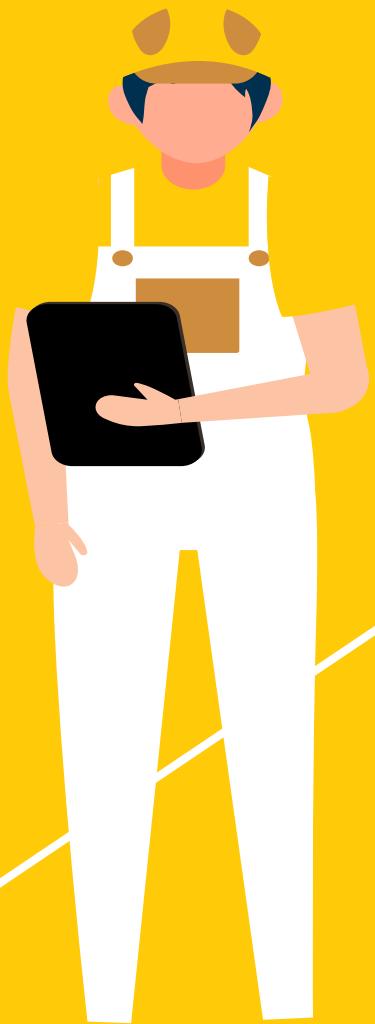


CARGA TÉRMICA



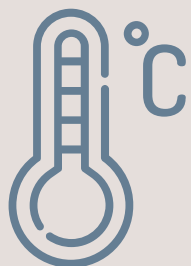
INTEGRANTES:

CALVI, ALEJANDRA A.
ESPEJO, ANA LAURA
GALVAN, LOURDES
PERASSI, JUAN CRUZ

OBJETIVOS



Concientizar sobre los peligros por la exposición a sobrecargas térmicas (frío o calor).



Analizar y modelizar aquellos riesgos que pueden estar relacionados concretamente con el estrés térmico tanto por calor como por frío.



Establecer precauciones y prevenciones a tener en cuenta en trabajos en condiciones de temperaturas desfavorables.



Brindar criterios básicos de seguridad para reducir los riesgos debido a cargas térmicas.

MARCO LEGAL

Las situaciones laborales con exposición a la carga térmica están incluidas dentro de la legislación Nacional de Higiene y Seguridad (Ley N°19.587).

Los requerimientos a cumplimentar y disposiciones generales para la evaluación se encuentran 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.**



- **CARGA TÉRMICA.**
- **ESTRÉS TÉRMICO Y TENSION TÉRMICA.**
- **ACLIMATACIÓN.**
- **AJUSTES FISIOLÓGICOS.**
- **CONDICIONES HIGROMÉTRICAS.**

DEFINICIONES RELEVANTES

CARGA TÉRMICA

Según el Decreto 351, se definen dos tipos de cargas térmicas:

- **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.

ESTRÉS TÉRMICA Y TENSIÓN TÉRMICA

- **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 y de los requisitos de la ropa.
- **Tensión Térmica:** Respuesta fisiológica global resultante del estrés térmico.

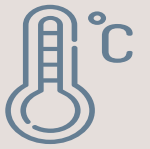
ACLIMATACIÓN

Es la adaptación fisiológica gradual que mejora la habilidad del individuo a tolerar el estrés térmico.

AJUSTES FISIOLÓGICOS

Mecanismos del organismo para la disipación de calor del cuerpo.

CONDICIONES HIGROTÉRMICAS



Determinadas por  **Temperatura del aire.**
Humedad relativa.
Velocidad del aire.

Parámetros:

- Temperatura del aire:

Temperatura de bulbo seco (TBS): Temperatura del aire sin considerar factores ambientales.

Temperatura de bulbo húmedo (TBH): Se envuelve el bulbo en un paño de agua, y se emplea para medir la temperatura media del aire.

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

Temperatura de rocío (TR): Temperatura a la que empieza a condensarse el vapor de agua en el aire.

▪ Humedad Relativa:

Relación entre la cantidad real de vapor de agua en el aire y la máxima cantidad que podría contener el aire a una temperatura y presión dada.

▪ Velocidad del aire:

El movimiento del aire 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.

El cuerpo humano tiende a mantener un balance calórico (el calor almacenado en el cuerpo debe ser igual al calor producido por la actividad metabólica como resultado del trabajo mas la sumatoria de la cantidad de pérdida/ganancia producida por convección, radiación y evaporación).

ECUACIÓN DE BALANCE TÉRMICO
 $Q = M \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} \pm K$

Q = Calor almacenado/Pedido en el cuerpo que genera un aumento o descenso de la T° corporal.

M = Calor metabólico.

R = Calor intercambiado por radiación.

C = Calor intercambiado por convección.

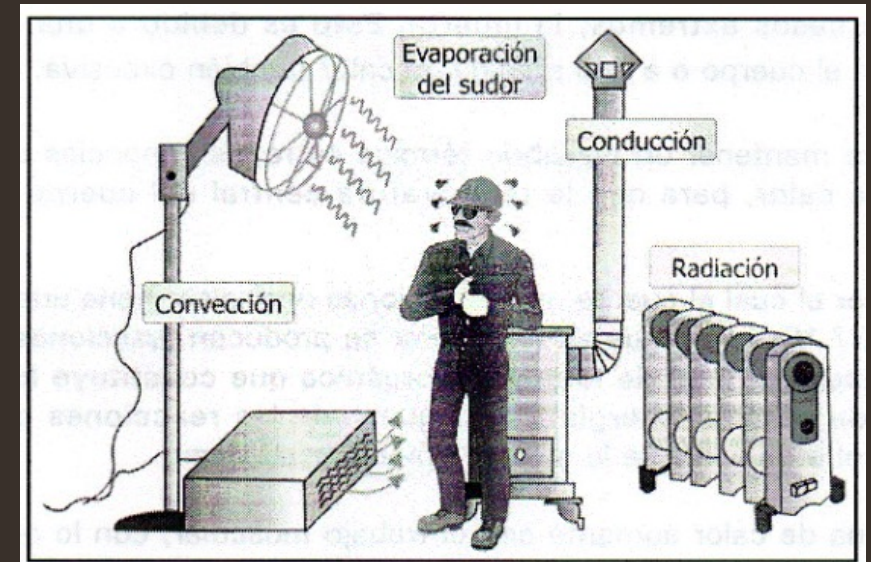
E = Calor intercambiado por evaporación del sudor.

