



Facultad de  
Ciencias Exactas  
Físicas y Naturales



Universidad Nacional  
de Córdoba

# HIGIENE Y SEGURIDAD

## Informe: Carga Térmica

Docente a cargo:

Grupo N°13

Alumno	Matricula
Gualampe, Nayra	36450624
Verdejo, Florencia Mariel	41088118

Año: 2023

# Índice

<b>Índice.....</b>	<b>1</b>
<b>Desarrollo.....</b>	<b>2</b>
1. Objetivo del informe.....	2
2. Marco Legal.....	2
3. Definiciones y conceptos.....	2
4. Condiciones hidrométricas.....	3
5. Balance Calórico.....	10
6. Estrés térmico.....	11
7. Estrés térmico por calor.....	12
a. Definición.....	12
b. Factores que intervienen en el riesgo y daño de la salud.....	12
c. Trabajos donde puede ser peligroso el estrés térmico por calor.....	13
d. Riesgos y daños a la salud que genera el estrés térmico por calor.....	13
e. Medidas preventivas.....	14
f. Evaluación por Índice de Esfuerzo Calórico (IEC) - Tiempo de exposición.....	16
g. Ejemplo de aplicación, método IEC - Tiempo de exposición.....	18
h. Evaluación mediante Método de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH)..	22
i. Ejemplo de aplicación, método TGBH.....	24
8. Estrés térmico por frío.....	26
a. Mecanismos fisiológicos.....	26
b. Consecuencias de la exposición al frío.....	27
c. Daños ocasionados en la salud.....	28
d. Evaluación y control.....	29
e. Medidas preventivas generales - específica.....	29
f. Cálculo de abrigo requerido.....	31
g. Evaluación de los requerimientos de la ropa - Ejemplo práctico:.....	32
<b>Bibliografía.....</b>	<b>36</b>

## Desarrollo

### 1. Objetivo del informe

- a) Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores;
- b) prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo;
- c) estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

### 2. Marco Legal

Las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo con exposición a la carga térmica se ajustaran a la legislación Nacional de Higiene y Seguridad (Ley N°19.587), particularmente en los siguientes decretos y resoluciones:

- Decreto 351/79 (Art. 60) con Anexo II
- Decreto 911/96 (Art. 137)
- Resolución 295/2003 con Anexo III (sustitución del Anexo II del Decreto 351/79)
- Resolución N° 30/2023 de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo B.O. 28/7/2023 (ARTÍCULO 3°.- *Déjase sin efecto las disposiciones contenidas en el artículo 137, Vigencia: a partir de los CIENTO OCHENTA (180) días corridos contados desde su publicación en el Boletín Oficial.*)

### 3. Definiciones y conceptos

Según Decreto 351, Art 60:

Carga Térmica Ambiental: Es el calor intercambiado entre el hombre y el ambiente.

Carga térmica: Es la suma de carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.

Condiciones higrotérmicas: son las determinadas por la temperatura, humedad, velocidad del aire y radiación térmica.

Estrés térmico: es la carga térmica a la que un trabajador puede estar expuesto como consecuencia de la interacción entre las condiciones ambientales del

lugar donde trabajan, la producción de calor de su organismo, como resultado de su actividad laboral y los mecanismos fisiológicos propios del cuerpo humano para disipar calor o no perder calor.

· Cuando  $Q > 0$ , el balance calórico es mayor a cero, el calor generado por el cuerpo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior y temperatura de este tiende a aumentar y aparece el estrés térmico por calor.

· Si el calor cedido del cuerpo al ambiente es excesivo  $Q < 0$ , la temperatura del cuerpo desciende y aparece el estrés térmico por frío.

Tensión Térmica: Respuesta fisiológica global resultante del estrés térmico.

Ajustes fisiológicos: Mecanismos propios del organismo para disipar o no perder calor

Aclimatación: Es la adaptación fisiológica gradual que mejora la habilidad de individuo a tolerar el estrés térmico

#### 4. Condiciones hidrométricas

Las condiciones higrométricas serán definidas por una serie de parámetros termodinámicos que variarán dependiendo del clima, las condiciones de exposición con la intemperie, las máquinas y herramientas propias de las tareas que se estén llevando a cabo.

Los parámetros son:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Intercambio calórico por radiación
- Velocidad del aire

##### Temperatura del Aire

Definida por la temperatura de Bulbo Seco y la temperatura de Globo. Medida con el termómetro. Estos pueden ser tanto los termómetros de bulbo de mercurio, alcohol, bimetálico, digital siempre en cuando se encuentren homologados y calibrados para los rangos de temperatura ambiente.

· **Temperatura de Bulbo Seco (TBS):** Se mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales. Instrumento de medición: Termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentre seco.

· **Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH):** Se envuelve el bulbo en un paño de agua, y se emplea para medir la temperatura húmeda del aire.

· **Temperatura del globo (TG):** Se determina la temperatura radiante media, que tiene en cuenta el calor emitido por radiación de los elementos del entorno. Instrumento de medición: globo termómetro.

**Temperatura de Globo Bulbo Húmedo (TGBH):** Se debe medir en el ambiente tres temperaturas: Temperatura bulbo seco (TBS); Temperatura bulbo húmedo (TBH) y temperatura de globo (TG)

· **Temperatura de rocío o punto de rocío:** Es la temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua contenido en el aire.

### Humedad relativa (rh)

Es la relación entre la cantidad real de vapor de agua en el aire y la presión de vapor de equilibrio del agua a una temperatura dada. La humedad relativa depende de la temperatura y la presión del sistema de interés. La misma cantidad de vapor de agua produce una mayor humedad relativa en el aire frío que en el aire caliente

### Velocidad Del Aire

En las proximidades de la piel, se crea una capa de aire inmóvil que mantiene una temperatura cercana a la de la piel y una humedad relativa alta. El movimiento del aire desplaza ese aire y permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y un mejor rendimiento de la evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo. Para su determinación in situ, se utilizan Anemómetros digitales.

## **Intercambio calórico**

### **Intercambio calórico por Radiación**

Es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura de forma que la energía es transmitida a distancia por ondas electromagnéticas, por lo que no requiere de un medio material para su transferencia.

Podemos considerarlo negativo cuando el cuerpo humano disipa calor por radiación al ambiente ( la temperatura del aire es inferior a la de la piel); y positivo cuando el calor radiante de las maquinarias de trabajo (tales como hornos de fundición, cocinas, etc.) debido a su elevada temperatura de funcionamiento emiten energía calórica (la temperatura del aire es superior a la de la piel), lo cual modifica las condiciones higrotérmicas de la zona de trabajo, y condicionan el intercambio calórico entre el cuerpo humano y el ambiente. El intercambio de calor por radiación en  $W/m^2$  viene dado por:

$$R = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_{clo} + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$$

$$R = 3,95 \cdot 10^{-8} f_{clo} [(t_p + 273)^4 - (TRM + 273)^4]$$

Siendo:

TRM = temperatura radiante media (°C).

tcl = temperatura del vestido (°C).

tp = temperatura de la piel (°C).

fcl = proporción de la superficie vestida adimensional.

### **Intercambio Calórico Por Convección**

La convección es una forma de transferencia de calor que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. Se produce únicamente por medio de materiales. La convección en sí es el transporte de calor por medio del movimiento del fluido.

Puede ser forzada a través de un ventilador (aire) o bomba (agua) que mueve el fluido entre distintas zonas; o natural, donde el propio fluido extrae el calor de la zona caliente, cambia su densidad haciendo que se desplaza hacia la zona más fría donde cede calor.

El intercambio de calor por convección, viene dado por:

$$C = f_{clo} h_c (t_{clo} - t_a) \text{ (W/m}^2\text{)}$$

$$C = f_{clo} h_c (t_p - t_a) \text{ (W/m}^2\text{)}$$

Siendo:

fclo = Factor de área del vestido.

hc = Coeficiente de convección, (W.m(-2).K (-1))

ta = Temperatura del aire, (°C).

tclo = Temperatura del vestido, (°C).

tp = Temperatura de la piel, (°C).

Para convección libre,  $h_c$  depende de la diferencia de temperaturas entre el vestido y el aire. Y para convección forzada,  $h_c$  depende de la velocidad relativa del aire.

