabajo corporal.

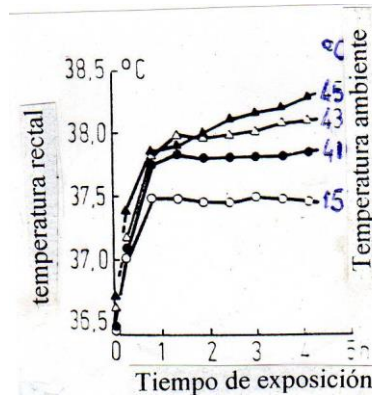


Figura 81. Aumento de la temperatura rectal en personas que realizan trabajos corporales expuestas a distintas temperaturas. (Según Wenzel, 1971)

En el segundo gráfico del mismo investigador se representan ante la misma situación, las variaciones del ritmo cardíaco a lo largo de 5 horas de trabajo

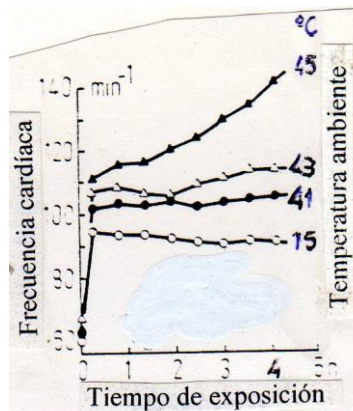


Figura 82. Aumento de la frecuencia cardíaca en personas con actividad corporal (subiendo pendientes), expuestas a distintas temperaturas (Según Wenzel, 1971)

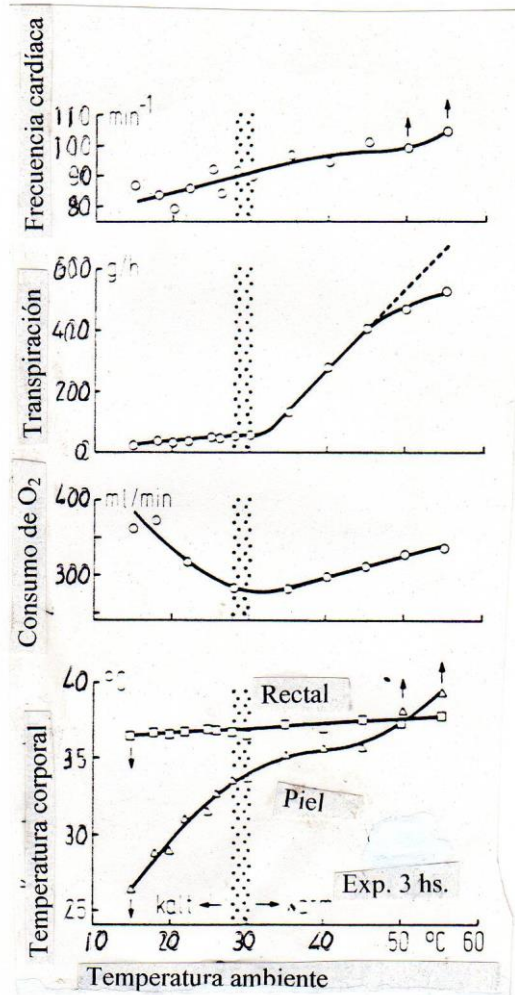


Figura 83. Relación entre distintos parámetros fisiológicos y el aumento de la temperatura ambiente, para personas adultas sin ropa, sentadas, a diferentes temperaturas (en un medio con bajo contenido de humedad relativa y baja velocidad de movimiento del aire). (Según Wenzel, 1971)

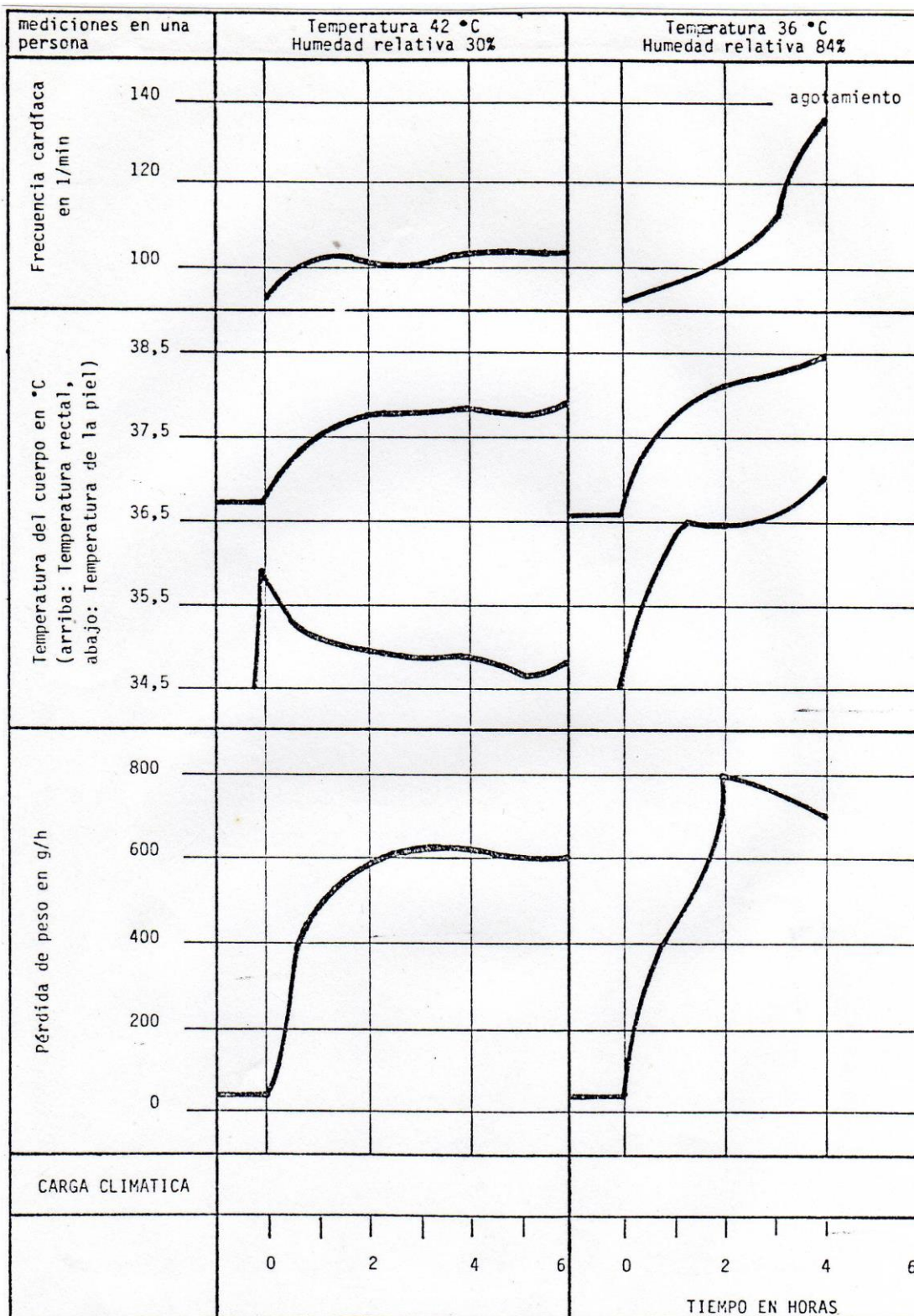


Figura 84. Comportamiento de algunos parámetros fisiológicos durante el trabajo con carga térmica (Según Wenzel, Piekarski, 1980)

Las **figuras 83.** y **84.** nos muestran el comportamiento del organismo con respecto a la temperatura. En la primera donde se observa que con el aumento de ella se produce un aumento casi proporcional de la frecuencia cardíaca y se da un incremento de la transpiración fundamentalmente a partir de los 35 °C. El consumo de oxígeno describe una especie de parábola con un mínimo aproximadamente de 35 °C. Con respecto a la temperatura corporal se puede ver que la temperatura interior (rectal), permanece casi constante mientras que la de la superficie de la piel sufre un considerable incremento.

La segunda de las figuras mencionadas, presenta el comportamiento de la frecuencia cardíaca. La temperatura corporal (tanto rectal como la de la superficie de la piel), y la pérdida de peso en el transcurso de la actividad.

Se observa que en ambientes calurosos, la temperatura de la piel aumenta y de esta manera puede dar inicio al proceso de evaporación de la transpiración, la que depende de las diferencias entre las tensiones del vapor de agua en la piel y el vapor del aire.

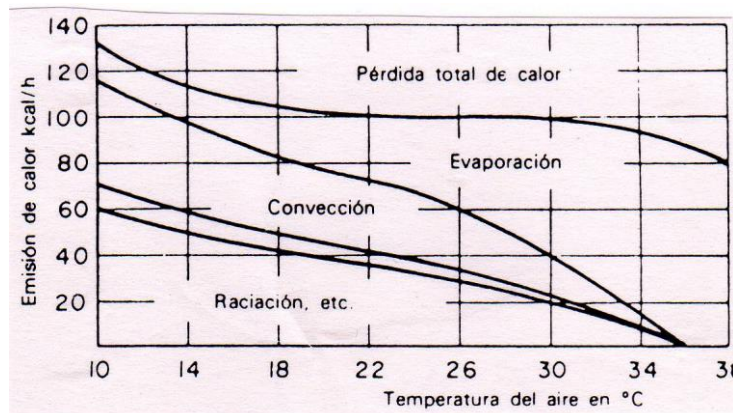


Figura 85. Emisión de calor de una persona vestida normalmente sin actividad corporal y con aire en reposo

		Temperatura	°C	18	20	22	23	24	25	26
Hombre sin actividad física	Q_{tr} (seco)	kcal/h		85	80	75	70	65	65	60
	Q_f (húmedo)	kcal/h		20	20	25	30	35	35	40
	Q_{total}	kcal/h		105	100	100	100	100	100	100
	Emisión de vapor de agua G_{η}	g/h		35	35	40	50	60	60	65
Trabajo medio pesado	Q_{total}	kcal/h		225	225	230	230	230	225	225
	Q_{tr}	kcal/h		135	120	105	100	95	90	80

Figura 86.

A temperaturas en aumento, la proporción de calor sensible es cada vez menor, ya que la emisión total de calor permanece constante, y además la cantidad de calor sensible junto con la proporción ente el calor cedido por convección y el cedido por radiación, es variable.

En cuanto a las personas que se encuentran en las zonas de trabajo se considera que el cuerpo del hombre genera energía térmica procedente del metabolismo total (basal y laboral) que la disipa hacia el medio ambiente por evaporación, radiación y convección.

La cantidad de calor que una persona transmite por radiación y convección se da en la ecuación siguiente:

$$Q = 4,5 (37 - t_s)$$

En donde:

- Q = Cantidad de calor en kcal/h.
- t_s = Temperatura seca en °C.

En el caso de trabajo pesado y un ambiente húmedo, el coeficiente 4,5 pasa a ser 6 y si el medio ambiente es muy seco, se lo eleva a 7,5 y la temperatura 37 °C, correspondiente al cuerpo, se la toma como 34 °C.

Temperatura del aire °C	Calor sensible kcal/h	Calor latente (vapor de agua kcal/h)	Emisión total de calor kcal/h	Emisión de vapor de g/h
10	117	18	135	30
12	108	18	126	30
14	99	18	117	30
16	91	18	109	30
18	84	20	104	33
20	79	23	102	38
22	73	28	101	47
24	66	35	101	58
26	59	42	101	70
28	50	51	101	85
30	40	59	99	98
32	28	70	98	116

Figura 87.

La carga térmica es determinada fundamentalmente por las características físicas ambientales de trabajo y las condiciones en las cuales se esté efectuando el mismo, lo que se cuantifica como la cantidad de calor que debe eliminar el organismo para mantener el equilibrio térmico.

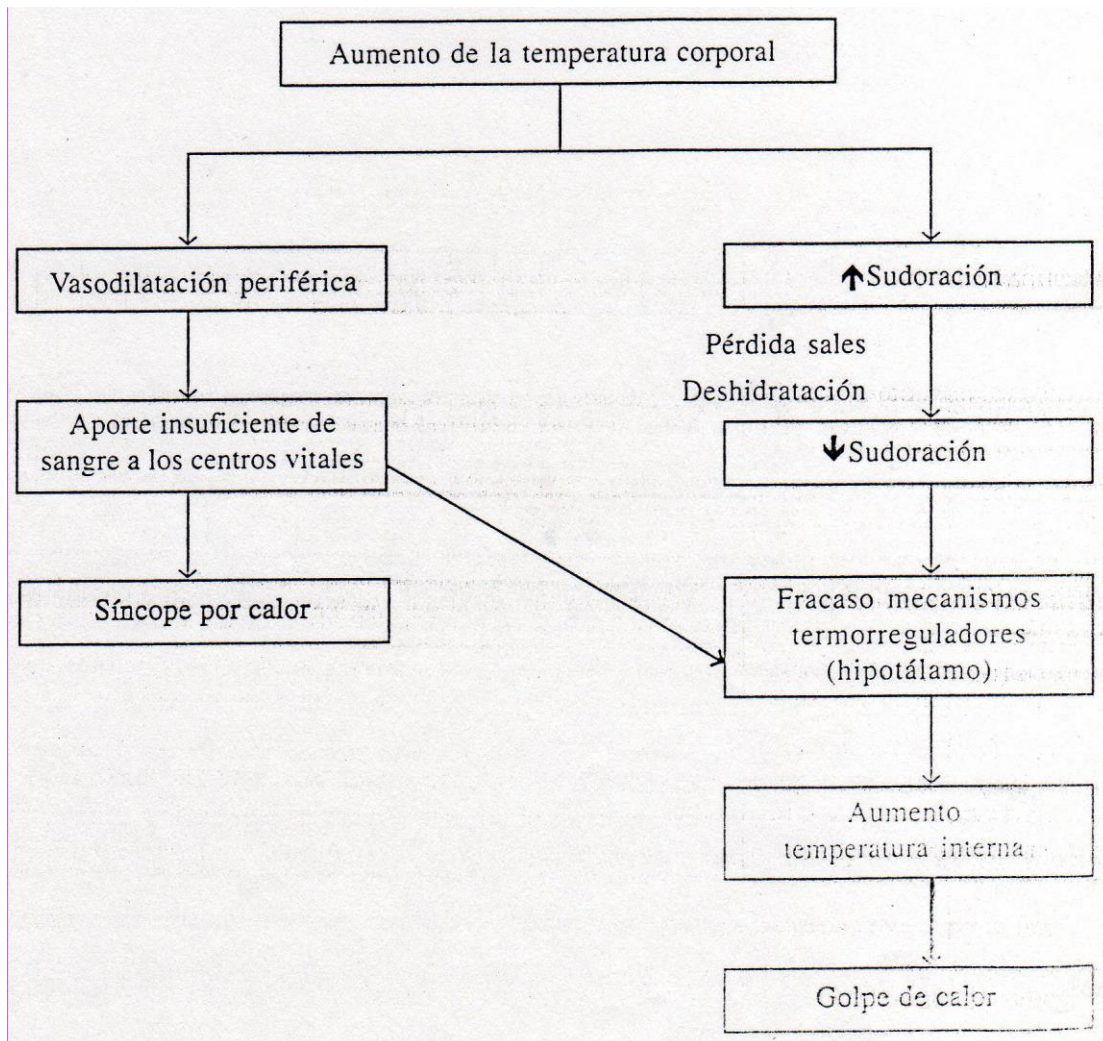


Figura 88. Estrés térmico (J.A. Benítez)

El comportamiento de las magnitudes fisiológicas es también tomado como indicador de carga térmica, se debe tener en cuenta que en grupos de personas de similares características pueden variar considerablemente, por ello siempre deben preverse límites de tolerancia que garantice una protección suficiente contra enfermedades causadas por el calor, tales como:

- Daños en la piel
- Agotamiento calórico por deshidratación (falta de agua y sal) calambre calórico
- Golpe de calor
- Colapso de calor

Hay ejemplos que demuestran como disminuye la capacidad de ejecución de tareas corporales en puestos de trabajo con circulación de aire caliente, como ser en cámaras regenerativas de hornos Siemens-Martin, en calderas, en hornos de cemento, en la industria cerámica, etc. Estas tareas, bajo ciertas circunstancias, sólo pueden desarrollarse durante un lapso limitado (durante pocos minutos, sin interrupción), y el tiempo de descanso (de recuperación) puede llegar a ser muy superior al de actividad.

Conocidos los efectos del calor sobre el hombre y sus consecuencias corresponde tratar de encontrar los elementos que permiten lograr que éste sea tolerable. Primero analizando algo que ya vimos que es la aclimatación, pero esta vez lo analizaremos para los efectos del calor, teniendo como precedente los estudios hechos por Robinson.

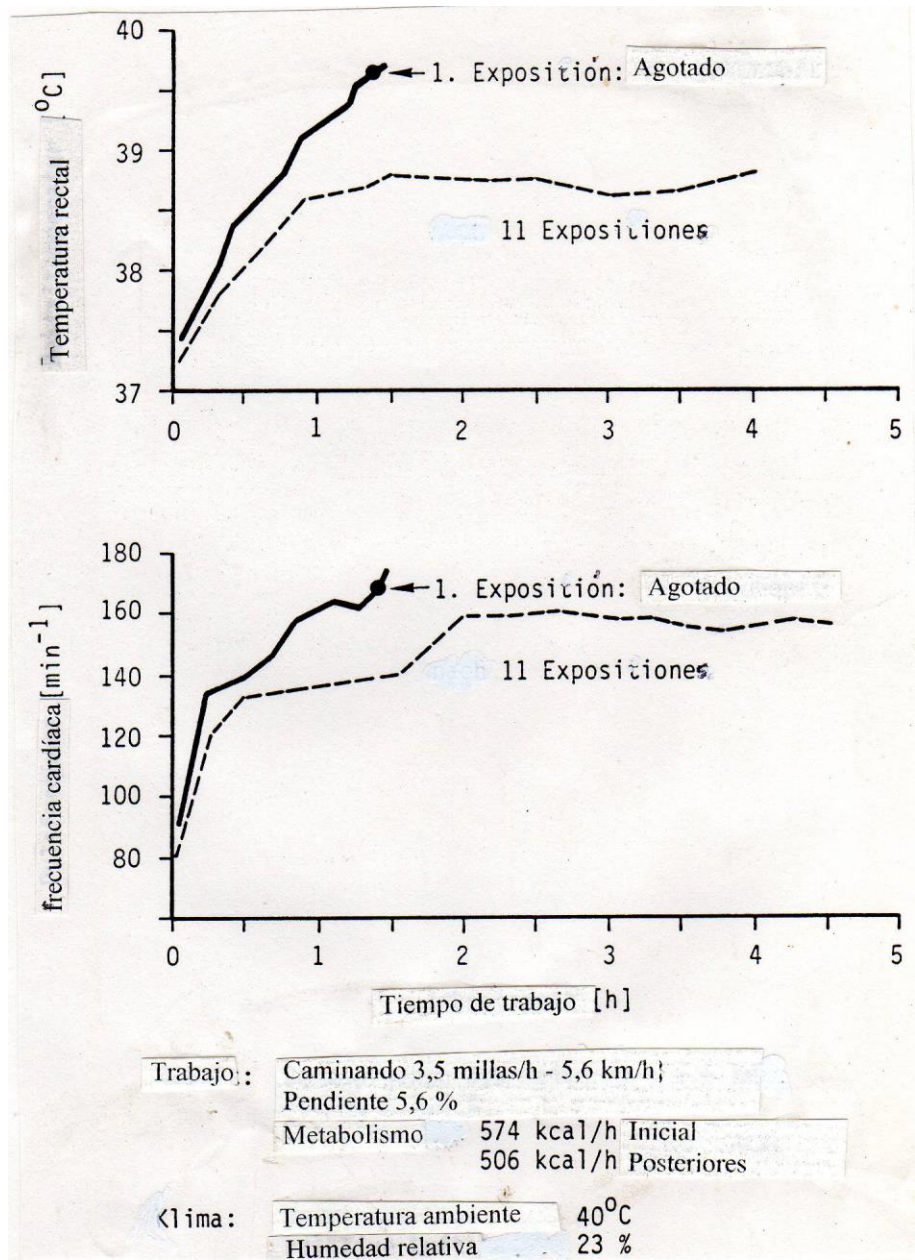


Figura 89. Cambios de la temperatura rectal y frecuencia cardíaca para personas vestidas, no aclimatadas (1 exposición) y aclimatadas (en 11 exposiciones) (Según Robinson 1943).