C_{res} = Calor intercambiado por convección respiratoria debido a que existe diferencias de temperaturas entre el aire exhalado (se considera la temperatura del aire exhalado igual a 34°C) y el inhalado.

E_{res} = Calor latente intercambiado por diferencias en el contenido de vapor de agua entre el aire inhalada y el exhalado.

K = Calor intercambiado por conducción.

BALANCE CALÓRICO



CALOR METÁBOLICO



Procesos físicos y químicos del cuerpo que producen y usan energía, debido a la combustión de alimentos y que esa energía metabólica se convierte en calor dentro del cuerpo.

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.

Para determinar el calor metabólico (M) en el ámbito laboral, se lo considera como la sumatoria del metabolismo basal (Mb) y las adiciones derivadas de la posición del cuerpo (MI) y del tipo de trabajo (MII).

$$M = Mb + MI + MII$$

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 Tipo de trabajo		MII (W)
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

INTERCAMBIO CALÓRICO



1.- **POR CONDUCCIÓN (K)**: Se produce en las partes del cuerpo que están en contacto con las superficies externas e a través de las herramientas.

Tiene muy poca influencia → se desprecia.

2.- **POR RESPIRACIÓN (Cres y Eres)**: En la respiración se produce un intercambio de calor, ya que existen diferencias de temperaturas (Cres) entre el aire exhalado y el inhalado, y porque existen diferencias entre el contenido de vapor (Eres).

Tiene muy poca influencia → se desprecia.

3.- **POR RADIACIÓN (R)**: Es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura

Transmisión de ondas electromagnéticas, por lo que no requiere medio material para su transferencia.

4.- **POR CONVECCIÓN (C)**: Interviene un fluido (gas o líquido) en movimiento que transporta la energía térmica entre zonas de diferentes temperaturas .

- Puede ser forzada → ventilador (aire) o bomba (agua).
- Puede ser natural → el propio fluido extrae calor de la zona caliente a la zona fría.



5.- POR EVAPORACIÓN DEL SUDOR (E): La sudoración es una de los mecanismos más efectivos mediante el cual el cuerpo puede mantener su temperatura interna.

Es útil cuando logra evaporarse y así logra refrigerarse el cuerpo.

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

- **El trabajo que se realice.**
- **La vestimenta.**
- **Las condiciones higrotérmicas.**
- **Capacidad de sudar de cada persona.**



El estrés térmico es la carga neta de calor a la que un trabajador puede estar expuesto.

Se desprecian los términos de intercambio de calor por conducción y respiración por ser considerados insignificantes.

ECUACIÓN DE BALANCE TÉRMICO

$$Q = M \pm R \pm C - E \text{ (kcal/h)}$$

3 caso posibles:

**$Q > 0$
ET CALOR**

**$Q = 0$
Eq. Térmico**

**$Q < 0$
ET FRÍO**

ESTRÉS TÉRMICO



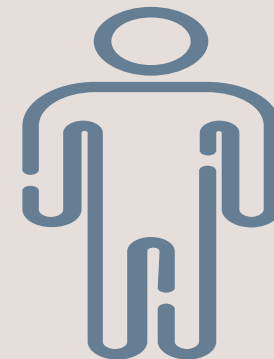
1.- ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR ($Q > 0$)

El calor almacenado debe eliminarse por otra vía que no sea radiación y/o convección, quedando como ultima alternativa la evaporación. Cuando esta no es suficiente para mantener el balance térmico del cuerpo, aparece el estrés térmico por calor.

¿Qué es?



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.



FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RIESGO Y DAÑO DE LA SALUD

El riesgo de estrés térmico para una persona expuesta a un ambiente caluroso depende:

- Producción de calor de su organismo (M), como el resultado de su actividad laboral.
- **Condiciones hidrotérmicas del ambiente** que los rodea. Trabajar con calor:

incómodo agobiante

Si no corre aire o humedad del ambiente alta

- **Tiempo de exposición** (Duración del trabajo).
- **Factores personales:**
 - Falta de aclimatación
 - Capacidad de sudar.
 - Estado de salud.
 - Medicamentos que alteran el funcionamiento del organismo.
 - Mala forma física.
 - Alimentación, etc.

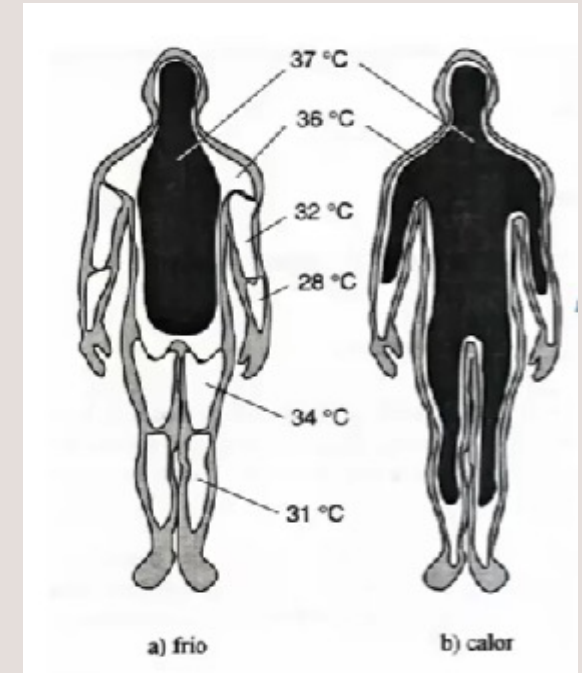
TRABAJOS DONDE PUEDE SER PELIGROSO EL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

▪ Sitios cerrados o semi – cerrados:

- Funciones
- Fábrica de ladrillos.
- Fábrica de cerámicos.
- Planta de cemento.
- Horno.
- Minas, etc.

▪ Trabajos al aire libre:

- Construcción.
- Agricultura.



PRINCIPALES DESORDENES FISIOLÓGICOS

1.- 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.

Síntomas:

- Desmayo.
- Convulsiones.
- Alucinaciones.

Síntomas externos:

- Piel caliente, seca y colorada.
- Temperatura interna aumenta (40°C a 45°C).

Ésta a veces es fatal, y en los casos de supervivencia, se producen serios daños al cerebro y a los riñones.

PRINCIPALES DESORDENES FISIOLÓGICOS

2.- COLAPSO CALÓRICO (SINCOPE POR CALOR):

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.