### **Intercambio calórico por conducción**

El calor perdido por conducción (K) se produce en las partes del cuerpo que están en contacto con las superficies externas. Esta pérdida calórica tiene muy poca influencia en el intercambio calórico total, y generalmente se desprecia.

### **Intercambio calórico por respiración**

Se produce por evaporación del agua en los pulmones. En la respiración se produce un intercambio de calor ya que existen diferencias de temperaturas ( $C_{res}$ ) entre el aire exhalado (se considera la temperatura del aire exhalado igual a 34 °C) y el inhalado, y porque existen diferencias en el contenido de vapor ( $E_{res}$ ). La transferencia de calor por respiración ( $C_{res}$  y  $E_{res}$ ) es insignificante por lo tanto también se puede despreciar.

El calor intercambiado por convección respiratoria viene dado por:

$$C_{res} = 0.0014 \cdot M \cdot (34 - t_a)$$

Siendo:

$C_{res}$ : pérdida de calor por convección respiratoria, (W/m<sup>2</sup>)

M: calor metabólico, (W/m<sup>2</sup>)

$t_a$ : temperatura del aire en el ambiente, (°C)

Mientras que la pérdida debida a la diferencia de vapor de agua entre el aire inhalado y exhalado puede estimarse mediante:

$$E_{res} = 1.72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a)$$

Siendo:

$p_a$ : presión parcial de vapor de agua en el ambiente (Pa)

### **Intercambio Calórico Por Evaporación**

Uno de los mecanismos más efectivos mediante el cual el cuerpo puede mantener su temperatura interna dentro de los valores normales.

La cantidad de sudor que se evapora varía mucho en función:

- Del trabajo que se realice,
- Del tipo de vestido,
- De la velocidad del aire,
- De la humedad del ambiente,
- Limitada por la capacidad de sudar de cada persona.

Las personas habituadas a trabajar en ambientes calurosos, o a realizar trabajos duros, pueden incrementar considerablemente su capacidad de sudoración, con lo que obtienen un mayor control sobre la temperatura corporal.

Cada gramo de sudor evaporado requiere un aporte de calor por parte del cuerpo de 0,58 kcal. Una persona aclimatada puede llegar a sudar 1 litro por hora. Así, por ejemplo, para una sudoración de 3,5 litros, si todo este vapor se evapora, se produce un intercambio de calor de 673 W (374 W/m<sup>2</sup>) para una superficie corporal de 1,8 m<sup>2</sup>, lo que supone una cantidad de 8485 kJ. Con actividades moderadas (trabajo de oficina, profesores, vendedores, industria ligera, etc.) la evaporación es de menor importancia y comporta alrededor del 25% de las pérdidas de calor. La pérdida de calor por evaporación tiene lugar en parte por la difusión del vapor de agua a través de la piel, y en parte por evaporación del sudor de la superficie dérmica (el agua toma calor de la piel para evaporarse). La pérdida de calor por evaporación se considerará permisible o no, en función de la comparación con la evaporación máxima permisible. La eficacia de la sudoración está condicionada por las variables del ambiente térmico, especialmente por la humedad y la velocidad del aire. El flujo máximo de calor por evaporación en la superficie de la piel se alcanza cuando la piel está completamente húmeda:

$$E_{max} = \frac{P_p - P_a}{R_t}$$

Donde:

P<sub>p</sub>: presión parcial de vapor de agua saturado a la temperatura de la piel, (kPa)

P<sub>a</sub>: presión parcial del vapor de agua del ambiente, (kPa)

R<sub>t</sub>: resistencia total del vestido y de la capa límite del aire a la evaporación, (m<sup>2</sup> kPaW<sup>-1</sup>)



Para el cálculo de  $R_t$  se utiliza la expresión:

$$R_t = \frac{1}{16.7 \cdot h_c \cdot F_{clo}}$$

Siendo:  $F_{clo}$  es el factor adimensional de reducción de los intercambios de calor latente debidos al atuendo.

$$F_{clo} = \frac{1}{1 + 2.22 h_c \left( I_{cl} - \frac{1 - \frac{1}{f_{clo}}}{(h_r + h_c)} \right)}$$

$F_{clo}$ : Cociente entre la superficie de la persona vestida y la superficie de la persona desnuda.

$$f_{clo} = 1 + 1.97 I_{clo}$$

$I_{clo}$ : aislamiento térmico de la ropa

La presión de vapor de agua saturado en la superficie de la piel ( $P_p$ ) es función de su temperatura ( $t_p$ ) y para valores de  $t_p$  entre 27 °C y 37 °C viene dada por la siguiente expresión:

$$P_p = 2566 \cdot t_p - 3373$$

La pérdida de calor mediante la difusión de agua a través de la superficie de la piel no se controla por el sistema termorregulador.

### **Calor Metabólico**

El metabolismo es la suma de todas las reacciones químicas que se producen en nuestro organismo debido a la combustión de alimentos con el oxígeno y que prácticamente toda esa energía metabólica se convierte en calor dentro del cuerpo.

El límite mínimo del metabolismo está determinado por la actividad fisiológica básica para mantenerse vivo, por lo que recibe el nombre de metabolismo basal (MB).

Dentro de estas reacciones químicas que tienen lugar en el cuerpo humano se pueden distinguir dos tipos:

- CATABOLISMO: procesos metabólicos que transforman las moléculas complejas en moléculas simples, liberando calor en el proceso mediante la síntesis del ATP.
- ANABOLISMO: procesos metabólicos que requieren energía para transformar sustancias simples en otras más complejas. Para ellos requieren energía. Este proceso supone la incorporación neta de nitrógeno en el cuerpo humano.

La cantidad de calor producida varía con el grado de actividad corporal:

- 70 Kcal/h para una persona en reposo
- 1200 Kcal/h para actividades físicas intensas.

En consecuencia, de la actividad corporal y debe ser estimado en cada caso particular:

$$M = Mb + MI + MII$$

M = calor metabólico

Mb = metabolismo basal

MI = depende de la posición del cuerpo

MII = depende del tipo de trabajo

La determinación del Calor Metabólico está definido dentro del Decreto Reglamentario 351/1979 – Ley 19.587. Para su determinación deben utilizarse las tablas del Anexo II.

<b>1. Metabolismo Basal</b>		<b>MB (W)</b>
Se considerará a MB		70
<b>2. Adición derivada de la posición</b>		<b>MI (W)</b>
Acostado o Sentado		21
De pie		42
Caminando		140
Subiendo pendiente		210
<b>3. Adición derivada del tipo de trabajo Tipo de trabajo</b>		<b>MII (W)</b>
Trabajo Manual	Ligero	28
	Pesado	63
Trabajo Con Un Brazo	Ligero	70
	Pesado	126
Trabajo Con Ambos Brazos	Ligero	105
	Pesado	175
Trabajo Con el Cuerpo	Ligero	210
	Moderado	350
	Pesado	490
	Muy Pesado	630

## 5. Balance Calórico

La persona, como todo cuerpo (sólido, líquido o gaseoso), constantemente emite calor hacia el medio y, a su vez, constantemente es receptor del calor que emiten los demás cuerpos.

Gana calor por:

1. Por su metabolismo (M), determinado por su metabolismo basal y la actividad que realice.
2. Por radiación de calor (R), que recibe de los cuerpos de su entorno.
3. Por convección (C), al recibir calor del aire (o agua) que está en contacto con él.
4. Por la respiración (Res), al inspirar aire caliente cuya temperatura esté por encima de su temperatura corporal.

5. Por conducción (K), al recibir calor de los cuerpos sólidos que están en contacto directo con él.

Pierde calor por:

1. Por radiación de calor (R), que emite hacia los cuerpos de su entorno.
2. Por convección (C), al entregar calor al aire que está en contacto con él.
3. Por la respiración (Res), al espirar el aire durante la respiración y el jadeo.
4. Por evaporación del sudor (E), al entregarle calor al sudor para que éste pueda evaporarse.
5. Por conducción (K), al entregar calor a los cuerpos sólidos que están en contacto directo con él.

