

CARGA TÉRMICA

GRUPO 13:
Blasi, Francisco
Lascano Oliva, Gastón
Lencina Carrizo, Daniel Esteban
Maina, Lucas



Objetivos



Analizar los riesgos relacionados con el estrés térmico (frío o calor)



Brindar información sobre los peligros a la exposición de sobrecargas térmicas



Conocer los procedimientos a realizar cuando un operario sufre una carga térmica



Precauciones y prevenciones a tener en cuenta en trabajos en condiciones de temperaturas desfavorables

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



Definiciones relevantes

- Carga Térmica

- Condiciones higrométricas

- Estrés térmico

- Aclimatación

- Balance calórico



Carga térmica

Se define la Carga Térmica Ambiental, como la suma del calor intercambiado entre el hombre y el ambiente. Y la Carga térmica: es la suma de la carga térmica ambiental y el calor generado en los procesos metabólicos.



Aclimatación

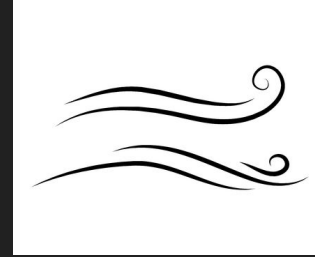
Es la adaptación fisiológica del individuo que mejora la tolerancia del estrés térmico.

CONDICIONES HIGROTÉRMICAS:

Son las determinadas por la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire y radiación térmica.



Temperatura del
aire



Velocidad del aire



Humedad relativa



Intercambio
calórico por
radiación

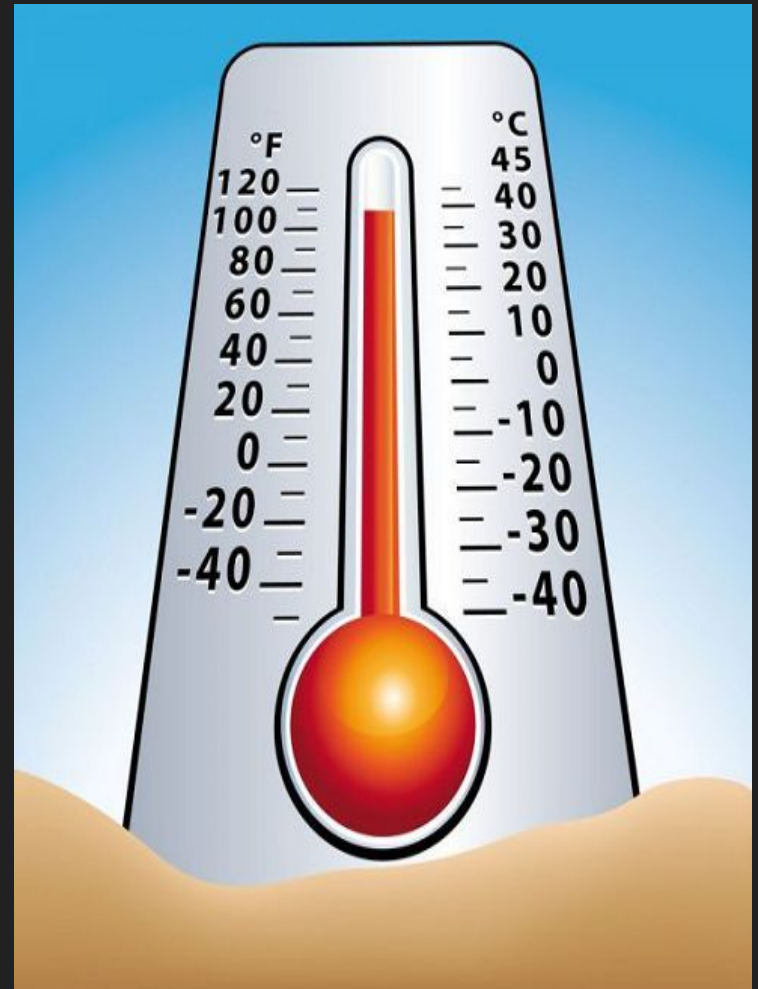
Temperatura del aire

Temperatura de Bulbo Seco: 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: Se envuelve el bulbo en un paño de agua, y se emplea para medir la temperatura húmeda del aire.

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



HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener. La HR depende de la temperatura y la presión del sistema.



VELOCIDAD DE AIRE

El movimiento del aire permite un intercambio de calor más efectivo con el ambiente y permite mayor evaporación del sudor, lo que modifica las condiciones térmicas del cuerpo.