Síntomas:

- Mareos.
- Dolor de cabeza.
- Palidez.
- 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.

PRINCIPALES DESORDENES FISIOLÓGICOS

3.- 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.

Síntomas:

- Boca y piel seca.
- Dolor de cabeza.
- Sed.
- Incremento de los latidos del corazón.

4.- CALAMBRES:

Dolores agudos producidos en los músculos, se produce por las pérdidas de sales.

5.- ENFERMEDADES DE 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.

Las glándulas sudoríparas de ciertas secciones del cuerpo dejan de funcionar adecuadamente.

- **SOBRE LA FUENTE DE CALOR.**
- **SOBRE EL MEDIO DE PROPAGACIÓN.**
- **SOBRE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS.**

MEDIDAS PREVENTIVAS

SOBRE LA FUENTE DE CALOR

Las principales fuentes interiores de calor estarán en el propio proceso de fabricación (aunque no todas) y la naturaleza de las cargas térmicas serán fundamentalmente radiante y convectiva.

Protección contra las fuentes de CALOR RADIANTE:

Se conseguirá mediante apantallamiento o encerramiento mediante barreras, obteniendo de esta forma aumentar la resistencia térmica entre la fuente y el ambiente. Se efectúan intercalando material de baja conductividad térmica entre el foco caliente y el ambiente.

Tipo de barreras :

- **Chaquetas de aislante térmico (Fibra de vidrio).**
- **Aislamiento con lana de roca.**
- **Poliuretano en spray.**
- **Encamisado de aluminio.**
- **Cortinas de agua o aire.**

Protección contra las fuentes de CALOR CONVECTIVAS:

- **Extracción localizada.**
- **Ventilación general.**

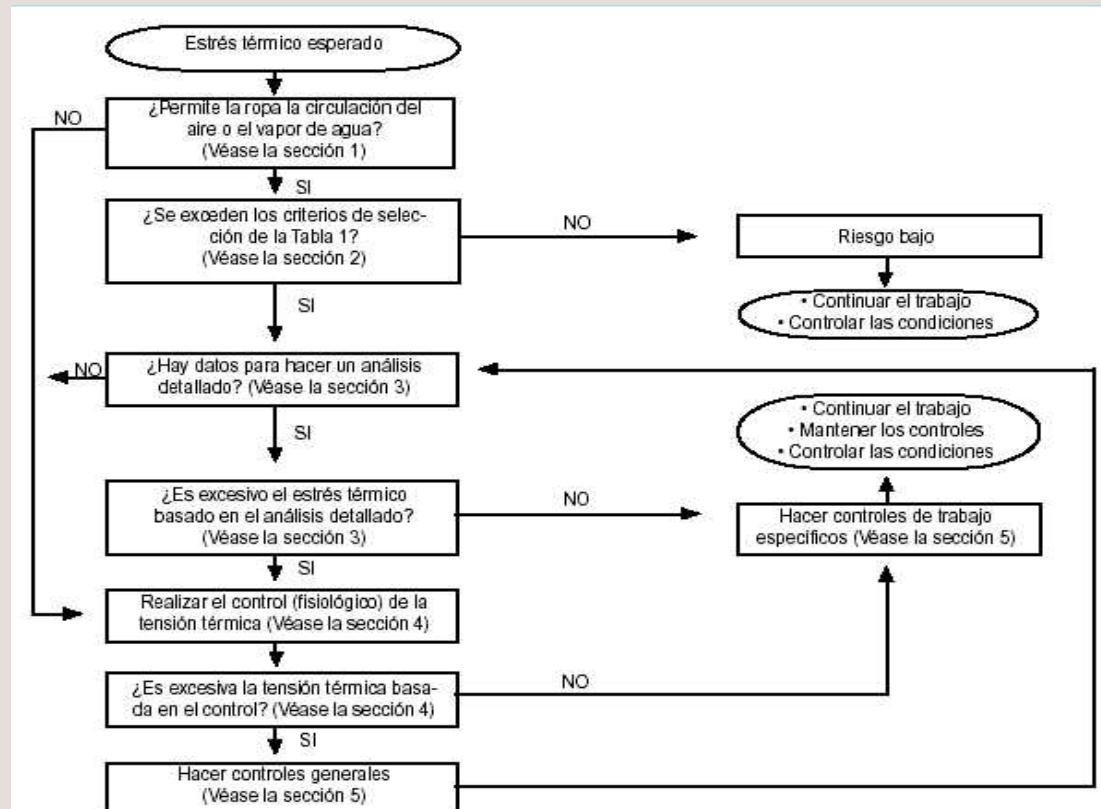


SOBRE EL MEDIO DE PROPAGACIÓN

El medio de propagación será el aire que rodea a las personas y las formas de actuar sobre él se basaran en lo siguiente:

- **Ventilación general** con aire exterior (entrada de aire frío y expulsión de aire caliente). La misma puede ser con tiro natural o forzado.
- **Acondicionamiento del aire:** Están enfocados a modificar la temperatura y la cantidad de vapor de agua (humedad).

PROCESO DE EVALUACION DEL ESTRÉS TERMICO



SOBRE LOS TRABAJADORES

- 1.- **Examen médico** laboral previo al ingreso —————> **Reconocer si es paciente de riesgo.**
- 2.- Que todos los **trabajadores** estén **aclimatados** al calor de acuerdo al esfuerzo físico a realizar. De no ser así, permitirles adaptarse. Proceso gradual, puede durar de 7 a 21 días.
- 3.- **Informar y formar** a los trabajadores sobre los riesgos, efectos y medidas preventivas.
- 4.- Proporcionar **agua fresca**; e instruir a los trabajadores que la beban con frecuencia.
- 5.- Disponer de **sitios de descanso** frescos, cubierto o a la sombra, y permitir a los trabajadores descansar cuando lo necesiten, y especialmente cuando se sientan mal.
- 6.- **Reducción de la producción de calor** metabólico:
 - Disminuyendo la carga de trabajo o distribuyendo a lo largo de toda la jornada.
 - Automatizando o mecanizando el proceso o aplicando herramientas que reduzcan el esfuerzo físico.
 - Alejamiento de las zonas de calor, sobre todo cuando la tarea a realizar pueda realizarse en un ambiente cubierto
- 7.- **Limitar el tiempo de exposición**:
 - Rotación de los trabajadores en los puestos de mayor riesgo.
 - Programar los trabajos mas duros en horas menos calurosas.
- 8.- Garantizar una **vigilancia de la salud** a los trabajadores: Realizar controles médicos de forma periódica.
- 9.- **Ropa protectora** para el calor (Antitérmica y reflectante).

