

ASIGNATURA: SALUD LABORAL

LESIONES PRODUCIDAS POR EL CALOR Y EL FRÍO

1. INTRODUCCIÓN

2. CONFORT TÉRMICO

3. ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO

3.1 Patología relacionada con la exposición al frío

3.2 Medidas de intervención frente al frío

4. ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

4.1 Patología relacionada con la exposición al calor

4.2 Medidas de intervención frente al calor

LESIONES PRODUCIDAS POR EL CALOR Y EL FRÍO

El organismo humano es HOMEOTERMO, precisa mantener una temperatura constante a pesar de las variaciones de temperatura ambientales ($T \approx 37^{\circ}\text{C}$).

- Si $T < 35^{\circ}\text{C}$ → HIPOTERMIA (riesgo de muerte $23\text{-}25^{\circ}\text{C}$)
- Si $T > 40,6^{\circ}\text{C}$ → HIPERTERMIA (riesgo de muerte $41,7\text{-}43,3^{\circ}\text{C}$)

TERMORREGULACIÓN

Capacidad de mantener la temperatura corporal de forma constante en 37°C gracias a un juego de producción y eliminación de calor (termoproducción y termoeliminación)

Los mecanismos fisiológicos para la termorregulación se dan en la PIEL y los MÚSCULOS y están regidos por el Sistema Nervioso Central

MECANISMOS FISIOLÓGICOS DE REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL CUERPO HUMANO

1. La PIEL inicialmente, eliminando el exceso de temperatura interior o reteniéndola:

- Regulación de la cantidad de sangre circulante por los vasos sanguíneos de la piel
 - vasodilatación (si T_{amb} es alta)
 - vasoconstricción (si T_{amb} es baja)

- Regulación de la producción de sudor
 - cierre de las glándulas sudoríparas (si T_{amb} es baja)
 - apertura de las glándulas sudoríparas (si T_{amb} es alta):
SUDOR + EVAPORACIÓN (no es posible en un ambiente muy húmedo)

2. Los MÚSCULOS: producción de calor (termoproducción):

- contracciones musculares reflejas (tiritonas)
- la actividad muscular (hipertonía)
- metabolismo (cantidad de calor producido por el cuerpo como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas que se dan especialmente en las células musculares). Son necesarios los alimentos (hidratos de carbono, proteínas y grasas), que hacen la función de combustibles.

ANÁLISIS DEL INTERCAMBIO TÉRMICO ENTRE EL TRABAJADOR Y EL MEDIO AMBIENTE (BALANCE TÉRMICO)

En circunstancias normales de salud y confort, la temperatura del cuerpo humano se mantiene constante gracias a un equilibrio entre la producción interna de calor (metabolismo) y la pérdida de calor hacia el medio ambiente

ECUACIÓN DEL BALANCE TÉRMICO (intercambio neto de calor entre una persona y el medio ambiente laboral). Lo ideal es que sea igual a cero.

$$H = M \pm R \pm C - E,$$

H = Cantidad de calor almacenada por el organismo

- M = Metabolismo (+): Cantidad de calor producida por el cuerpo; basal (provee de energía para mantener el cuerpo en reposo) y de trabajo (para realizar diferentes tareas) (metabolismo basal + metabolismo de trabajo)
- R = Radiación (+) o (-): Cantidad de calor intercambiado entre la piel y los objetos que rodean al cuerpo. ganancia o pérdida de calor entre la piel y los objetos (mayor a mayor diferencia de temperatura)
- C= Convección (+) o (-): Cantidad de calor intercambiado entre la piel y el aire que la rodea. ganancia o pérdida de calor entre la piel y el aire (mayor a mayor diferencia de temperaturas y mayor velocidad del aire).