La acumulación de calor en el cuerpo humano se expresa por la ecuación general de balance térmico que viene dada por la siguiente expresión:

$$M \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm K = A$$

Siendo:

M: energía calórica producida por el organismo

R: intercambio de calor por radiación

C: intercambio de calor por convección

E: pérdida de calor por evaporación del sudor

C<sub>res</sub>: intercambio de calor por convección respiratoria

K: intercambio de calor conducción

A: ganancia o pérdida de calor por el cuerpo

## 6. Estrés térmico

En la práctica se pueden despreciar los intercambios por respiración y por conducción y el trabajo externo, en la mayor parte de las actividades su valor es bajo o nulo. La ecuación práctica de balance térmico queda:

$$M \pm R \pm C - E = A$$

Cuando la expresión de cero ( $A=0$ ) significa que hay equilibrio térmico y todo el calor metabólico generado por el trabajo se disipa o no se pierde. El cuerpo logra mantener su temperatura corporal necesaria para el correcto funcionamiento de las funciones vitales.

Que el calor cedido del cuerpo al ambiente sea excesivo ( $A<0$ ) la temperatura del cuerpo desciende y aparece el estrés térmico por frío.

En caso de obtener un resultado mayor que cero ( $A>0$ ), el calor almacenado debe eliminarse por otra vía que no sea la radiación y/o convección, quedando como última alternativa la evaporación del sudor. Cuando esta no es suficiente para mantener el balance térmico del cuerpo aparece el estrés térmico por calor.

## 7. Estrés térmico por calor

### a. Definición

Es la acumulación excesiva de calor en el cuerpo que no puede ser emitido al ambiente, generando un aumento de la temperatura corporal y llevando a una inestabilidad de las funciones vitales.

### b. Factores que intervienen en el riesgo y daño de la salud

- De la producción de calor de su organismo (M), como resultado de su actividad laboral.
- De las condiciones higrotérmicas del ambiente que le rodeo, que condicionan el intercambio de calor entre su cuerpo y el medio: (Cuando hace calor, trabajar puede resultar bastante incómodo o incluso agobiante, especialmente si no corre el aire y si además, la humedad del ambiente es alta)
- Del tiempo de exposición (Duración del trabajo).
- De factores personales como: o Falta de aclimatación al calor.
- Capacidad de sudar.
- Estado de salud - Enfermedades previas cardiovasculares, respiratorias, renales, cutáneas, diabetes, obesidad, entre otras.
- Toma de medicamentos que alteren las funciones del organismo.
- Mala forma física y alimentación.
- Falta de descanso.

- Bajo consumo de agua.
- Consumo de alcohol, drogas y exceso de cafeína.

Haber sufrido con anterioridad algún trastorno relacionado con el calor

**c. Trabajos donde puede ser peligroso el estrés térmico por calor**

- Donde el calor y la humedad sean elevados debido al proceso de trabajo o a las condiciones climáticas de la zona o la ausencia de medios para reducirlos: fundiciones, aceras, fábricas de ladrillos, fábricas de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, lavanderías, minas, invernaderos, entre otro.

- Donde, sin ser el calor y la humedad ambiental elevados, se realice una actividad física intensa o donde los trabajadores lleven trajes o equipos de protección individual que impidan la eliminación del calor corporal.

**d. Riesgos y daños a la salud que genera el estrés térmico por calor**

- Aumenta la probabilidad de que se produzcan accidentes de trabajo.
- Se agravan dolencias previas (enfermedades cardiovasculares, respiratorias, renales, cutáneas, diabetes, etc.).

· Desórdenes fisiológicos por calor

· Golpe de calor: El golpe de calor ocurre cuando el sistema termorregulador no puede manejar la situación de carga térmica, y la temperatura aumenta continuamente; se disminuye la función cerebral, y los mecanismos de disipación calórica no actúan correctamente. Los síntomas son el desmayo, las convulsiones, delirios alucinatorios, y hasta un estado de coma, que se producen aún sin advertencia. Los síntomas externos son una piel caliente, seca y coloreada. La temperatura interna aumenta hasta alrededor de los 40°C, y si ésta supera los 42- 45°C se producen las convulsiones y el coma. Ésta a veces es fatal, y en los casos de supervivencia, se producen serios daños al cerebro y a los riñones.

· Colapso calórico (Síncope por calor): El colapso o desmayo calórico se produce por un esfuerzo excesivo sobre el sistema circulatorio. Por ejemplo: el estar de pie durante mucho tiempo en un sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Los síntomas son mareos, dolor de cabeza, palidez, y una piel sudorosa. En estos casos se produce también una deficiencia de oxígeno que influye en la actividad del cerebro y del corazón. La deshidratación aumenta los

riesgos de un colapso calórico. La temperatura interna es usualmente normal.

- **Deshidratación:** El agotamiento por deshidratación ocurre cuando la pérdida del agua producida por la transpiración no es reemplazada por la ingesta de líquidos, con lo que el contenido de agua del cuerpo disminuye notablemente. Usualmente, los trabajadores no reponen el agua perdida durante la jornada laboral, sino que lo hacen luego cuando están en sus hogares. La tendencia actual apunta a que estos repongan el fluido perdido mientras están en actividad. Generalmente se le suministran líquidos especialmente acondicionados de acuerdo a la tarea a desarrollar.

A veces a los fenómenos de deshidratación los acompañan los de pérdida de cloruro de sodio que se producen por no ser reemplazada la cantidad de sal perdida. Generalmente los líquidos para beber en condiciones de carga térmica, incorporan una cantidad adecuada de esta sal y otras sales perdidas, por lo que su uso es extremadamente recomendable, sobre todo en la industria siderúrgica, del vidrio y de la construcción. Se considera como límite de deshidratación sin riesgos, a una pérdida de líquido no superior al 1,5% del peso del individuo. Deben observarse precauciones especiales en lugares desérticos o semidesérticos, en donde el sudor se evapora rápidamente y puede no notarse una sudoración exagerada. En estos casos aumentan los tiempos de reacción y disminuye la capacidad mental, y el cuerpo en general es más propenso a las intoxicaciones, especialmente las producidas por el alcohol.

- **Calambres:** Dolores agudos producidos en los músculos, sobre todo en los trabajadores no acostumbrados al calor, y se producen por la pérdida excesiva de sales debido a que se suda mucho y la ingesta de una gran cantidad de agua, pero sin que ésta incorpore las sales perdidas.

- **Enfermedades de las glándulas sudoríparas:** Las enfermedades en las glándulas sudoríparas se producen después de una prolongada exposición en el tiempo al calor (meses o años); en ambientes sumamente húmedos en los cuales el sudor no puede evaporarse libremente. Es la típica enfermedad de mineros y de personal que trabaja en lavaderos. En estos casos las glándulas sudoríparas de ciertas secciones del cuerpo dejan de funcionar adecuadamente. Esta disfunción disminuye la sudoración, con lo cual la persona disminuye su resistencia calórica. Generalmente aparecen picazones, pinchazos o erupciones.

**e. Medidas preventivas**

Para el desarrollo de las medidas preventivas relativas al estrés térmico por calor, tenemos que considerar las fuentes emisoras de calor y la forma de transmisión del mismo y las medidas deben adoptar los trabajadores.

1. *Evaluación de riesgos*: En el puesto de trabajo se identifican fuentes de calor o tareas que por el nivel de actividad física puedan generar una condición de estrés térmico esperado por calor, sea por apreciación del empleador, manifestación del trabajador o juicio del profesional de Higiene y Seguridad en el trabajo o Medicina Laboral.
2. *Aislamiento y barreras*: Utilizar barreras físicas, pantallas o aislamientos para proteger a los trabajadores de la radiación directa. Lo que se busca de esta forma es aumentar la resistencia térmica entre la fuente y el ambiente. Esto se puede lograr con el uso de cortinas ignífugas o pantallas protectoras.
3. *Ventilación y sistemas de extracción*: Para controlar la convección y la conducción del calor, se deben instalar sistemas de ventilación adecuados para disipar el calor y reducir la acumulación de aire caliente en el área de trabajo. Asociado a ventilación del ambiente en general y extracción localizada en foco de emisión.
4. *Control de acceso*: Limitar el acceso a áreas de trabajo donde se generan altas temperaturas a personal autorizado, se debe realizar señalización y zonificación.