PRIMEROS AUXILIOS

Llevar al trabajador a la sombra- compresas frías



Dar aviso a emergencias médicas



Distribuye el volumen de trabajo e incorpora descansos en lugares frescos y a la sombra.



Mantén informados a tus compañeros cuando tengas que realizar trabajos en solitario.




Reduce el esfuerzo físico durante las horas más calurosas del día.



Evita la ingesta de bebidas alcohólicas o con cafeína.



Utiliza ropa amplia, ligera, transpirable, de colores claros y a ser posible que cubra todo el cuerpo.



Bebe periódica y regularmente agua y líquidos que contengan sales y azúcares (bebidas isotónicas).



Utiliza cremas solares de alta protección y gafas de sol.



Evita comidas copiosas y de difícil digestión.



1.- ÍNDICE DE TEMPERATURA GLOBO BULBO HÚMEDO (TGBH)

Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas:

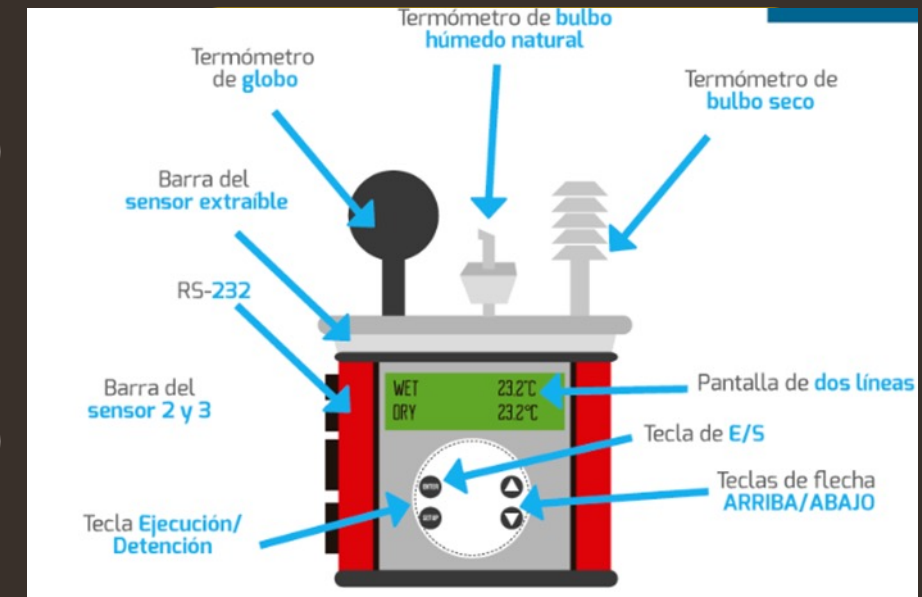
1. **Temperatura de bulbo seco (TBS).**
2. **Temperatura de bulbo húmedo (TBH).**
3. **Temperatura de globo (TG).**

Además, se debe **analizar el puesto de trabajo** para determinar la actividad metabólica del personal de acuerdo a la postura, movimientos, vestimentas y esfuerzos.

Se utiliza, por su **sencillez**, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico.

Cuando la **temperatura no es constante** en los alrededores del puesto de trabajo debe hallarse el índice de TGBH realizando tres medicaciones: a nivel de tobillos (0,1m), abdomen (1,1m) y cabeza (1,7m), utilizando la expresión:

EVALUACIÓN DE RIESGO



$$TGBH = \frac{TGBH(\text{cabeza}) + 2 \cdot TGBH(\text{abdomen}) + TGBH(\text{tobillos})}{4}$$

Si el ambiente es homogéneo → **1 medición a la altura del abdomen.**

Si durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice TGBH, ponderados en el tiempo:

$$TGBH = \frac{\sum_{i=1}^n TGBH_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots (IV)$$

El índice TGBH se calculan utilizando una de las siguientes ecuaciones:

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

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

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

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

EQUIPOS DE MEDICIÓN



(WBGT)

**Estrés térmico
WBGT**



WBGT (sin radiación solar)
WBGTs (bajo radiación solar)

**INSTRUMENTOS PRL
GIMATEG**



Medición PPD/PMV testo



Monitor Ambiental



medición PMV y PPD según ISO 7730



En función de la vestimenta se deben efectuar **correcciones al TGBH:**

TIPO DE ROPA	ADICIÓN AL TGBH
Uniforme de trabajo de verano	0
Buzos de tela (material tejido)	+3,5
Buzos de doble tela	+5

Tabla 1: Adiciones a los valores TGBH (WBGT) medidos (°C) para algunos conjuntos de ropa. Anexo III

Criterio de selección para la exposición térmica (**Valores límites de TGBH:**

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

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

Ejemplo de actividades dentro de la categoría de gasto energético:

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	-Sentado sosegadamente -Sentado con movimientos moderados de los brazos.
Ligera	-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. -Utilizando una sierra de mesa. -De pie, con trabajo ligero o moderado en un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	-Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. -Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg de peso.
Pesada	-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	-Mover con una pala tierra mojada.

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

EJERCICIO PRÁCTICO

(TABH)

Analizaremos el riesgo de carga térmica positiva, por el aporte de calor que el horno Pirolítico realiza al ambiente, como consecuencia de las temperaturas necesarias en la cámara del mismo para que se produzca el efecto de pirolisis en los residuos patológicos tratados.

Los valores medidos en el lugar de trabajo son las siguientes:

- TBS (temperatura ambiente de aire seco): 35°C
- TBH (temperatura de bulbo húmedo): 26°C
- TG (temperatura de globo o radiación): 37°C

Las mediciones se realizaron con los termómetros correspondientes a cada tipo, próximas al horno donde el operario se ubica para la carga del mismo y durante el mes de febrero, o sea en la temporada estival y por ende la condición más riesgosa de sufrir estrés térmico.

DESARROLLO

- **Vestimenta de Trabajo:** Grafa liviana (no impide la eliminación de calor excesivo del cuerpo por sudoración y permite la circulación de aire, sin aislar el cuerpo del medio ambiente).