- E= Evaporación (-): Cantidad de calor perdido por el cuerpo mediante la evaporación del sudor (mayor a mayor velocidad del aire y menor humedad ambiental)

EFFECTOS DEL CALOR Y DEL FRIO

El CALOR y el FRÍO son agentes susceptibles de provocar riesgos profesionales. Unas malas condiciones térmicas pueden producir:

1. Efectos Psicológicos que afectan a la conducta y habilidad para trabajar: Malestar, incomodidad por sudar o temblar, irritabilidad, agresividad, fatiga, insatisfacción, disminución del rendimiento físico y mental (aumenta las distracciones, el riesgo de equivocarse, de provocar daños y de sufrir accidentes)
2. Efectos fisiológicos: malestar fisiológico, aumento o disminución del ritmo cardíaco, desequilibrio del balance agua-sal
3. Efectos patológicos directos (lesiones)

NO dan lugar a patologías específicas calificadas como ENFERMEDAD PROFESIONAL

CONFORT TÉRMICO

Manifestación subjetiva de conformidad con el ambiente térmico (variabilidad biológica individual)

ESTRÉS TÉRMICO: Presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesta a agresiones intensas por calor y frío. Existen parámetros fisiológicos medibles indicadores de la sobrecarga soportada por el individuo (intensidad de sudoración, frecuencia cardíaca, temperatura interna) \neq INCONFORT TÉRMICO

Factores que influyen en la sensación de confort térmico:

1. Las condiciones ambientales (microclima laboral): conjunto de elementos del medio de trabajo (Temperatura del aire, velocidad del aire, humedad ambiental, etc.)

El promedio ideal de temperatura es de 22.7°C con un 45% de humedad relativa

2. El nivel de actividad física
3. El tipo de vestido
4. El intercambio térmico entre el trabajador y el medio ambiente.

ESTRÉS TERMICO POR FRIO

Trabajos en plantas congeladoras, empaquetadoras de carnes, agricultores, ganaderos, construcción, etc.

El frío afecta en primer lugar a la piel, enfriando la sangre en los capilares periféricos. Estas señales llegan al SNC que pone en marcha los procesos de conservación del calor (constricción vasos sanguíneos, cierre glándulas sudoríparas) y producción del calor (tiritonas con aumento de la tasa metabólica)

PATOLOGÍA RELACIONADA CON EL FRÍO

1) **Accidentes.** Se enlentecen los impulsos nerviosos

2) **Hipotermia.** El cuadro más grave. Puede llevar al coma y a la muerte

SINTOMAS:

- Tiritonas incontrolables y sensación de frío, vasoconstricción
- Disminución de la frecuencia cardíaca y pulso y alteración de la tensión arterial
- Habla vaga y lenta, lapsos de memoria, incoherencia y torpeza
- Piel fría, respiración lenta e irregular, tensión arterial baja, agotamiento y fatiga
- Coma hipotérmico (< 34°C)

AVISO: tiritonas y dolor en las extremidades

3) **Local:**

a) ANORMALIDADES DE LOS VASOS SANGUÍNEOS

i) *Fenómeno de Raynaud*. Espasmo de arterias pequeñas en los dedos, con palidez o cianosis. Hipersensibilidad al frío y ulceraciones en los dedos. Es frecuente su asociación con el uso de herramientas manuales vibratorias (Síndrome del Dedo Blanco).

ii) *Acrocianosis*. Cianosis persistente y simétrica de manos y pies, por vasoespasmos de las arteriolas más pequeñas de la piel. Dedos azulados, fríos y sudorosos e hinchados. No hay dolor ni ulceración.

iii) *Tromboangeitis obliterante*. Inflamación de las arterias pequeñas y medianas y de las venas. Hay frialdad, entumecimiento, y sensación de quemazón. Progresiva hacia dolor, úlceras y gangrena.

iv) *Pie de trinchera*. Cuando los pies están expuestos a la humedad durante largos periodos de tiempo. Espasmo de vasos sanguíneos lesionando músculos y nervios

b) CONGELACIÓN de flúidos tisulares de la nariz, mejillas, orejas y dedos, con posibilidad de amputación (grietas cutáneas, sabañones, escara, insensibilidad y gangrena)

4) **Exposición crónica al frío:** asociada enfermedades pulmonares, sinusitis, neuralgias, otitis, conjuntivitis, etc