BALANCE CALÓRICO

El sistema termorregulador del cuerpo humano tiende a mantenerse en balance calórico, La ecuación de balance térmico en un ser humano es:

$$Q = M \pm R \pm C - E \pm C_{res} \pm E_{res} \pm K \text{ [Kcal/h]}$$

- 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 existen 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 inhalado y el exhalado.
- K = Calor intercambiado por conducción

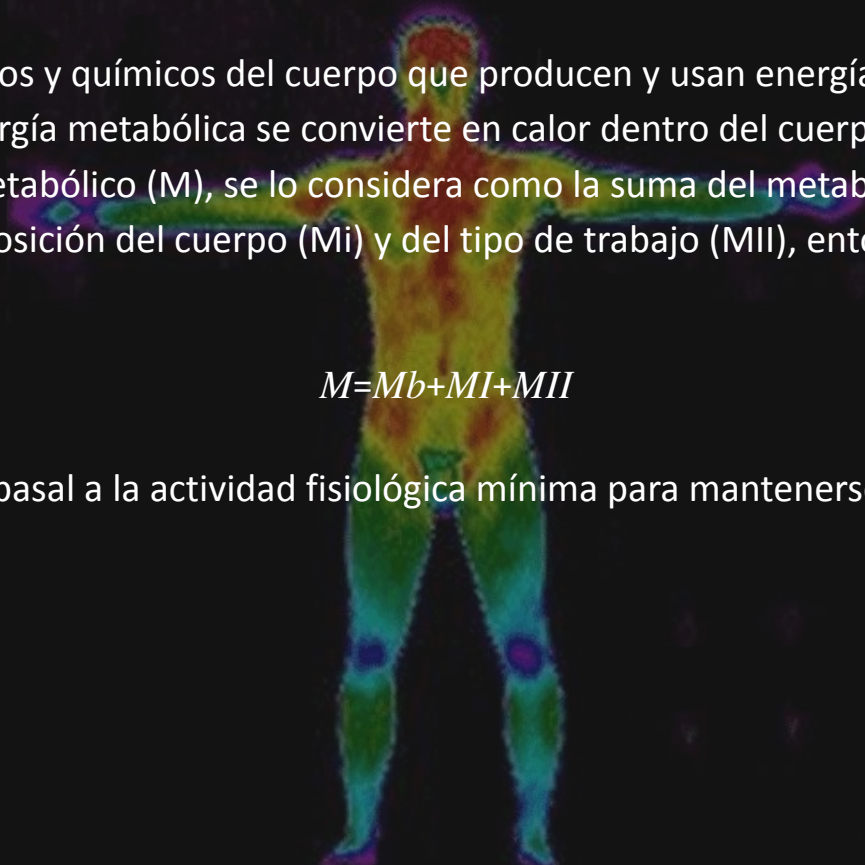
CALOR METABÓLICO

Son todos los 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.

Para determinar el calor metabólico (M), se lo considera como la suma del metabolismo basal (Mb) y las adiciones derivadas de la posición del cuerpo (Mi) y del tipo de trabajo (MII), entonces:

$$M = Mb + MI + MII$$

Se considera metabolismo basal a la actividad fisiológica mínima para mantenerse vivo.



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

Por radiación.

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

Por convección.

En esta forma de transferencia de calor interviene un fluido ya sea un gas o un líquido que se encuentra en movimiento. Transporta energía térmica entre zonas de diferentes temperaturas.

Por Respiración

Se produce por evaporación del agua en los pulmones.

En la espiración se produce un intercambio de calor ya que existen diferencias de temperatura entre el aire exhalado y el inhalado. Se considera que el aire exhalado se encuentra a 34°C. Este término es generalmente insignificante.

Por evaporación del sudor

La sudoración es uno de los mecanismos mediante el cual el cuerpo mantiene su temperatura pero es útil cuando logra evaporarse y así logra refrigerar el cuerpo. La cantidad de sudor que se evapora varía de: el trabajo que se realice, las condiciones higrotérmicas, la vestimenta y la capacidad de sudar de cada persona.

Por conducción:

El calor perdido por conducción (K) se produce en las partes del cuerpo que están en contacto con las superficies externas a través de las herramientas. Esta pérdida generalmente se desprecia.

Estrés térmico

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 por respiración por ser considerados insignificantes.

$$Q = M \pm R \pm C - E \quad [\text{Kcal/h}]$$

Pueden producirse 3 casos posibles a partir de la ecuación anterior:

1. Si $Q=0$, significa que hay un equilibrio térmico y que todo el calor generado por el trabajo se disipa o no se pierde.
2. Si $Q<0$, significa que el cuerpo cedió demasiado calor al ambiente por lo que va a llevar a un estrés térmico por frío.
3. Si $Q>0$, significa que el calor almacenado además de por conducción y radiación, debe ser eliminado a partir de la evaporación del sudor. En el caso de que esta no sea suficiente para mantener el balance térmico del cuerpo aparece el estrés térmico por calor.