En este estudio Robinson demostró que la soportabilidad a esfuerzos con cargas climáticas depende de una aclimatación previa, dada la diferencia en las respuestas corporales entre la primera exposición y la última (11). Al cabo de aproximadamente 1h ¼ en la primera prueba la persona se agota presentando una temperatura rectal de más de

39,5 °C, con tendencia a seguir incrementándose. Mientras que en la última exposición la temperatura rectal apenas supera los 38,5 °C, prácticamente estabilizada. En cuanto a la frecuencia cardíaca el resultado es similar, en el primer caso supera las 160 pulsaciones, con tendencia creciente y en la última se estabiliza por debajo de las 160 pulsaciones, dando un claro referente al beneficio de la aclimatación.

Como se indicó en el ejemplo de la **figura 5**, una aclimatación puede obtenerse en un período que varía según el caso entre ocho y doce días. (Observándose las modificaciones de las funciones fisiológicas, cambio del caudal de transpiración, estabilización a niveles normales de la temperatura rectal y de la frecuencia cardíaca).

Los ajustes en las funciones fisiológicas hacen que el hombre pueda incrementar su exposición al calor, logrando en algunos casos que se pueda trabajar en condiciones que una exposición directa lo hacia imposible.

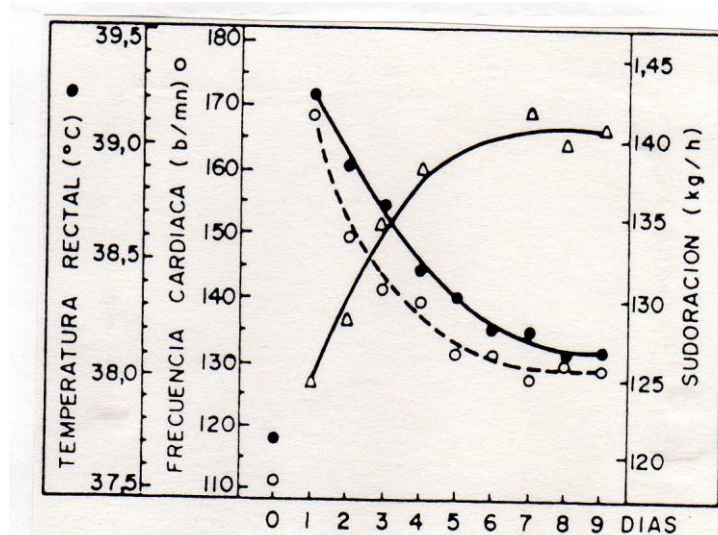


Figura 90. Evolución de la temperatura rectal, la frecuencia cardíaca y del caudal de sudor durante la aclimatación: en el día cero los individuos han trabajado 100 min. Y han tenido un gasto de energía de 348 W en un ambiente fresco. Durante los nueve días de aclimatación esta consecuencia de trabajo se ha repetido en un ambiente caliente a $T_s = 48,9$ °C, $T_h = 26,7$ °C (Según Lyndy y Bass, 1963)

Existe un gran número de tablas de las cuales se puede extraer la frecuencia cardíaca como base de ponderación, para establecer los valores apropiados para las personas aclimatadas al calor o no.

Como se ve en la **figura 5**, la desaparición de las exigencias climatológicas hace que el individuo recupere sus condiciones fisiológicas normales.

En la **figura 91**, se presentan las recomendaciones dadas por la Norma ISO7933 respecto a la aclimatación.

	Niveles límites Personas sin aclimatar		Niveles límites Personas aclimatadas	
	Aconsejado	riesgoso	Aconsejado	riesgoso
Calor acumulado $Q_{m\acute{a}x}$ (Wh/m ²)	50	60	50	60
Aumento de la temperatura corporal/piel °C	0.8/2.4	1.0/3.0	0.8/2.4	1.0/3.0
Máxima transpiración entregada $M < 80$ W/m ² (Pausa)				
$S_{m\acute{a}x}$ (W/m ²)	100	150	200	300
$S_{m\acute{a}x}$ (g/h)	260	390	520	780
$M \leq 80$ W/m ² (trab muscular)				
$S_{m\acute{a}x}$ (W/m ²)	200	250	300	400
$S_{m\acute{a}x}$ (g/h)	520	650	780	1040
Máximo líquido perdido				
$D_{m\acute{a}x}$ (W/m ²)	1000	1250	1500	2000
$D_{m\acute{a}x}$ (g)	2600	3250	3900	5200
Irrigación de la piel				
$W_{m\acute{a}x}$		0.85		1.00
$W_{l\acute{i}m}$		0.50		0.85
Aumento del calor acumulado dependiente de la irrigación de la piel Q (W/m ²)				
		50		50

Figura 91. Límites para la interpretación de la entrega de transpiración (Según ISO 7933)

La apreciación de un clima caluroso desde el punto de vista de la soportabilidad y el mantenimiento de los límites de tolerancia se realiza, teniendo en cuenta el metabolismo para una o varias magnitudes climáticas conocidas (supuestamente condicionantes), esto se puede apreciar en las figuras anteriores, referentes a los estudios de Wenzel y Piekarski.

Dado lo expuesto y al no estar definido por normas los límites que el cuerpo puede alcanzar, tanto descansado o no, MAPFRE presenta un gráfico (ver **figura 92.**) en donde se dan los valores límites temporales de trabajo continuo considerando la combinación de la temperatura y la humedad relativa del aire.

Wenzel en cambio hizo un estudio referido a la humedad relativa (ver **figura 93**) considerando el total de la energía gastada (metabolismo basal más metabolismo laboral), en trabajo corporal.

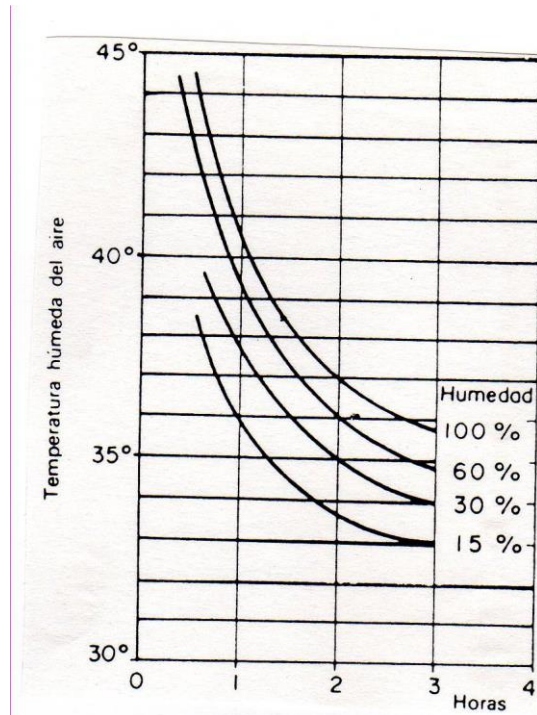


Figura 92.

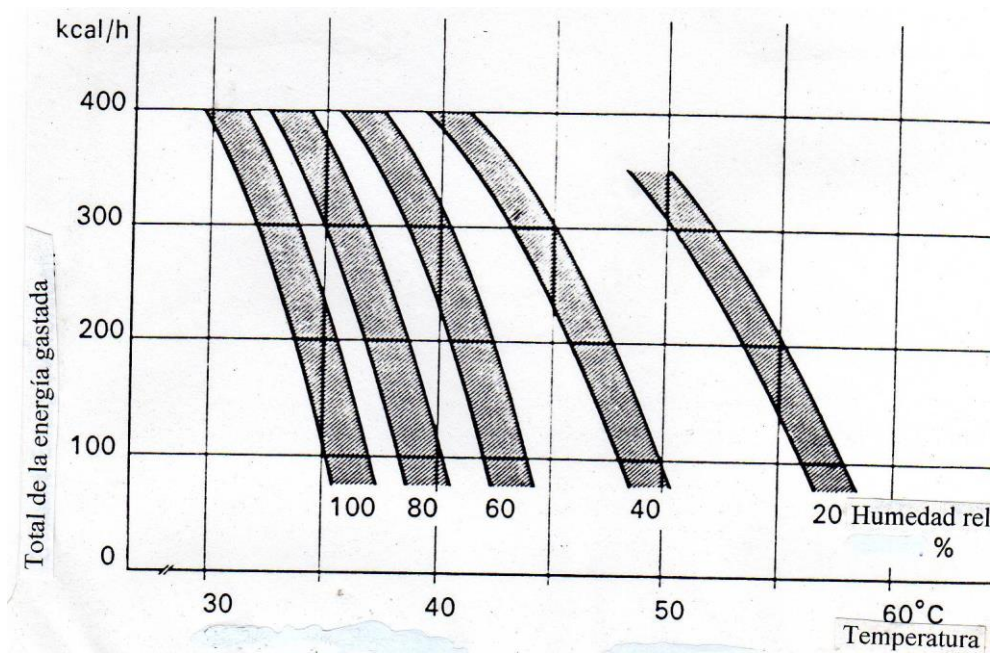


Figura 93.

Wensel no fue el único que estudió el tema, hubo muchos antecesores tales como Broner, Lind, Smith, Wyndhan, Mosher, Ellis, pero tomó de ellos los estudios y los agrupó para compararlos y publicó los resultados que se presentan en las **figuras 94.** y **95.**

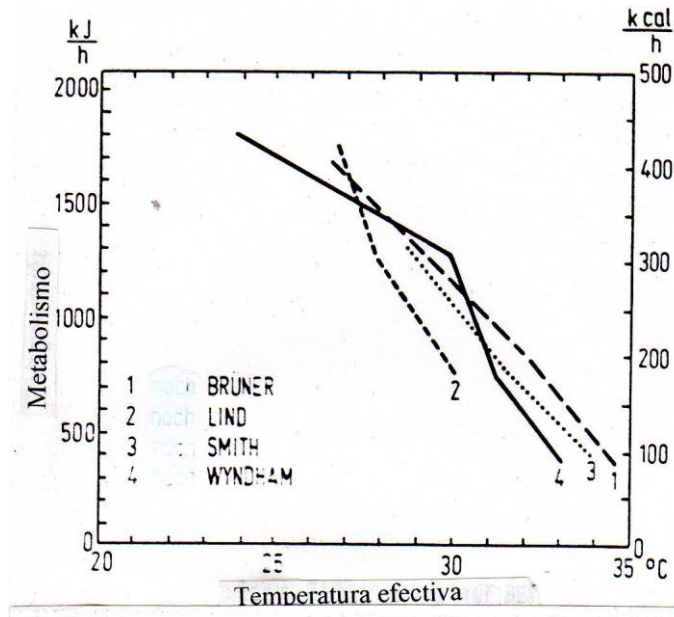


Figura 94.

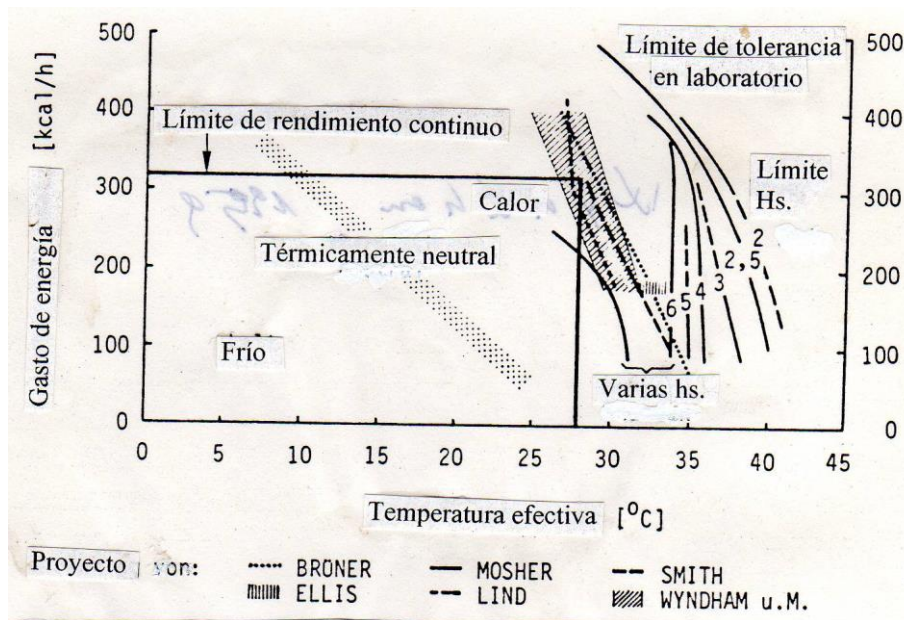


Figura 95.

DIN estableció la norma DIN 33.403 donde da los límites de soportabilidad sobre la base del metabolismo

En **la figura 96.** y **97.** se presentan los gráficos mencionados pertenecientes a la norma DIN 33.403 destinados a determinar los límites de la carga laboral con carga térmica

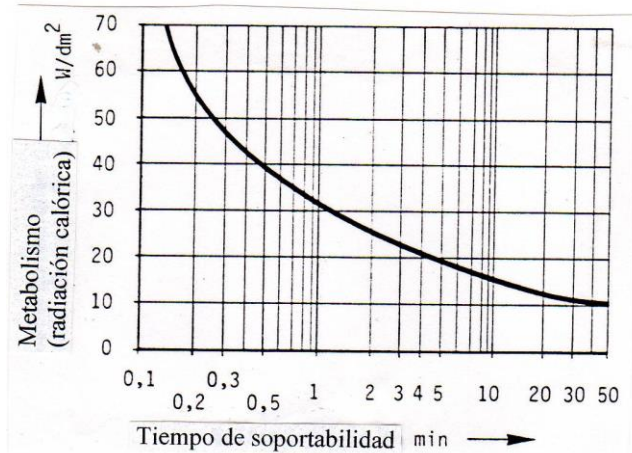


Figura 96. Máxima soportabilidad dependiente de la intensidad de la carga y de la carga continua (Según DIN 33.403, parte 3, 1976)

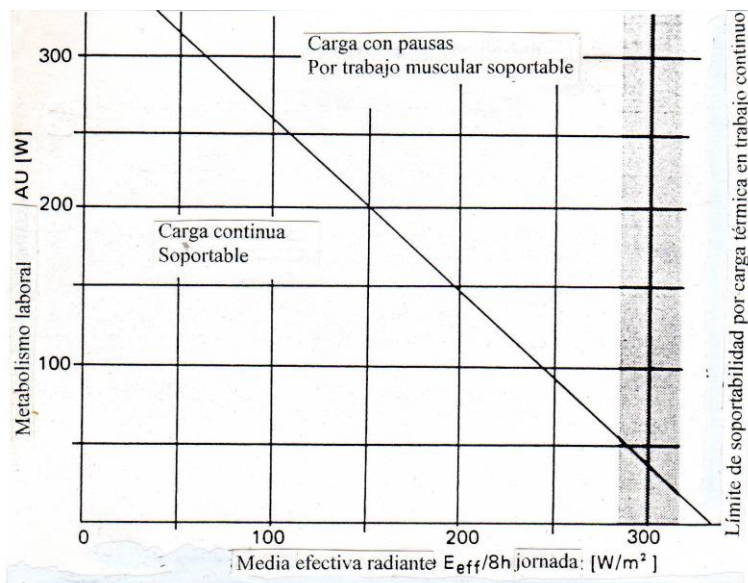
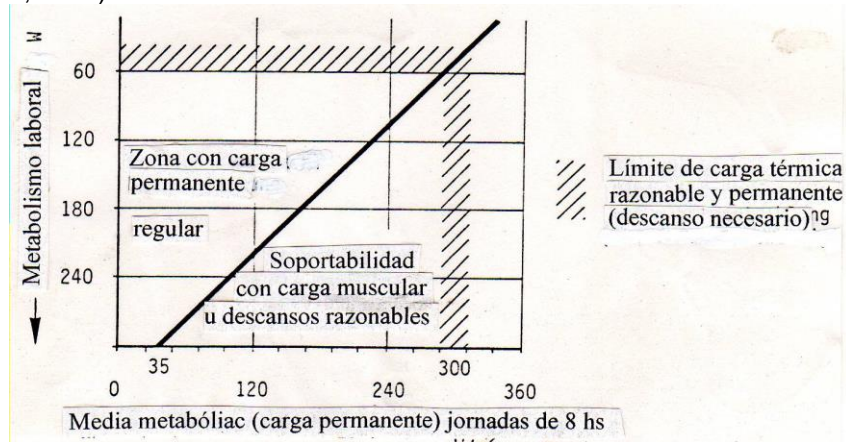


Figura 97. Carga permanente de intensidad media de la soportabilidad térmica durante la jornada laboral de 8 hs. de duración y trabajo continuo (DIN 33.403, parte 3, 1976)

Además, la norma DIN 33.403, parte 3, presenta un diagrama para determinar sobre la base del metabolismo laboral, teniendo los datos de la temperatura del aire, en el caso que esta llegue a ser alta, también la humedad relativa, los límites de trabajo para velocidades de desplazamiento del aire baja (entre 0,1 a 0,2 m/s)

En la **figura 98**. se presenta el mencionado diagrama

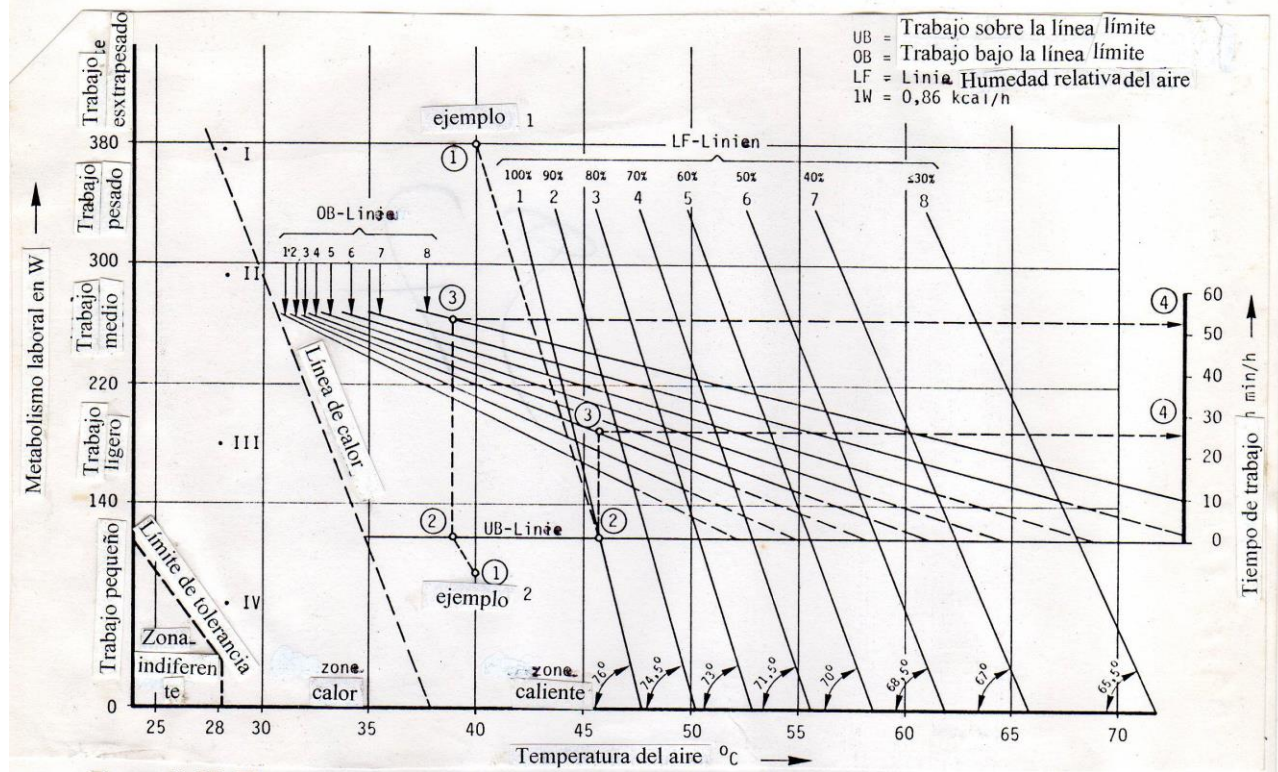


Figura 98. Diagrama para determinar el tiempo de trabajo permitido por efecto del calor o frío con velocidad del aire de 0,1 a 0,2 m/s. (Según DIN 33.403, parte 3).

