

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

HIGIENE Y SEGURIDAD

Informe de Investigación

CARGA TÉRMICA

Profesor: Ing. Sanchez

Grupo Nº 13

Alumnos:

- Baumann, Leo
- Mancilla Mendoza, Maximiliano
- Padín, Neuen Antü

Año 2019

ÍNDICE

Art. 1	OBJETIVOS	1
Art. 1.1	OBJETIVOS GENERALES	1
Art. 1.2	OBJETIVOS PARTICULARES	1
Art. 2	MARCO LEGAL	1
Art. 3	DEFINICIONES Y CONCEPTOS	1
Art. 3.1	DEFINICIONES	1
Art. 3.2	CONCEPTOS	2
Art. 4	RIESGOS	8
Art. 4.1	EN CONDICIONES DE ESFUERZO POR CALOR	9
Art. 4.2	EN CONDICIONES DE ESFUERZO POR FRIO	10
Art. 5	INDICES ANALITICOS	11
Art. 5.1	EVAPORACIÓN REQUERIDA	11
Art. 5.2	EVAPORACIÓN MAXIMA PERMISIBLE	12
Art. 5.3	HUMEDAD REQUERIDA DE LA PIEL Ó INDICE DE ESFUERZO CALORICO (IEC) Y LA SUDORACIÓN REQUERIDA Ó INDICE DE ESFUERZO TÉRMICO (IET)	12
Art. 5.4	ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)	15
Art. 6	EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO	19
Art. 6.1	Sección 1: Ropa	19
Art. 6.2	Sección 2: Umbral De Selección Basado En La Temperatura Húmeda - Temperatura De Globo (TGBH)	21
Art. 6.3	Sección 3: Análisis Detallado	23
Art. 6.4	Sección 4: Tensión Térmica	24
Art. 6.5	Sección 5: Gestión del Estrés térmico y Controles	24
Art. 7	ESTRÉS POR FRIO	27
Art. 7.1	Evaluación y Control	28
Art. 7.2	Régimen De Calentamiento En El Trabajo	30
Art. 7.3	Recomendaciones Especiales Sobre El Lugar De Trabajo	32
Art. 7.4	Medidas Preventivas Generales – Específicas	32
Art. 8	Ejercicios Practicos	34
Art. 8.1	Evaluación del Estrés Térmico	34
Art. 8.2	Evaluación de los Requerimientos de la Ropa	38

Art. 1 OBJETIVOS

Art. 1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Informar sobre las exigencias de la Ley para la evaluación de las condiciones higrotérmicas de los ambientes laborales.
- Concientizar sobre los peligros por la exposición a sobrecargas térmicas.
- Incorporar las metodologías para reducir los riesgos debidos a cargas térmicas en los ambientes laborales.

Art. 1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar las condiciones higrométricas y la carga térmica de los diferentes ambientes laborales.
- Conocer las precauciones a tener en cuenta en trabajos en condiciones de Calor y Frio.
- Calculo de las protecciones necesarias en cada caso y tiempos de exposición máximos.

Art. 2 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](#)).

Particularmente, podemos encontrar desarrollados los requerimientos a cumplimentar y disposiciones generales para la evaluación en los siguientes decretos y resoluciones.

1. [Decreto 351/79 \(Art. 60\)](#) con el ANEXO II
2. [Decreto 911/96 \(Art. 137\)](#)
3. [Resolución 295/2003](#) con el ANEXO III

En esta última resolución se realiza la sustitución el ANEXO II del Decreto N° 351/79 por las especificaciones contenidas en el ANEXO III que forma parte integrante de la misma.

Art. 3 DEFINICIONES Y CONCEPTOS

Art. 3.1 DEFINICIONES

Art. 3.1.1 CARGA TÉRMINCA

Según Decreto 351, se defienden 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.

Art. 3.1.2 CONDICIONES HIGROMETRICAS

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

Art. 3.1.3 ESTRÉS TÉRMICO 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.

Art. 3.1.4 ACLIMATACIÓN

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

Art. 3.1.5 AJUSTES FISIOLÓGICOS

Mecanismos del organismo para la disipación de calor del cuerpo

Art. 3.2 CONCEPTOS

Art. 3.2.1 CONDICIONES HIGROMETRICAS

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

Los parámetros a definir son:

- Temperatura del aire
- Humedad relativa
- Intercambio calórico por radiación
- Velocidad del aire
- Intercambio calórico por convección
- Intercambio calórico por respiración
- Intercambio calórico por evaporación
- Calor metabólico

A continuación se desarrollara cada uno de los ítems mencionados.

Art. 3.2.1.1 Temperatura del Aire

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

- **TEMPERATURA DE BULBO SECO:** Se mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales. Instrumento de medición: psicrómetro o termómetro común
- **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.