Riesgos debido a estrés térmico por calor

Si las pérdidas de calor por convección y radiación no resultan suficientes para evitar el incremento de la temperatura corporal comienza la evaporación del sudor.

Tener en cuenta:

1. Sudoración no garantiza la evacuación del calor
2. Evaporación del sudor depende de:
 - Humedad del aire
 - Calidad y cantidad de ropa
 - Velocidad relativa del aire.

Entonces:

Factores de riesgo:

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

- De la producción de calor de su organismo.
- De las condiciones higrotérmicas del ambiente que le rodea.
- Del tiempo de exposición (Duración del trabajo).
- De factores personales como:
 - Falta de aclimatación al calor.
 - Capacidad de sudar.
 - Estado de salud
 - Toma de medicamentos.
 - 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.

Daños provocados

El exceso de calor corporal puede hacer que:

- 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:

- Erupción cutánea: excesiva sudoración o excesiva humedad ambiental produciendo una erupción roja, como también molestias en la piel con picazones intensos.
- Calambres: debido a la sudoración excesiva se produce una pérdida de las sales. Esto puede producir movimientos involuntarios de los músculos (espasmos) y dolores musculares, puede aparecer durante el trabajo o tiempo después.
- Síncope por calor: esto sucede cuando una persona se encuentra de pie e inmóvil durante mucho tiempo en un sitio de calor excesivo, lo que produce que no llegue suficiente sangre al cerebro y puede que la persona sufra desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil. Esto pueden sufrirlo sobre todo los trabajadores no aclimatados.

- Deshidratación: es la pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida. Los síntomas de la deshidratación son, sed, boca y mucosa seca, fatiga, aturdimiento, taquicardia , piel seca, etc..
- Agotamiento por calor: En condiciones de estrés térmico por calor, trabajo continuo, sin descansar o perder calor y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar. Esto produce debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, dolor de cabeza, pérdida de conciencia, etc.. Esto puede suceder cuando la temperatura supera los 39°C.
- 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.

Medidas preventivas

Ley N° 19.587 Resolución 295/2003 con Anexo III

Ropa

La ropa impermeable al vapor de agua y al aire y térmicamente aislante, así como los trajes herméticos y de capas múltiples de tela restringen fuertemente la eliminación del calor.

Para este tipo de conjuntos, la Tabla 2 no es un método de selección útil para determinar un umbral en las acciones de gestión del estrés térmico.

- barreras para el vapor de agua o a la circulación del aire
- trajes herméticos
- trajes de capas múltiples

Debe seguirse un control fisiológico y de comportamiento y la Tabla 3 para evaluar la exposición, a menos que se disponga de un método de análisis detallado adecuado a los requisitos de la ropa.

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

Categorías	Ejemplos de actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none">- Sentado sosegadamente. - Sentado con movimiento moderado de los brazos.
Ligera	<ul style="list-style-type: none">- Sentado con movimientos moderados de brazos y piernas. - De pie, con un trabajo ligero o moderado en una máquina o mesa utilizando principalmente los brazos. - Utilizando una sierra de mesa. - De pie, con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.

Categorías	Ejemplos de actividades
Moderada	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar estando de pie. - Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. - Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.
Pesada	<ul style="list-style-type: none">- Carpintero aserrando a mano. - Mover con una pala tierra seca. - Trabajo fuerte de montaje discontinuo. - Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (p.e. trabajo con pico y pala).
Muy pesada	<ul style="list-style-type: none">- Mover con una pala tierra mojada

Controles e indicaciones para los trabajadores

Controles Generales

- Dar instrucciones verbales y escritas exactas, programas de adiestramiento frecuentes y demás información acerca del estrés térmico y la tensión térmica.
- Fomentar beber pequeños volúmenes (aproximadamente un vaso) de agua fría, cada 20 minutos.
- Permitir la autolimitación de las exposiciones y fomentar la observación, con la participación del trabajador, de la detección de los signos y síntomas de la tensión térmica en los demás.
- Aconsejar y controlar a aquellos trabajadores que estén con medicación que pueda afectar a la normalidad cardiovascular, a la tensión sanguínea, a la regulación de la temperatura corporal, a las funciones renales o de las glándulas sudoríparas, y a aquellos que abusen o estén recuperándose del abuso del alcohol o de otras intoxicaciones.

- Fomentar estilos de vida sana, peso corporal ideal y el equilibrio de los electrolitos.
- Modificar las expectativas para aquellos que vuelven al trabajo después de no haber estado expuestos al calor, y fomentar el consumo de alimentos salados (con la aprobación del médico en caso de estar con una dieta restringida en sal).
- Considerar previamente la selección médica para identificar a los que sean susceptibles al daño sistémico por el calor.