Referido a los trabajadores, las medidas preventivas a tomar son:

1. *Control de la exposición*: Esto puede implicar la reorganización de las tareas para minimizar el tiempo en condiciones extremas o la implementación de horarios de trabajo flexibles para evitar las horas más calurosas del día.
2. *Rotación de tareas*: garantizar la rotación entre los trabajadores en tareas que requieran exposición al calor. Esto permite la reducción de la exposición continua a condiciones extremas.
3. *Aclimatación de trabajadores*: aclimatados al calor de acuerdo al esfuerzo físico a realizar.
4. *Hidratación adecuada*: se debe brindar acceso a agua potable y fomentar el consumo de la misma.
5. *Capacitación*: Proporcionar a los trabajadores un entrenamiento adecuado sobre los riesgos asociados con las fuentes de calor y cómo evitarlos.
6. *Evaluación médica*: Realizar evaluaciones médicas regulares para identificar a los trabajadores que pueden ser más susceptibles al estrés térmico debido a afecciones médicas preexistentes. Quienes realicen tareas expuestas al calor deberán contar con un apto médico para el desarrollo de sus tareas.
7. *Elementos de protección personal*: según la tarea que va a realizar, deben utilizar los elementos de protección personal adecuados.



f. **Evaluación por Índice de Esfuerzo Calórico (IEC) - Tiempo de exposición**

Este método, establecido en la norma ISO/DIS 7933:2018, permite valorar el riesgo de estrés térmico que experimenta una persona en un ambiente caluroso.

Los cálculos se basan en el balance térmico del cuerpo humano.

**Evaporación requerida ( $E_{req}$ )**

Partiendo de la ecuación de balance térmico ya vista:

$$Q = M \pm R \pm C - E$$

Donde:

$Q$  = Calor almacenado / perdido en el cuerpo (Kcal/h)

$M$  = Calor metabólico (Kcal/h).

$R$  = Calor intercambiado por radiación (Kcal/h).

$C$  = Calor intercambiado por convección (Kcal/h).

$E$  = Calor intercambiado por evaporación del sudor (Kcal/h).

Luego, para que el cuerpo se mantenga en equilibrio térmico  $Q = 0$ , entonces obtenemos así la evaporación requerida para el equilibrio:

$$E_{req} = M \pm R \pm C$$

Donde:

$E_{req}$  = Evaporación requerida para el equilibrio, (Kcal/h)

**Evaporación máxima permitida ( $E_{max}$ )**

La evaporación requerida ( $E_{req}$ ) estará limitada por la cantidad máxima de calor que el trabajador es capaz de eliminar por evaporación del sudor (Evaporación máxima,  $E_{max}$ ), que ya fue planteado anteriormente..

Por lo tanto la diferencia entre  $E_{req}$  y la evaporación máxima  $E_{max}$  es la ganancia o pérdida neta de calor que sufre el trabajador. Si  $Q > 0$  hay ganancia de calor ( $E_{req} - E_{max}$ ) y si  $Q < 0$  hay pérdida ( $E_{max} - E_{req}$ ).

**Índice de esfuerzo Calórico (IEC)**

El Índice de Esfuerzo Calórico (IEC) es una medida que se utiliza para evaluar si un trabajador está en riesgo de sufrir estrés térmico debido a

condiciones ambientales desfavorables. Un valor elevado de IEC indica que el trabajador está luchando para eliminar el calor de su cuerpo, lo que puede llevar a enfermedades por calor.

Para determinarlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$IEC(\%) = (E_{req}/E_{max}) \times 100$$

Situaciones según el valor obtenido de IEC:

- Cuando hay equilibrio térmico (Q=0): IEC=0.
- Siempre que la  $E_{req}$  sea satisfecha por la  $E_{max}$ : IEC<100.
- Cuando la  $E_{req}$  no puede ser satisfecha por la  $E_{max}$ : IEC>100, hay riesgo de estrés térmico y se debe calcular el tiempo de exposición.

Se observa en la tabla presentada a continuación las consecuencias fisiológicas en función del valor obtenido de IEC.

Índice	Consecuencias fisiológicas para 8 hs de exposición
0	No hay carga calórica
10 – 30	Costo fisiológico suave o moderado.
40 – 60	Costo fisiológico elevado que comporta un riesgo para la salud, a menos que se trate de individuos físicamente adaptados.
70 – 90	Costo fisiológico muy elevado, solo con pequeño porcentaje de personas puede adaptarse, además el personal debe seleccionarse.
100	Máximo costo fisiológico, tolerables para hombre jóvenes aclimatados

### Tiempo máximo de exposición

La exposición al calor debe cesar cuando la temperatura interna del cuerpo se ha incrementado 1°C y puesto que ese aumento se debe al hecho de que la evaporación máxima es inferior a la necesaria para el equilibrio térmico, el tiempo necesario para que se produzca dicho incremento (para un calor específico medio del organismo de 0,82 Kcal/Kg°C) vendrá dado por:

$$tex = 3600 / (E_{req} - E_{max})$$

Donde:

$tex$  = Tiempo máximo de permanencia en el ambiente considerado (minutos)

### Tiempo mínimo de reposo

Es posible calcular el tiempo de descanso necesario entre dos exposiciones sucesivas; en las zonas de reposo se pretende que el cuerpo elimine el calor acumulado durante la exposición hasta recuperar la temperatura interna inicial.

En este caso debe cumplirse que  $E_{max}$  sea superior a  $E_{req}$ , entonces:

$$tr = 3600 / (E_{max} - E_{req})$$

Donde:

$tr$  = Tiempo mínimo de reposo (minutos)

Observaciones del método:

- Hombre estándar de 70 Kg de peso.
- El vestido es ligero (camisa y pantalón de verano o similar). No son válidos los resultados cuando hay empleo de vestimenta especial.
- La temperatura de la piel es de 35 °C.
- Método se asume aplicable a sujetos aclimatados.

**g. Ejemplo de aplicación, método IEC - Tiempo de exposición**

Se presenta a continuación un ejemplo de aplicación que se resuelve con la utilización de nomogramas.

Tenemos un trabajador cuya tarea es trasladar mampuestos desde el camión en la puerta del obrador hasta el sector asignado para acopio del mismo por lo que realiza la tarea en interior. El lugar de descanso se encuentra también en interior con acceso a asientos.

Valores medidos en lugar de trabajo:

*TBS (temperatura ambiente de aire seco): 28°C*

*TBH (temperatura de bulbo húmedo): 20°C*

*TG (temperatura de globo o radiación): 30°C*

Velocidad del aire  $V = 1$  m/s

Se determina el calor metabólico con la suma del metabolismo basal (70 W), metabolismo en función de la posición del cuerpo (caminando = 140 W) y en función del tipo de trabajo (con el cuerpo, moderado: 350 W)

$$M = Mb + MI + MII = 70 W + 140 W + 350 W = 560 W = 482 \text{ kcal/h}$$

Valores medidos en lugar de descanso:

TBS (temperatura ambiente de aire seco): 24°C

TBH (temperatura de bulbo húmedo): 18°C

TG (temperatura de globo o radiación): 30°C

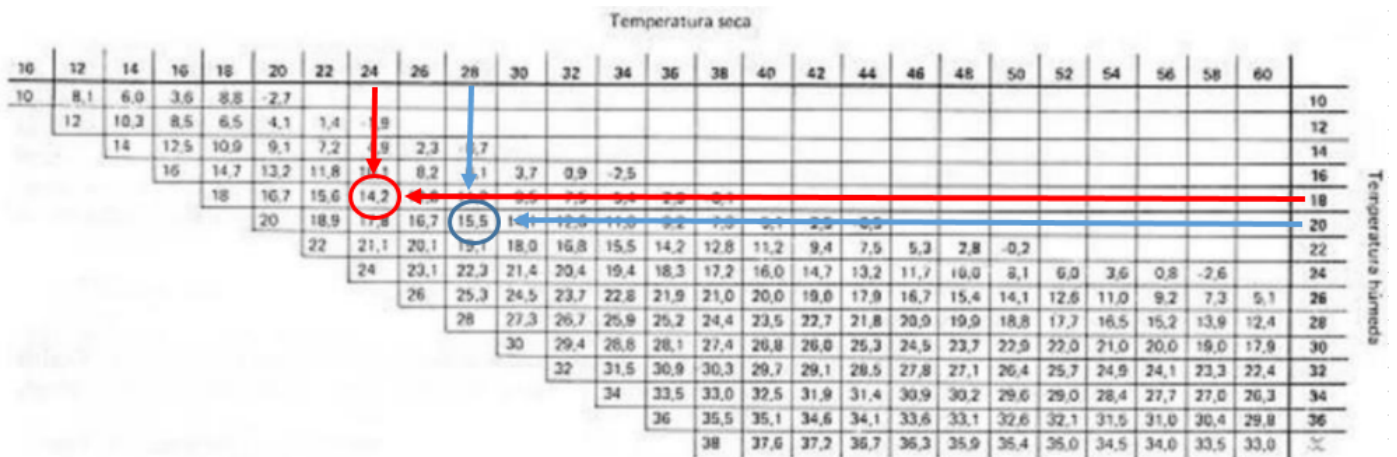
Velocidad del aire  $V = 0,5 \text{ m/s}$

Se determina el calor metabólico con la suma del metabolismo basal (70 W) y metabolismo en función de la posición del cuerpo (Sentado = 21 W)

$$M = Mb + MI = 70 W + 21 W = 91 W = 79 \text{ kcal/h}$$

El procedimiento busca determinar el tiempo máximo de exposición a la actividad laboral y el tiempo mínimo de descanso.