Además de las magnitudes fisiológicas, también puede emplearse la eficiencia para la apreciación del clima, análisis de las frecuencias cardíacas tales como el ejemplo del análisis del pulso de un trabajador en una fundición realizado por Schmidtke, o pruebas como las realizadas por Müller (explicadas en carga muscular), también se pueden estudiar según lo explicado en el punto instrumentos de medición.

Tanto en la **figura 99**. como en la **figura 102**. puede apreciarse que, a partir de los 27 °C de temperatura efectiva, el rendimiento humano disminuye, independientemente del tipo de actividad. Sin embargo, este valor límite no es posible generalizarlo dado que también hay una dependencia de las motivaciones que puedan tener las personas sometidas a esta carga climática. Además hay que tener en cuenta el grado de aclimatación existente y otros factores personales.

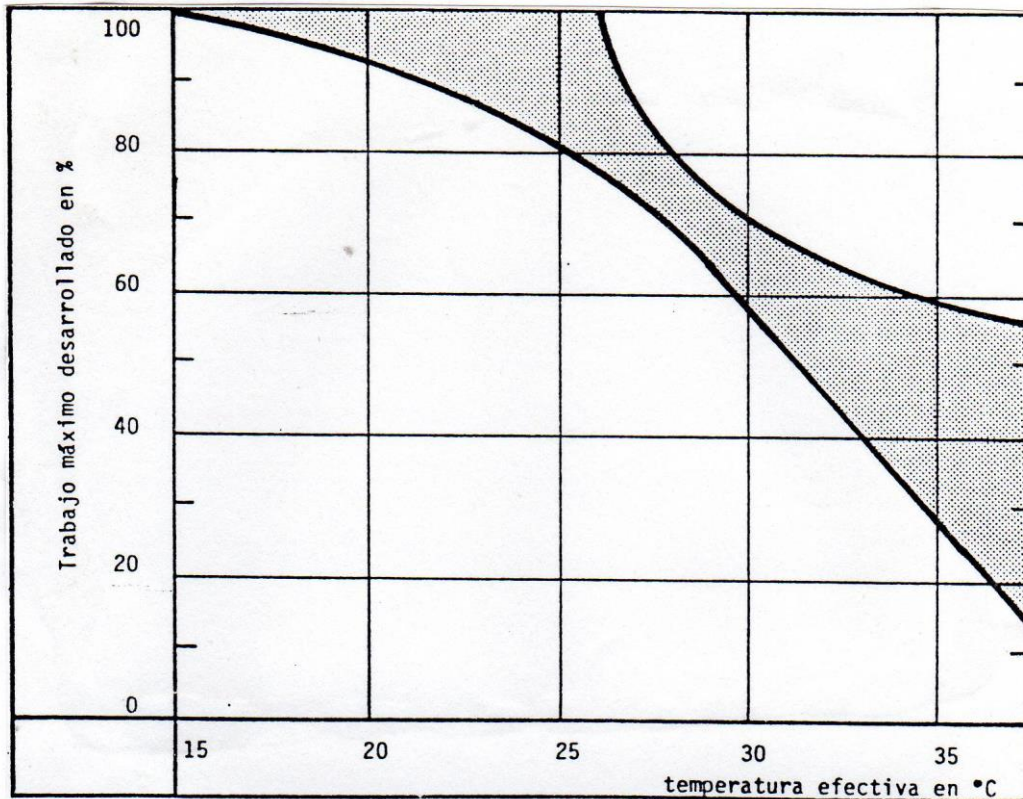


Figura 99. La zona entre las curvas representa la disminución del rendimiento para el trabajo corporal al aumentar la temperatura efectiva, medida en hombres con ergómetro de brazo y bicicleta. (REFA)

La pérdida de rendimiento en las personas sometidas a cargas térmicas en trabajos musculares tiene suma importancia, tanto en las personas como para las empresas, entra aquí en juego lo expresado al comienzo con respecto al equilibrio entre la humanización y la rentabilidad. Por ello es importante respetar los límites establecidos para no afectar al hombre ni permitir la pérdida de rendimiento laboral.

Ya en el año 1945 Richna estudió esto al finalizar la segunda guerra mundial en jóvenes soldados. (Ver **figura 100**.)

Por otro lado Viteles juntamente con Smith en 1946, analizaron los efectos de distintos parámetros fisiológicos en función de la temperatura efectiva sobre el rendimiento laboral y Mackworth en 1950 hizo la misma labor, la cual está expuesta en la **figura 101**.

Pero el calor no sólo afecta al hombre cuando hacen tareas de tipo corporal sino también lo hace cuando éste efectúa tareas del tipo intelectual. Los estudios al respecto han dado resultados que fueron publicados por REFA, los que se encuentran reproducidos en la **figura 102**.

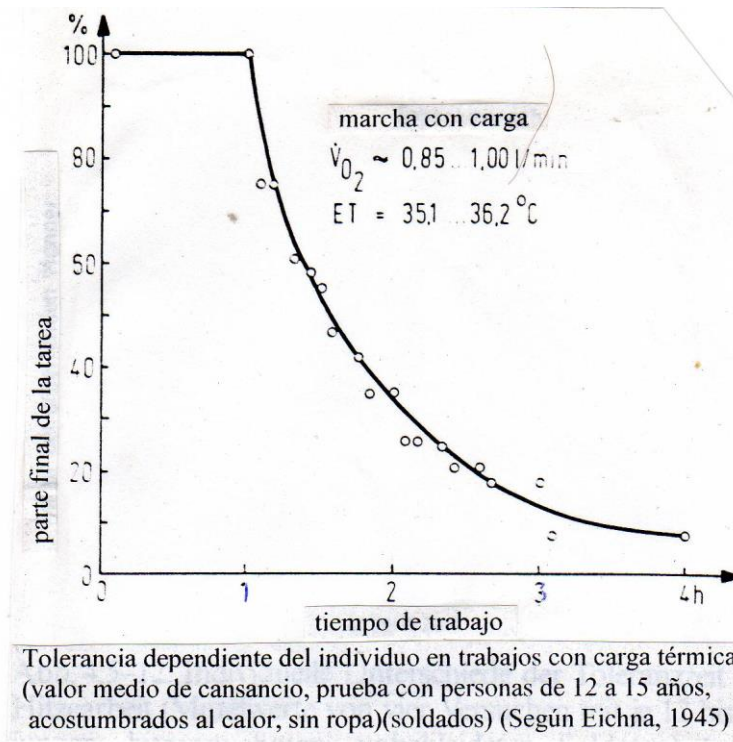


Figura 100.

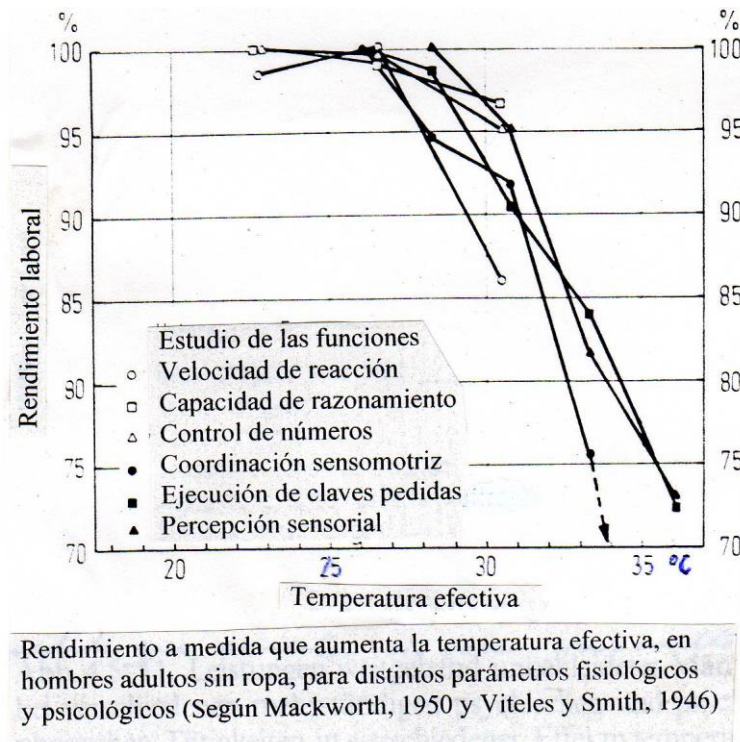


Figura 101.

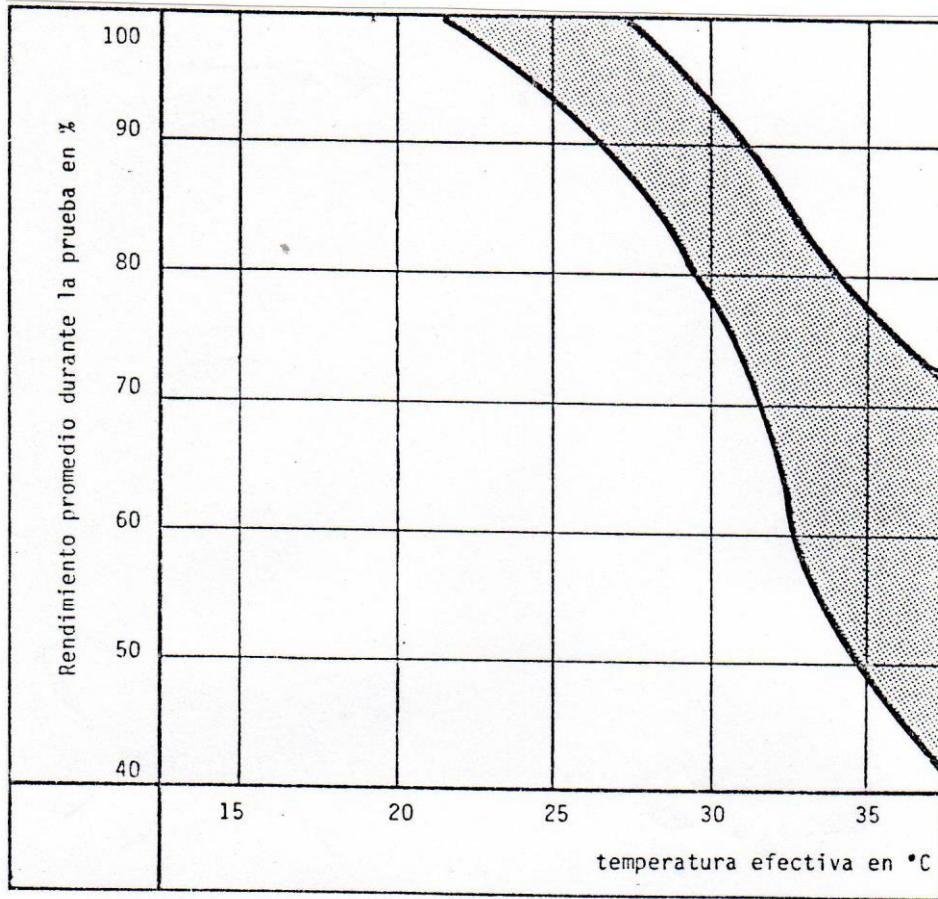


Figura 102. La zona entre las curvas representa la eficiencia de personal masculino, realizando tareas psíquicas y psicológicas, con relación a la temperatura efectiva. (REFA)

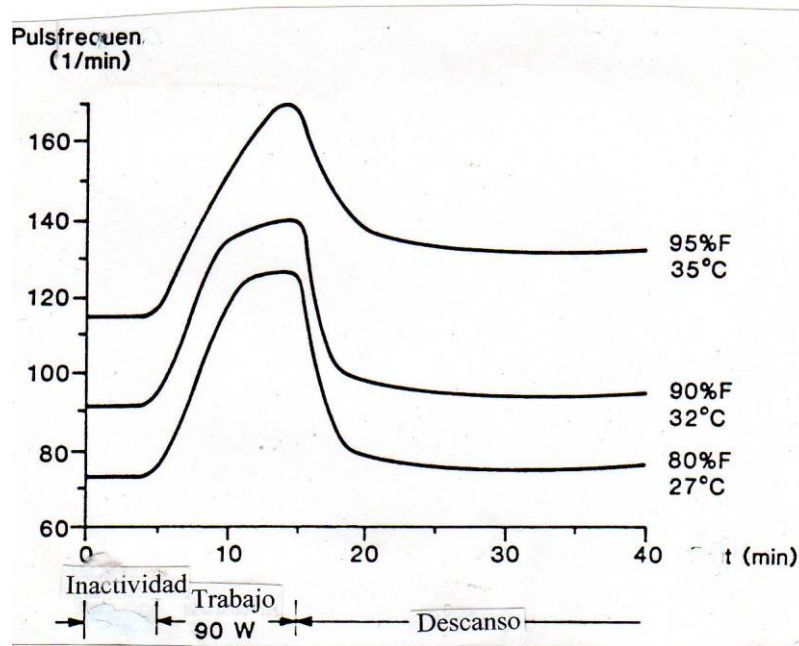
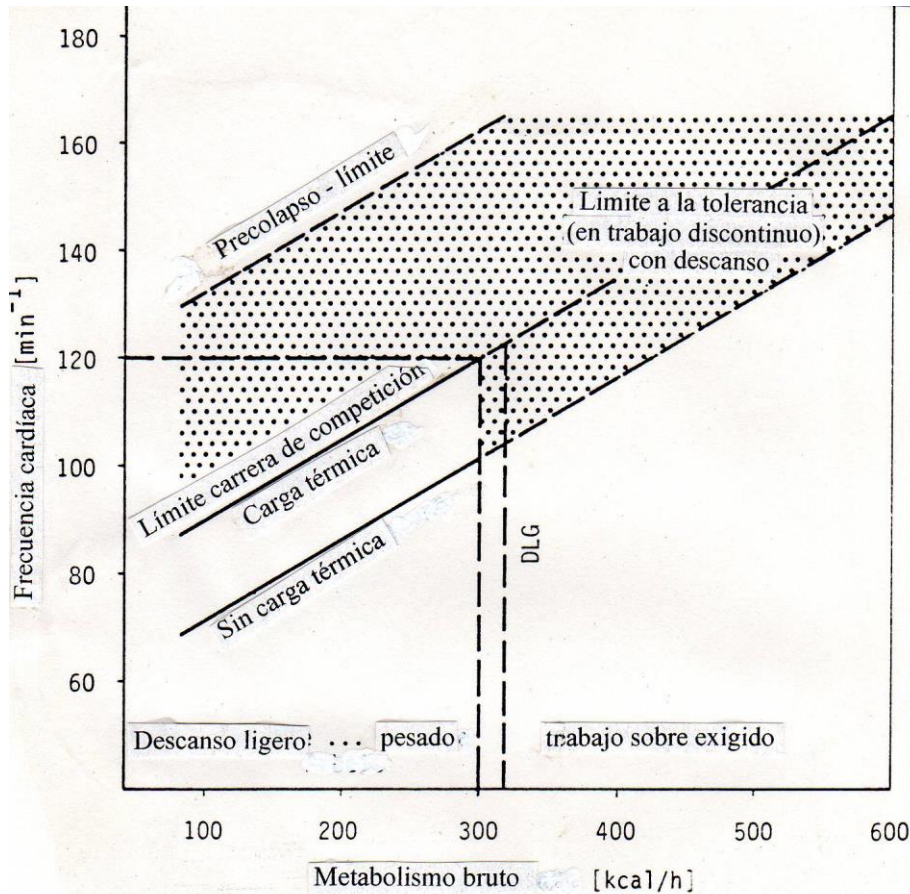


Figura 103.

Otra forma de estudio de los efectos de la carga térmica es el análisis de la frecuencia cardíaca. Brouha analizó la variación de la frecuencia cardíaca como reacción a la carga térmica, tomando el ritmo cardíaco en un período previo de inactividad, luego estudió la evolución durante un período de trabajo, para luego finalizar en un período de descanso. Esto lo repitió para varias temperaturas del aire obteniendo los resultados de la **figura 103**.



103. Valor límite de la frecuencia cardíaca en trabajo corporal con carga térmica. (Según Who en 1969 revisto por Wenzelen 1971)

Figura 104.

Según los trabajos de Who en 1969 y Wenzel en 1971 los límites de trabajo con carga térmica sobre la base de la frecuencia cardíaca y el metabolismo se expresan en la **figura 104**.

Las normas DIN dan valores más accesibles de trabajar, para determinar los límites de soportabilidad, de ellos tomaremos en primer lugar el gráfico de la Norma DFIN 33.403 que presenta los límites de soportabilidad sobre la base de la relación entre la

temperatura ambiente y la humedad relativa. Los datos los da en varias curvas que representan cada una, valor distinto de metabolismo (W).