Controles de trabajo específicos

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

Tiempo máximo de exposición

Ecuación de balance térmico:

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

Donde:

- Q = carga térmica, [Kcal/h].
- E = evaporación térmica del cuerpo, [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].

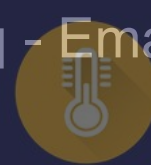
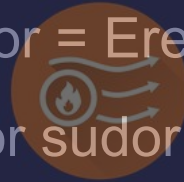


$Q = 0$ (Equilibrio térmico)

E_{req} = necesaria para mantener el equilibrio = $M \pm R \pm C$

$Q > 0$ (Ganancia neta de calor = $E_{req} - E_{max}$)

E_{max} = máximo calor eliminado por sudor



$Q < 0$ (Pérdida neta de calor = $E_{max} - E_{req}$)

Calor específico medio del organismo: 0,82 Kc/Kg°C

- $t_{ex} = 3600 / (E_{req} - E_{max})$ = permanencia máxima en zona de trabajo [minutos]
- $t_r = 3600 / (E_{max} - E_{req})$ = permanencia mínima en zona de reposo [minutos]

$E_{max} < E_{req}$



$E_{max} > E_{req}$



Índice de esfuerzo calórico (IEC)

$$\text{IEC} = (\text{Ereq}/\text{Emax}) \times 100$$

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

EJERCICIO PRÁCTICO - Tiempo máximo de exposición

Un trabajador debe ingresar y salir tres veces al día en una cámara de secado de papel para engrasar determinados elementos. Después de realizar el trabajo descansa sentado en un banco próximo.

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

Área de trabajo

- Carga térmica metabólica $M = 150$ Kcal/h
- TBS (temperatura de aire seco): 50°C
- TBH (temperatura de bulbo húmedo): 31°C
- TG (temperatura de globo o radiación): 51°C
- Velocidad del aire: Inapreciable = $0,25\text{m/s}$

Área de descanso

- Carga térmica metabólica $M = 80$ Kcal/h
- 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: $0,5\text{m/s}$

Primer paso: obtener temperaturas de rocío en la zona de trabajo y de reposo.

		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	15.5	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	22.3	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	2.8		26		
									28	27.3	26.7	26.9	26.2	24.4	23.5	22.7	21.8	20.9	19.9	18.8	17.7	16.5	15.2	13.9	12.4	10.7	8.7		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	16.7	15.4	14.1	12.4	29
											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	21.4	20.3	19.1	17.8	32
												34	33.5	33.0	32.5	31.9	31.4	30.9	30.2	29.6	29.0	28.4	27.7	27.0	26.3	25.5	24.6	23.5	22.4	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	29.1	28.3	27.2	26.1	36
														38	37.6	37.2	36.7	36.3	35.9	35.4	35.0	34.5	34.0	33.5	33.0	32.4	31.7	30.9	30.0	38

Temperatura de rocío en el área de trabajo: 24,65°C.