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

- **Nivel de gasto energético:** Los tipos de actividades se encuadran dentro de las categorías ligera a moderada. Se adopta la condición más desfavorable y así otorgarle al cálculo un margen de seguridad.

Tabla 3: Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	- Sentado sosegadamente - Sentado con movimientos moderados de los brazos.
Ligera	- 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. - Utilizando una sierra de mesa. - De pie, con trabajo ligero o moderado en un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	- Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. - Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg de peso.
Pesada	- 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	- Mover con una pala tierra mojada.

- **Cálculo del TGBH:** De acuerdo al lugar donde se desarrolla la tarea (en el interior sin carga solar) se usa la siguiente ecuación:

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG} \longrightarrow \text{TGBH} = 29,3^{\circ}\text{C}$$

Haciendo un promedio del tiempo que el trabajador permanece es estas condiciones, se determinó que del turno de trabajo de 8 horas, esta tarea de carga del horno lo lleva a estar en esas condiciones durante 2 horas (25% del turno), alteradas durante toda la jornada (no continua).

Se considera que el operario se encuentra aclimatado para la realización de la actividad.

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

TGBH = 29,3°C < 31°C

Por lo tanto se concluye:

- **La Ropa permite la circulación de aire y vapor de agua.**
- **No se exceden los límites: el TGBH calculado en las condiciones reales de exposición, es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra Legislación.**
- **El riesgo es bajo a sufrir estrés térmico por calor. Se puede continuar con el trabajo, pero controlando las condiciones higrotérmicas.**



2.-TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN

Conociendo ecuación de balance térmico:

$$Q = M \pm R \pm C - E \text{ (kcal/h)}$$

Podemos definir la **evaporación requerida** para el equilibrio térmico ($Q = 0$)

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

Donde:

- E_{req} = Evaporación requerida para el equilibrio, Kcal/h.
- M = Calor generado por el organismo (metabolismo), Kcal/h.
- R = Calor ganado por radiación, Kcal/h.
- C = Calor ganado o perdido por convección, Kcal/h.

E_{req} estará limitada por la cantidad máxima de calor que el trabajador es capaz de eliminar por evaporación del sudor $\rightarrow E_{max}$ (Evaporación máxima) en las condiciones ambientales existente.

EVALUACIÓN DE RIESGO

Por lo tanto la diferencia entre E_{req} y E_{max} es la ganancia neta de calor que recibe el organismo del sujeto expuesto ($Q > 0$).



La exposición al calor debe cesar cuando la temperatura interna del cuerpo se ha incrementado 1°C y el tiempo necesario para que se produzca dicho incremento está dado por la expresión:

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

Tex = Tiempo máximo de permanencia en el ambiente considerado, expresado en minutos.

De igual manera, **el tiempo de descanso mínimo** necesario entre dos exposiciones sucesivas en las zonas de reposo, donde se pretende que el cuerpo elimine el calor acumulado y donde se supone que $E_{max} > E_{req}$ será:

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

Tr = Tiempo de recuperación, expresado en minutos.



EJERCICIO PRÁCTICO

(TIEMPO MAX)

Un trabajador debe penetrar tres veces al día en una cámara de secado de papel en la que existen las siguientes condiciones ambientales:

- TBS (temperatura ambiente de aire seco): 50°C
- TBH (temperatura de bulbo húmedo): 31°C
- TG (temperatura de globo o radiación): 51°C
- Velocidad del aire: Inapreciable.

Sin embargo se considera que en la cámara de secado la velocidad efectiva del aire es

de 0.25m/s debido al movimiento del individuo.

El trabajo que realiza en el interior de la cámara es de engrasar determinados elementos; se estima que la carga térmica metabólica es de $M = 150$ Kcal/h.

Después de realizar el trabajo descansa sentado (carga metabólica de $M = 80$ Kcal/h)

en un banco próximo; en ese lugar las condiciones ambientales son las siguientes:

- TBS (temperatura ambiente de aire seco): 25°C
- TBH (temperatura de bulbo húmedo): 18°C
- TG (temperatura de globo o radiación): 35°C
- Velocidad del aire: 0.5m/s.



DESARROLLO

Calcular el tiempo máximo que el trabajador puede permanecer en el interior de la cámara de secado, y el tiempo que debe descansar después de dicha permanencia.

Con TBS y TBH la, se determina la temperatura de rocío mediante la siguiente tabla y se obtiene:

- ▶ Cámara de secado: 32.6 °C
- ▶ Lugar de descanso: 13.5 °C

Temperatura seca

10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60		
10	8.1	6.0	3.6	8.8	-2.7																					10	
	12	10.3	8.5	6.5	4.1	1.4	-1.8																				12
		14	12.5	10.9	9.1	7.2	4.9	2.3	-0.7																		14
			16	14.7	13.2	11.8	10.1	8.2	6.1	3.7	0.9	-2.5															16
				18	16.7	15.0	14.2	12.8	11.2	9.5	7.5	5.4	2.9	-0.1													18
					20	18.9	17.9	16.7	15.5	14.1	12.6	11.0	9.2	7.3	5.1	2.5	-0.5										20
						22	21.1	20.1	19.1	18.0	16.8	15.5	14.2	12.8	11.2	9.4	7.5	5.3	2.8	-0.2							22
							24	23.1	22.2	21.4	20.4	19.4	18.3	17.2	16.0	14.7	13.2	11.7	10.0	8.1	6.0	3.6	0.8	-2.6			24
								26	25.3	24.5	23.7	22.8	21.9	21.0	20.0	19.0	17.9	16.7	15.4	14.1	12.6	11.0	9.2	7.3	5.1		26
									28	27.3	26.7	25.9	25.2	24.4	23.5	22.7	21.8	20.9	19.9	18.8	17.7	16.5	15.2	13.9	12.4		28
										30	29.4	28.8	28.1	27.4	26.8	26.0	25.3	24.5	23.7	22.9	22.0	21.0	20.0	19.0	17.9		30
											32	31.5	30.9	30.3	29.7	29.1	28.5	27.8	27.1	26.4	25.7	24.9	24.1	23.3	22.4		32
												34	33.5	33.0	32.5	31.9	31.4	30.9	30.2	29.5	29.0	28.4	27.7	27.0	26.3		34
													36	35.5	35.1	34.6	34.1	33.6	33.1	32.6	32.1	31.5	31.0	30.4	29.8		36
														38	37.6	37.2	36.7	36.3	35.9	35.4	35.0	34.5	34.0	33.5	33.0		38

Temperatura húmeda

Para el cálculo de las diferentes variables se utiliza un nomograma, y se cuenta con 3 hipótesis principales:

- a. Hombre standard de 70 Kg. de peso.**
- b. El vestido es ligero (camisa y pantalón de verano o similar).**
- c. Temperatura de la piel es de 35°C.**

Metodología de utilización del nomograma:

1. Con V (velocidad del aire) y TS obtengo C.

La escala de temperatura seca es doble y los valores de C vienen afectados del signo \pm . El signo + es el que se toma cuando la temperatura seca es superior a 35°C y el signo – corresponde a valores de la temperatura inferiores a 35°C.