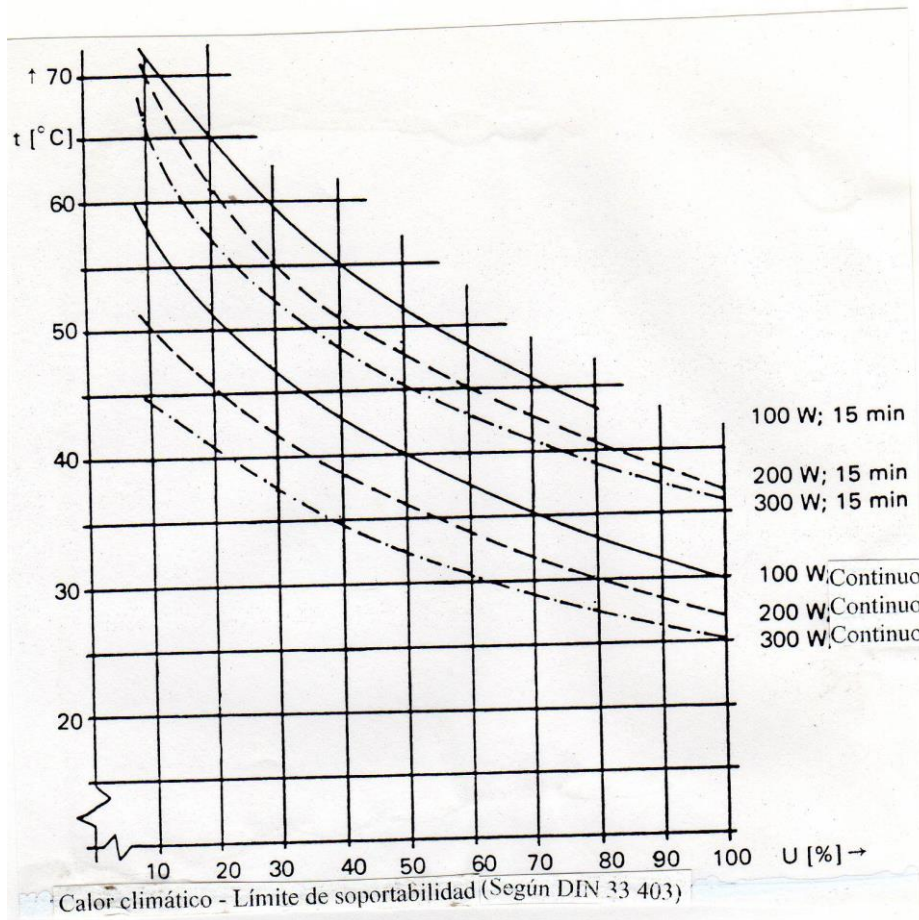


Figura 105.

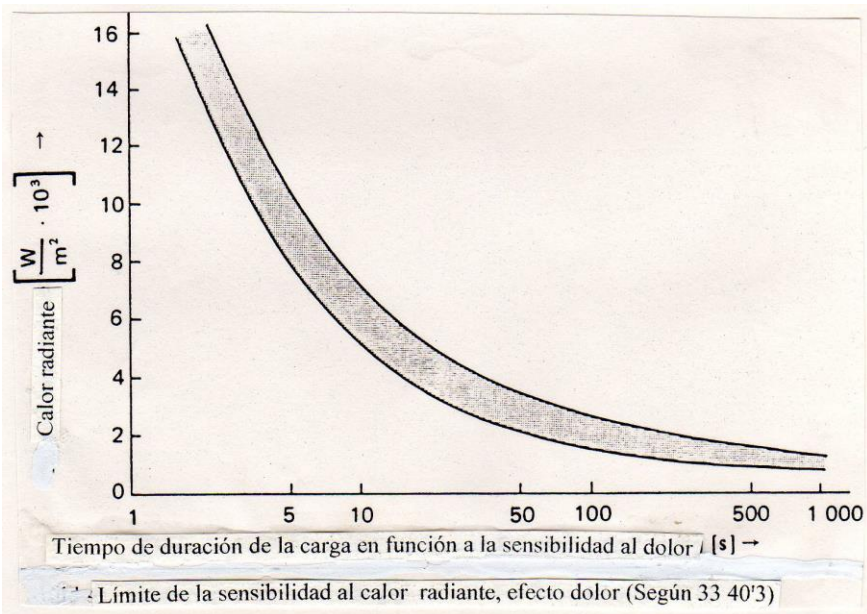


Figura 106.

En la **figura 106**, se presentan los límites de la sensibilidad al calor radiante por efecto del calor según la norma DIN 33.403.

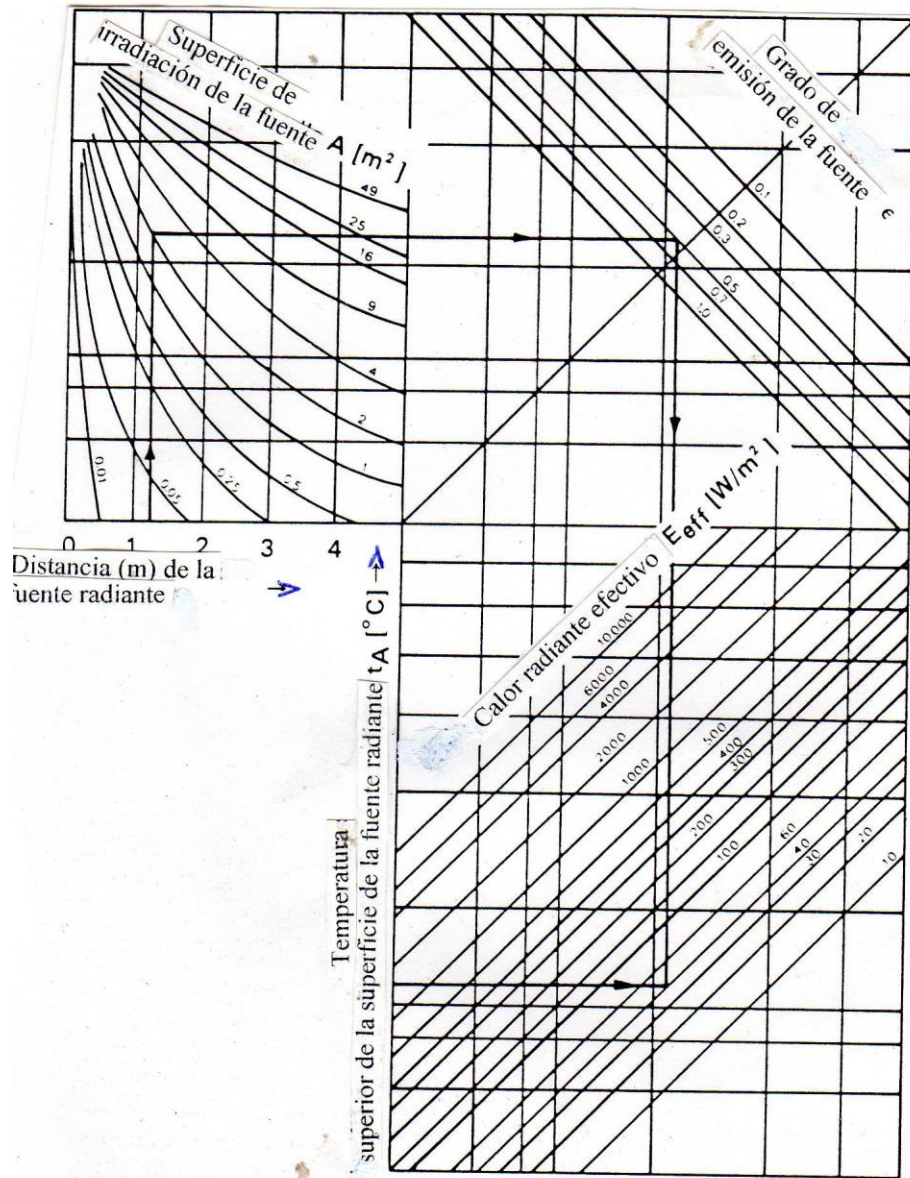


Figura 107. Definición del calor radiante efectivo (Según DIN 33.403)

Ejemplo de utilización del gráfico anterior, si partimos del dato que poseemos, una fuente de calor de 2 m^2 de superficie, a 2,5 metros de distancia, con una temperatura radiante de $120 \text{ }^\circ\text{C}$.

Consideramos que el grado de emisión es $R = 0,5$ obtendremos como resultado que la temperatura efectiva será $E_{eff} = 40 \text{ W/m}^2$

7. DAÑOS A LA SALUD

Los esfuerzos fisiológicos prolongados pueden llegar a producir daños a la salud del hombre, generando además problemas de seguridad en el trabajo por alteración del sistema nervioso, muscular y sensorial, además de una pérdida de la calidad del producto de la labor, y aumentar el ausentismo.

Erupciones de la piel:

Sarpullido causado por efecto del calor debido a exposición ininterrumpida al calor húmedo, con la piel transpirada (húmeda), en forma constante, por falta de evaporación.

Calambres provocados por el calor:

Espasmos dolorosos de los músculos utilizados durante el desarrollo de la tarea laboral, son causados por la intensa transpiración durante el trabajo con carga térmica, bebiendo gran cantidad de agua sin reemplazar las sales perdidas. En exposiciones muy intensas a cargas térmicas pueden llegar al agotamiento, reducción de la capacidad de trabajo, esfuerzo circulatorio o desequilibrio de agua y sal.

Vértigo causado por calor:

Fatiga, náuseas, dolor de cabeza, piel húmeda y fría, tez pálida o afiebrada, causada por el exceso de calor, falta de aclimatación, o por no reemplazar el agua perdida durante la transpiración.

Síncope provocado por el calor:

La persona se desmaya mientras está de pie e inmóvil en un lugar caluroso, esto se debe a la falta de aclimatación cuando la sangre se acumula por retardo de la circulación venosa en los vasos sanguíneos dilatados de la piel y los miembros inferiores del cuerpo.

Golpe de calor:

El golpe de calor se produce cuando las cargas de calor ambiental y de trabajo son tan grandes que los aportes de calor al organismo son mayores a las pérdidas, produciéndose de esta manera una acumulación de calor. Se da en personas no aclimatadas que deben soportar excesivo calor, o por falta de aptitudes físicas, por obesidad, por consumo de alcohol antes de la exposición, por deshidratación, por susceptibilidad individual o por enfermedad cardiovascular crónica.

Ésta presenta un incremento de la temperatura interna del cuerpo de 40.5 °C o más, piel seca y acalorada, por lo general roja, pérdida del conocimiento, confusión, convulsiones, En esta situación el mecanismo de refrigeración corporal es superado, no produciendo el enfriamiento por evaporación y generando un acelerado e incontrolable aumento de la temperatura. Se produce el problema de anhidrosis generalizada, que puede estar acompañada por delirio con aumento de la sequedad y temperatura de la piel, con ausencia de transpiración. Esto puede llevar a la muerte de la persona, por lo que es necesario actuar rápidamente tratando de disminuir la temperatura interna por medio de inmersión en agua y la estimulación de la circulación sanguínea efectuando masajes en

todo el cuerpo y vigilando continuamente la temperatura interna. Siempre que se produzca un caso de este tipo es necesario recurrir a un médico, para evitar un desenlace fatal.

Sarpullido:

Es provocado por el calor, se da tolerancia baja a él

Erupciones de la piel:

Son alteraciones provocadas en la piel por el calor (difusión de las glándulas sudoríparas que consiste en una capacidad para transpirar reducida).

Insolación:

Tolerancia de calor reducida, es un daño celular en diferentes órganos, especialmente en el sistema nervioso central, los riñones y el hígado.



Golpe de calor, curvas de insolación para diferentes temperaturas efectivas, Valor aclimatado, innato para personas de montaña para trabajos moderados (c.a. 1.000 Kj h. metabolismo laboral), en mineros de oro Sudafricanos, (Según Wyndham)

Figura 108.

EFFECTOS DE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA

Luego de varios meses:

Debilidad crónica causada por el calor, dolor de cabeza, dolores gástricos, alteraciones durante el sueño, irritabilidad, vértigo y náuseas.

Luego de varios años:

Hipertensión, reducción de la libido e impotencia sexual, daño en el miocardio, y enfermedades no malignas de los órganos digestivos.

EFFECTOS POR RESIDENCIA EN ZONAS DE ELEVADAS TEMPERATURAS (CALIENTES)

Las enfermedades más comunes que se dan en estas condiciones son:

- Enfermedades de la piel
- Alteraciones del sueño
- Susceptibilidad con respecto a lesiones leves y dolencias
- Apatía tropical
- Debilitamiento anhidrótico provocado por calor
- En climas desérticos se dan cálculos renales y debilitamiento anhidrótico, provocado por el calor

8. MEDIDAS CORRECTIVAS

8.1. SUPERVISIÓN MÉDICA

En forma periódica se debe realizar controles médicos evitando que las personas se expongan a condiciones que puedan provocar estrés térmico, (personas con problemas cardio vasculares o problemas respiratorios)

En los exámenes preocupacionales se debe valorar adecuadamente al hombre que se exponga a carga térmica, debiendo incluir de ser posible el historial médico del individuo, en especial en lesiones o enfermedades cardio vasculares referidas o no a la exposición térmica.

8.2. MEDIDAS

La elección de los métodos de control frente a situaciones de estrés térmico se efectúa en función de un estudio de los parámetros intervinientes en el problema.

Como se observa en la **figura 109**. La actuación se puede efectuar de tres maneras distintas:

- Sobre las fuentes de calor, impidiendo las emisiones de calor radiante y/o convección
- Sobre los medios de difusión o propagación, evitando que el calor llegue hasta el trabajador
- Sobre el receptor, mediante protección personal adecuada a la situación de riesgo.

Método de actuación sobre los focos de calor	<ul style="list-style-type: none"> - prevención en el diseño - Modificación del proceso productivo - Aislación del proceso - Extracción localizada - Uso de pantallas para aislar el foco
Método de control sobre el medio de difusión	<ul style="list-style-type: none"> - Ventilación - Control del movimiento del aire
Métodos de actuación sobre el individuo	<ul style="list-style-type: none"> - Control del calor metabólico - Cabinas climatizadas - Áreas de descanso - Reposición de agua y sales - Formación e información (capacitación)

Figura 109. Medidas correctivas para el estrés térmico

Sobre la base de lo planteado hay un amplio campo de posibilidades, actuando sobre el foco, los medios de propagación y el receptor:

- Selección de equipos adecuados, por lo cual la prevención comenzaría en la etapa de diseño, mediante la elección de equipos de baja emisión de calor, que las emisiones se efectúen fuera del local o mediante una apropiada aislación de la fuente de emisión
- Mediante la modificación del proceso productivo.
- Aislación del proceso productivo, para minimizar la exposición de las personas
- Dado el caso que las máquinas y/o equipos tengan una gran columna de emisión de aire caliente, éste se debe evacuar hacia el exterior y permitir la entrada de aire fresco.
- Utilización de campanas de aspiración adecuadas al volumen de las emisiones para su control
- Para la carga radiante se deben aislar las fuentes de emisiones mediante pantallas o deflectores
- Tener en cuenta que el valor de la carga de radiación se reduce al aumentar la distancia (ley del cuadrado). Esto se logra mediante el estudio del método de trabajo se pueden adoptar medios y /o herramientas que permitan aumentar la distancia de separación física entre el hombre y la fuente de emisión. (Al aumentar al doble la distancia entre el hombre y la fuente de emisión, se reduce a la cuarta parte el valor de la radiación).

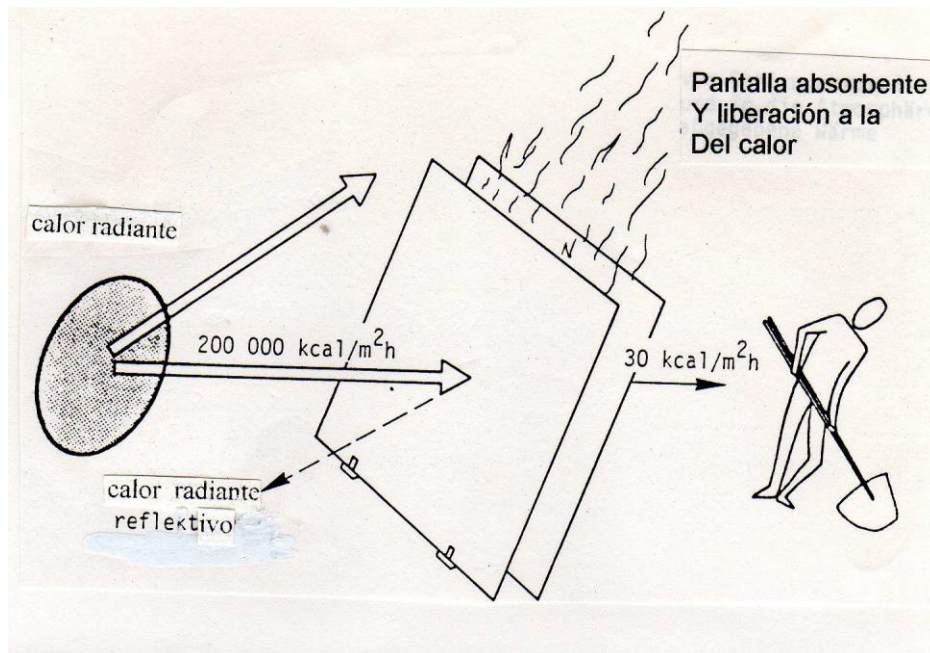


Figura 110. protección sobre el calor radiante, protección mediante una pantalla (Según Hoppe, 1974)

Recomendaciones de NIOSH sobre estrés térmico (documento 1972)

- Aclimatación de los nuevos trabajadores y a quienes retornan a sus tareas después de una enfermedad o un período de vacaciones
- Régimen trabajo-descanso para prevenir excesivo agotamiento por calor, con interrupción como mínimo, cada hora.
- Complementación de agua y electrolitos
- Vestimenta protectora
- Controles de ingeniería
- Monitoreo del medio ambiente, con utilización del índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)
- Exámenes médicos preocupacionales y periódicos
- Educar al trabajador en cuanto a la prevención de enfermedades provocadas por el calor y la deshidratación
- Señales de prevención cuando la exposición excede los $30\ ^\circ\text{C}$ WBGT
- Mantener registros de procedimientos de aclimatación aplicados, de las condiciones ambientales y registros médicos.
- Se mantendrá un registro por el período durante el cual el trabajador permanezca en su empleo, y un año posterior a la finalización del mismo.

Recomendaciones de la ACGIH para trabajos a bajas temperaturas.

La ACGIH, efectúa recomendaciones recogidas de los criterios TLV's donde podemos señalar:

- Con respecto a los trabajos que requieran destreza manual (precisión) los valores que dan difieren ligeramente (para tareas entre 10 y 20 minutos y temperaturas inferiores a 16 °C), pero las medidas a tomar son las mismas, lo que agrega para temperaturas inferiores a -1 °C, la condición que los mangos de metálicos de las herramientas y palancas deben recubrirse con material aislante.
- Se aclara para temperaturas menores a 16 °C, en tareas sedentarias; de 4 °C para tareas ligeras y de -7 °C para tareas moderadas y es necesaria destreza manual, se deben utilizar guantes,
- Para impedir el congelamiento por contacto cuando la superficie a tomar se encuentre por debajo de los -7 °C se deben utilizar guantes anti contacto,
- Si la temperatura del aire es inferior a -17,5 °C deben usarse manoplas

Será necesaria ropa de protección corporal adecuada cuando la temperatura ambiente sea inferior a los 4 °C:

- Se tienen en cuenta las recomendaciones ya dadas para recintos cerrados
- Si el trabajo es liviano y la ropa puede mojarse, la capa exterior debe ser del tipo impermeable, pero para trabajos pesados debe ser hidrófuga
- Si se opera manejando líquidos que se evaporan por debajo de los 4 °C, se debe evitar la ropa y los guantes empapados con esos líquidos, por los peligros adicionales (a los de la contaminación y peligrosidad para la salud), de lesiones por frío como consecuencia del enfriamiento por evaporación

Para trabajos por debajo de los -12 °C se tendrá en cuenta:

- En la zona de trabajo no puede permanecer una persona sola (dar lugar al trabajo por pareja o supervisión).
- Se debe evitar transpirar, para que la ropa no se humedezca, si hay que realizar un trabajo pesado, se tomará un período de descanso.

Se deben evitar posturas estáticas prolongadas, se evitará o protegerá al trabajador de la corriente de aire y se colocarán aislantes térmicos en los asientos.

Las personas que tuvieron algún problema en condiciones bajo cero deben tener una atención especial dado que el afectado tiende a sufrir lesiones secundarias por el frío. Se debe considerar la prestación de primeros auxilios a temperaturas de congelamiento, y tomar medidas para prevenir la hipotermia y el congelamiento secundario de los tejidos afectados.