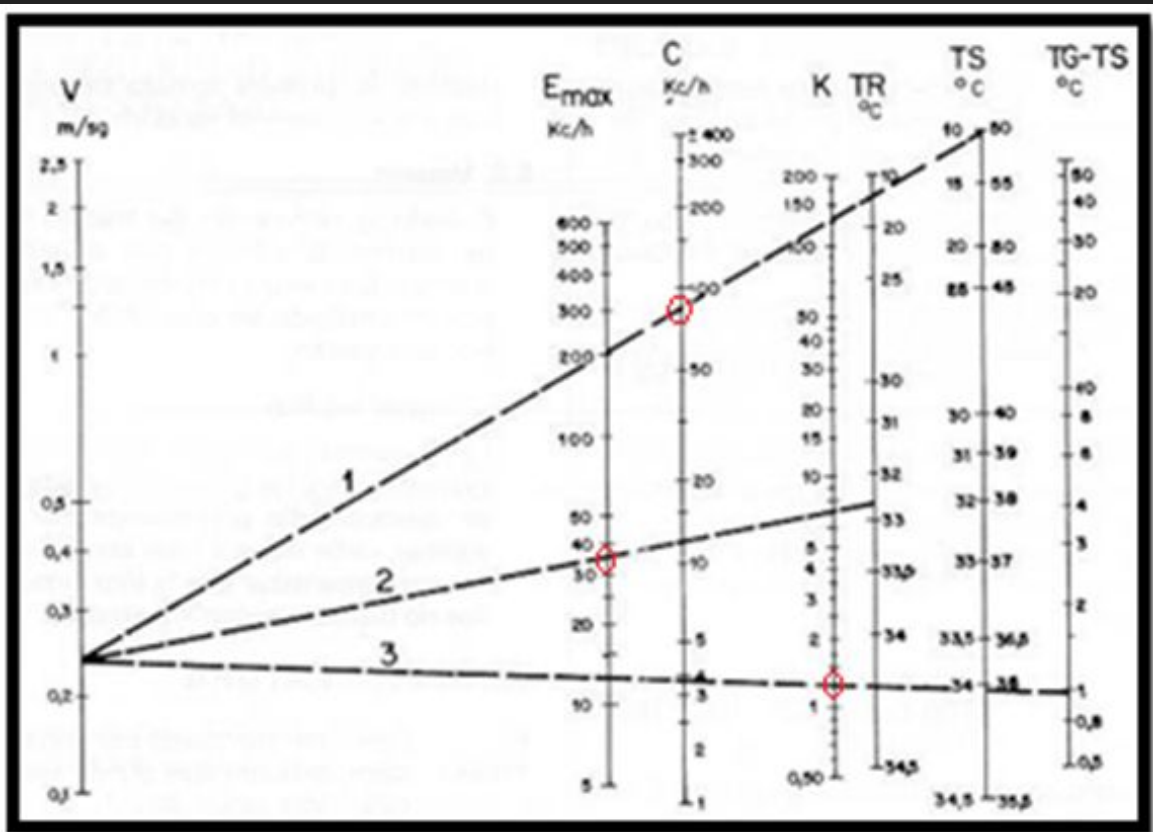
Temperatura de rocío en el área de descanso: 13,50°C.

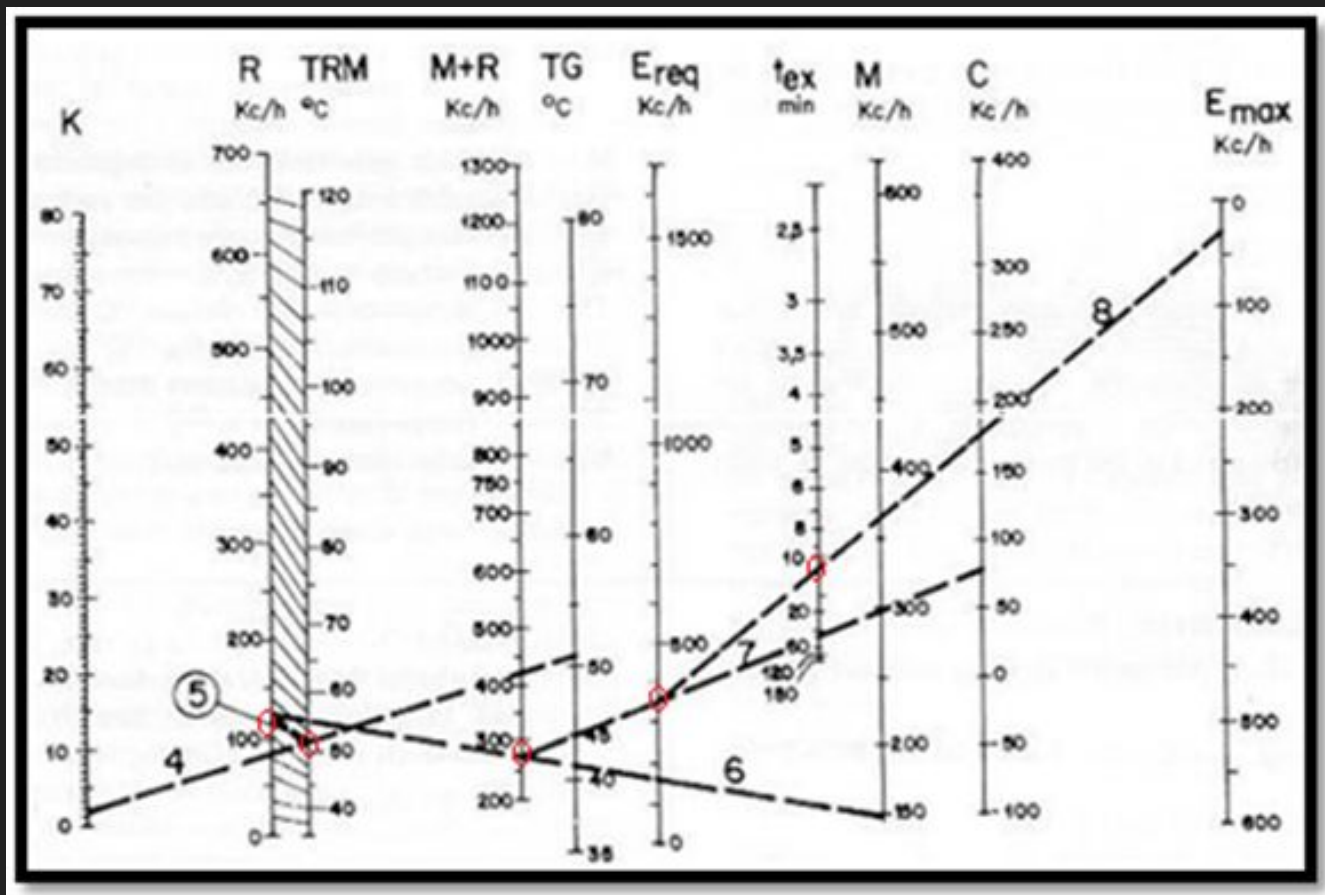
Segundo paso: obtener variable de interés a través del uso de nomogramas.