2. Con V y TR obtengo Emax.

3. Con V y TG-TS obtengo K.

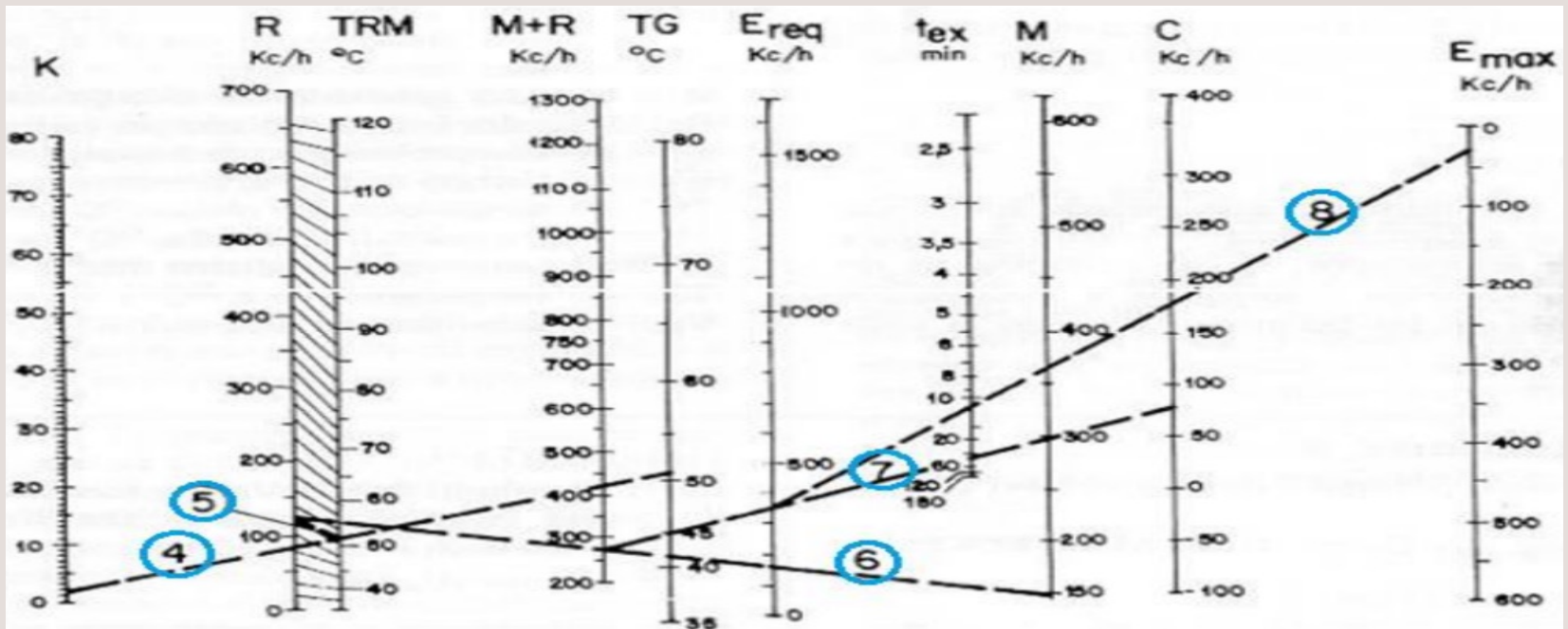
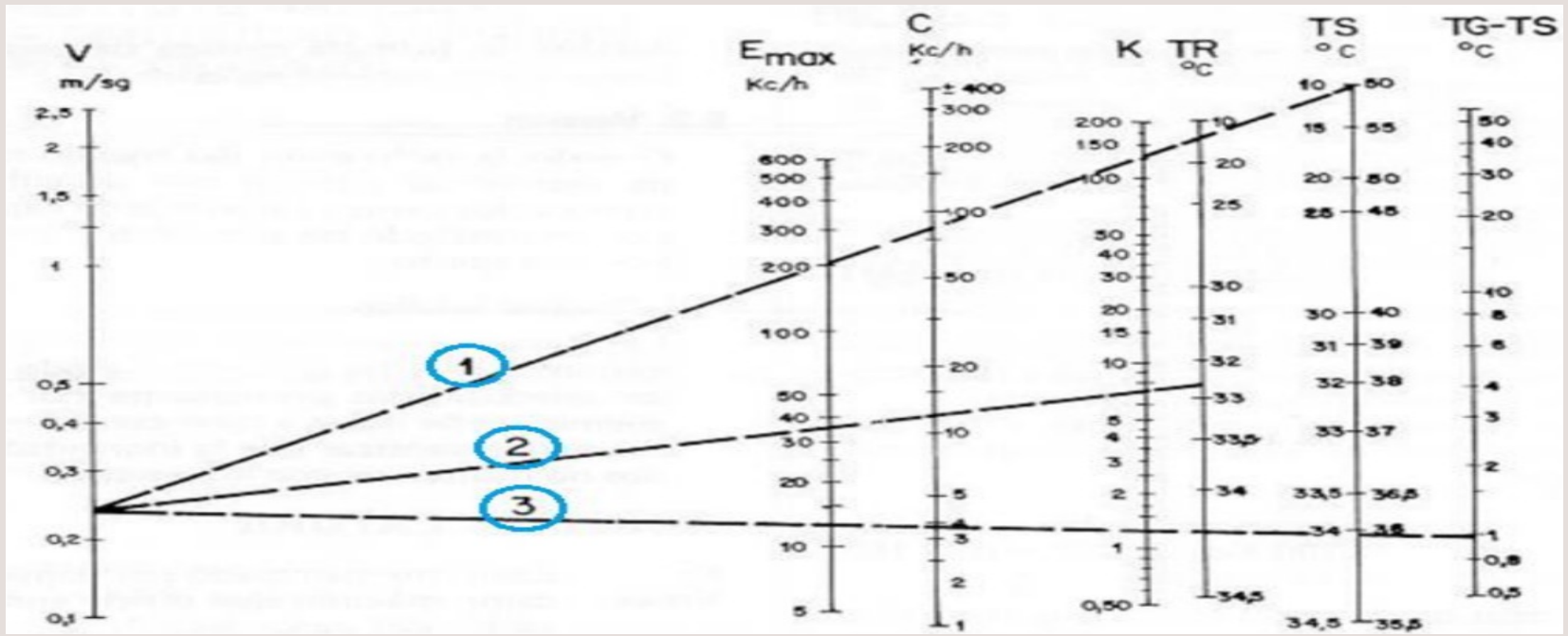
4. Con K y TG obtengo TRM.