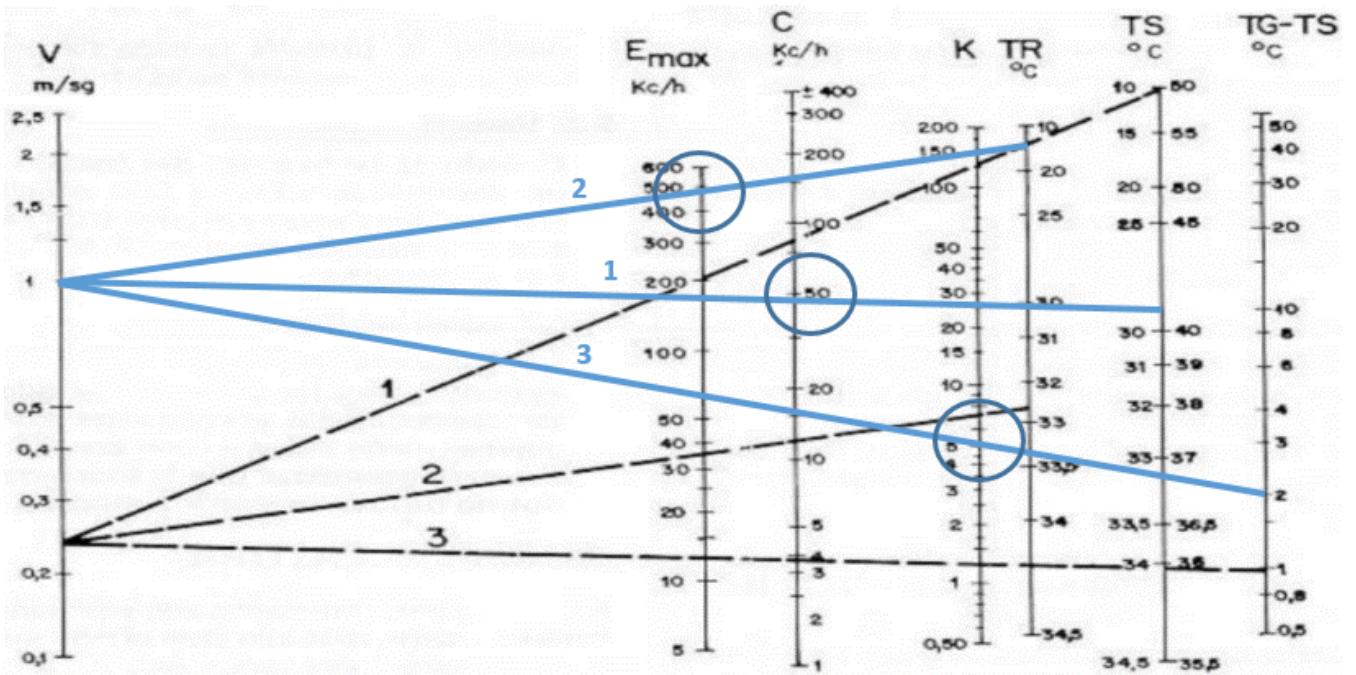
Primero determino la temperatura o punto de rocío con el siguiente nomograma:



En color azul se tiene la temperatura de rocío para el lugar de trabajo que es 15,5 °C y en rojo la temperatura de rocío para el lugar de descanso que es 14,2°C.

#### Determinación de tiempo máximo de exposición

En el siguiente nomograma se procede al cálculo, usando datos del lugar de trabajo



1 - Determinar el Calor intercambiado por convección (C) uniendo el valor de la velocidad del aire ( $V=1 \text{ m/s}$ ) y la temperatura seca ( $TS = 28^\circ\text{C}$ )

$C = -50 \text{ (kcal/h)}$  (valor negativo porque temperatura TS es menor a  $35^\circ\text{C}$ )

2 - Obtengo Emax (evaporación máxima permitida), en función de la velocidad del aire y la temperatura de rocío ( $TS=15,5^\circ\text{C}$ )

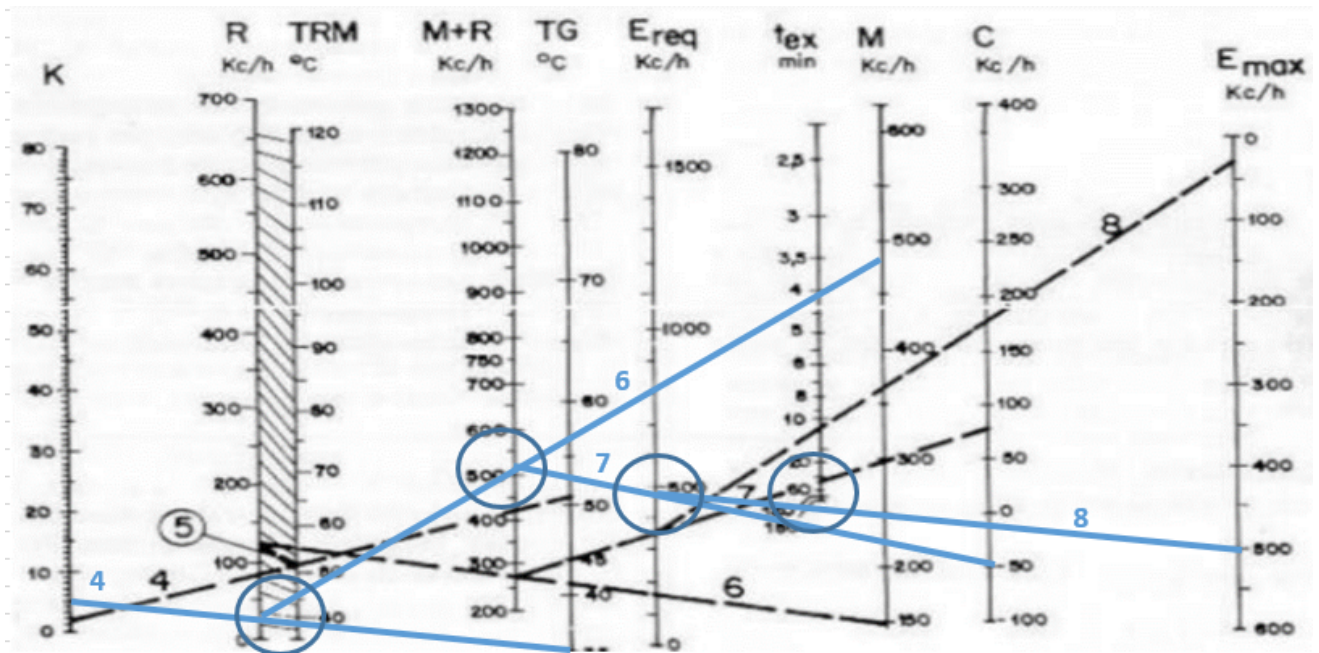
$E_{max} = 500 \text{ kcal/h}$

3 - Constante intermedia (K), a partir de velocidad del aire y la diferencia entre la temperatura de globo ( $TG=30^\circ\text{C}$ ) y la temperatura seca

$TG - TS = 2^\circ\text{C}$

$K = 5$

Este valor nos sirve para continuar el cálculo en el siguiente nomograma.