Los nomogramas están hechos en base a tres hipótesis principales:

- a. Hombre estándar 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.

Paso	Variables de entrada		Obtengo
1	V. del aire	TBS	C = calor por convección (+-)
2	V. del aire	T de rocío	E _{max}
3	V. del aire	TG-TBS	K
4	K	TG	T Radiante Media
5	TRM		R = calor por radiación
6	R	M	R+M
7	R+M	C	E _{req}
8	E _{req}	E _{max}	t _{ex}





Área de trabajo:

- $M = 150 \text{ cal/h}$
- $C = 85 \text{ Kcal/h}$
- $R = 130 \text{ Kcal/h}$
- $E_{req} = M+R+C = 365\text{Kcal/h}$
- $E_{max} = 37 \text{ Kcal/h}$

Área de descanso:

- $M = 80 \text{ cal/h}$
- $C = -60 \text{ Kcal/h}$
- $R = 100 \text{ Kcal/h}$
- $E_{req} = M+R+C = 120\text{Kcal/h}$
- $E_{max} = 350 \text{ Kcal/h}$

Tiempo máximo de exposición: $t_{ex} = 3600 / (365 - 37) = 11 \text{ min}$

Tiempo mínimo de recuperación: $t_r = 3600 / (350 - 120) = 16 \text{ min}$

EVALUACIÓN DE RIESGO



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, vestimenta y esfuerzos.

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



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

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

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG}$$

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

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TBS}$$



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

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

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

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

Consideraciones sobre TGBH:

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo debe hallarse el índice TGBH realizando tres mediciones:

- Tobillos
- Abdomen
- Cabeza

Si la posición en el puesto de trabajo es de pie, estas mediciones corresponden a 0.1m, 1.1m y 1.7m del suelo.

Si la posición de trabajo es sentado, se realizan a 0.1m, 0.6m y 1.1m.

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

Consideraciones sobre TGBH:

Si durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes se debe hallar el índice TGBH para cada periodo, y ponderarlos en el tiempo:

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

Debemos realizar ciertas correcciones dado que la medida TGBH es solamente un índice del medio ambiente.

Los criterios de selección han de ajustarse a:

La 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

Debemos realizar ciertas correcciones dado que la medida TGBH es solamente un índice del medio ambiente.

Los criterios de selección han de ajustarse a:

Las contribuciones de las demandas del trabajo continuo.

Aclimatación.

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

Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético.

Categorías	Ejemplos de actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none">- Sentado sosegadamente.- Sentado con movimiento moderado de los brazos.
Ligera	<ul style="list-style-type: none">- Sentado con movimientos moderados de brazos y piernas.- De pie, con un trabajo ligero o moderado en una máquina o mesa utilizando principalmente los brazos.- Utilizando una sierra de mesa.- De pie, con trabajo ligero o moderado en una máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.

Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético.

Categorías	Ejemplos de actividades
Moderada	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar estando de pie. - Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. - Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.
Pesada	<ul style="list-style-type: none">- Carpintero aserrando a mano. - Mover con una pala tierra seca. - Trabajo fuerte de montaje discontinuo. - Levantamiento fuerte intermitente empujando o tirando (p.e. trabajo con pico y pala).
Muy pesada	<ul style="list-style-type: none">- Mover con una pala tierra mojada

CASO PRÁCTICO



Para el ejemplo de aplicación vamos a analizar el riesgo de carga térmica positiva debido al calor de un horno pirolítico.

Se realizan medidas de campo:

Cercanas al horno donde el operario se ubica para cargar el mismo.

Durante el mes de Enero.

TG (Temperatura de Globo o Radiación): 37°C.

TBH (Temperatura de Bulbo Húmedo): 26°C.

TBS (Temperatura Ambiente de Aire Seco): 37°C.