Art. 3.2.1.2 Índice de Temperatura Globo Bulbo Húmedo (TGBH)

La medición de Carga Térmica consiste en determinar lo que llamamos el índice TGBH (Índice de Temperatura Globo y Bulbo Húmedo). Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas: temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y de globo con termómetros debidamente adaptados, o con equipos electrónicos certificados. Pero 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, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar.

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice TGBH realizando tres mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión:

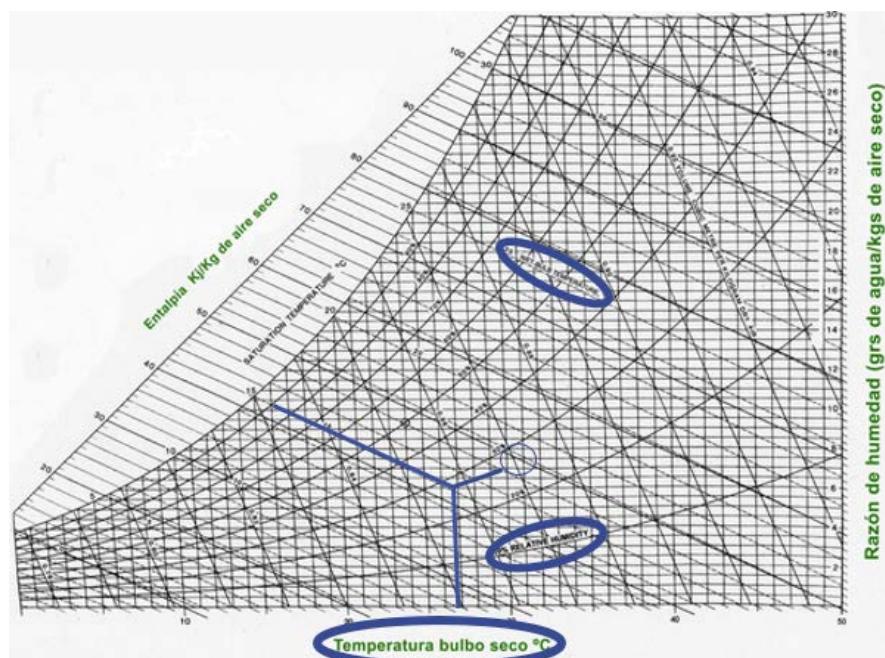
$$TGBH = \frac{TGBH(\text{cabeza}) + 2 \cdot TGBH(\text{abdomen}) + TGBH(\text{tobillos})}{4}$$

Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado. Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Art. 3.2.1.3 Humedad Relativa

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

$$\phi = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p_{\text{H}_2\text{O}}^*}.$$



Art. 3.2.1.4 Velocidad Del Aire

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

Para su determinación in situ, se utilizan Anemómetros digitales.



Art. 3.2.1.5 Intercambio Calórico Por Radiación

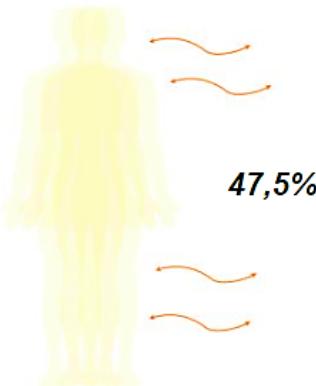
Forma de transmitir energía calórica a distancia. Es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura, en este caso no existe contacto entre los cuerpos, ni fluidos intermedios que transporten el calor.

Ley de stefan boltzmann:

Establece que la cantidad total de calor emitida (en todas las longitudes de onda), por unidad de tiempo y por unidad de superficie del cuerpo negro, es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo.

$$\sigma = 4,96 \times 10^{-8} \text{ Kcal / m}^2 \text{ h } ^\circ\text{K}^4$$

$$P = e\sigma A(T^4 - T_C^4)$$

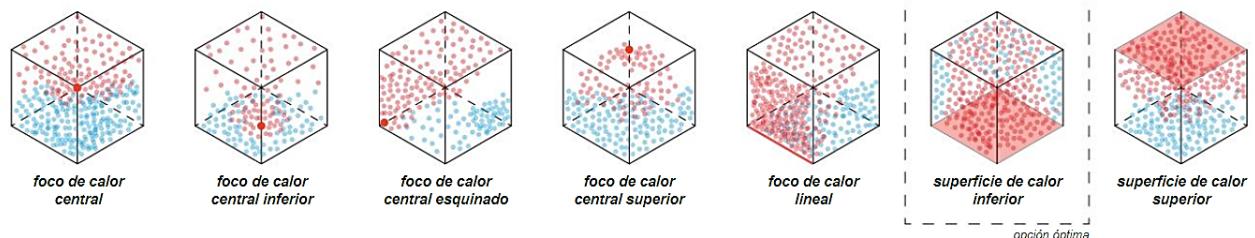


El cuerpo humano emplea la **radación** para intercambiar la **mayor parte** de su calor con el ambiente, un **47,5%** aproximadamente, frente al resto de métodos de intercambio de calor. Por lo tanto, los edificios basados en la radación tendrán una **mayor eficiencia** que los existentes en la actualidad, basados en su gran mayoría en la convección por aire.