MEDIDAS DE INTERVENCIÓN FRENTE AL FRÍO

- 1) **Aclimatización.** Acostumbramiento con exposiciones repetidas
- 2) **Consumo de líquidos** para evitar la deshidratación (bebidas templadas, dulces, sin cafeína, no alcohólicas, o sopas) y **Sal**
- 3) **Dieta equilibrada.** El aporte alimentario calórico suficiente
- 4) **Medidas de tipo técnico.**
 - a) En recintos cerrados:
 - (1) Calefacción
 - (2) Climatización
 - b) En los exteriores: evitar fuerte viento, por apantallamiento
 - c) Aislamiento térmico de asientos y herramientas metálicos
 - d) sustitución, reubicación y aislamiento de procesos y equipos
 - e) chorros de agua caliente en manos al descubierto
- 5) **Medidas de tipo administrativo o de organización del trabajo.**
 - a) Evitar el agotamiento y posturas estáticas
 - b) Trabajos en las horas más cálidas del día.
- 6) **Equipos de protección individual.** Prendas de abrigo, aislante e impermeable. Evitar la combinación de humedad y frío protegiendo sobre todo las partes distales.
- 7) **Consideraciones especiales.** en trabajadores mayores, con problemas circulatorios, obesos, enfermos crónicos

ESTRÉS TERMICO POR CALOR

Trabajos en la industria minera, del acero y del vidrio, agricultura y a construcción de caminos, calderas, incineradoras, fundiciones...

- Cuando el organismo se ve sometido a un calor intenso empieza a actuar los mecanismos de la termorregulación:

(1) Congestión periférica: Flujo de sangre hacia la periferia producida por la vasodilatación de los capilares cutáneos y la aceleración del pulso

(2) Sudación: desde 1 l/día (individuo en reposo) puede llegar a 4 l/h o 15 – 20 l/día. Estas sudaciones copiosas provocan un gran desequilibrio hidrosalino.

- Cuando el calor persiste: ACLIMATACION “disminución del coste fisiológico que implica una determinada exposición cuando ésta se repite durante varios días sucesivos”. En periodo de nueve días aparece un aumento de la sudoración, disminución de la temperatura corporal y disminución del ritmo cardíaco

PATOLOGÍA RELACIONADA CON EL CALOR

1) **Acaloramiento o golpe de calor** (calor + humedad + carga de trabajo + factores de riesgo: no aclimatados, obesos, deshidratación, alcohol, vestidos inadecuados, enfermedad cardiovascular)

- Interrupción de la función del SNC: vertigo, delirio, inconsciencia, convulsiones
- falta de sudoración y piel caliente y seca
- temperatura rectal superior a los 41°C
- Manifestación de lesiones de sistemas y órganos
- Muerte (24 horas -12 días)

SINTOMAS INICIALES: hipertermia, sed, desasosiego, confusión mental, dolor de cabeza, vértigo, náuseas, taquicardia, disnea

TRATAMIENTO de urgencia: enfriar al paciente (zona sombreada, quitar ropas, mojar la piel) y rehidratación

2) **Agotamiento por calor.** Forma leve del golpe de calor.

- pequeño incremento de la temperatura corporal (38-39°C)
- síntomas: los mismos que los iniciales del golpe de calor

Factores predisponentes:

- no aclimatados
- deshidratación
- deficiencia de sal
- deficiencia de sudor (anhidrosis)

TRATAMIENTO: traslado a ambiente fresco, rehidratación y bebidas salinas

3) **Calambres musculares.** (carga de trabajo + calor)

Debidos a una deficiencia de sal: pérdida constante en sudoración + copiosa ingesta de agua sin reemplazo de sales

TRATAMIENTO: descanso, rehidratación y corrección del desequilibrio electrolítico

4) **Erupciones cutáneas** o “rash cutáneo” con sensación molesta de picor. Se producen por un bloqueo de los conductos de las glándulas sudoríparas en condiciones de calor + humedad. Zonas de piel que se humedecen persistentemente por el sudor no evaporado, sobre piel quemada o dañada y en zonas donde la ropa oprime

TRATAMIENTO: descanso en un lugar fresco y seco.