Comenzamos evaluando la vestimenta de trabajo:

Grafa liviana: la cual no impide la eliminación de calor excesivo del cuerpo por sudoración y permite la circulación de aire, sin aislar el cuerpo del medio ambiente.

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: el tipo de actividad se encuadra dentro de las categorías ligera a moderada. Se adopta la más desfavorable:

Categorías	Ejemplos de actividades
Moderada	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar estando de pie.- Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento.- Andar en llano a 6 Km/h llevando 3 Kg de peso.

Cálculo del TGBH:

$$\text{TGBH} = 0,7 \text{ TBH} + 0,3 \text{ TG} = 29.3^{\circ}\text{C}$$

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), alternadas durante toda la jornada (no continua).

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

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

$$\text{TGBH} = 29,3 \text{ }^{\circ}\text{C} < 31 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Concluimos que:

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.

Estrés Térmico Por Frío

¿Que es?

Es cuando la disminución de la temperatura corporal cuando el calor cedido al ambiente es excesivo.

Mecanismos de defensa de nuestro cuerpo para incrementar la temperatura:

- Aumento involuntario de la actividad metabólica
- El vaso-constricción sanguíneo
- Desactivación de las glándulas sudoríparas



Síntomas

A medida que la temperatura del cuerpo disminuye, van apareciendo distintos síntomas:

Iniciales: “Sentir el frío” y dolor en las extremidades

Temperatura interna Menor a:

35°C: Fuerte Temblequeo y confusión

33°C: Hipotermia

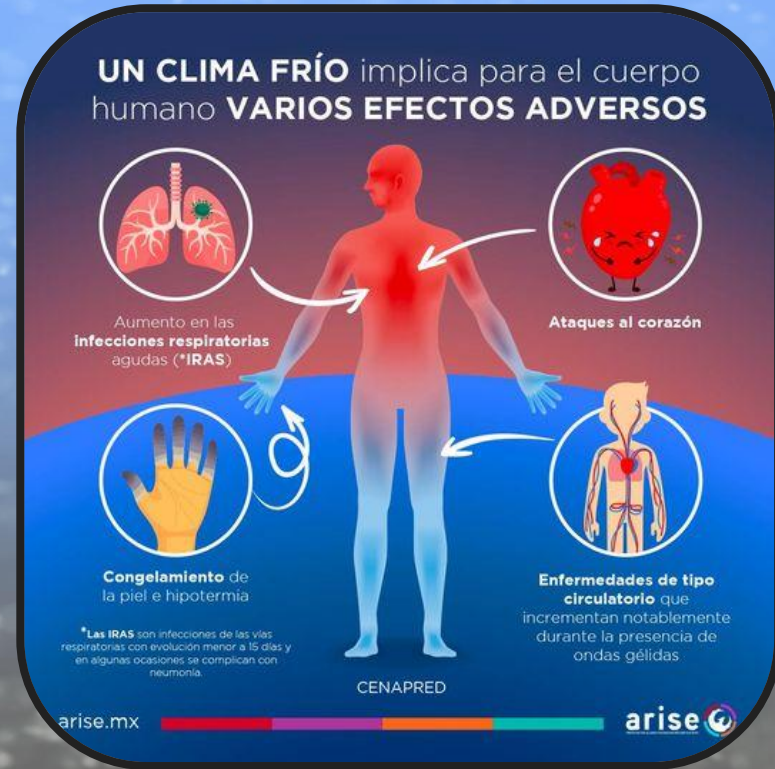
24°C: Dificultades para respirar



Consecuencias

El estrés térmico por frío puede generar las siguientes consecuencias en el ser humano:

- Hipotermia
- Disminución de la capacidad de concentración y reacción
- Pérdida de conocimiento
- Quemaduras por frío
- Congelamiento de las extremidades
- Edema Pulmonar
- Paro cardiaco
- La muerte



Condicionantes de la protección al frío



Temperatura del aire



Velocidad del aire: Un aumento en la velocidad del aire significa una disminución en la temperatura corporal



Tarea Desarrollada por el operario: La actividad física modifica el calor metabólico del operario



Límite de Exposición: Tiempo máximo de trabajo

Medidas Preventivas - De orden General



Ambientes Cálidos

Contar con zonas cálidas donde los trabajadores puedan descansar, calentarse, cambiarse, etc.



Señalizar zonas de riesgos y Aislar superficies metálicas

Lugares de frío extremo, superficies frías, etc.



Instruir a los trabajadores

Capacitar a los trabajadores para que reconozcan síntomas de hipotermia y sepan cómo actuar ante una situación así.