Art. 3.2.1.6 Intercambio Calórico Por Convección

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

$$C = k \cdot A \cdot (T_{bs} - T_{piel})$$



Art. 3.2.1.7 Intercambio Calórico Por Respiración

Se produce por vaporización del agua en los pulmones.

En la espiración se produce un intercambio de calor ya que existen diferencias de temperaturas entre el aire exhalado (se considera la temperatura del aire exhalado igual a 34 °C) y el inhalado, y porque existen diferencias en el contenido de vapor. La transferencia de calor debida a la respiración normalmente es insignificante.

El calor intercambiado por convección respiratoria viene dado por:

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

Siendo:

C_{res} : pérdida de calor por convección respiratoria, (W/m^2)

M: calor metabólico, (W/m^2)

t_a : temperatura del aire en el ambiente, ($^{\circ}\text{C}$)

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

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

Siendo:

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

Art. 3.2.1.8 Intercambio Calórico Por Evaporación

La evaporación del sudor es uno de los mecanismos más efectivos mediante el cual el cuerpo puede mantener su temperatura interna dentro de los valores normales, incluso cuando se realizan tareas que requieren un esfuerzo físico considerable.

La cantidad de sudor que se evapora varía mucho en función del trabajo que se realice, del tipo de vestido, de la velocidad del aire, de la humedad del ambiente, y está limitada por la capacidad de sudar de cada persona. Las personas habituadas a trabajar en ambientes calurosos, o a realizar trabajos duros, pueden incrementar considerablemente su capacidad de sudoración, con lo que obtienen un mayor control sobre la temperatura corporal.

Cada gramo de sudor evaporado requiere un aporte de calor por parte del cuerpo de 0,58 kcal. Una persona aclimatada puede llegar a sudar 1 litro por hora. Así, por ejemplo, para una sudoración de 3,5 litros, si todo este vapor se evapora, se produce un intercambio de calor de 673 W (374 W/m²) para una superficie corporal de 1,8 m², lo que supone una cantidad de 8485 kJ.

Con actividades moderadas (trabajo de oficina, profesores, vendedores, industria ligera, etc.) la evaporación es de menor importancia y comporta alrededor del 25% de las pérdidas de calor.

La pérdida de calor por evaporación tiene lugar en parte por la difusión del vapor de agua a través de la piel, y en parte por evaporación del sudor de la superficie dérmica (el agua toma calor de la piel para evaporarse).

La cantidad de agua que se pierde por difusión a través de la piel, y su correspondiente pérdida de calor, es función de la diferencia entre la presión de vapor de agua saturado (tensión máxima de saturación) a la temperatura de la piel, y la presión de vapor de agua en el ambiente (presión parcial o tensión de vapor).

$$E = 3.05 \cdot 10^{-3} \cdot (p_p - p_a)$$

Siendo:

E : pérdida de calor por difusión a través de la piel (W/m²)

p_p : presión de vapor de agua saturado a la temperatura de la piel (Pa)

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

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

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

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

Art. 3.2.1.9 Calor Metabólico

Es el conjunto de procesos físicos y químicos del cuerpo que producen y usan energía. Como resultado del equilibrio dinámico entre la producción de calor y el intercambio calórico con el medio ambiente que rodea al individuo.

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

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

procesos catabólicos	procesos anabólicos
glúcidios: glucólisis, fermentación, oxidación del piruvato	gluconeogénesis
lípidos: activación de ácidos grasos, beta oxidación	quimiosíntesis
proteínas: desanimación, esqueleto carbonado	biosíntesis de proteínas y de ácidos grasos

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

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

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

$$M = M_b + M_I + M_{II}$$

- M = calor metabólico
- Mb = metabolismo basal
- MI = depende de la posición del cuerpo
- MII = depende del tipo de trabajo

Art. 3.2.1.9.1 Determinación del Calor Metabólico

Está definido dentro del Decreto Reglamentario 351/1979 – Ley 19.587.

Para su determinación deben utilizarse las tablas del Anexo II.

"Las determinaciones se efectuarán en condiciones similares a las de la tarea habitual. Si la carga térmica varía a lo largo de la jornada, ya sea por cambios de las condiciones higrotérmicas del ambiente, por ejecución de tareas diversas con diferentes metabolismos, o por desplazamiento del hombre por distintos ambientes, deberá medirse cada condición habitual de trabajo.

El índice se calculará según el Anexo II a fin de determinar si las condiciones son admisibles de acuerdo a los límites allí fijados.

Cuando ello no ocurra deberá procederse a adoptar las correcciones que la técnica aconseje."