Se prohibirá trabajar a temperaturas iguales o inferiores a 1 °C a las personas que padezcan enfermedades o se encuentren en tratamiento médico.

(Ver para más información sobre los elementos de protección por carga térmica Anexo 3.)

Automatización del proceso:

Una medida que se puede adoptar y que todavía no se comentó es la búsqueda de la automatización del proceso para lograr disminuir el metabolismo, esto es en sí una eliminación o reducción del problema al prescindir total o parcialmente de la intervención del hombre frente a la carga térmica, lo que permite de no lograrse la intervención humana permitir al operario estar más tiempo en una zona fresca de descanso, permitiendo una mejor recuperación del calor.

Suministro de bebida y alimentos:

Si bien ya se fue diciendo algo sobre el tema vale la pena por su importancia profundizar algo, la falta de minerales es más importante en personas no aclimatadas que en las que si lo están, dado que una persona sin aclimatación transpira 3 o 4 veces más que una que lo está, en este caso, el suplemento de sal debe aportarse en forma líquida, por ejemplo, en forma de caldos, zumos de tomate salado en 20 gr/l.

Una mejor hidratación se obtiene mediante la bebida de agua pura, pero es mejor conseguir tomar varias bebidas distintas, las cuales se deben ingerir entre 10 y 15 °C, si se toma bebidas con cafeína ésta no debe pasar de 400 mg/día (3 tazas de café fuerte)

Se deben suprimir las bebidas alcohólicas y toda persona que deba por razones médicas tomar drogas debe ser autorizado a trabajar por el propio médico.

Los alimentos deben ser ingeridos en forma moderada fundamentalmente los grasos, dado que impiden la absorción de agua impidiendo en forma indirecta la rehidratación.

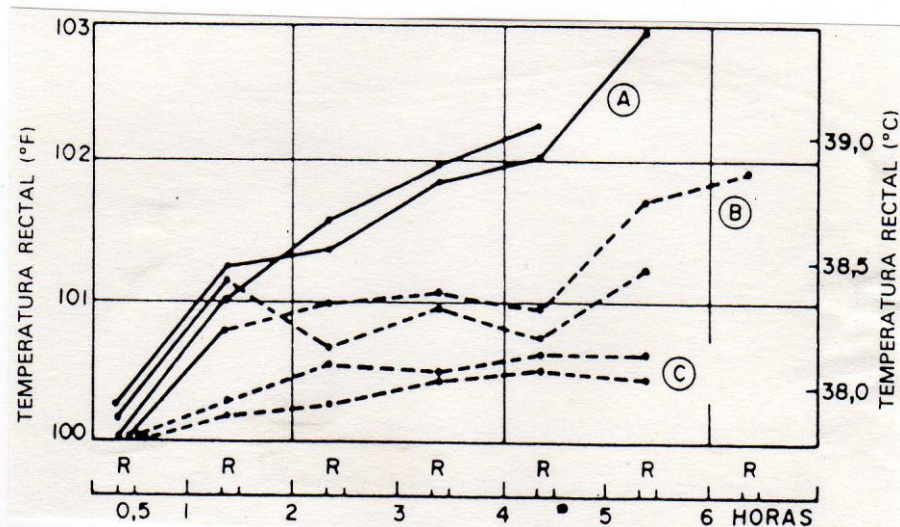


Figura 111. Efectos de la ingestión de agua sobre la evolución de la temperatura rectal durante el trabajo con carga térmica. (Curva A personas privada de agua, B persona que bebe según su voluntad, C persona que bebe en cada hora la cantidad perdida por transpiración) (Según Pittsy, 1944).

8.3. PROTECCIÓN CLIMÁTICA

Si las condiciones climáticas del lugar de trabajo no pueden ser mejoradas, ya sea por razones económicas o por razones técnicas, se puede recurrir a una serie de medidas de protección aplicables como en el anexo 3.

- En la persona (medidas de protección fisiológicas)
- A la persona (medidas de protección personales mediante elementos y vestimenta de seguridad)
- Al puesto de trabajo (medidas técnicas de protección)
- En la organización del trabajo (conformación de tiempo de trabajo y pausas)

Estas medidas de protección pueden aplicarse aisladamente o en forma combinada

Las medidas de protección fisiológicas prevén ante todo el examen de aptitudes del trabajador para el correcto desempeño en ambientes de bajas o altas temperaturas.

Las personas con enfermedades respiratorias, del sistema circulatorio, y otras más, con problemas de bajo peso o por el contrario de sobrepeso, que excedan ciertos límites de edad tienen frecuentemente una capacidad reducida para soportar cargas climáticas.

Aún las personas que tras el examen médico son catalogadas como aptas para realizar tareas a altas o bajas temperaturas deben someterse a un período de aclimatación antes de dedicarse por completo a la tarea.

Los trastornos como consecuencia de la disminución de los niveles de agua y sal en el organismo pueden ser evitadas con una adecuada alimentación y sobre todo una suficiente ingestión de bebidas.

Las medidas de protección personal para aquellos que se encuentran expuestos a condiciones climáticas extremas consisten básicamente en:

- Trajes de protección
- Protección para la cara y la cabeza
- Protección para las manos

Para tareas a bajas temperaturas se utilizan trajes con elevado valor aislante. Las zonas problemáticas de protección pueden ser las manos y los pies. A altas temperaturas es primordial la protección contra la radiación calórica mediante el uso de:

- Delantales reflectantes
- Trajes con superficies reflectantes

Como medidas de protección personal contra el calor y la radiación infrarroja se utilizan trajes y protecciones con aire presurizado o enfriado con bolsas refrigerantes (hielo, nieve carbónica (hielo seco)), así como la vestimenta calefaccionada que se utiliza contra el frío

tienen las desventajas de depender de una fuente de energía y de restringida libertad de movimiento.

Con las medidas técnicas de protección en lugares de trabajo se procura sobre todo disminuir la radiación de frío o de calor, para ello se cuenta con:

- Pantallas con superficies metálicas brillantes
- Cortinas de cadenas y tejidos metálicos
- Cortinas de agua
- Superficie vidriada absorbente o reflectante
- Aislación de pisos y paredes

Si los resultados de todas estas medidas de protección no son satisfactorios, queda como posibilidad adicional la conformación de tiempos de trabajo y pausas. En verano, por ejemplo, se puede adelantar el horario del turno de trabajo para evitar una carga térmica adicional por la temperatura exterior.

También pueden preverse lugares acimatados dentro de la empresa para posibilitar la descarga térmica del cuerpo. Acerca de la duración de las pausas existen tablas confeccionadas por Wenzel y Piekarski (1980)



Cabina de conducción, con ventanas rebatibles en el parabrisas y luneta trasera, protección del sol
Figura 112.

9. VENTILACION

La necesidad de ventilación surge de varios factores, uno es el esfuerzo que realiza la persona y el otro es cuál es su sensación efecto que se observa en la escala de Borg (**figura 113.**), o en la cuota de aire que el individuo necesita (**figura 114.**)

El trabajo es actualmente

- 6
- 7 Extremadamente ligero
- 8
- 9 Muy ligero
- 10
- 11 Ligero
- 12
- 13 Normal
- 14
- 15 Cansador
- 16
- 17 Muy cansador
- 18
- 19 Aplastante
- 20

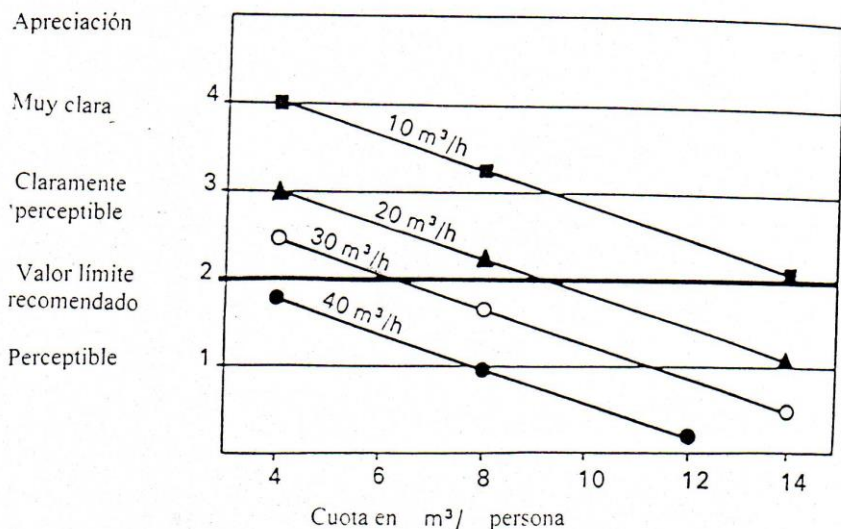
Se siente actualmente

- 1
- 2 Fresco
- 3
- 4 Neutro
- 5
- 6 Tibio
- 7
- 8 Algo caliente
- 9
- 10 Caliente
- 11
- 12 Muy caliente
- 13
- 14 Extremadamente caliente
- 15

Escala de esfuerzo físico y sensación del clima (Según Borg)

Figura 113.

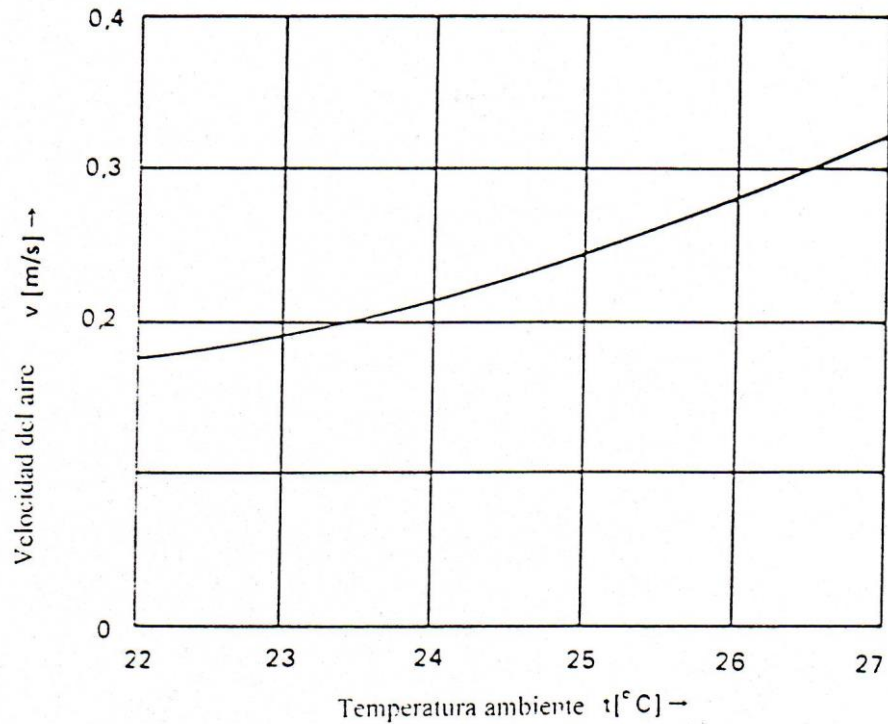
Volumen/Person m ³	Aire fresco por persona m ³ /h minimal	recomendado
5	35	50
10	20	40
15	10	30



Aire fresco necesario para una persona trabajando sentada, en dependencia de la persona, disposición y espacio disponible

Figura 114.

Los métodos de control de las difusiones son generalmente la ventilación por difusión o ajuste de la velocidad de circulación del aire, sobre la piel, dado que facilita la eliminación de calor, por evaporación y por convección. Pero al aumentar la velocidad del aire se aumenta la cantidad de calor que se recibe por convección y puede llegar a darse el caso que el aumento de calor que recibe es mayor que el que elimina, produciendo una sobrecarga térmica. (Ver **figura 115.**)



Velocidad razonable del aire (Según DIN 1946)

Figura 115.

Si se considera la posibilidad de una ventilación generalizada como método de control, hay que tener en cuenta que sólo rinde cuando las condiciones no son extremas ya que en ese caso las cantidades de aire que habría que renovar serían muy grandes. Por otro lado la emisión de calor desde un foco debería ser razonablemente uniforme para no tener que recurrir a grandes renovaciones de aire en cortos períodos de tiempo

La velocidad de movimiento del aire es un parámetro que interviene en el intercambio de calor por convección y evaporación como ya se mencionó. Su valor óptimo está condicionado por el nivel metabólico, la humedad y sobre todo por la temperatura reinante, ya que en función de esta variará su efectividad como método de control, (ver **figura 116.**)

Cuando la velocidad del aire es inferior a los 36 °C el aumento de la velocidad del aire favorece el intercambio de calor por convección, aumentando las pérdidas de calor y facilitando por lo tanto la adaptación a un ambiente térmico desfavorable. En cambio cuando la temperatura es mayor a los mencionados 36 °C, se produce un intercambio

inverso, es decir, al aumentar la velocidad del aire éste aumenta su aporte a la temperatura corporal del hombre por convección, pero por otro lado se produce un aumento de la pérdida de calor del hombre por evaporación, estándose en este caso frente a dos efectos opuestos sobre el balance térmico del hombre. Cuando varía un solo parámetro, por lo que se hace necesario poder determinar la velocidad óptima del aire para que el intercambio de calor por evaporación llegue a ser superior al efecto de intercambio por convección

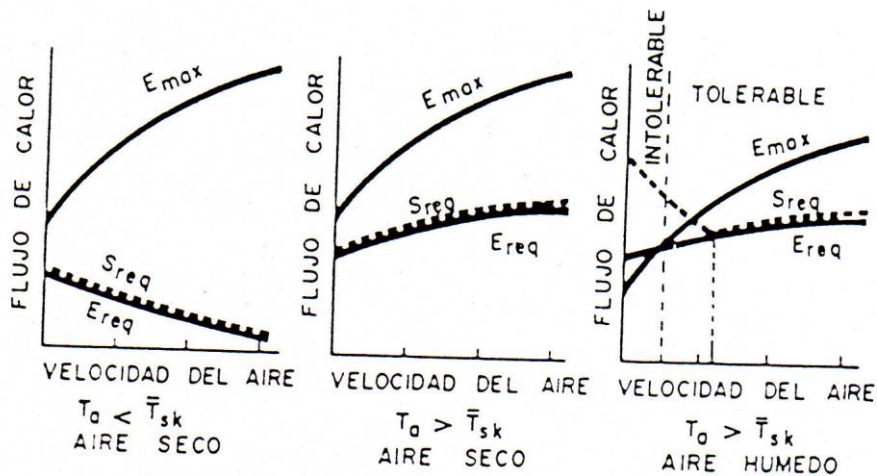


Figura 116.

Velocidad del aire	Sensación de que la temperatura ambiente se ha rebajado en:
0,1 m/sg	0
0,3 m/sg	1
0,7 m/sg	2
1,0 m/sg	3
1,6 m/sg	4
2,2 m/sg	5
3,0 m/sg	6
4,5 m/sg	7
6,5 m/sg	8

Figura 117.

Se suele dar que, a pesar de la puesta en marcha de métodos de control térmico, las condiciones termohigrométricas sobrepasen los valores admisibles para el período de trabajo, por lo que se ve obligado a recurrir entonces a la aplicación de medidas sobre la persona para minimizar los efectos por la exposición térmica

Las medidas (ya muchas mencionadas) a realizar pueden ser:

- Disminuir la carga laboral a lo largo del día, ajustando la duración de los períodos de trabajo y establecer mediante una forma ergonómica, la duración y la frecuencia de los intervalos de descanso y se debe controlar el ritmo de trabajo para disminuir el calor interno generado y el tiempo de exposición a las cargas térmicas
- Cuando sea factible colocar cabinas climatizadas

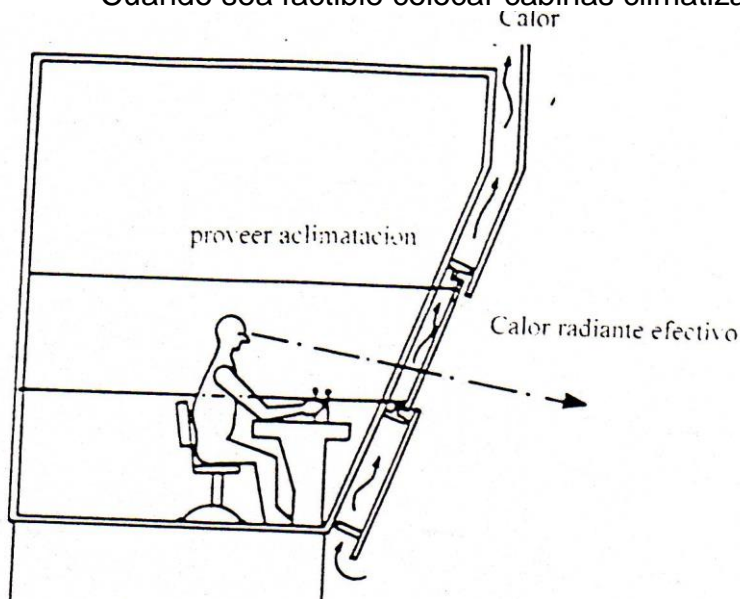


Figura 118. Ejemplo de cabina

- Utilizar para el descanso áreas climatizadas de tal manera que la persona no corra riesgos de espasmos y el hombre puede reducir el calor acumulado durante el período de trabajo
- Hacer una distribución de la carga laboral sobre la base de la aclimatación, (los trabajadores recién incorporados, o que retornen de un período largo sin actividad, como el caso de vacaciones, serán asignados a tareas livianas hasta tanto se encuentren perfectamente aclimatados)
- Capacitar un equipo de primeros auxilios, para asistir al eventual trabajador que presente síntomas de sobrecarga térmica, y así con los primeros auxilios llevarlo a un médico.
- Realizar exámenes intensivos a las personas que serán incorporadas a sectores con carga térmica, establecer exámenes periódicos a los trabajadores expuestos a sobrecargas térmicas en forma constante (estudios con el fin de determinar si hay deficiencias de origen fisiológico como ser sistema circulatorio, afecciones respiratorias, etc.)
- Considerar las variaciones que surgen con el cambio de estación (ver **figura 119.**)

CLASE DE TRABAJO	SIN RADIACION O CON UNA RADIACION INTERMITENTE INFERIOR A 0,5 cal/cm ² min				RADIACION SOSTENIDA DEL ORDEN DE 1,0 cal/cm ² min		RADIACION SOSTENIDA DEL ORDEN DE 2,0 cal/cm ² min		RADIACION SOSTENIDA DEL ORDEN DE 2,5 A 3,0 Y RADIACION INTERMITENTE DEL ORDEN DE 4,0 cal/cm ² min	
	Tempe- ratura °C	Veloc. del aire m/sg	Tempe- ratura °C	Veloc. del aire m/sg	Tempe- ratura °C	Veloc. del aire m/sg	Tempe- ratura °C	Veloc. del aire m/sg	Tempe- ratura °C	Veloc. del aire m/sg
	Estación fría									
Trabajo que requiera un esfuerzo físico ligero	23-25	1-2	23-25	2-3	18-20	2-3	18-20	3-4		
Trabajo que requiera un esfuerzo físico moderado	20-23	2-3	20-23	3-4	15-20	2,5-4	15-20	4-5		
Trabajo que requiera un esfuerzo físico considerable	15-18	2-3	12-15	2,5-4	10-15	3-5	8-12	3-5		
Estación cálida										
Trabajo que requiera un esfuerzo físico ligero	25-30	1,6-2,5	25-30	2-4	20-25	2-4	20-25	3-5		
Trabajo que requiera un esfuerzo físico moderado	22-25	2-3	22-25	3-4	18-25	3-5	18-22	4-5		
Trabajo que requiera un esfuerzo físico considerable	18-22	2-4	18-22	3-5	15-20	4-6	15-18	5-6		

Figura 119. Temperaturas del aire sugeridas para las duchas de aire que debe enfriar un hombre

El personal debe ser capacitado sobre la necesidad de reponer las pérdidas de líquidos y electrolitos mediante la ingestión de agua y sal, (debe instruirse a los trabajadores a beber agua con frecuencia, pues la sed no es siempre un estímulo suficiente para la reposición de los líquidos perdidos)

El aire puede tornarse viciado por diferentes razones, el aire contaminado propio de la respiración humana, la presencia de polvos, la emanación de vapores y gases, la cual hay que remover (no que olvidar que un aire con menos del 19 % de oxígeno no es recomendado y con menos del 16 % se torna sumamente peligroso, más si hay carga térmica combinada)

En primer lugar, hay que establecer correctamente el volumen de aire necesario en función del tipo de tarea, las dimensiones del local y la cantidad de personas que se encuentran en él.