5. De TRM se "asciende" por las rectas auxiliares dibujadas hasta R.

6. Con R y M obtengo M+R.

7. Con R+M y C obtengo Ereq.

8. La recta que une Ereq con Emax nos da el valor del tiempo máximo de permanencia, tex.



Para las condiciones en la cámara de secado, el nomograma proporciona los siguientes resultados:

$$M = 150 \text{ Kcal/h.}$$

$$C = 85 \text{ Kcal/h.}$$

$$R = 130 \text{ Kcal/h.}$$

$$E_{req} = M + R + C = 365 \text{ Kcal/h.}$$

$$E_{max} = 37 \text{ Kcal/h.}$$

Tiempo máximo de exposición:

$$t_{ex} = 3600 / (365 - 37)$$

$$t_{ex} = 11 \text{ min}$$

Para el periodo de descanso:

$$M = 80 \text{ Kcal/h.}$$

$$C = -60 \text{ Kcal/h.}$$

$$R = 100 \text{ Kcal/h.}$$

$$E_{req} = M + R - C = 120 \text{ Kcal/h.}$$

$$E_{max} = 350 \text{ Kcal/h.}$$

Tiempo de recuperación:

$$t_r = 3600 / (350 - 120)$$

$$t_r = 16 \text{ min}$$

3.-ÍNDICE DE ESFUERZO CALÓRICO (IEC)

Es la relación entre la Evaporación requerida (E_{req}) con la Evaporación máxima (E_{max}):

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

Las consecuencias fisiológicas para 8 horas de exposición son:

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

Equilibrio térmico ($Q=0$) → $IEC=0$.

E_{req} es satisfecha por la E_{max} → $IEC < 100$.

E_{req} no es satisfecha por la E_{max} → $IEC > 100$

(hay riesgo de estrés térmico y se debe calcular el tiempo de exposición.)

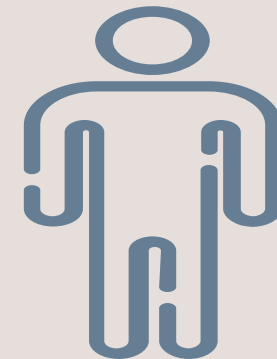
EVALUACIÓN DE RIESGO

2.- BALANCE TÉRMICO (Q=0)

¿Qué es?

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.



3.- ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO ($Q < 0$)

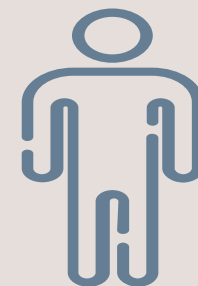
¿Qué es?

Se produce cuando el calor cedido del cuerpo al ambiente es excesivo, lo que puede provocar una **disminución de la temperatura corporal** y se dice que hay riesgo de hipotermia.

Se generan entonces una serie de mecanismos fisiológicos destinados a aumentar la generación interna de calor y disminuir su pérdida:

- Aumento involuntario de la actividad metabólica.
- El vaso-constricción sanguíneo: el cuerpo lleva la sangre caliente al centro donde se encuentran los principales órganos vitales y restringe su paso por las extremidades.
- Desactivación de las glándulas sudoríparas para disminuir la sudoración.

Mecanismos Fisiológicos



SÍNTOMAS

Los primeros síntomas para detectar la exposición a una carga térmica por frío:

- **Sensación de incomodidad (“sentir frío”)**
- **Sensación de dolor en las extremidades.**

Si la exposición al frío continua, el operario comenzara a experimentar manifestaciones en el siguiente orden:

- **Aparición de un fuerte temblequeo cuando la temperatura interna se aproxima a los 35°C.**
- **Fuerte hipotermia por debajo de los 33°C.**
- **Con una temperatura menor a 30°C se comienza a producir una pérdida progresiva del conocimiento.**
- **El límite de supervivencia se estima a los 24°C**
– **Hay riesgo muy alto de edema pulmonar.**
- **Riesgo de paro cardíaco a una temperatura corporal de 22°C.**

CONSECUENCIAS A LA EXPOSICIÓN DEL FRÍO

PÉRDIDA DE CONOCIMIENTO

PARO CARDIACO

DISMUNICIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONCENTRACIÓN Y REACCIÓN

HIPOTERMIA

PIE DE INMERSIÓN

EDEMA PULMONAR

QUEMADURAS POR FRÍO (SABAÑONES)

CONGELAMIENTO DE LAS EXTREMIDADES

FACTORES QUE CONDICIONAN LA PROTECCIÓN AL FRÍO

Los principales factores a considerar:

- **Temperatura del aire:** Proteger el cuerpo cuando sea inferior a los 10°C.
- **Velocidad del aire:** Por el fenómeno de convección disminuye la temperatura corporal cuando aumenta la velocidad del aire.
- **La tarea desarrollada por trabajador** ya que en actividades pesadas, se produce un mayor calor metabólico y se requiere menor aislación y protección.
- **Límite de exposición:** El mismo depende de la temperatura del aire, la velocidad del viento y la actividad del trabajador.