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEFyN

Se considerará el calor metabólico (M) como la sumatoria del metabolismo basal (MB), y las adiciones derivadas de la posición (MI) y del tipo de trabajo (MII), por lo que:

$$M = M_b + M_I + M_{II}$$

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

Art. 3.2.2 BALANCE CALÓRICO

Despreciando la pérdida de calor por respiración, la ecuación del balance calórico sería:

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

Esto significa que el calor generado por metabolismo debe perderse por radiación y convección

El calor metabólico es positivo, mientras que los calores radiante y convectivo pueden tener signo positivo ó negativo.

- *Cuando la expresión da cero* hay equilibrio calórico y todo el calor metabólico se disipa por radiación ó convección. **No hay carga calórica.**
- *Cuando la expresión da como resultado menos que cero*, aparece el **esfuerzo por frío**.
- *En caso de obtener un resultado mayor que cero*, el calor debe eliminarse por otra vía que no sea radiación y/ó convección, queda como única alternativa evaporigación. Entonces aparece el **esfuerzo por Calor**.

Art. 4 RIESGOS

En el siguiente apartado se busca identificar cuáles son los riesgos a los que se exponen las personas que se encuentran realizando tareas en condiciones de exposición a cargas térmicas.

HIGIENE y SEGURIDAD

Informe Carga Térmica 2019

Podemos clasificar los riesgos según el resultado del balance calórico sea mayor o menor que cero.

Art. 4.1 EN CONDICIONES DE ESFUERZO POR CALOR

Cuando el balance calórico es mayor a cero, entonces el trabajador se encuentra realizando un sobre esfuerzo debido al déficit de energía que su cuerpo presenta. En condiciones higrométricas severas la consecuencia de realizar las tareas puede conducir a diferentes enfermedades. A saber:

ENFERMEDADES RELACIONADAS CON EL CALOR	CAUSAS	SINTOMAS
ERUPCIÓN CUTÁNEA	Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesiva humedad ambiental	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Picos intensos. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien.
CALAMBRES	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda mucho. Bebida de grandes cantidades de agua sin que ingieran sales para reponer las perdidas con el sudor.	Espasmos (movimientos involuntarios de los músculos) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc. Pueden aparecer durante el trabajo o después.
SÍNCOPE POR CALOR	Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Pueden sufrirlo sobre todo los trabajadores no aclimatados al calor al principio de la exposición.	Desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.
DESHIDRATACIÓN	Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida.	Sed, boca y mucosa secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, micciones menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura.
AGOTAMIENTO POR CALOR	En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado, sin descansar o perder calor y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar. Puede desembocar en golpe de calor.	Debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia, pero sin obnubilación. Piel pálida, fría y mojada por el sudor. La temperatura rectal puede superar los 39°C.
GOLPE DE CALOR	En Condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado de trabajadores no aclimatados, mala forma física, susceptibilidad individual, enfermedad cardiovascular crónica, toma de ciertos medicamentos, obesidad, ingesta de alcohol, deshidratación, agotamiento por calor, etc. Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos. Fallo del sistema de termorregulación fisiológica. Elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, riñones, hígado, etc., con alto riesgo de muerte.	Taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudación, irritabilidad, confusión y desmayo. Alteraciones del sistema nervioso central. Piel caliente y seca, con cese de sudoración. La temperatura rectal puede superar los 40.5 °C. PELIGRO DE MUERTE

Art. 4.2 EN CONDICIONES DE ESFUERZO POR FRIO

La temperatura interna del cuerpo es la temperatura determinada mediante mediciones de la temperatura rectal con métodos convencionales. Para una sola exposición ocasional a un ambiente frío, se debe permitir un descenso de la temperatura interna hasta 35°C (95°F) solamente. Además de las previsiones para la protección total del cuerpo, **el objetivo de los valores límite es proteger a todas las partes del cuerpo y, en especial, las manos, los pies y la cabeza de las lesiones por frío.**

Entre los trabajadores, las exposiciones fatales al frío han sido casi siempre el resultado de exposiciones accidentales, incluyendo aquellos casos en que no se puedan evadir de las bajas temperaturas ambientales o de las de la inmersión en agua a baja temperatura. **El único aspecto más importante de la hipotermia que constituye una amenaza para la vida, es el descenso de la temperatura interna del cuerpo.** En la siguiente tabla se indican los síntomas clínicos que presentan las víctimas de hipotermia.

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

Por otro lado, además de la hipotermia, los trabajadores se encuentran susceptibles a padecer a causa del estrés por frío otro tipo de patologías, algunas de ellas pueden ser:

- Enfriamientos
- Congelamiento parcial

- Congelamientos
- Quemaduras por frío (sabañones)
- Pie de inmersión
- Disminución de la capacidad de concentración y reacción
- Pérdida del conocimiento
- Paro cardíaco

Art. 5 INDICES ANALITICOS

Los índices analíticos están normalmente basados en el análisis del balance calórico humano, y en el intercambio calórico con el ambiente. Éste índice generalmente incluye como mínimo cuatro parámetros ambientales y lo normal es evaluar el nivel de actividad y la carga impuesta por la vestimenta. Estudiaremos ahora los índices más conocidos.