La OIT fijó en 11,5 m³ de aire la cantidad mínima por trabajador en un turno normal de trabajo (8hs), y se considera que una persona necesita en una habitación cerrada 20 m³ de aire en una estancia de 10 hs.

Algunos autores recomiendan para tareas continuas los siguientes volúmenes de espacio:

- 12 m³ para tareas en posición predominantemente sentadas
- 15 m³ para tareas en posición predominantemente paradas.

- Se debe agregar a las cifras anteriores 10 m³ m s por cada persona adicional que se sume en forma transitoria al puesto de trabajo

Este espacio mínimo no debe ser reducido por instalaciones, pero sí con ventilación natural si además de los trabajadores que permanezcan en forma continua se encuentran otros trabajadores que están en forma transitoria, debe preverse un espacio mínimo de 10 m³ por cada persona adicional. En caso de tener ventilación forzada, estas instalaciones deberán ampliarse correspondientemente.

Podemos aclarar que las recomendaciones dadas por Koch para las cuotas de aire por persona en un puesto de trabajo dependen de la tarea, siendo algunos valores los dados en la **figura 120**.

CARGA LABORAL Ejemplo de tarea	Espacio por persona		Cuota de aire en m ³	
	mínimo	aconsejado	mínimo	aconsejado
Trabajo corporal liviano (diseño de laboratorio, mecánica de precisión, tareas de oficina)	12	18	35	53
Trabajo corporal medio (carpintería, tornería, soldadura)	13	23	50	75
Trabajo corporal pesado (reparación mecánica, moldeo)	15	27	60	90

Figura 120. Espacio y cuota de aire en relación con la carga laboral (según Koch, 1963).

20 °C	1. Temperatura agradable	Trabajo pleno
	2. Poco confortable, calor sensible, falta de concentración pérdida de fuerza en el trabajo	Incomodidad psíquica
	3. Incremento de la hostilidad al trabajo, pérdida de rendimiento laboral	Incomodidad psíquica y Fisiológica
	4. Incomodidad falta de agua y sal, aumento del ritmo cardíaco, pérdida de fuerza , cansancio y agotamiento	Incomodidad fisiológica
35-40	5. Alto riesgo temperatura límite	

Figura 121. Junto con la cuota de aire siempre se tiene en cuenta la temperatura

Tipo de trabajo	Temperatura del aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
Trabajo manual sentado	20 (19-24)	50 (40-70)	0,1
Trabajo liviano de pie	18 (17-22)	50 (40-70)	0,2
Trabajo pesado	17 (15-21)	50 (30-70)	0,4
Trabajo muy pesado	16 (13-20)	50 (30-70)	0,5

Figura 122. Valores del clima en distintas actividades

Trabajo corporal	Metabolismo laboral (W) ²	Volumen por persona (M ³)	Cuota por persona (m ³ /h)
Trabajo corporal muy ligero	Hasta 130	12	20.....40
Trabajo ligero caminando, (o sentado activo)	Hasta 200	15	40.....60
Trabajo medio a pesado	Más de 200	18	Más de 60

Figura 123. Espacio necesario, cuota de aire

La renovación del aire se puede efectuar por medio de ventilación, ventilación forzada, o por acondicionamiento del aire del local, o simplemente abriendo las ventanas Pero cualquiera que sea el sistema empleado para mejorar el aire, la velocidad de movimiento no deberá superar los 15 metros por minuto en invierno, en verano este valor puede llegar a 45 metros por minuto.

En la práctica se recomienda:

- Como se dijo la aireación debe ser frecuente
- Es más conveniente la renovación (o aireación) natural a la artificial
- Se deben evitar las corrientes de aire
- Las ventanas y aberturas altas y estrechas ventilan más eficazmente que las bajas y anchas
- En invierno, el aire exterior tiene que ser calentado, en la medida de lo posible, antes de ser entrado a las habitaciones.

Espacio laboral	Cuota de aire [(m ³ /h/m ³ = 1/h)]
Corredores escaleras	1.....2
Pequeña cocina (< 20 m ³)	20.....30
Habitación	2.....4
Guarda ropas	4.....6
Baño y escusado	4.....8
Cocina mediana (20...30 m ³)	15.....25
Gran cocina	10.....20
Oficina	3.....8
Estancia	4.....8
Biblioteca	3.....5
Aula chica	6.....15
Aula grande	5.....10
Comercio	4.....8
Galería general	4.....6
Almacén	10.....15
Taller estación aérea	3.....6
Lavadero, tintorería	5.....15
Laboratorio	6.....16

Figura 124. Renovación necesaria del aire

Local	Metros Cúbicos por minuto y por persona
Sala de espectáculos Espacios en los que se permite fumar	0,14 a 0,21
Espacios abiertos en bancos y edificios en general	0,21 a 0,28
Salas de hospitales Espacios abiertos en edificios en general Restaurantes y comedores públicos	0,28 a 0,42
Salas de consejo Oficinas privadas Espacios en los que se fuma mucho	0,57 a 0,85

Figura 125. Volumen de circulación de aire necesario para una ventilación adecuada (Según Heating Ventilating Air Conditioning Guide de la American Society of Heating Ventilating Engineers New York, USA)

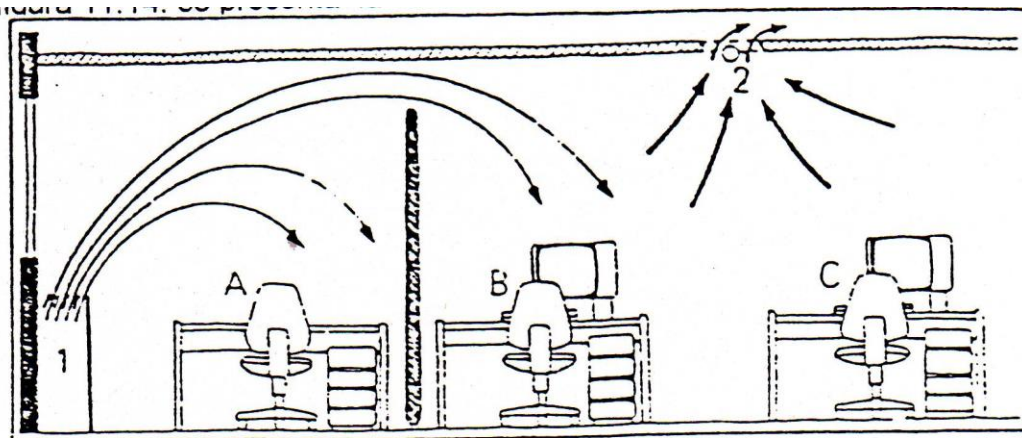
Tipo de trabajo	Trabajo corporal	Temperatura del aire (°C)			Humedad relativa (%)			Velocidad del aire (m/s) más
		Mín	opt	máx	Mín	opt	máx	
Trabajo de oficina	Muy liviano	20	21	24	40	50	60	0,1
Trabajo liviano	Muy liviano a liviano	19	20	24	40	50	70	0,1
Trabajo manual de pie	Liviano a medio	17	18	22	40	50	70	0,2
Trabajo fuerte		12	17	21	40	50	70	0,4
Trabajo pesado	Fuerte a muy fuerte	14	16	20	30	50	70	0,5
Trabajo con carga térmica	Pesado	12	15	18	20	35	60	1,0 a 1,5
Vendedor	Liviano a fuerte	19	20	24	40	50	70	0,1
Pausa laboral/prevención /reposo/sanitario		21	22	24	40	50	70	0,1

Figura 127.

Dosis de radiación (W/m ²)	Ejemplo	Efecto
35	Chapa de 2 m ² a 450 °C a 10 m de distancia	Claro calor sensible
450.....800	1200 °C en boca de horno de 0,5 m ² a 6 m de distancia	Desagradable, sensibilidad al calor durante la exposición
1700.....3500	Forja a 800 °C de 0,7 m ² a 3 m de distancia	Desagradable, se soporta poco tiempo

Figura 128.

En la **figura 129.** se presenta la ventilación de una oficina tipo



1. Aire inducido.
 2. Hilera de alumbrado con orificio de salida para el aire.
- A. Puesto de trabajo convencional en las proximidades de una ventana. Reirrigación (verano): demasiado aire frío. Coeficiente de renovación del aire demasiado alto. Calefacción (invierno): excesivamente poco aire caliente. Coeficiente de renovación de aire muy bajo.
 - B. Puesto de trabajo EDP: Corrientes de aire inevitables en razón de la velocidad demasiado elevada del aire por encima de la pared móvil.
 - C. Puesto de trabajo EDP: Aporte de aire fresco insuficiente debido al impedimento de la propagación del aire.

Figura 129. Del informe de la UGT de España

Se puede plantear que de lo expuesto:

- ¿Se hallan las condiciones climáticas dentro de la zona de bienestar laboral?
- Son las discrepancias de las condiciones de bienestar laboral particularmente atribuidas a:
 - La temperatura ambiente
 - La humedad
 - La velocidad del aire
 - La radiación del calor
- ¿Está el trabajador sometido a bruscas variaciones del clima en su labor diaria?
- ¿Son observadas las disposiciones correspondientes de leyes, ordenanzas y normas?

RESOLUCIÓN MTESS N° 295/2003 - ANEXO III

ESTRÉS TÉRMICO (Carga térmica)

ESTRÉS POR FRÍO

Los valores límite (TLVs) para el estrés por frío están destinados a proteger a los trabajadores de los efectos más graves tanto del estrés por frío (hipotermia) como de las lesiones causadas por el frío, y a describir las condiciones de trabajo con frío por debajo de las cuales se cree que se pueden exponer repetidamente a casi todos los trabajadores sin efectos adversos para la salud. El objetivo de los valores límite es impedir que la temperatura interna del cuerpo descienda por debajo de los 36°C (96,8°F) y prevenir las lesiones por frío en las extremidades del cuerpo. La temperatura interna del cuerpo es la temperatura determinada mediante mediciones de la temperatura rectal con métodos convencionales. Para una sola exposición ocasional a un ambiente frío, se debe permitir un descenso de la temperatura interna hasta 35°C (95°F) solamente. Además de las previsiones para la protección total del cuerpo, el objetivo de los valores límite es proteger a todas las partes del cuerpo y, en especial, las manos, los pies y la cabeza de las lesiones por frío.

Entre los trabajadores, las exposiciones fatales al frío han sido casi siempre el resultado de exposiciones accidentales, incluyendo aquellos casos en que no se puedan evadir de las bajas temperaturas ambientales o de las de la inmersión en agua a baja temperatura. El único aspecto más importante de la hipotermia que constituye una amenaza para la vida es el descenso de la temperatura interna del cuerpo. En la Tabla 1 se indican los síntomas clínicos que presentan las víctimas de hipotermia. A los trabajadores se les debe proteger de la exposición al frío con objeto de que la temperatura interna no descienda por debajo de los 36° C (96,8° F). Es muy probable que las temperaturas corporales inferiores tengan por resultado la reducción de la actividad mental, una menor capacidad para la toma racional de decisiones, o la pérdida de la consciencia, con la amenaza de fatales consecuencias.

Sentir dolor en las extremidades puede ser el primer síntoma o aviso de peligro ante el estrés por frío. Durante la exposición al frío, se tiritita al máximo cuando la temperatura del cuerpo ha descendido a 35°C (95°F), lo cual hay que tomarlo como señal de peligro para los trabajadores, debiendo ponerse término de inmediato a la exposición al frío de todos los trabajadores cuando sea evidente que comienzan a tiritar. El trabajo físico o mental útil está limitado cuando se tiritita fuertemente. Cuando la exposición prolongada al aire frío o a la inmersión en agua fría a temperaturas muy por encima del punto de congelación pueda conducir a la peligrosa hipotermia, hay que proteger todo el cuerpo.

TABLA 1

Situaciones clínicas progresivas de la hipotermia*

Temperatura interna		
°C	°F	Síntomas clínicos
37,6	99,6	Temperatura rectal normal.
37	98,6	Temperatura oral normal.
36	96,8	La relación metabólica 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 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	Possible 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	Hipotermia accidental más baja para recuperar a la víctima.
17	62,6	Electroencefalograma isoelectrico.
9	48,2	Hipotermia más baja simulada por enfriamiento para recuperar al paciente.

1. Hay que proveer a los trabajadores de ropa aislante seca adecuada para mantener la temperatura del cuerpo por encima de los 36°C (96,8°F) si el trabajo se realiza a temperaturas del aire inferiores a 4°C (40°F). Son factores críticos la relación de enfriamiento y el poder de refrigeración del aire. La relación de enfriamiento del aire se define como la pérdida de calor del cuerpo expresados en vatios por metro cuadrado y es una función de la temperatura del aire y de la velocidad del viento sobre el cuerpo expuesto. Cuanto mayor sea la velocidad del viento y menor la temperatura del área de trabajo, mayor será el valor de aislamiento de la ropa protectora exigida.

En la Tabla 2 se da una gráfica de temperaturas equivalentes de enfriamiento en la que se relacionan la temperatura del aire medida con termómetro de bulbo seco y de la velocidad del viento. La temperatura equivalente de enfriamiento se debe usar al estimar el efecto combinado de refrigeración del viento y de las bajas temperaturas del aire sobre la piel expuesta o al determinar los requisitos de aislamiento de la ropa para mantener la temperatura interna del cuerpo.

2. Salvo que concurren circunstancias excepcionales o extenuantes, no es probable que, sin la aparición de los síntomas iniciales de la hipotermia, se produzcan lesiones por el frío en otras partes del cuerpo que no sean las manos, los pies o la cabeza. Los trabajadores de más edad o aquellos que tienen problemas circulatorios, requieren especial protección preventiva contra las lesiones por frío. Entre las precauciones especiales que se deben tomar en consideración, figuran el uso de ropa aislante adicional y/o la reducción de la duración del período de exposición. Las medidas preventivas a tomar dependerán del estado físico del trabajador, debiendo determinárselas con el asesoramiento de un médico que conozca los factores de estrés por frío y el estado clínico del trabajador.

Evaluación y control

En cuanto a la piel, no se debe permitir una exposición continua cuando la velocidad del viento y la temperatura den por resultado una temperatura equivalente de enfriamiento de -32°C ($25,6^{\circ}\text{F}$). La congelación superficial o profunda de los tejidos locales se producirá solamente a temperaturas inferiores a -1°C ($30,2^{\circ}\text{F}$), con independencia de la velocidad del viento. A temperaturas del aire de 2°C ($35,6^{\circ}\text{F}$) o menos, es imperativo que a los trabajadores que lleguen a estar sumergidos en agua o cuya ropa se mojé, se les permita cambiarse de ropa inmediatamente y se les trate de hipotermia.

TABLA 2
Poder de enfriamiento del viento sobre el cuerpo expuesto
expresado como temperatura equivalente
(en condiciones de calma)*

Velocidad estimada del viento (Km/h)	Lectura de la temperatura real ($^{\circ}\text{C}$)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO ($^{\circ}\text{C}$)												
en calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
(Las velocidades del viento superiores a 64 Km/h tienen pocos efectos adicionales.)	POCO PELIGROSO			PELIGRO CRECIENTE				GRAN PELIGRO				
	En < horas con la piel seca. Peligro máximo de tasa sensación de seguridad.			peligro de que el cuerpo expuesto se congele en un minuto.				El cuerpo se puede congelar en 30 segundos.				
En cualquier punto de este gráfico se pueden producir el pie de trinchera y el pie de inmersión.												
* Desarrollado por el Instituto de Investigación de Medicina del Medio Ambiente del Ejército de los EEUU, de Natick, MA.												
Temperatura equivalente de enfriamiento que requiere ropa seca para mantener la temperatura del cuerpo por encima de 36°C ($96,8^{\circ}\text{F}$) por TLV del estrés por frío.												

En la Tabla 3 se indican los límites recomendados para trabajadores vestidos de manera apropiada durante períodos de trabajo a temperaturas por debajo del punto de congelación.

Para conservar la destreza manual y prevenir accidentes, se requiere una protección especial de las manos.

1. Si hay que realizar trabajo de precisión con las manos al descubierto durante más de 10-20 minutos en un ambiente por debajo de los 16°C ($60,8^{\circ}\text{F}$), se deberán tomar medidas especiales para que los trabajadores puedan mantener las manos calientes, pudiendo utilizarse para este fin chorros de aire caliente, aparatos de calefacción de calor radiante (quemadores de fuel-oil o radiadores eléctricos) o placas de contacto calientes. A temperaturas por debajo de -1°C ($30,2^{\circ}\text{F}$), los mangos metálicos de las herramientas y las barras de control se recubrirán de material aislante térmico.

2. Si la temperatura del aire desciende por debajo de los 16°C ($60,8^{\circ}\text{F}$) para trabajo sedentario, 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$) para trabajo ligero y -7°C ($19,4^{\circ}\text{F}$) para trabajo moderado, sin que se requiera destreza manual, los trabajadores usarán guantes.

Para impedir la congelación por contacto, los trabajadores deben llevar guantes anticontacto.

1. Cuando estén al alcance de la mano superficies frías a una temperatura por debajo de los -7°C ($19,4^{\circ}\text{F}$), el supervisor deberá avisar a cada trabajador para que evite que la piel al descubierto entre en contacto con esas superficies de manera inadvertida.

2. Si la temperatura del aire es $-17,5^{\circ}\text{C}$ (0°F) o inferior, las manos se deben proteger con manoplas. Los mandos de las máquinas y las herramientas para uso en condiciones de frío deben estar diseñadas de manera que se puedan manejar o manipular sin quitarse las manoplas.

Si el trabajo se realiza en un medio ambiente a o por debajo de 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$), hay que proveer protección corporal total o adicional. Los trabajadores llevarán ropa protectora adecuada para el nivel de frío y la actividad física cuando:

1. Si la velocidad del aire en el lugar del trabajo aumenta por el viento, corrientes o equipo de ventilación artificial, el efecto de enfriamiento por el viento se reducirá protegiendo (apantallando) la zona de trabajo o bien usando una prenda exterior de capas cortaviento fácil de quitar.