- **MEDIDAS DE ORDEN GENERAL.**
- **MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.**
- **MEDIDAS PREVENTIVAS PERSONALES.**

MEDIDAS PREVENTIVAS

MEDIDAS DE ORDEN GENERAL



- **Disponer de ambientes especiales como ser carpas, camiones, estructuras prefabricadas con calefacción en donde los trabajadores puedan descansar y consumir bebidas calientes, con posibilidad de secado de ropa húmeda y ropa de repuesto.**
- **Colocar señalización específica (entrada en una zona de frío extremo, contacto con superficies frías, presencia de superficies helada, etc.).**
- **Colocar aislamiento en las superficies metálicas y/o diseñar equipos y herramientas que puedan utilizarse adecuadamente con guantes.**
- **A los trabajadores se les instruirá en los procedimientos de seguridad y sanidad para que puedan reconocer síntomas de hipotermia, uso de ropa adecuada.**

MEDIDAS DE ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

- **Una correcta organización del trabajo disminuye los tiempos de exposición de los trabajadores ya que se acortan los tiempos de las tareas.**
- **Planificar las actividades en exteriores considerando la previsión meteorológica (T°, humedad relativa, velocidad del viento y lluvias).**
- **Instalar un sistema de comunicación entre operarios y favorecer el trabajo entre 2 personas.**

MEDIDAS PREVENTIVAS PERSONALES

- **Aclimatación al trabajo en condiciones de ambientes fríos.**
- **Vestimenta:**
- **La ropa de abrigo debe proveer una mayor aislación cuanto mayor es el gradiente térmico piel – aire.**
- **Cuando el operario trabaja aumenta su producción de calor y en consecuencia la aislación debe ser menor, por lo que un buen diseño sería aquel que le permita al operario ir quitando partes de ropa para regular el exceso de calor de tal manera que no se produzca un exceso de sudoración que humedezca la ropa de trabajo.**

ÍNDICE DE AISLAMIENTO DE VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

Es el aislamiento de la ropa de trabajo necesario para que se cumpla la ecuación de balance térmico.

**EVALUACIÓN
DE RIESGO**

EJERCICIO PRÁCTICO

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en un almacén frigorífico a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura del aire, realizando tareas de manejo y clasificación de cajas de productos congelados.

La velocidad del aire es de 0.2 m/s .

El atuendo vestimentario del individuo se compone de las siguientes prendas:

Ropa interior:

1. Camiseta de manga larga .
2. Calzoncillos largos.
3. Camisa de manga larga de franela
4. Pantalón del mismo tejido,
5. chaleco sin mangas
6. Pullover grueso,
7. Parka,
8. Calcetines gruesos,
9. Botas y
10. Guantes.



DESARROLLO

- 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 Tipo de trabajo		MII (W)
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

$$M = 70 W + 42 W + 105 W$$

$$M = 217 W$$

Considerando una superficie corporal de una persona promedio de 1.8 m², se tiene:

$$M = 217 W / 1.8 \text{ m}^2$$

$$M = 120 W / \text{m}^2$$

-Vestimenta con la cual desarrolla sus tareas el operario, se calcula el valor de resistencia térmica del vestido:

ESCRIPCION DE LAS PRENDAS	RESISTENCIA TERMICA I_{cl} (clo)
ROPA INTERIOR	-
Calzoncillos	0.01
Calzoncillos largos	0.10
Camiseta de tirantes	0.04
Camiseta de manga corta	0.00
Camiseta de manga larga	0.12
Sujetadores y bragas	0.03
CAMISAS BLUSAS	-
Manga corta	0.15
Ligera, mangas cortas	0.20
Normal, mangas largas	0.25
Camisa de franela, mangas largas	0.30
Blusa ligera, mangas largas	0.15
PANTALONES	-
Corto	0.06
Ligero	0.20
Normal	0.25
Franela	0.28

PULLOVER	-
Chaleco sin mangas	0.12
Pullover ligero	0.20
Pullover medio	0.28
Pullover grueso	0.35
PRENDAS EXTERIORES DE ABRIGO	-
Abrigo	0.60
Chaqueta larga	0.55
Parka	0.70
Mono forrado	0.55
DIVERSOS	-
Calcetines	0.02
Calcetines gruesos cortos	0.05
Calcetines, gruesos, largos	0.10
Medias de nylon	0.03
Zapatos de suela delgada	0.02
Zapatos de suela gruesa	0.04
Botas	0.10
Guantes	0.05

El valor de la resistencia térmica del vestido es de **2,22 clo**.

- La temperatura dentro del establecimiento, se debe corregir por la velocidad del aire para determinar la **Temperatura equivalente de enfriamiento**.

V aire = 0.2 m/s

Temp en el frigorífico = -20 °C

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 (°C)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
	TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO (°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 poco efecto adicional)	POCO PELIGROSO			PELIGRO CRECIENTE				GRAN PELIGRO				
	En < horas con piel seca. Peligro máximo de falsa 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 puede producir el pie de trinchera y el pie de inmersión.											

Asumimos que la temperatura no se ve afectada por la velocidad del viento.

- Con el nivel metabólico, la velocidad del aire y la temperatura, se determinan por tabla el **IREQ_{min}** (aislamiento requerido mínimo).

M = 120 W/m²

Vel del aire = 0.2 m/s

Temp equiv de enfriamiento = -20 °C

V _{ar} (m/seg)	IREQ _{min} (clo) para M = 145 w/m ²					
	t _a					
	5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
0.2	0.83	1.10	1.38	1.65	2.20	2.75
0.5	0.89	1.17	1.44	1.71	2.26	2.80
1	0.97	1.24	1.51	1.78	2.32	2.87
2	1.05	1.31	1.58	1.85	2.39	2.93
5	1.14	1.40	1.67	1.93	2.46	3

Por tabla obtenemos 2.20 clo → Se **verifica** que 2.22 clo > 2.20

- Se determina cual es el tiempo de exposición máximo que el trabajador puede estar expuesto a la carga térmica, para ella se ingresa a otra tabla y en función de la resistencia térmica, el nivel metabólico, temperatura y velocidad del aire, se determina el tiempo en horas máximo.

Tabla: Valores de Tmax (horas) en función de las características del vestido y de la temperatura del aire para $M = 145 \text{ w/m}^2$ y distintos valores de la velocidad del aire, V_{ar} .

I_{cl} (clo)	V_{ar} (m/seg)	t_a					
		5°C	0°C	-5°C	-10°C	-20°C	-30°C
2	0.2	>8	>8	>8	6.41	1.16	0.61
	0.5	>8	>8	>8	5.78	1.01	0.56
	1	>8	>8	>8	3.42	0.88	0.50
	2	>8	>8	>8	2.38	0.78	0.46
	5	>8	>8	>8	1.71	0.66	0.41

Tiempo máximo de exposición: 1,16 hs.

GRACIAS