Art. 5.1 EVAPORACIÓN REQUERIDA

La acumulación de calor en el cuerpo humano (Q) se puede expresar como la suma algebraica de los siguientes términos:

$$Q = M - W - K - C - R - C_{res} - E_{res} - E$$

Donde:

- M es la producción de energía metabólica.
- W es el trabajo exterior útil.
- K es el calor intercambiado con el ambiente por conducción (despreciable).
- C es el calor intercambiado por convección.
- R es el calor intercambiado por radiación.
- C_{res} es el calor intercambiado por convección respiratoria (despreciable).
- E_{res} es el calor latente intercambiado a través de la respiración (despreciable).
- E es el calor intercambiado por la evaporación del sudor.

Todos los términos de la ecuación están expresados como potencia por unidad de superficie corporal y las unidades que se emplean son normalmente W/m^2 .

Puede despreciarse la pérdida de energía como consecuencia del trabajo útil desarrollado en la actividad laboral, pues el rendimiento real del organismo suele ser pequeño en casi todas las tareas.

La transmisión por conducción de calor (K) no es tenida en cuenta, debido a lo pequeñas que resultan las superficies de contacto frente a la superficie corporal, al aislamiento que suponen las prendas de vestir y a que, en general, cuando las superficies de contacto están a muy diferente temperatura de la piel, éstas suelen estar aisladas. Por otra parte, la transmisión de calor que se lleva a cabo por conducción puede, en general, estar asumida cuantitativamente por los intercambios de calor por convección y radiación que habría si las superficies no estuvieran en contacto con la piel.

Para mantener constante la temperatura del cuerpo, el término Q debe ser nulo y entonces el término de evaporación del sudor se denomina evaporación requerida (E_{req}), es decir, es el flujo de calor por evaporación del sudor necesario para mantener el equilibrio térmico del cuerpo, y por lo tanto para que el almacenamiento de calor sea nulo.

$$E_{req} = M - C - R$$

Art. 5.2 EVAPORACIÓN MAXIMA PERMISIBLE

La pérdida de calor por evaporación se considerará permisible o no, en función de la comparación con la evaporación máxima permisible. Siendo el flujo máximo de calor por evaporación en caso de que la piel este completamente humeda:

$$E_{máx} = \frac{p_p - p_a}{R_t}$$

Donde:

- $E_{máx}$: evaporación máxima permisible (W/m^2)
- p_p : presión parcial de vapor de agua saturado a la temperatura de la piel (kPa)
- p_a : presión parcial del vapor de agua del ambiente (kPa)
- R_t : resistencia total del vestido y de la capa límite del aire a la evaporación ($m^2 \cdot kPa/W$)

La resistencia dinámica total a la evaporación de la ropa y la capa límite de aire (R_t) se calcula teniendo en cuenta la influencia del movimiento del aire y del cuerpo, así como también el índice de permeabilidad de la ropa. Este último, representa la resistencia del atuendo indumentario al paso del vapor de agua, o sea, la resistencia a la evaporación, en este caso del sudor. El valor que se toma en ausencia de datos más concretos, es un valor medio para tejidos estándar (no ropa especial de trabajo).

Si bien la sudoración es un mecanismo fisiológico de prevención, la eficacia de la sudoración está condicionada por las variables del ambiente térmico, especialmente por la humedad y la velocidad del aire.

Art. 5.3 HUMEDAD REQUERIDA DE LA PIEL Ó INDICE DE ESFUERZO CALORICO (IEC) Y LA SUDORACIÓN REQUERIDA Ó INDICE DE ESFUERZO TÉRMICO (IET)

La importancia de este método radica en que no sólo proporciona los intervalos idóneos de sudoración requerida para colocar a la persona en situación de equilibrio térmico sino que, además, su interpretación establece una comparación entre la sudoración, la humedad de la piel y la evaporación del sudor requeridas por la actividad, y lo que es fisiológicamente posible y aceptable para el operario.