4 - Obtengo la temperatura radiante media ( $TRM$ ) a partir de la constante  $K$  y la temperatura de globo

$$TRM = 38^{\circ}C$$

5 - Para obtener calor por radiación ( $R$ ), de  $TRM$  se asciende por rectas auxiliares.

$$R = 20 \text{ kcal/h}$$

6 - Suma calor metabólico ( $M$ ) y radiación ( $R$ ) con la unión del valor de radiación y el calor metabólico ( $M=482 \text{ kcal/h}$ )

$$M + R = 500 \text{ kcal/h}$$

7 - Evaporación requerida ( $E_{req}$ ) se obtiene de la unión del valor de  $M+R$  con el valor de calor por convección ( $C$ ) calculado anteriormente

$$E_{req} = 480 \text{ kcal/h}$$

8 - Finalmente obtengo el tiempo máximo de exposición con la unión de las rectas de  $E_{req}$  y de  $E_{max}$ :

$$tex = 180 \text{ minutos} = 3 \text{ horas}$$

#### Determinación de tiempo mínimo de descanso

Debe realizarse el mismo procedimiento que se realizó antes pero con los datos para el lugar de descanso.

Obtengo valores de  $E_{req}$  y  $E_{max}$  y determino así el tiempo de descanso:

$$E_{req} = 200 \text{ kcal/h}$$

$$E_{max} = 300 \text{ kcal/h}$$

El tiempo de descanso es:

$$tr = 3600/(E_{max} - E_{req}) = 3600/(300 - 200) = 36 \text{ minutos}$$

**h. Evaluación mediante Método de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH).**

El presente es un método de estimación de las condiciones de estrés térmico a las que estarán sometidos los trabajadores. La medida TGBH proporciona un índice útil del primer orden de la contribución ambiental del estrés térmico.

Este método cuenta con una parte cuantitativa determinada con instrumentos con cierto grado de precisión y una parte estimativa dada por valores de referencia observados en investigación de campo, es por ello, que el resultado obtenido mediante este método deberá ser considerado una aproximación primera a determinar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico.

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):

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

Donde:

*TBH: es la temperatura del bulbo húmedo*

*TBS: temperatura del bulbo húmedo*

*TG: temperatura de globo*

Dado que el valor obtenido de TGBH es solamente un índice del medio ambiente, los criterios de selección deben ajustarse.

Corrección de TGBH en función de la vestimenta con la suma del VAR (valor de ajuste por ropa), en función de la tabla presentada a continuación.

$$TGBH_{ef} = TGBH + VAR$$



<b>Tipo de ropa</b>	<b>VAR</b>
Ropa de trabajo: Camisa de manga y pantalón largo (Algodón)	0
Overol de material tejido (se considera prenda liviana por debajo)	0
Overol de polipropileno SMS de una sola capa	0,5
Overol de poliolefina de una sola capa	1
Ropa tejida de doble capa (generalmente se considera como una capa de ropa de tela tejida adicional sobre la ropa de trabajo)	3
Overol que constituya una barrera de vapor, con capucha	11

Actividades dentro de la categoría de gasto energético:

<b>Ejemplo de actividades dentro de las categorías de gasto energético</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Reposada</b>	Sentado sosegadamente
	Sentado con movimientos moderados de los brazos
<b>Ligera</b>	Sentado con movimientos moderados de los brazos y piernas
	De pie, con un trabajo ligero o moderado en maquina o mesa utilizando principalmente los brazos
	Utilizando una sierra de mesa
	De pie con trabajo ligero o moderado en una maquina o banco y algun movimiento a su alrededor
<b>Moderada</b>	Limpiar estado de pie
	Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento
	Andar en llano a 6 km/h llevando 3kg de peso
<b>Pesada</b>	Carpintero aserrando a mano
	Mover con una pala la tierra seca
	Trabajo fuerte de montaje discontinuo
	Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (trabajo con pico o pala)
<b>Muy pesada</b>	Mover con una pala tierra mojada

Valores límites de TGBH en función de las contribuciones de las demandas del trabajo continuo y Aclimatación:



Exigencias del 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

Consideraciones a tener en cuenta para usar este método:

- Los valores tabulados se aplican para un "régimen de trabajo-descanso" de 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.

#### i. Ejemplo de aplicación, método TGBH

Tenemos un trabajador cuya tarea es trasladar una carretilla de arena en el exterior, la vestimenta es camiseta manga larga y pantalón.

Valores medidos:

*TBS (temperatura ambiente de aire seco): 35°C*

*TBH (temperatura de bulbo húmedo): 26°C*

*TG (temperatura de globo o radiación): 37°C*

Dado que el trabajo se realiza en el exterior, la fórmula a utilizar es la siguiente:

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

$$TGBH = 0,7 (26°C) + 0,2 (37°C) + 0,1 (35°C)$$

$$TGBH = 29,1°C$$

Procedemos a realizar las correcciones por vestimenta, según lo indicado en la tabla correspondiente:

<i>Tipo de ropa</i>	<i>VAR</i>
Ropa de trabajo: Camisa de manga y pantalón largo (Algodón)	0

El tipo de ropa que lleva el trabajador, no adiciona al valor del TGBH que calculamos anteriormente ningún valor de temperatura como agravante, ya que se trata de tela para ropa de trabajo. Esta tela no impide la eliminación del calor excesivo del cuerpo por sudoración

El tipo de tarea que realiza se determina en función de mencionadas en la tabla de ejemplo de actividades:

<i>Ejemplo de actividades dentro de las categorías de gasto energético</i>	
<i>Categorías</i>	<i>Ejemplos</i>
<i>Reposada</i>	Sentado sosegadamente Sentado con movimientos moderados de los brazos
<i>Ligera</i>	Sentado con movimientos moderados de los brazos y piernas De pie, con un trabajo ligero o moderado en maquina o mesa utilizando principalmente los brazos Utilizando una sierra de mesa De pie con trabajo ligero o moderado en una maquina o banco y algun movimiento a su alrededor
<i>Moderada</i>	Limpiar estado de pie Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento Andar en llano a 6 km/h llevando 3kg de peso
<i>Pesada</i>	Carpintero aserrando a mano Mover con una pala la tierra seca Trabajo fuerte de montaje discontinuo Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (trabajo con pico o pala)
<i>Muy pesada</i>	Mover con una pala tierra mojada

La tarea que realiza el mismo es pesada según lo observado en la tabla.

Finamente En función del valor obtenido de TGBH para trabajador aclimatado que realiza un trabajo pesado obtenemos los valores límites a exposición al trabajo realizado

Exigencias del trabajo	Aclimatado				Ligero
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	
100% trabajo	29,5	27,5	26		27,5
75% trabajo - 25% descanso	30,5	28,5	27,5		29
50% trabajo - 50% descanso	31,5	29,5	28,5	27,5	30
25% trabajo - 75% descanso	32,5	31	30	29,5	31

Vemos que el trabajador en la jornada de trabajo de 8 horas debe permanecer en esa tarea un 25% del total de horas trabajadas y las restantes horas debe realizar una tarea distinta en la que no haya riesgo de estrés térmico por calor.

## 8. Estrés térmico por frío

Así como surgen consecuencias a la exposición al calor, éstas también se ven reflejadas en los ambientes fríos que provocan una disminución de la temperatura corporal.

A diferencia de la exposición al calor, el cuerpo humano presenta un sistema ineficiente de adaptación al frío de allí, la necesidad de saber que peligros presenta y que medidas eficaces podemos tomar.

### a. Mecanismos fisiológicos

Un mecanismo regulador fisiológico es aquel que mantiene la constancia de ciertas características internas del organismo, frente a la variabilidad externa: por ejemplo, mantener una temperatura corporal constante pese a los cambios ambientales.

En este caso, cuando el calor cedido del cuerpo al ambiente es excesivo, puede provocar una disminución de la temperatura corporal lo que conlleva a un riesgo de hipotermia.

El organismo humano tiene varios medios para contrarrestar el efecto de las bajas temperaturas, a través de los mecanismos fisiológicos, que ante la presencia del frío aumentan la generación interna de calor y disminuyen su pérdida.

Estos los podemos dividir en:

□ **Reacciones térmicas:** 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. (Desactivación de las glándulas sudoríparas para disminuir la sudoración.)