2. Si el trabajo en cuestión solamente es ligero y la ropa que lleva puesta el trabajador puede mojarse en el lugar de trabajo, la capa exterior de la ropa que se use puede ser de un tipo impermeable al agua. Con trabajo más fuerte en tales condiciones, la capa exterior debe ser hidrófuga, debiendo el trabajador cambiarse de ropa exterior cuando ésta se moje. Las prendas exteriores han de permitir una fácil ventilación con el fin de impedir que las capas internas se mojen con el sudor. Si se realiza trabajo a temperaturas normales o en un medio ambiente caluroso antes de entrar en la zona fría, el empleado se asegurará de que las ropas no están húmedas a consecuencia del sudor. Si tiene la ropa húmeda, el empleado se deberá cambiar y ponerse ropa seca antes de entrar en la zona fría. Los trabajadores se cambiarán a intervalos diarios regulares de medias y de todas las plantillas de fieltro que se puedan quitar, o bien usarán botas impermeables que eviten la absorción de la humedad. La frecuencia óptima de cambio de ropa se determinará de manera empírica, variando con el individuo y según el tipo de calzado que se use y la cantidad de sudoración de los pies del individuo.

3. Si no es posible proteger suficientemente las áreas expuestas del cuerpo para impedir la sensación de frío excesivo o congelación, se deben proporcionar artículos de protección provistos de calor auxiliar.

4. Si la ropa de que se dispone no dispensa protección adecuada para impedir la hipotermia o la congelación, el trabajo se modificará o suspenderá hasta que se proporcione ropa adecuada o mejoren las condiciones meteorológicas.

5. Los trabajadores que manipulen líquidos evaporables (gasolina, alcohol o fluidos limpiadores) a temperaturas del aire por debajo de los 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$), adoptarán precauciones especiales para evitar que la ropa o los guantes se empapen de esos líquidos, por el peligro adicional, de lesiones por frío debidas al enfriamiento por evaporación. De manera especial, se debe tomar nota de los efectos particularmente agudos de las salpicaduras de "fluidos criogénicos" o de aquellos líquidos que tienen el punto de ebullición justamente por encima de la temperatura ambiente.

TABLA 3, TLVs para el plan de trabajo/calentamiento para un turno de cuatro horas*											
Temperatura del aire cielo despejado		Sin viento apreciable		Viento de 8 km/h		Viento de 16 km/h		Viento de 24 km/h		Viento de 32 km/h	
°C (aprox.)	°F (aprox.)	Periodo de trabajo máximo	N° de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	N° de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	N° de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	N° de interrupciones	Periodo de trabajo máximo	N° de interrupciones
De -25° a -28°	De -15° a -19°	(Interrupciones normales)	1	(Interrupciones normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29° a -31°	De -20° a -34°	(Interrupciones normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
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	
De -35° a -37°	De -30° a -34°	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar			
De -38° a -39°	De -35° a -39°	40 minutos	4	30 minutos	5	El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar					
De -40° a -42°	De -40° a -44°	30 minutos	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									

* Adaptado de la División de Seguridad e Higiene en el Trabajo, del Departamento de Trabajo de Saskatchewan.

Notas respecto a la Tabla 3

1. El plan se aplica a cualquier jornada de trabajo de 4 horas con una actividad de moderada a fuerte, con períodos de reanimación de diez (10) minutos en lugares templados y con períodos de interrupción prorrogados (p.e. tiempo de comida) al final de la jornada de 4 horas en los lugares templados. Para trabajo entre ligero y moderado (movimiento físico limitado), se debe aplicar el plan en un escalón inferior. Así, por ejemplo, a -35°C (-30°F) sin viento apreciable (etapa 4), el trabajador que se encuentre realizando una tarea con poco movimiento físico debe tener un período máximo de trabajo de 40 minutos con 4 interrupciones en un período de 4 horas (etapa 5).

2. Si no se dispone de información precisa se sugiere lo siguiente a título de guía para estimar la velocidad del viento:

8 km/h: se mueve una bandera liviana.

16 km/h: bandera liviana, plenamente extendida.

24 km/h: levanta una hoja de periódico.

32 km/h: el viento amontona nieve.

3. Si solamente se conoce el índice de refrigeración por enfriamiento por el viento, una regla empírica aproximada para aplicarla en lugar de los factores de temperatura y velocidad del viento expresado anteriormente sería: 1) al producirse un enfriamiento por el viento de 1.750 W/m², aproximadamente, se deben iniciar interrupciones especiales para que los trabajadores se calienten; 2) al producirse o antes de producirse un enfriamiento por el viento de 2.250 W/m², debe haber cesado todo el trabajo que no sea de emergencia. En general, el plan o programa de calentamiento que antecede compensa ligeramente por defecto el viento a temperaturas más calurosas, dando por supuestos la aclimatación y el

uso de ropa apropiada para trabajar en invierno. Por otro lado, el cuadro compensa ligeramente por exceso las temperaturas reales en las escalas más frías, porque raramente predomina el viento a temperaturas extremadamente bajas.

4. Los valores límite son aplicables solamente para trabajadores con ropa seca.

Régimen de calentamiento en el trabajo

Si el trabajo se realiza a la intemperie de manera continuada a una temperatura equivalente de enfriamiento (TEE) de o por debajo de -7°C ($19,4^{\circ}\text{F}$), en las proximidades se dispondrán refugios de calentamiento provistos de calefacción (tiendas de campaña, cabañas o cabinas, salas de descanso, etc.) y a los trabajadores se les deberá animar a usar estos refugios a intervalos regulares, dependiendo su frecuencia del grado de intensidad de la exposición ambiental. El empezar a tiritar fuertemente, la congelación en menor grado (principio de congelación), la sensación de fatiga excesiva, la somnolencia, la irritabilidad o la euforia, son indicios de que se debe volver al refugio inmediatamente. Al entrar al refugio provisto de calefacción, los trabajadores deberán quitarse las prendas exteriores y aflojarse el resto de la ropa para permitir la evaporación del sudor; en caso contrario, deberán cambiarse y ponerse ropa de trabajo seca. Cuando sea necesario, se preverá que los trabajadores se cambien de ropa poniéndose otras prendas de trabajo secas con el objeto de que no vuelvan al trabajo con ropa húmeda. La deshidratación o la pérdida de fluidos del cuerpo se producen insidiosamente en el medio ambiente frío y pueden aumentar la susceptibilidad del trabajador a las lesiones por frío como consecuencia de un cambio significativo en el flujo de sangre que va a las extremidades. En el lugar de trabajo se debe proporcionar sopas y bebidas dulces calientes para procurar la admisión calórica y el volumen de fluidos. Por sus efectos diuréticos y circulatorios, se debe limitar la toma de café.

Para los trabajos a una temperatura equivalente de enfriamiento (TEE) de o por debajo de -12°C ($10,4^{\circ}\text{F}$) se aplicará lo siguiente:

1. El trabajador estará constantemente en observación a efectos de protección (sistema de parejas o supervisión).
2. El ritmo de trabajo no debe ser tan elevado que haga sudar fuertemente, lo que daría lugar a que la ropa se humedeciera. Si hay que hacer un trabajo pesado, deben establecerse períodos de descanso en refugios provistos de calefacción, dando a los trabajadores oportunidad para que se cambien y pongan ropa seca.
3. A los empleados de nuevo ingreso no se les exigirá, en los primeros días, que trabajen la jornada completa expuesta al frío hasta que se acostumbren a las condiciones de trabajo y la vestimenta protectora que se requiera.
4. Al calcular el rendimiento laboral exigido y los pesos que deberá levantar el trabajador, se incluirán el peso y el volumen de la ropa.
5. El trabajo se dispondrá de tal manera que la permanencia de pie o sentado completamente quieto se reduzca al mínimo. No se usarán sillas metálicas con asientos desprovistos de protección. Al trabajador se le debe proteger de las corrientes cuanto sea posible.
6. A los trabajadores se les instruirá en los procedimientos de seguridad y sanidad. El programa de formación incluirá, como mínimo, instrucción en:

- a) Procedimientos apropiados de entrada en calor de nuevo y tratamiento adecuado de primeros auxilios.
- b) Uso de ropa adecuada.
- c) Hábitos apropiados de comidas y bebidas.
- d) Reconocimiento de la congelación, inminente.
- e) Reconocimiento de las señales y los síntomas de hipotermia inminente o enfriamiento excesivo del cuerpo, aun cuando no se llegue a tiritar.
- f) Prácticas de trabajo seguro

Recomendaciones especiales sobre el lugar de trabajo

Los requisitos especiales de diseño de las cámaras frigoríficas incluyen lo siguiente:

- 1) En las cámaras frigoríficas, la velocidad del aire se debe minimizar cuando sea posible, no sobrepasando el valor de 1 metro/segundo (200fpm) en el lugar de trabajo, lo cual se puede conseguir mediante sistemas de distribución de aire diseñados de manera apropiada.
- 2) Se proveerá ropa especial de protección contra el viento, sobre la base de velocidades del aire a que estén expuestos los trabajadores. Al trabajar sustancias tóxicas y cuando los trabajadores estén expuestos a vibración, se deberá tomar precauciones especiales. La exposición al frío puede exigir unos límites de exposición más bajos.

A los trabajadores que realicen su trabajo a la intemperie en terreno cubierto de nieve y/o hielo, se les proporcionará protección para los ojos. Cuando haya una gran extensión de terreno cubierto por la nieve y que origine un riesgo potencial de exposición ocular, se requerirán elementos - anteojos especiales de seguridad para protegerse de la luz ultravioleta y el resplandor (que pueden producir conjuntivitis y/o pérdida de visión temporales), así como de los cristales de hielo.

Se requiere que el lugar de trabajo se supervise de la siguiente manera:

1. En todo lugar de trabajo en el que la temperatura ambiental esté por debajo de los 16°C (60,8°F), se deberá disponer de termometría adecuada para hacer posible el cumplimiento general de los requisitos de que se mantengan los valores límite.
2. Siempre que la temperatura del aire en un lugar de trabajo descienda por debajo de -1°C (30,2°F), cada 4 horas, por lo menos, se deberá medir y registrar la temperatura del bulbo seco.
3. En lugares de trabajo cerrados se debe registrar la velocidad del viento, por lo menos cada 4 horas, siempre que la velocidad de movimiento del aire sobrepase los 2 metros por segundo (8 km/h).
4. En situaciones de trabajo en el exterior, se debe medir y registrar la velocidad del viento junto con la temperatura del aire, siempre que ésta esté por debajo de -1°C (30,2°F).

5. En todos los casos en que se requieran mediciones del movimiento del aire, la temperatura equivalente de enfriamiento se obtendrá consultando la Tabla 2, registrándola con los demás datos siempre que la temperatura de enfriamiento esté por debajo de -7° C (19,4°F).

Del trabajo con exposición al frío a una temperatura de -1°C (30,2°F) o inferior, se excluirá a los empleados que padezcan enfermedades o estén tomando medicación que entorpezca la regulación normal de la temperatura corporal o reduzca la tolerancia del trabajo en ambientes fríos. A los trabajadores que estén habitualmente expuestos a temperaturas por debajo de los -24°C (-11,2°F) con velocidades del viento inferiores a 8 km/h, o temperaturas del aire por debajo de los -18°C (0°F) con velocidades del viento superiores a 8km/h, se les debe expedir certificado médico por el que se les declare aptos para tales exposiciones.

El trauma sufrido en condiciones de congelación, o bajo cero, exige atención especial porque el trabajador afectado tiene predisposición a sufrir lesiones por frío. Además de prever la prestación de primeros auxilios, hay que tomar medidas especiales para prevenir la hipotermia y la congelación de los tejidos dañados.

ESTRÉS TÉRMICO Y TENSION TÉRMICA

La valoración de ambos, el estrés térmico y la tensión térmica, puede utilizarse para evaluar el riesgo de la salud y seguridad del trabajador. Se requiere un proceso de toma de decisiones como el de la Figura 1. La pauta dada en la Figura 1 y la documentación relacionada con este valor límite representan las condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores sanos, hidratados adecuadamente y sin medicación, pueden estar expuestos repetidamente sin sufrir efectos adversos para la salud. La pauta dada no es una línea definida entre los niveles seguros y peligrosos. Se requieren el juicio profesional y un programa de gestión del estrés térmico para asegurar la protección adecuada en cada situación. TABLA 1 Adiciones a los valores TGBH (WBGT) medidos (°C) para algunos conjuntos de ropa

Tipo de ropa	Adición al TGBH •
Uniforme de trabajo de verano	0
Buzos de tela (material tejido)	+3,5
Buzos de doble tela	+5

• Estos valores no deben utilizarse para trajes herméticos o prendas que sean impermeables o altamente resistentes al vapor de agua o al aire en movimiento de las fábricas.

TGBH: índice de temperatura globo bulbo húmedo

El estrés térmico es la carga neta de calor a la que un trabajador puede estar expuesto como consecuencia de las contribuciones combinadas del gasto energético del trabajo, de los factores ambientales (es decir, la temperatura del aire, la humedad, el movimiento del aire y el intercambio del calor radiante) y de los requisitos de la ropa. Un estrés térmico medio o moderado puede causar malestar y puede afectar de forma adversa a la realización del trabajo y la seguridad, pero no es perjudicial para la salud. A medida que el estrés térmico se aproxima a los límites de tolerancia humana, aumenta el riesgo de los trastornos relacionados con el calor.

La tensión térmica es la respuesta fisiológica global resultante del estrés térmico. Los ajustes fisiológicos se dedican a disipar el exceso de calor del cuerpo.

La aclimatación es la adaptación fisiológica gradual que mejora la habilidad del individuo a tolerar el estrés térmico. El proceso de la toma de decisión debe iniciarse si hay informes o malestar debidos al estrés térmico o cuando el juicio profesional lo indique.

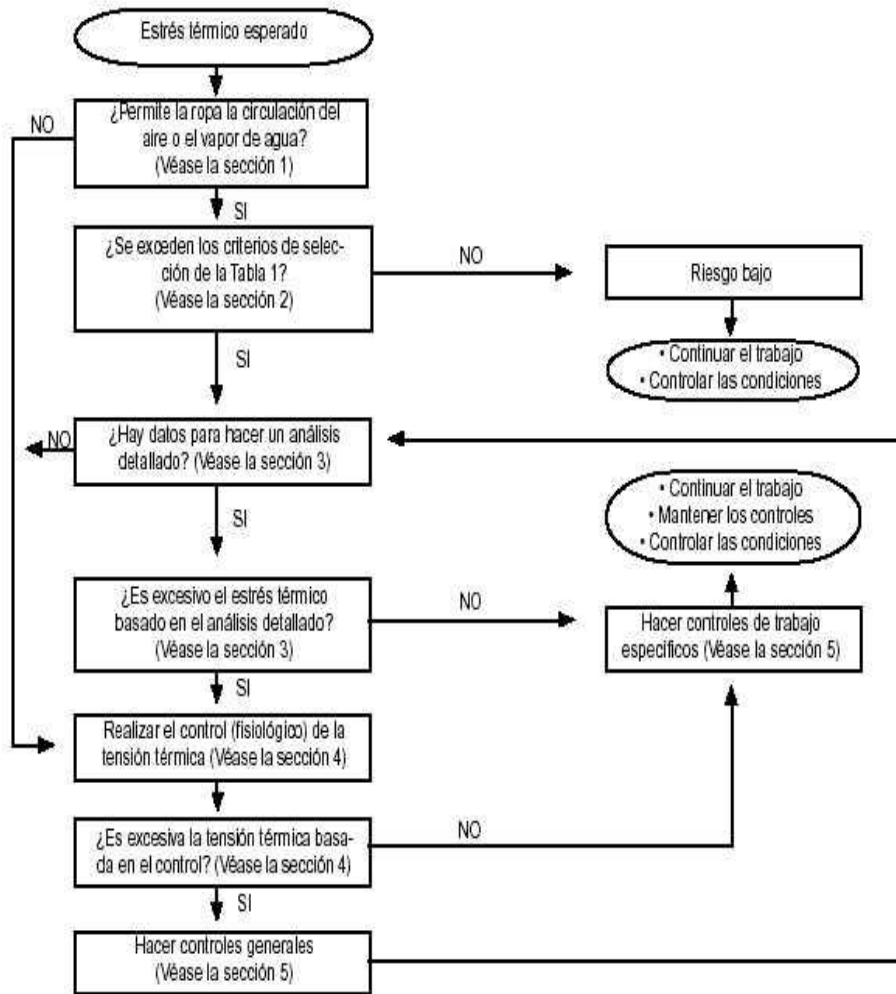


Figura 1. Esquema de evaluación para el estrés térmico.

Sección 1: Ropa. Idealmente, la circulación del aire frío y seco sobre la superficie de la piel potencia la eliminación del calor por evaporación y por convección. La evaporación del sudor de la piel es generalmente el mecanismo predominante de eliminación del calor.

La ropa impermeable al vapor de agua y al aire y térmicamente aislante, así como los trajes herméticos y de capas múltiples de tela restringen fuertemente la eliminación del calor. Con el impedimento de la eliminación del calor por la ropa, el calor metabólico puede ser una amenaza de tensión térmica aun cuando las condiciones ambientales se consideren frías.

La figura 1 lleva implícita una toma de decisión sobre la ropa y de cómo puede afectar a la pérdida de calor.

La evaluación de la exposición al calor basada en el índice TGBH se desarrolló para un uniforme de trabajo tradicional con camisa de mangas largas y pantalones.

Si la ropa que se va a utilizar está adecuadamente descrita por alguno de los conjuntos de la Tabla 1, entonces debe seguirse la línea del SI del esquema de la Figura 1.

Si los trabajadores necesitan llevar ropa que no está descrita por ningún conjunto de la Tabla 1, entonces debe seguirse la línea del NO del esquema de la Figura 1. Esta decisión se aplica especialmente para conjuntos de ropa que sean 1) barreras para el vapor de agua o a la circulación del aire, 2) trajes herméticos, o 3) trajes de capas múltiples. Para este tipo de conjuntos, la Tabla 2 no es un método de selección útil para determinar un umbral en las acciones de gestión del estrés térmico, y deben asumirse algunos riesgos. Debe seguirse un control fisiológico y de comportamiento como el que se describe en la Sección 4 y en la Tabla 3 para evaluar la exposición, a menos que se disponga de un método de análisis detallado adecuado a los requisitos de la ropa.

Sección 2: Umbral de selección basado en la Temperatura húmeda - Temperatura de globo (TGBH).

La medida TGBH proporciona un índice útil del primer orden de la contribución ambiental del estrés térmico. Esta medida se ve afectada por la temperatura del aire, el calor radiante y la humedad. Como aproximación que es, no tiene en cuenta la totalidad de las interacciones entre una persona y el medio ambiente y no puede considerar condiciones especiales como el calentamiento producido por una fuente de radiofrecuencia/microondas. Los valores TGBH (índice temperatura globo y bulbo húmedo) se calculan utilizando una de las ecuaciones siguientes:

- Con exposición directa al sol (para lugares exteriores con carga solar):

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$$

- Sin exposición directa al sol (para lugares interiores o exteriores sin carga solar)

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$$

En donde:

TBH = temperatura húmeda (a veces llamada, temperatura natural del termómetro del bulbo húmedo).

TG = temperatura de globo (a veces llamada, temperatura del termómetro de globo)

TBS = temperatura del aire seco (a veces llamada, temperatura del termómetro del bulbo seco)

Dado que la medida TGBH es solamente un índice del medio ambiente, los criterios de selección han de ajustarse a las contribuciones de las demandas del trabajo continuo y a la ropa, así como al estado de aclimatación. En la Tabla 2 se dan los criterios TGBH adecuados con fines de selección. Para los conjuntos de ropa listados en la Tabla 1, puede utilizarse la Tabla 2 cuando se hayan añadido los factores de ajuste de ropa al índice TGBH. La aclimatación es un conjunto de adaptaciones fisiológicas, la aclimatación completa al calor requiere hasta 3 semanas de actividad física continua en condiciones de estrés térmico similares a las esperadas en el trabajo. Esta

aclimatación se empieza a perder cuando la actividad en esas condiciones de estrés térmico es discontinua, teniendo lugar una pérdida evidente después de 4 días. Con el fin de aplicar los criterios de la Tabla 2, a un trabajador se le considera aclimatado cuando tiene un historial de exposiciones recientes al estrés térmico (p.e., 5 días en los últimos 7 días).