5) **Infertilidad y trastornos del desarrollo fetal.**

Mujeres en primer trimestre de embarazo con $T > 39^{\circ}\text{C}$ durante períodos de tiempo continuados Incrementa el riesgo de malformaciones para el feto

Infertilidad temporal en hombres y mujeres con $T > 38^{\circ}\text{C}$.

6) **Edema de calor**

En los pies y tobillos durante la primera semana de exposición al calor. Clínicamente puede ser causa de incapacidad temporal.

7) **Transtornos crónicos:** reducción de tolerancia al calor y capacidad de sudoración (tras golpe de calor), aumento de cálculos renales, estrés...

MEDIDAS DE INTERVENCIÓN FRENTE AL CALOR

- 1) **Actuación sobre los factores que componen la ecuación del Balance Térmico.** ($H = M + R + C - E$)
 - a) **Tasa metabólica.** Reducir la demanda física de la tarea.
 - b) **Radiación.** Apantallamiento y ropa aislante térmica.
 - c) **Convección.** ↓ velocidad del aire y llevar ropa (si $T > 35^{\circ}\text{C}$) o ↑ velocidad del aire y disminuir ropa (si $T < 35^{\circ}\text{C}$).
 - d) **Evaporación.** ↓ humedad del aire, ↑ velocidad del aire y disminuir ropa

- 2) **Corrección medioambiental** (ventilación, aire acondicionado, apantallamiento y aislamiento)

- 3) **Prácticas de trabajo seguras**, como:
 - a) Disminuir el tiempo de exposición
 - b) Formación
 - c) Disponer de lugares para refrescarse y beber agua con moderadas cantidades de sal (2-3 gr/l)
 - d) Aclimatación (6 días): 50% de exposición diaria durante el primer día e incrementos diarios del 10% hasta el 100% en el sexto día.

- 4) **Supervisión médica.** Selección del personal. No conveniente con problemas cardiovasculares, gripe o diarrea, o fatigados.

- 5) **Utilización de ropa de trabajo adecuada.** Cubrir la cabeza y ropa ligera de algodón (exposición directa al sol), ropa aislante (gran calor radiante), equipos especiales refrigerados

ASIGNATURA: SEGURIDAD LABORAL

SEGURIDAD Y PREVENCIÓN A RIESGOS FÍSICOS:

VARIACIONES TÉRMICAS

- 1) LESIONES PRODUCIDAS POR EL CALOR Y EL FRÍO**
- 2) ESTRÉS TÉRMICO**
- 3) FACTORES QUE DEFINEN EL ESTADO DEL CUERPO**
- 4) FACTORES QUE DETERMINAN EL AMBIENTE TÉRMICO**
- 5) METODOS DE EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO**
- 6) SISTEMAS DE CONTROL**

ESTRÉS TÉRMICO

Presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesta a temperaturas extremas

Factores que influyen en el confort y estrés térmico:

1. Factores que determinan el ambiente térmico:

- 9) Temperatura del aire (temperatura seca)
- 10) Humedad del aire
- 11) Temperatura radiante
- 12) Velocidad del aire

1. El nivel de actividad física

2. El tipo de vestido

3. El intercambio térmico entre el trabajador y el medio ambiente.

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

M: metabolismo basal + metabolismo de trabajo

R: Radiación $R = F_e \delta (T_p^4 - TRM^4)$

C: Convección $C = K V^{1/2} (T_p - T_s)$

E: Evaporación $E = K V^{0.4} (P_p - P_a) W$

V: velocidad del aire; F_e : factor de emisividad

P_a : Presión vapor agua en aire

P_p : Presión vapor agua a la temperatura de la piel;

W: superficie de la piel humedecida por el sudor

T_p : Temperatura de la piel, TRM: temperatura radiante media

T_s : temperatura seca del aire; δ : constante de Boltzman

INTERCAMBIO TÉRMICO ENTRE EL TRABAJADOR Y EL MEDIO AMBIENTE (ECUACIÓN DEL BALANCE TÉRMICO)

$$H = M \pm R \pm C - E,$$

H = Cantidad de calor almacenada por el organismo

M = **Metabolismo** (+): Cantidad de calor producida por el cuerpo;
(metabolismo basal + metabolismo de trabajo)