Se apoya en la ecuación de balance térmico, y para el confort, basa su cálculo en el conocimiento de los seis parámetros básicos:

- 1) Carga metabólica
- 2) Temperatura del aire
- 3) Temperatura radiante media

- 4) Velocidad del aire
- 5) Aislamiento térmico de la ropa
- 6) Humedad relativa (o presión parcial del vapor de agua)

La metodología se basa en la comparación de los valores de dos variables, la humedad de la piel y la producción de sudor necesarias en unas determinadas condiciones de trabajo, frente a los valores fisiológicamente posibles de esas variables. La estimación de dichos valores se obtiene en el desarrollo de las siguientes etapas:

- *Determinación de la evaporación requerida (E_{req}) para que se mantenga el equilibrio térmico del organismo.*
- *Determinación de la evaporación máxima permitida ($E_{máx}$) por las condiciones ambientales.*
- *Cálculo de la sudoración requerida (SW_{req}) y de la humedad requerida de la piel (w_{req}).*

La humedad de la piel (w) en una situación de trabajo determinada se define como un factor que multiplicado por la evaporación máxima da el valor de la evaporación real:

$$w \cdot E_{máx} = E$$

La humedad requerida de la piel está entonces expresada como la razón entre la evaporación requerida y la evaporación máxima:

$$w_{req} = \frac{E_{req}}{E_{máx}}$$

El cálculo de la sudoración se basa en la expresión:

$$SW = \frac{E}{r}$$

Donde r es la eficacia evaporativa de la sudoración del individuo desnudo, coeficiente adimensional que es función de la humedad de la piel:

$$r = 1 - \frac{w^2}{2}$$

Luego:

$$r_{req} = 1 - \frac{w_{req}^2}{2}$$

La sudoración requerida (SW_{req}) se obtiene al dividir el flujo de calor por evaporación requerido por la eficiencia evaporativa (r_{req}) o fracción de sudor que condensa debido a variaciones pronunciadas de la humedad local de la piel:

$$SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}$$

Obviamente, para cualquier persona:

- 1) la sudoración requerida SW_{req} no puede exceder a la sudoración máxima $SW_{máx}$ y
- 2) la humedad requerida de la piel w_{req} , no puede exceder a la humedad máxima $w_{máx}$, y
- 3) estos valores máximos están en función de la aclimatación del sujeto.

Cuando la evaporación de sudor requerida (E_{req}) es mayor que la (E) se produce un almacenamiento de calor (Q) en el organismo, que se determina a partir de la diferencia entre la evaporación del sudor requerida para que se cumpla el balance térmico (E_{req}), la evaporación previsible (E).

La interpretación de los valores calculados se basa en:

a) *Dos criterios de estrés:*

- 1) La máxima humedad de la piel, $w_{máx}$
- 2) La máxima sudoración, $SW_{máx}$

b) y en dos límites de tensión térmica:

- 1) La máxima acumulación de calor, $Q_{máx}$
- 2) La máxima pérdida de agua, $D_{máx}$

En caso de desequilibrio térmico, la acumulación de calor, Q, debe limitarse por un valor máximo, $Q_{máx}$, tal que el resultado de un incremento de la temperatura corporal no suponga ningún efecto patológico.

Por último, la pérdida de agua debe limitarse a un valor máximo, $D_{máx}$, compatible con el equilibrio hidromineral del cuerpo.

Variable	Sujeto No Aclimatado		Sujeto Aclimatado	
	Alarma	Peligro	Alarma	Peligro
Calor máximo acumulado $Q_{máx}$ (W.h/m ²)	50	60	50	60
Sudoración $SW_{máx}$ (W.h/m ²)	200	250	300	400
$D_{máx}$ (W.h/m ²)	1000	1250	1500	2000
Humedad máxima e la piel $w_{máx}$	0.85	0.85	1	1

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

Art. 5.3.1 TIEMPO DE EXPOSICIÓN

La exposición a condiciones de estrés lleva a dos tipos importantes de riesgo: la deshidratación, y el golpe de calor, de ahí que se deba establecer un tiempo máximo de permanencia en una situación dada, que se denomina tiempo límite de exposición ($T_{máx\ exp}$).

El tiempo máximo de exposición puede determinarse como función de los valores máximos de almacenamiento de calor ($Q_{máx}$) y la máxima pérdida de agua ($D_{máx}$).

Cuando la evaporación prevista es igual a la requerida y la sudoración prevista es inferior a la octava parte del límite máximo de pérdida de agua:

$$E = E_{req}$$
$$SW < \frac{D_{máx}}{8}$$

Entonces no hay límite de tiempo de exposición en las 8 horas de la jornada laboral. En esta situación, SW puede utilizarse como índice comparativo para las condiciones de estrés térmico.

Si alguna de estas dos condiciones no se cumple, se deberá calcular el tiempo límite de exposición.

Si la evaporación requerida no puede alcanzarse, la diferencia entre E_{req} y E representa la acumulación de calor, teniendo en cuenta que el cuerpo humano necesita 63Kcal/h de calor para producir una elevación de temperatura corporal de 0,75°C en un periodo de tiempo de 1 hora, y tomando este valor como un parámetro admisible, el tiempo de exposición máxima que una persona puede permanecer en un lugar queda definida por la siguiente ecuación:

$$T_{máx\ exp\ 1} = \frac{63\ kcal/h}{(E_{REQ} - E)} * 60min$$

Si, por otra parte, la sudoración prevista supone una pérdida hídrica muy importante, el tiempo de exposición viene dado por la siguiente expresión:

$$T_{máx\ exp\ 2} = \frac{D_{máx}}{SW} * 60min$$

El $T_{máx\ exp}$ menor es la que se toma como tiempo límite de exposición.