Para determinar el grado de exposición al estrés térmico deben considerarse cómo es el trabajo y las demandas. Si el trabajo (y el descanso) se distribuye en más de una de las situaciones que se dan en la Tabla 2, entonces se pueden utilizar los valores límites indicados en ella para comparar con el valor medio ponderado TGBH calculado. A medida que aumenta el gasto energético, es decir, aumenta la demanda de trabajo, los valores de criterio de la tabla disminuyen, para asegurar que la mayoría de los trabajadores no sufrirán temperaturas corporales internas superiores a los 38° C. De la misma importancia es la valoración correcta del ritmo de trabajo para la evaluación medioambiental del estrés térmico.

En la Tabla 4 se dan unas pautas amplias para seleccionar la categoría del ritmo de trabajo y utilizarlas en la Tabla 2. Frecuentemente hay interrupciones de descanso naturales o recomendadas dentro de un horario de trabajo y en la Tabla 2 se dan criterios de selección para tres situaciones de trabajo y descanso.

En la Tabla 2 se dan los criterios para los valores TGBH basados en el estado de aclimatación, del gasto energético debido al trabajo y la proporción aproximada de trabajo dentro de un horario. El índice TGBH medido ponderado en el tiempo conforme a la ropa utilizada, es inferior al valor tabulado, hay que seguir la línea del NO en la Figura 1, existiendo de esta forma poco riesgo de exposición al estrés térmico. No obstante, si se observan síntomas de trastornos relacionados con el calor como fatiga, náuseas, vértigo y mareos, entonces se debe reconsiderar el análisis. Si las condiciones de trabajo están por encima de los criterios de la Tabla 2, entonces hay que hacer otro análisis siguiendo la línea del SI.

Sección 3: Análisis Detallado. La Tabla 2 debe utilizarse como etapa de selección. Es posible que una situación determinada pueda estar por encima de los criterios dados en la Tabla 2 y no represente una exposición inaceptable. Para resolver esta situación hay que hacer un análisis detallado.

Siempre que se disponga de la información adecuada de la ropa que se requiere para evitar los efectos del estrés térmico, el primer nivel del análisis detallado es un análisis de la tarea, que incluye el índice TGBH medio ponderado en el tiempo y el gasto energético. En la Tabla 1 se sugieren los factores de corrección para algunos tipos de ropa. Para el segundo nivel del análisis detallado podría seguirse el modelo racional de estrés térmico de la tasa de sudoración específica (ISO 7933, 1987), de la Organización Internacional de Normalización (International Standards Organization; ISO).

Aunque un método racional (frente a los límites TGBH derivados empíricamente) es más difícil de calcular, sin embargo, permite conocer mejor las fuentes del estrés térmico, siendo a su vez un medio para valorar los beneficios de las modificaciones propuestas. Los criterios de selección requieren un conjunto mínimo de datos para hacer una determinación. Los análisis detallados requieren más datos sobre las exposiciones.

La pregunta siguiente, de acuerdo con el esquema de la Figura 1, es sobre la disponibilidad de los datos para el análisis detallado. Si no los hay, la línea del NO conduce a la evaluación del grado de estrés térmico a través del control fisiológico.

Si se dispone de datos, la etapa siguiente de la Figura 1 es el análisis detallado.

TABLA 2 - Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores TGBH en C°)

Exigencias de Trabajo	Aclimatado				Sin aclimatar			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5	25	22,5	
75% trabajo 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29	26,5	24,5	
50% trabajo 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30	28	26,5	25
25% trabajo 75% descanso	32,5	31	30	29,5	31	29	28	26,5

Notas:

- Véase la tabla 3
- Los valores TGBH están expresados en °C y representan los umbrales próximos al límite superior de la categoría del gasto energético.
- Si los ambientes en las zonas de trabajo y descanso son diferentes, se debe calcular y utilizar el tiempo medio horario ponderado. Este debe usarse también para cuando hay variación en las demandas de trabajo entre horas.
- Los valores tabulados se aplican en relación con la sección de "régimen de trabajo - descanso", asimilándose 8 horas de trabajo al día en 5 días a la semana con descansos convencionales.
- No se dan valores de criterio para el trabajo continuo y para el trabajo con hasta un 25% de descanso en una hora, porque la tensión fisiológica asociada con el trabajo "muy pesado" para los trabajadores menos acostumbrados es independiente del índice TGBH. No se recomiendan criterios de selección y se debe realizar un análisis detallado y/o control fisiológico.

TABLA 3. Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

Categorías	Ejemplos de actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none"> - Sentado sosegadamente. - Sentado con movimiento moderado de los brazos.
Ligera	<ul style="list-style-type: none"> - Sentado con movimientos moderados de brazos y piernas. - De pie, con un trabajo ligero o moderado en una máquina o mesa utilizando principalmente los brazos. <ul style="list-style-type: none"> - Utilizando una sierra de mesa. - De pie, con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar estando de pie. - Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. - Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.
Pesada	<ul style="list-style-type: none"> - Carpintero aserrando a mano. - Mover con una pala tierra seca. - Trabajo fuerte de montaje discontinuo. - Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (p.e. trabajo con pico y pala).
Muy pesada	<ul style="list-style-type: none"> - Mover con una pala tierra mojada

Si la exposición no excede los criterios para el análisis detallado oportuno (p.e. análisis del TGBH, otro método empírico o un método racional), entonces se puede seguir la línea del NO. Los controles generales del estrés térmico son adecuados para cuando se han superado los criterios de la Tabla 2.

Los controles generales incluyen el entrenamiento de los trabajadores y supervisores, prácticas de higiene del estrés térmico y la vigilancia médica. Si la exposición excede los límites en el análisis detallado, la línea del SI conduce al control fisiológico como única alternativa para demostrar que se ha proporcionado la protección adecuada.

TABLA 4. Pautas para restringir la tensión térmica.

El control de los signos y síntomas de los trabajadores estresados por el calor es una buena práctica de la higiene industrial, especialmente cuando la ropa de trabajo puede disminuir la eliminación del calor significativamente. Con

finde de vigilancia, cuando un prototipo de trabajadores excede los límites, es un índice de la necesidad de controlar las exposiciones. Sobre una base individual, los límites representan el tiempo de cese de una exposición hasta que la recuperación es completa.

La tensión térmica excesiva puede estar marcada por una o más de las medidas siguientes, debiendo suspenderse la exposición individual a ésta cuando ocurra alguna de las situaciones que se indican:

- Mantenimiento (durante varios minutos) del pulso cardíaco por encima de 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años del individuo (180 - edad) para personas con una valoración normal de la función cardíaca, o
- La temperatura corporal interna sea superior a los 38,5°C (101,3°F) para el personal seleccionado médicamente y aclimatado o superior a los 38°C (100,4°F) para los trabajadores no seleccionados y sin aclimatar, o
- La recuperación del pulso cardíaco en un minuto después de un trabajo con esfuerzo máximo es superior a las 110 pulsaciones por minuto, o
- Hay síntomas de fatiga fuerte y repentina, náuseas, vértigo o mareos.

Un individuo puede estar en mayor riesgo si:

- Mantiene una sudoración profusa durante horas, o
- La pérdida de peso en una jornada laboral es superior al 1,5% del peso corporal, o
- La excreción urinaria de sodio en 24 horas es inferior a 50 moles.

Si un trabajador parece estar desorientado o confuso, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar o síntomas parecidos al de la gripe, debe ser retirado a un lugar de descanso fresco con circulación rápida de aire y permanecer en observación por personal cualificado. Puede ser necesario una atención inmediata de emergencia. Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, es esencial una atención de emergencia inmediata, seguida de la hospitalización.

Sección 4: Tensión Térmica. El riesgo y la severidad de la tensión térmica excesiva varía ampliamente entre las personas aún en condiciones idénticas de estrés térmico. Las respuestas fisiológicas normales al estrés térmico dan la oportunidad para controlar la tensión térmica entre los trabajadores y para utilizar esta información para valorar el nivel de la tensión térmica presente en el personal, para controlar las exposiciones y para valorar la eficacia de los controles implantados.

En la Tabla 4 se dan las pautas de los límites aceptables para la tensión térmica. Con niveles aceptables de tensión térmica se sigue la línea del NO en la Figura 1. No obstante, los controles generales son necesarios, aunque la tensión térmica entre los trabajadores se considere aceptable en el tiempo. Además, debe continuarse con el control fisiológico periódico para asegurar niveles aceptables de la tensión térmica.

Si durante la evaluación fisiológica se encuentra restricción a la tensión térmica, entonces se puede seguir la línea del SI. Esto significa que debe considerarse los controles de trabajo específicos adecuados y realizarse con amplitud

suficiente el control de la tensión térmica. Los controles de trabajo específico incluyen los de ingeniería, los administrativos y los de protección personal.

Después de realizar los controles de trabajo específicos, es necesario evaluar su eficiencia y ajustarlos si fuera necesario. El árbol de decisiones de la Figura 1 vuelve a la etapa del análisis detallado y en ausencia de información detallada el único método que asegura la protección es volver al control fisiológico.

Sección 5: Gestión del estrés térmico y controles. El requisito para iniciar un programa de gestión del estrés térmico está marcado por 1) los niveles del estrés térmico que excedan los criterios de la Tabla 2 ó 2) los conjuntos de ropa de trabajo que restrinjan la eliminación del calor. En cualquier caso, los trabajadores deben estar cubiertos por los controles generales (Véase Tabla 5).

Las prácticas de higiene del estrés térmico son particularmente importantes porque reducen el riesgo de que un individuo pueda sufrir alteraciones relacionadas con el calor. Los elementos clave son la reposición del líquido, la autodeterminación de las exposiciones, el control del estado de salud, el mantenimiento de un estilo de vida saludable y el ajuste de las expectativas basado en el estado de aclimatación. Las prácticas de higiene requieren la plena cooperación de la supervisión y de los trabajadores.

Además de los controles generales, frecuentemente se requieren los controles de trabajo específicos adecuados para proporcionar la protección adecuada. En la consideración de los controles de trabajo específicos, la Tabla 2, junto con las Tablas 1 y 3, proporcionan la estructura para apreciar las interacciones entre el estado de aclimatación, el gasto energético, los ciclos de trabajo/descanso y la ropa de trabajo.

Entre los controles administrativos, la Tabla 4 da los límites fisiológicos y de comportamientos aceptables. La mezcla de los controles de trabajo específico sólo pueden seleccionarse y realizarse después de una revisión de las demandas y restricciones de cada situación en particular. Una vez realizados, debe confirmarse su eficiencia y mantener los controles.

En todos los casos, el objetivo principal de la gestión del estrés térmico es prevenir el golpe de calor, que es una amenaza para la vida y la alteración más grave relacionada con el calor.

La víctima del golpe de calor suele ser maníaca, está desorientada, despistada, delirante o inconsciente. La piel de la víctima está caliente y seca, el sudor ha cesado y la temperatura es superior a los 40° C (104° F). Si se manifiestan los signos del golpe de calor son esenciales la asistencia de urgencia adecuada y la hospitalización. El tratamiento rápido de otras alteraciones relacionadas con el calor, generalmente da lugar a la recuperación total, aunque se debería solicitar el consejo médico para el tratamiento y vuelta a las tareas del trabajo. Vale la pena hacer notar que la posibilidad de accidentes y lesiones aumentan con el nivel del estrés térmico. El aumento prolongado de la temperatura corporal interna y las exposiciones crónicas a niveles elevados de estrés térmico, están asociadas con otras alteraciones tales como la infertilidad temporal (para hombres y mujeres), elevado pulso cardíaco, perturbación del sueño, fatiga e irritabilidad. Durante el primer trimestre de embarazo, mantener una temperatura corporal superior a los 39° C puede poner en peligro al feto.

TABLA 5. Pautas para gestionar el estrés térmico

Controlar el estrés térmico (por ejemplo, con los criterios de selección del TGBH) y la tensión (Tabla 5) para confirmar que el control es adecuado.

Controles Generales

- Dar instrucciones verbales y escritas exactas, programas de adiestramiento frecuentes y demás información acerca del estrés térmico y la tensión térmica.
- Fomentar beber pequeños volúmenes (aproximadamente un vaso) de agua fría, paladeándola, cada 20 minutos.
- Permitir la autolimitación de las exposiciones y fomentar la observación, con la participación del trabajador, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- aconsejar y controlar a aquellos trabajadores que estén con medicación que pueda afectar a la normalidad cardiovascular, a la tensión sanguínea, a la regulación de la temperatura corporal, a las funciones renal o de las glándulas sudoríparas, y a aquellos que abusen o estén recuperándose del abuso del alcohol o de otras intoxicaciones.
- Fomentar estilos de vida sana, peso corporal ideal y el equilibrio de los electrolitos.
- Modificar las expectativas para aquellos que vuelven al trabajo después de no haber estado expuestos al calor, y fomentar el consumo de alimentos salados (con la aprobación del médico en caso de estar con una dieta restringida en sal).
- Considerar previamente la selección médica para identificar a los que sean susceptibles al daño sistémico por el calor.

Controles de trabajo específicos

- Considerar entre otros, los controles de ingeniería que reducen el gasto energético proporcionan la circulación general del aire, reducen los procesos de calor y de liberación del vapor de agua y apantallan las fuentes de calor radiante.
- Considerar los controles administrativos que den tiempos de exposición aceptables, permitir la recuperación suficiente y limitar la tensión fisiológica.
- Considerar la protección personal que está demostrado que es eficaz para las prácticas del trabajo y las condiciones de ubicación.
- No desatender NUNCA los signos o síntomas de las alteraciones relacionadas con el calor.

BIBLIOGRAFIA

Dr. Alcobe, Santiago.
Biología Humana
Editorial Labor
Barcelona (1957)

Bayerisches Staatsministerium Für Arbeit und Sozialordnug
Arbeit und Stress
Studic von Prof. Dr. Med. Wolf Müller- Limmroth
Bearbeitet von Dr. Reinhard Schug. (1990)

Bayerisches Staatsministerium Für Arbeit und Sozialordnug
Lüftung am Arbeitsplatz
Studic von Prof. Dr. Heinz Schmidke
Prof. Dr. Heinzpeter Rühmann
Prof. Dr. Dieter Ostertag. (1987)

Bernard, Thomas E., Kenney Larry W. Rationale for Personal Monitor for Hert Strain, Am.
Ind. Hyg. Assoc. J (55)/ june 1994

Benitez J. A. Estrés térmico (1993)

Benz, Grob, Haubner. Gestaltung von Bildschirm-Arbeitsplätzen Verlang TÜV Rheinland
(1981)

Clarín, Diario Buenos Aires.

Cortez, José Maria. Técnicas de Prevención de riesgos laborales
Editorial Tebar Flores (1996)

Decker, J., Echt, A., Kiefer, M. Burr, G. Personal Heat Stress Monitoring. Appl Occup.
Enviromental Hygiene Srp. 1992

Dupuis, H. Ergonomische Gestaltung von Scheppern und Landwirtschaftlichen -
Arbeitsmaschinen. Verlang TÜV Rheinland (1981)

Grandjean E.: Physiologische Arbeitsgestaltung (1991)

IfaA (Institut für angrwandte Arbeitswissenschaft e. V. Köln) N° 80 Wärmeklima am
Arbeitsplatz von W. Brokmann und R Röbbke

IfaA (Institut für angewandte Arbeitswissenschaft e. V. Köln) N° 75 Zur Ermüdungsproblematik und zur Pausengestaltung von P. Treier

Kirchner J., Baum, E. Ergonomie für Konstrukteure und Arbeitsgestalter. (1990)

Knaut, Peter – Ruteneranz. Taschenbuch der Arbeitsgestaltung. Verlag J P Bachem Köln 1977.

Lange, W. Kleine Ergonomische Datensammlung. Verlag TÜV Rheinland (1991)

Laurig, Wolfgang. Grundzüge der Ergonomie. Beuth Verlag GmbH, Berlin – Köln (1992)

MAPFRE, Fundación. Manual de Higiene Industrial. España 1996

Mc Kornick, Ernest J.: "Elementos de Ergonomia"., Editorial Gustavo Gil S.A. Barcelona (1980).

Munker, H. Umgebungseinflüsse am Büroarbeitsplatz. Verlag TÜV Rheinland (1979)

Munker, H. Pasternak. Luftrinhaltung am Arbeitsplatz. Verlag TÜV Rheinland (1981)

Müller, Bernard H. Ergonomie – Bestandteil der Sicherheits – wissenschaft. Berth Verlag GmbH . Berlin . Köln (REFA)

Peters, Helmut; Müller, Bernard H.; Hettinger Theodor. Beurteilung der Klimabelastung. Berth Verlag GmbH. Berlin . Köln 1988 (REFA)

Poza, Ma de la. Seguridad e Higiene Profesional. Editorial Paraninfo S.A. Madrid 1990

REFA: "Módulo 1" Tema 4, (Ergonomía)
Fundación REFA de Argentina, Buenos Aires 1985-90

Rekus John F., Can You Take The Heat? Occupational Health & Safety

Resolución MTESS N° 295/2003

Rohmert, W.. Grundlagen der technischen Arbeitsgestaltung."(1981)

Schmidke, H.: "Lehrbuch der Ergonomie 2. Auflage, Carl Hanser Verlag",München-Vien, (1981).

Schmidke, H.: "Ergonomische Prüfung von Technischen Komponenten, Umweltfaktoren und Arbeitsaufgaben Daten und Methoden. Carl Hanser Verlag",München-Vien, (1989).

Schnauber Zerlett. Beanspruchungs-messmethoden Verlag TÜV Rheinland (1983)

SIAFA S.R.L Carga térmica (1998) Buenos Aires

UGT de España: Informe

Prof. Dr. Villedo

Biología

EUDEBA

Buenos Aires (1961)

INDICE

EFFECTOS DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE EL HOMBRE	2
1. INTRODUCCIÓN	2
2.SIGNIFICADO DEL METABOLISMO CALÓRICO – AUTOCONTROL TÉRMICO (termo regulación)	2
3. FORMAS DE INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL CUERPO Y EL MEDIO AMBIENTE	7
3.1. LOS MÉTODOS INSTRUMENTALES DE EVALUACIÓN	13
3.2. EQUIPO NECESARIO PARA EL ESTUDIO DEL MÉTODO WBGT	21
3.3. MÉTODOS DE BALANCE TÉRMICO	23
3.4. MÉTODOS FISIOLÓGICOS	27
3.4.1. EFECTOS DE LAS ALTAS TEMPERATURAS	27
3.4.2. EFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS	28
3.4.3. DESARROLLO DE LOS METODOS FISIOLÓGICOS	29
4. PROBLEMAS DE CARGA TÉRMICA EN EL TRABAJO	61
5. NORMAS PARA LAS CONDICIONES DE TRABAJO POR TEMPERATURA Y HUMEDAD	63
6. EFECTOS DEL CLIMA	68
6.1. TRABAJOS A BAJAS TEMPERATURAS	70
6.2. TRABAJOS A ALTAS TEMPERATURAS	78
7. DAÑOS A LA SALUD	98
8. MEDIDAS CORRECTIVAS	101
8.1. SUPERVISIÓN MÉDICA	101
8.2. MEDIDAS	101
8.3. PROTECCIÓN CLIMÁTICA	106
9. VENTILACIÓN	107