□ **Reacciones del sistema circulatorio:** La exposición a las bajas temperaturas produce una disminución de la frecuencia cardíaca, siendo las variaciones de la frecuencia cardíaca proporcionales a las variaciones de la temperatura de la superficie de la cara y un aumento de presión sanguínea. En una vasoconstricción sanguínea, el cuerpo lleva la sangre caliente al centro donde se encuentran los principales órganos vitales y restringe su paso por las extremidades

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

#### **b. Consecuencias de la exposición al frío**

En los síntomas presentes en el hombre frente a estrés térmico por frío podemos mencionar:

- 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 conciencia.
- El límite de la supervivencia se estima en los 24 °C
- Riesgo de paro cardíaco a una temperatura interna de 22 °C.

A continuación se presenta una tabla, detallando síntomas clínicos a medida que disminuye la temperatura:

SITUACIONES CLINICAS PROGRESIVAS DE LA HIPOTERMIA	
Temperatura Interna	
Temp [°C]	Síntomas Clínicos
37,6	Temperatura rectal normal
37	Temperatura oral normal
36	La relación metabólica aumenta en un intento de compensar la pérdida de calor.
35	Tiritones de intensidad máxima.
34	La víctima se encuentra consciente y responde; tiene la presión arterial normal.
33	Fuerte Hipotermia por debajo de esta temperatura.
32	Consciencia disminuida; la tensión arterial se hace difícil determinar;
31	las pupilas están dilatadas aunque reaccionan a la luz; se deja de tiritar.
30	Pérdida progresiva de la consciencia; aumenta la rigidez muscular;
29	resulta difícil determinar el pulso y la presión arterial; disminuye la frecuencia respiratoria.
28	Posible fibrilación ventricular con irritabilidad miocárdica.
27	Cesa el movimiento voluntario; la pupilas no reaccionan a la luz;
25	ausencia de reflejos tendinosos profundos y superficiales.
25	Se puede producir fibrilación ventricular espontáneamente.
24	Edema Pulmonar.
22	Riesgo máxima de fibrilación ventricular
21	
20	Parada cardíaca.
18	Hipotermia accidental más baja para recuperar a la víctima
17	Electroencefalograma isoelectrico.
9	Hipotermia más baja simulada por enfriamiento para recuperar al paciente.

### c. Daños ocasionados en la salud

Pueden variar desde:

- **Enfriamientos.**
- **Hipotermia:** se produce cuando la pérdida de calor del cuerpo es más rápida que su producción. Ante esa situación lo primero que ocurre es una constricción de los vasos sanguíneos de la piel, en un intento para conservar el calor interno vital. Las manos y los pies son los primeros afectados y si el cuerpo continúa perdiendo calor comienza a producir temblores involuntarios. Esta es la forma que tiene el organismo para intentar producir más calor y es, en general, el primer signo real de hipotermia.
- **Congelamiento parcial:** es una lesión producida por el frío en la que algunas partes de la piel se congelan pero no resultan dañadas de forma irreversible.
- **Congelamientos:** es una lesión producida por el frío en la que una o más partes del cuerpo resultan permanentemente dañadas. El daño que produce se debe a una combinación de flujo sanguíneo disminuido y formación de cristales de hielo en los tejidos.
- **Quemaduras por frío (sabañones):** son dolorosas sensaciones de frío o quemazón en partes del cuerpo que han estado congeladas. Se producen tras una exposición al frío, aunque no sea muy intensa. Los sabañones son difíciles de tratar y persisten durante años.
- **Pie de inmersión:** es una lesión producida por el frío que tiene lugar cuando un pie permanece húmedo envuelto en medias o botas

durante varios días. El pie se vuelve pálido, húmedo y frío, y la circulación se debilita. Si el pie de inmersión no recibe tratamiento se puede producir una infección.

- **Disminución de la capacidad de concentración y reacción.** Como consecuencias de las bajas temperaturas, aunque estas no lleguen a 5°C, el hombre pierde su sensibilidad. El frío extremo hace que los vasos sanguíneos se cierren y que la circulación se detenga; el efecto anestésico del frío puede hacer que la víctima no se dé cuenta de lo que le ocurre. En casos graves, el tejido se gangrena y la parte afectada debe amputarse.

**d. 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°F). La congelación superficial o profunda de los tejidos locales se producirá solamente a temperaturas inferiores a -1°C (30,2°F), con independencia de la velocidad del viento.

Velocidad estimada del viento (Km/h)	Lectura de la temperatura real (°C)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-45	-51
	TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO (°C)											
En calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-45	-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	<b>POCO PELIGROSO</b> En < horas con la piel seca. Peligro de falsa sensación de seguridad.				<b>PELIGRO CRECIENTE</b> El cuerpo expuesto se puede congelar en 1 minuto.				<b>GRAN PELIGRO</b> El cuerpo se puede congelar en 30 segundos.			

**e. Medidas preventivas generales - especifica**

Las medidas preventivas en el caso del estrés por frío se deben adaptar a cada situación y se dividen en medidas de diseño y gestión de los puestos de trabajo, organización del trabajo, medidas personales y formación/información a los trabajadores.

### **Medidas técnicas de orden general:**

- Disponer de un local con calefacción (no sobrecalentado) ofreciendo la posibilidad de consumir bebidas calientes, con posibilidad de secado de la ropa húmeda y también con armarios con ropa de repuesto.
- Colocar señalización específica (entrada en una zona de frío extremo, contacto con superficies frías, presencia de superficies heladas, etc.).
- Disponer de mecanismos automáticos que reduzcan la carga de trabajo manual.
- Colocar aislamiento en las superficies metálicas y/o diseñar equipos y herramientas que puedan utilizarse adecuadamente con guantes. En el caso que sea técnicamente imposible, colocar pantallas que limiten el riesgo por contacto con las superficies frías.
- Seleccionar materiales para el suelo adaptados al frío extremo para prevenir el riesgo de resbalar y también prevenir la formación de escarcha en el suelo utilizando, por ejemplo, secadores de aire.
  - Instalar dispositivos localizados de calor radiante en los puestos de trabajo más expuestos. Organización del trabajo
- Priorizar la participación de los trabajadores en la organización del trabajo e implantar las medidas preventivas adecuadas.
- Planificar las actividades en exteriores considerando la previsión meteorológica (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, lluvias, etc.)
- Instalar un sistema de comunicación y control de los equipos expuestos y favorecer el trabajo entre 2 personas.
- Considerar medidas para los trabajadores que puedan realizar tareas en solitario y aislados. Colocación de dispositivos “hombre muerto” en aquellos casos que sea necesario (que envían una señal de alarma en caso de una inmovilización prolongada). Medidas preventivas personales (control balance térmico del cuerpo)
  - Reducción en la pérdida de calor: Abarca el uso de ropa de protección, protección de lugar de trabajo, aislamiento de las superficies en contacto con partes del cuerpo humano y control del tiempo de exposición. Las características más importantes de la ropa de protección frente al frío son el aislamiento térmico, protección frente a la humedad y permeabilidad al aire / vapor de agua (capacidad de transpiración). La ropa de protección contra el frío, ya sea un mono, guantes, calzado, gorros, también debe cumplir con los requisitos ergonómicos de trabajo (movilidad, destreza, campo de visión, etc.) y también debe cambiarse cuando se encuentre húmeda debido a que se disminuye su capacidad aislante.
- Incremento de la producción interna de calor debido al trabajo muscular: Es una medida complementaria y que debe ajustarse a los requerimientos del trabajo y a la capacidad individual.
- Suministro de calor externo: Un requerimiento imprescindible para los trabajos en situación de frío es el establecimiento de pausas para calentarse en una zona habilitada (son preferibles pausas largas y menos frecuentes, que cortas y frecuentes). También se conocen sistemas de calefacción auxiliar en equipos de protección frente al frío. Mejora de los



aspectos ergonómicos de los trabajos en frío, reduciendo o eliminando el efecto molesto del equipo de protección, y el esfuerzo asociado. Estas medidas incluyen la selección de la ropa, el equipo y las herramientas, la formación para hacer frente a condiciones adversas, así como la organización del trabajo.