R = **Radiación** (+) o (-): Cantidad de calor intercambiado entre la piel y los objetos que rodean al cuerpo (mayor a mayor diferencia de temperatura) $R = Fe \delta (Tp^4 - TRM^4)$

Fe: factor de emisividad, δ : constante de Boltzman

Tp: Temperatura de la piel, TRM: temperatura radiante media

C = **Convección** (+) o (-): Cantidad de calor intercambiado entre la piel y el aire que la rodea (mayor a mayor diferencia de temperaturas y mayor velocidad del aire) $C = K V^{1/2} (Tp - Ts)$

K: constante, V: velocidad del aire

Tp: temperatura de la piel; Ts: temperatura seca del aire

E = **Evaporación** (-): Cantidad de calor perdido por el cuerpo mediante la evaporación del sudor (mayor a mayor velocidad del aire y menor humedad ambiental) $E = K V^{0.4} (Pp - Pa) W$

K: constante, V: velocidad del aire; Pa: Presión vapor agua en aire;

Pp: Presión vapor agua a la temperatura de la piel;

W: superficie de la piel humedecida por el sudor

FACTORES QUE DEFINEN EL ESTADO DEL CUERPO

- Metabolismo basal
- Carga térmica de trabajo

Metabolismo Basal: estado de reposo. Función de edad y sexo

- Edad
- Sexo
- Talla
- Peso

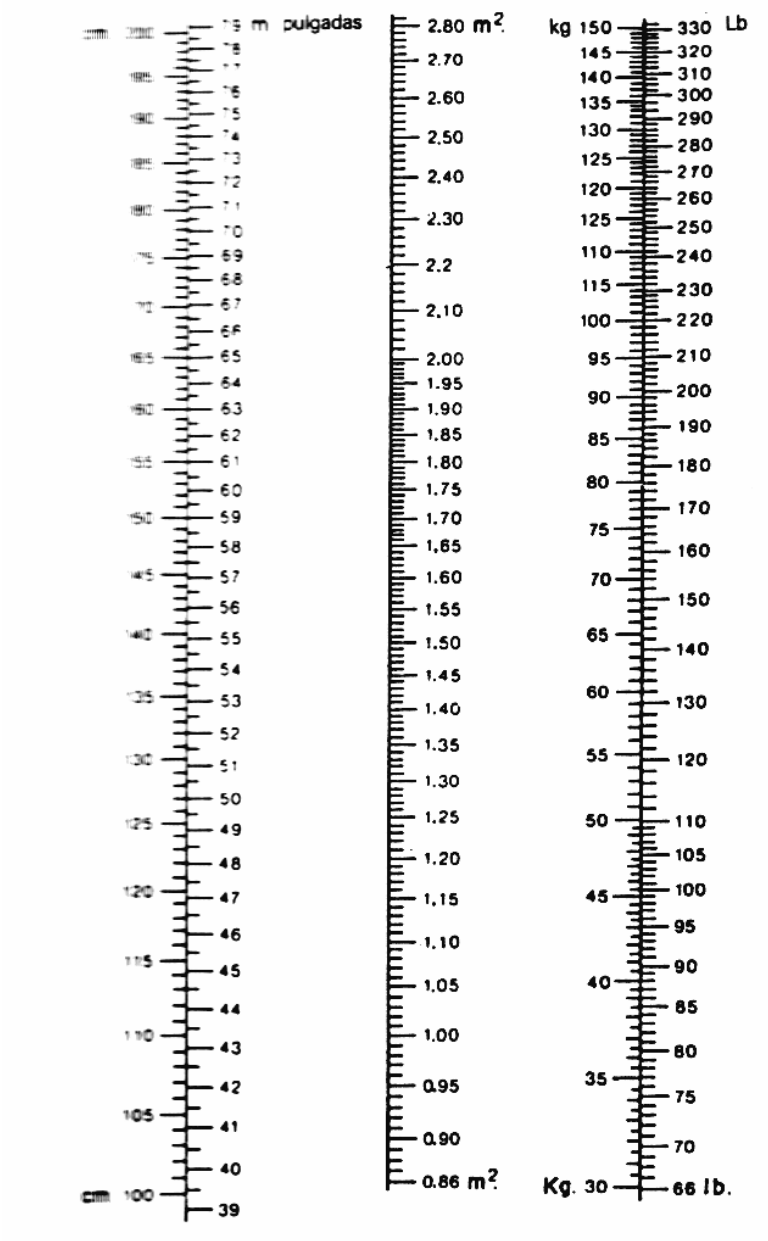
Consumo metabólico por unidad de superficie corporal en función de la edad y del sexo