En situaciones de trabajo para las cuales la tasa máxima de evaporación, $E_{máx}$, es negativa, tal que se alcanza la condensación del vapor de agua en la piel, y/o el tiempo de exposición permitido es menor de 30 minutos, se tomarán medidas especiales de precaución, así como la vigilancia de los parámetros fisiológicos de los trabajadores.

Art. 5.4 ÍNDICE DEL AISLAMIENTO DEL VESTIDO REQUERIDO (IREQ)

A través del vestido, se puede a menudo controlar y regular el calor corporal perdido para equilibrar un cambio en el clima ambiente. El método analítico que se presenta en

la Norma ISO 11079 está basado en la evaluación del aislamiento requerido para mantener en equilibrio el balance térmico del cuerpo.

La unidad del aislamiento térmico de la ropa (I_{clo}) más usual es el clo, que se define como el aislamiento necesario para mantener confortable a una persona que desarrolle una actividad sedentaria (menos de 60 W/m²) a una temperatura de 21 °C.

A su vez, los movimientos del cuerpo y el viento provocan cambios en las capas de aire fijas y reducen el aislamiento de la ropa. Asimismo, la permeabilidad al aire de los tejidos (materiales impermeables al viento son menos sensible al efecto del frío), el diseño y fabricación de las prendas, el tipo de actividad que desarrolla el trabajador y la manera en que uno se coloca la ropa también influyen en el aislamiento real. Por lo cual aislamiento térmico resultante de la ropa (I_{clr}) se corrige considerando el viento, la actividad y la permeabilidad al aire de la capa externa proporciona un valor que permite una comparativa más realista (I_{clr}).

El método propuesto por la norma consiste en resolver la ecuación de balance de calor entre la persona y el ambiente según el IREQ necesario para mantener el balance de calor en equilibrio bajo un criterio específico de esfuerzo fisiológico.

Partiendo de la ecuación de balance térmico, y que el flujo de calor seco (R+C) hasta la superficie de la ropa depende del aislamiento térmico de la ropa y del gradiente de temperatura entre las superficies de la piel (t_{sk}) y de la ropa se obtiene (t_{cl}):

$$-\frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{clr}} = (R + C) = M - E - Q$$

Considerando que el índice IREQ es el valor de aislamiento térmico resultante (I_{clr}) que garantiza que no hay pérdida neta de calor en el cuerpo ($Q = 0$):

$$t_{cl} = t_{sk} - IREQ \cdot (M - E - Q)$$

Para el cálculo del IREQ es que se mantenga el balance térmico ($Q=0$), pero esto no significa que la situación sea confortable para el trabajador. El equilibrio térmico del cuerpo puede obtenerse a diferentes niveles de sobrecarga fisiológica: alta o baja.

El IREQ se define en dos niveles de esfuerzo fisiológico:

- El IREQ_{min}, representa el aislamiento térmico del vestido resultante (I_{clr}) mínimo para evitar el enfriamiento general del cuerpo, mantener el equilibrio térmico en un nivel subnormal de temperatura corporal media. El mínimo IREQ representa el enfriamiento más alto admisible en el trabajo.
- El IREQ_{neutral} además de evitar el enfriamiento general del cuerpo proporciona confort térmico.

El cálculo del IREQ se realiza sobre la persona media. La interpretación del IREQ para determinar el aislamiento del vestido requerido sólo puede servirnos de guía para casos individuales. La variación en términos de capacidad fisiológica, comportamiento frente al vestido, y necesidades subjetivas y preferencias es grande. La selección individual del vestido acorde con el ambiente, preferentemente se realiza de acuerdo con sus experiencias y preferencias.

El principal objetivo del método IREQ consiste en analizar si la ropa seleccionada ofrece un aislamiento suficiente como para mantener un equilibrio térmico determinado. Por



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEFyN

lo que una vez obtenidos los valores de IREQ, se obtienen para cada criterio (mínimo o neutro) el aislamiento de la ropa necesario ($I_{cl \ min}$ e $I_{cl \ neutro}$) y comparándolos con el valor de ropa utilizado (I_{cl}) se pueden dar tres situaciones.