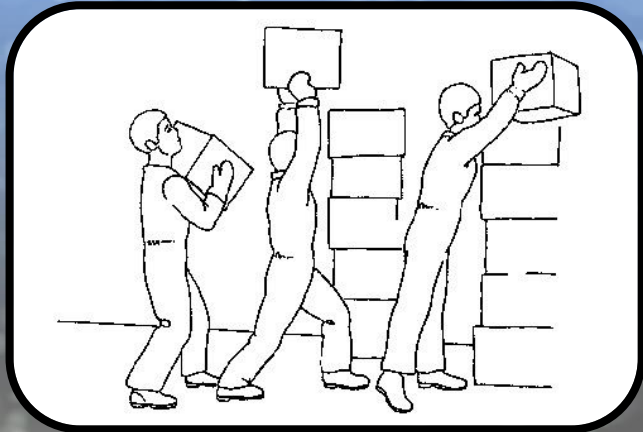
Medidas Preventivas - De Organización de Trabajo



Disminuir
tiempos
exposición



Planificar la actividad a
realizar teniendo en
cuenta los factores
ambientales



Trabajo múltiple: 2 o más
trabajadores intercalando la
actividad o acelerando el proceso

Medidas Preventivas - Personales

Uso de ropa adecuada

Menor Temperatura, mayor abrigo

Ropa en “capas”, para que el operario pueda “adaptarse” según su calor metabólico.



Acclimatación a las condiciones de trabajo

Evaluación de Riesgo

Para poder evaluar el riesgo debido al estrés térmico por frío, utilizamos el “Índice de aislamiento de vestido requerido (IREQ)”.

Este es el aislamiento que requiere la ropa que el operario utilizará, para así cumplir con la ecuación de balance térmico.

Proteccion

Para saber si el operario está protegido contra el frío, es necesario calcular el IREQmin, que depende del Nivel Metabólico, la temperatura y velocidad del viento.

Este valor se lo comparara con el Índice que otorga la ropa utilizada y se concluye si esta es adecuada o no.

En caso de que no satisfaga, el operario deberá utilizar otro conjunto de ropa o incorporar algún nuevo elemento a lo que ya utiliza.

Caso Práctico

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en un almacén frigorífico a -20°C de temperaturas del aire, realizando tareas de manejo y clasificación de cajas de productos congelados. La velocidad del aire es de 0.2m/s .

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

Ropa interior (camiseta de manga larga y calzoncillos largos)

Camisa de manga larga de franela

Pantalón del mismo tejido

Chaleco sin mangas

Pullover grueso,

Parka

Calcetines gruesos

Botas

Guantes.



Caso Práctico

Calcular el nivel metabólico del operario:

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

Nivel metabólico:

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

$$M = 217 W$$

Ahora consideramos que una persona tiene una superficie corporal de 1.8m², entonces:

$$M = 217 W/1.8m^2$$

$$M = 120W/m^2$$

Caso Práctico

Cálculo del valor de resistencia térmica que otorga la ropa utilizada por el operario

ESCRIPCIÓN DE LAS PRENDAS	RESISTENCIA TÉRMICA I_{cl} (clo)
ROPA INTERIOR	-
Calzoncillo	0.03
Calzoncillos largos	0.10
Camiseta de tirantes	0.04
Camiseta de manga corta	0.09
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

$$I = 0,10 + 0,12 + 0,30 + 0,28 + 0,12 + 0,35 + 0,70 + 0,10 + 0,10 + 0,05$$

$$I = 2.22 \text{ clo}$$

(clo es la unidad de medida utilizada cuando se mide las características térmicas de la ropa)

Caso Práctico

Corrección de la temperatura del lugar debido a la velocidad del aire

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 En < horas con piel seca. Peligro máximo de falsa sensación de seguridad.				PELIGRO CRECIENTE Peligro de que el cuerpo expuesto se congele en un minuto.			GRAN PELIGRO 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.											

0.2 m/s = 0.72 km/h

La temperatura no se ve afectada por la velocidad del viento.

Caso Práctico

Determinar el Aislamiento mínimo requerido (IREQ min)

ingresamos a una tabla con el Nivel metabólico, La velocidad del aire, y la temperatura.

V_w (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

IREQ Mínimo es de 2.20clo

$I = 2.22 \text{ clo} > 2.20 \text{ Clo min}$

Como la resistencia térmica de la ropa utilizada es mayor al aislamiento térmico requerido podemos concluir que la ropa es adecuada para la tarea.

Caso Práctico

Determinación del tiempo máximo de exposición

Ingresamos a una tabla con la resistencia térmica, el nivel metabólico, la temperatura y la velocidad del aire.

IREQ _{min} (clo) para M = 145 w/m ²							
I _{cl} (clo)	V _{av} (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: 1.16hs