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

Superficie Cutánea (DU BOIS y DU BOIS): $S = P^{0.425} \times T^{0.725} \times 71.84$

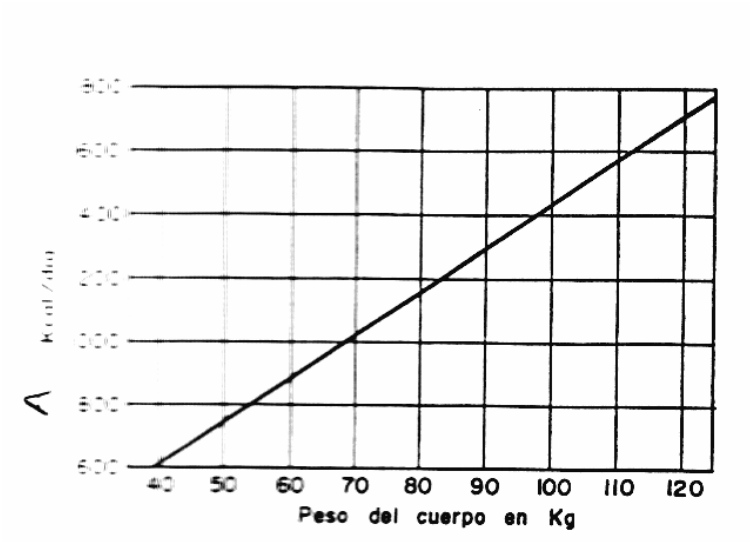
S (cm²); P: peso (Kg); T: talla (cm)

MÉTODO GRÁFICO para el cálculo de la superficie corporal a partir de la talla y el peso:

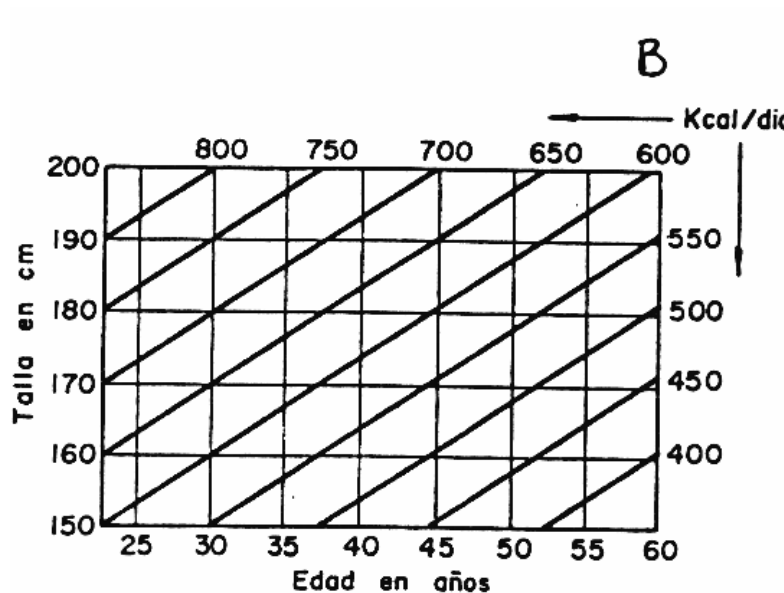


METABOLISMO BASAL POR DÍA = A + B

A: en función del peso



B: en función de la edad y la talla



Carga térmica de trabajo: en función del tipo de trabajo

| CLASIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS SEGÚN SU CARGA TÉRMICA METABÓLICA | | |
|---|-----------------|---|
| Carga de trabajo (kcal/h) | Tipo de trabajo | Ejemplos |
| < 200 | LIGERO | Controlar máquinas de pie o sentado, realizar trabajos ligeros con manos o brazos, etc. |
| 200 - 350 | MODERADO | Caminar llevando un peso moderado (empujando o sosteniendo) |
| 350 - 500 | PESADO | Trabajo con pico y pala. |