TLVS PARA EL PLAN DE TRABAJO/CALENTAMIENTO PARA UN TURNO DE CUATRO HORAS										
Temperatura del aire Cielo despejado °C (aprox.)	Sin viento apreciable		Viento de 8 km/h		Viento de 16 km/h		Viento de 24 km/h		Viento de 32 km/h	
	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*	Periodo de trabajo máximo	N*
De -26° a -28°	(Interrup. normales)	1	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4
De -29° a -31°	(Interrup. normales)	1	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5
De -32° a -34°	75 minutos	2	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	5	E**	
De -35° a -37°	55 minutos	3	40 minutos	4	30 minutos	3	E**			
De -38° a -39°	40 minutos	4	30 minutos	5	E**					
De -40° a -42°	30 minutos	5	E**							
De -40° a -42°	E**									

N\* = número de interrupciones de 10 minutos en lugar templado.  
E\*\* = El trabajo que no sea de emergencia, deberá cesar.  
Nota: Se supone una actividad entre moderada y fuerte. Para trabajo entre ligero y moderado, aplicar el plan en un escalón inferior.

 INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

HI.IX. 16

f. **Cálculo de abrigo requerido**

La ropa de abrigo debe proveer más aislamiento cuando mayor es el gradiente térmico piel-aire.

Cuando el hombre trabaja aumenta su producción de calor y en consecuencia el aislamiento debe ser menor. La ropa adecuadamente diseñada permite que el trabajador retire capas de ropa para regular la eliminación del exceso de calor, ya que no debe sentir demasiado calor



puesto que el sudor producido queda retenido en la ropa y al evaporarse durante el descanso produce enfriamiento.

Como se mencionó anteriormente se puede calcular el abrigo de forma analítica pero existen valores tabulados en los cuales obtendremos los valores de IREQ en función de la velocidad y la temperatura del aire y del nivel de actividad.

**g. Evaluación de los requerimientos de la ropa - Ejemplo práctico:**

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en una gran obra de construcción en Santa Cruz, el mismo estará expuesto a -10 °C de temperatura del aire y sometido a velocidades de 16 km/h, realizando un trabajo pesado con ambos brazos. Su actividad metabólica se puede calcular teniendo en cuenta la siguiente distribución de tiempo.

En primera instancia determinamos cual es el nivel metabólico del trabajador:

1. Metabolismo Basal		MB (W)
Se considerará a MB		70
2. Adición derivada de la posición		MI (W)
Acostado o Sentado		21
De pie		42
Caminando		140
Subiendo pendiente		210
3. Adición derivada del tipo de trabajo		MII (W)
Trabajo	Tipo de trabajo	
Trabajo Manual	Ligero	28
	Pesado	63
Trabajo Con Un Brazo	Ligero	70
	Pesado	126
Trabajo Con Ambos Brazos	Ligero	105
	Pesado	175
Trabajo Con el Cuerpo	Ligero	210
	Moderado	350
	Pesado	490
	Muy Pesado	630

$$M = MB+MI+MII$$

$$M = 70W+42W+175W = 287W$$

- Considerando una superficie corporal de una persona promedio de 1.80m<sup>2</sup>, se tiene:

$$M = 287 \text{ W}/1.80\text{m}^2 = 160 \text{ W/m}^2$$

En caso de más de una actividad se multiplicará el metabolismo por el porcentaje de tiempo que realice dicha actividad.

- 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 (°C)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-45	-51
TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO (°C)												
En calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-45	-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	<b>POCO PELIGROSO</b> En < horas con la piel seca. Peligro de falsa sensación de seguridad.				<b>PELIGRO CRECIENTE</b> El cuerpo expuesto se puede congelar en 1 minuto.				<b>GRAN PELIGRO</b> El cuerpo se puede congelar en 30 segundos.			

De acuerdo con la Tabla podemos decir que estamos ante un caso de **poco peligro**, es decir hay poco riesgo de congelamiento.

- Calculamos la aislación requerida (IREQ) en función de la velocidad y la temperatura del aire y del nivel de actividad.

$$V_{air} = 16 \text{ km/h} = 4.44 \text{ m/seg}$$

$$M = 160 \text{ W/m}^2$$

$$T = -10 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

IREQmin (clo) para M = 200 w/m2						
Var (m/seg)	ta					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	0.4	0.69	0.89	1.09	1.49	1.89
0.5	0.54	0.74	0.94	1.14	1.54	1.94
1	0.61	0.8	1	1.2	1.59	1.99
2	0.68	0.87	1.07	1.26	1.66	2.05
5	0.76	0.96	1.15	1.34	1.73	2.12

AT (aislación total)= 1.34 (clo) distribuidos en todo el cuerpo.

- El siguiente paso es obtener la vestimenta necesaria;

TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)
<b>Ropa interior</b>		- Vestido de manga corta	0.29
- Sujetador + tanga	0.04	- Vestido de manga larga de verano	0.29
- Sujetador + media hasta la rodilla + tanga	0.06	- Vestido de manga larga de invierno	0.40
- Tanga hombre	0.03	<b>Jerseys</b>	
- Calzoncillo corto	0.04	- Ligerio manga corta con cuello en V de algodón	0.20
- Calzoncillo media pierna	0.08	- Ligerio manga corta con cuello en V sintético	0.25
- Camiseta de tirantes de algodón	0.06	- Ligerio de manga larga sintético	0.28
- Camiseta de algodón	0.10	- De manga larga sin cuello de lana	0.36
- Camiseta manga larga de algodón	0.12	<b>Varios</b>	
<b>Camisas y Blusas</b>		- Overol	0.52
- Polo de manga corta	0.17	- Chaqueta de trabajo sintética	0.21
- Camisa de manga corta	0.19	- Chaqueta de trabajo de algodón	0.26
- Camisa de manga larga ligera	0.20	- Blusa de laboratorio	0.35
- Camisa de manga larga normal	0.25	- Smoking: de verano	0.13
- Camisa de manga larga de franela	0.34	- Smoking: de invierno	0.45
- Blusa sin cuello	0.25	- Chaleco	0.13
<b>Pantalones</b>		<b>Zapatos - Calcetines</b>	
- Pantalones cortos de algodón	0.08	- Calcetines finos	0.02
- Pantalón ligero	0.20	- Calcetines gruesos	0.05
- Pantalón normal	0.25	- Media pierna finos	0.03
- Pantalón de franela	0.28	- Media pierna gruesos	0.10
- Pantalón-peto con tirantes	0.28	- Zapatos	0.03
<b>Faldas y Vestidos</b>		- Zapatillas de deporte	0.02
- Falda altura rodilla de verano	0.15	- Guantes gruesos	0.08
- Falda altura rodilla de invierno	0.23		

- Icl: índice de vestimenta

Sumando el aislamiento proporcionado por la vestimenta.

$$Icl = 0.04 + 0.12 + 0.25 + 0.36 + 0.52 + 0.10 + 0.03 + 0.08 = 1.50$$

- **1.50 (Icl) > 1.34 (clo)**

Por lo tanto **verifica**.

- Finalmente calculamos el tiempo máximo de exposición (horas) en función de las características del vestido y de la temperatura del aire.

**Var** = 16 km/h = 4.44 m/seg

**M** = 160 W/m<sup>2</sup>

**Icl** = 1.50 (clo)

Icl (clo)	Var (m/seg)	ta					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
1.5	0.2	>8	>8	>8	>8	1.38	0.59
	0.5	>8	>8	>8	>8	1.13	0.53
	1	>8	>8	>8	>8	0.93	0.47
	2	>8	>8	>8	5.7	0.76	0.41
	5	>8	>8	>8	2.22	0.6	0.35

- Por lo tanto diremos que **no podrá permanecer más de 2.22 hs** en dichas condiciones.

## Bibliografía

- Ley de Higiene y Seguridad N°19.587/72
- Decreto 351/79 (Art. 60) con Anexo II
- Decreto 911/96 (Art. 137)
- Resolución 295/2003 con Anexo III
- <http://grupoartema.blogspot.com/2012/01/proteccion-contras-las-radiaciones.html>
- Estrés térmico. Evaluación de las exposiciones muy intensas
- OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) - Sitio web de EE. UU. <https://www.osha.gov/>
- NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional) - Sitio web de EE. UU. <https://www.cdc.gov/niosh/>
- Estrés térmico y sobrecarga térmica: evaluación de los riesgos (II) - Instituto nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo.
- <https://herramientasprl.insst.es/higiene/sobrecarga-termica-estimada/contenido/245>