ACGIH (Traducción española, Consellería de Trabajo y Asuntos Sociales)

A. Posición y movimiento del cuerpo

- Sentado 0,3 kcal/min.
- De pie 0,6 kcal/min.
- Andando 2-3 kcal/min.
- Andando en pendiente Añadir 0,8 por metro de subida

B. Tipos de trabajo

| | Valores medios |
|------------------------------------|----------------|
| - Trabajo manual ligero | 0,4 kcal/min. |
| - Trabajo manual pesado | 0,9 kcal/min. |
| - Trabajo ligero con un brazo | 1,0 kcal/min. |
| - Trabajo pesado con un brazo | 1,7 kcal/min. |
| - Trabajo ligero con ambos brazos | 1,5 kcal/min. |
| - Trabajo pesado con ambos brazos | 2,5 kcal/min. |
| - Trabajo ligero con el cuerpo | 3,5 kcal/min. |
| - Trabajo moderado con el cuerpo | 5,0 kcal/min. |
| - Trabajo pesado con el cuerpo | 7,0 kcal/min. |
| - Trabajo muy pesado con el cuerpo | 9,0 kcal/min. |

ACGIH (Traducción española, Consellería de Trabajo y Asuntos Sociales)

CARGA TÉRMICA METABÓLICA = metabolismo basal + A + B

Ejemplo - Trabajo: utilización de herramienta pesada en una cadena de montaje (suponer metabolismo basal de 1 kcal/min)

| | |
|------------------------------------|------------|
| A. Caminar a lo largo de la cadena | 2 kcal/min |
| B. Manejo de la herramienta | 3 kcal/min |
| Metabolismo basal | 1 kcal/min |
| | ----- |
| TOTAL: | 6 kcal/min |

FACTORES QUE DETERMINAN EL AMBIENTE TÉRMICO

-) Temperatura del aire (temperatura seca)
-) Humedad del aire
-) Temperatura radiante
-) Velocidad del aire

Temperatura del aire o seca: se mide con termómetros de bulbo (generalmente de mercurio o alcohol)

Humedad del aire: cantidad de vapor de agua contenida en una determinada cantidad de aire. Magnitudes:

- Presión parcial de vapor
- Humedad absoluta
- Humedad relativa
- Punto de rocío
- Temperatura húmeda

El instrumento de medida más utilizado es el psicómetro

Temperatura Radiante: se mide con termómetro de globo

$$T_{rm} = 100 \sqrt[4]{(T_g/100)^4 + 2.48 \sqrt{v} (T_g - T_a)}$$

T_{rm} : temperatura radiante media (K)

T_g : Temperatura de globo (K)

T_a : Temperatura seca del aire (K)

v : velocidad del aire (m/s)

Velocidad del aire: se mide normalmente con anemómetros

MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

- Determinación del riesgo de estrés térmico
 - Determinación del grado de confort
-) Método WBGT (Wet Bulb Globe Thermometer) Temperatura de globo de bulbo húmedo (calor)
-) Método del Índice de Tensión Térmica (ITT) (calor y frío)
-) Método del Índice de Temperatura efectiva (TE) (calor)
-) Método de Índices PMV-PPD (calor)
-) Método del índice de sensación térmica (frío)

MÉTODO WBGT

- **Exteriores con sol**

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ TH} + 0.2 \text{ TG} + 0.1 \text{ TS}$$

- **Interiores y exteriores sin sol**

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ TH} + 0.3 \text{ TG}$$

- **Diferentes condiciones ambientales**

$$\text{WBGT}_{\text{medio}} = \frac{\sum \text{WBGT}_i \times t_i}{\sum t_i}$$