VALORACIÓN	EFFECTO	ACCIONES
$I_{cl} > I_{cl \ neutro}$	Zona cálida o sobrecaleñada: Aislamiento excesivo por lo que hay riesgo de sobrecaleñamiento, sudoración excesiva y absorción de humedad por la ropa, que asila menos de lo previsto.	Se debe reducir el nivel de aislamiento de la ropa.
$I_{cl \ min} < I_{cl} < I_{cl \ neutro}$	Zona neutra: La ropa utilizada proporciona un aislamiento térmico adecuado. La percepción es de "ligeramente frío" hasta "neutro". Cuando I_{cl} es inferior a $I_{cl \ neutro}$, el cuerpo no puede mantener el equilibrio de forma prolongada.	<ul style="list-style-type: none"> No se requiere acción alguna respecto al enfriamiento general. Se debe realizar la evaluación del enfriamiento local. Calculo de D_{lim} (tiempo exposición antes de llegar a sobrecarga baja) y también del tiempo de recuperación (D_{rec}).
$I_{cl} < I_{cl \ min}$	Zona fría: La ropa utilizada no evita el enfriamiento del cuerpo, por lo que el aislamiento térmico es insuficiente y aumenta el riesgo de hipotermia.	Existe 2 posibilidades: <ul style="list-style-type: none"> Incrementar el aislamiento de la ropa. Limitar la exposición (cálculo D_{lim}).

Tal como se indica en el cuadro, un aislamiento térmico excesivo de la ropa respecto del valor requerido ($IREQ_{neutro}$), en particular en el caso de una actividad intensa, da lugar a un aporte de calor excesivo. La sudoración asociada, la absorción del sudor y el progresivo aumento de humedad de las capas de la ropa, disminuyen las propiedades aislantes y pueden poner en peligro el adecuado equilibrio térmico durante una exposición prolongada al frío. En tales condiciones, se recomienda que las personas tengan acceso a ropa adicional para cambiarse y/o a un refugio con calefacción para pausas y descanso.

El cálculo exacto del IREQ, tiempo máximo admisible y tiempo de recuperación precisa la utilización de un programa informático o calculadora programable. En tablas se dan los valores del IREQ en función de la velocidad y la temperatura del aire y del nivel de actividad. En el documento ISO/TR 11079:1993, se publica el programa informático adecuado.

Art. 5.4.1 TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE RECUPERACIÓN

Si el aislamiento del conjunto de ropa seleccionado (I_{clr}) es menor que el valor de aislamiento requerido (IREQ), se produce un enfriamiento progresivo, por lo cual, el tiempo de exposición debe limitarse para prevenir un enfriamiento corporal excesivo. El tiempo límite de exposición ($T_{lim \ exp}$) al frío, se define como el tiempo máximo recomendado de exposición con el vestido disponible o seleccionado. Para el cálculo de $T_{lim \ exp}$ se considera el tiempo máximo de exposición según la ropa que utiliza el trabajador, es decir, corresponde al tiempo necesario para perder 144 kJ/m² de calor (Q_{lim}). De esta forma, el valor de $T_{lim \ exp}$ se calcula mediante la ecuación:

$$T_{lim \ exp} = \frac{Q_{lim}}{Q}$$

Q (pérdida de calor) se calcula por la ecuación de balance térmico.

El $T_{lim \ exp}$ puede calcularse para los dos niveles establecidos de sobrecarga, alta y baja. Se aplica la misma cantidad de reducción de calor en ambos casos.

Se recomienda calcularlo a partir del valor del $IREQ_{neutro}$ y valorar una reducción del tiempo cuando el trabajador ya haya sufrido cierta pérdida de calor en el inicio de la exposición.

Tras una exposición al frío en la que se ha producido un enfriamiento general del cuerpo, es decir, cuando nos encontramos en la zona neutra ($I_{clr} < IREQ_{neutro}$) y desde el punto de vista preventivo es útil conocer el tiempo de recuperación necesario para que un individuo expuesto a ambientes fríos recupere la energía calorífica que ha perdido.

En este caso, se calcula de manera equivalente al tiempo límite de exposición pero considerando las condiciones ambientales y del tipo ropa (si existe cambio) de la zona de recuperación:

$$T_{rec} = \frac{Q_{lim}}{Q'}$$

Donde Q_{lim} es el mismo valor que el utilizado para $T_{lim\ exp}$, pero en este caso positivo (ganancia).

En el caso de cambio de ropa durante la recuperación debe efectuarse un nuevo cálculo para el $IREQ$.

Enfriamiento general	Sobrecarga alta	Sobrecarga baja
$IREQ$	mínimo	neutro
t_{sk} (°C)	$t_{sk} = 33,34 - 0,0354 \cdot M$	$t_{sk} = 35,7 - 0,0285 \cdot M$
w	0,06	$w = 0,0001 \cdot M$
D_{lim}	largo	corto
Q_{lim} (kJ/m ²)	144	144

Art. 6 EVALUACIÓN DEL ESTRÉS TÉRMICO

Según las modificaciones incorporadas a la Ley 19.578 por la Resolución 295/03 - Anexo III,

el proceso de la toma de decisión debe iniciarse si hay informes o malestar debidos al estrés térmico o cuando el juicio profesional lo indique. Y el proceso a seguir está definido por el siguiente esquema:

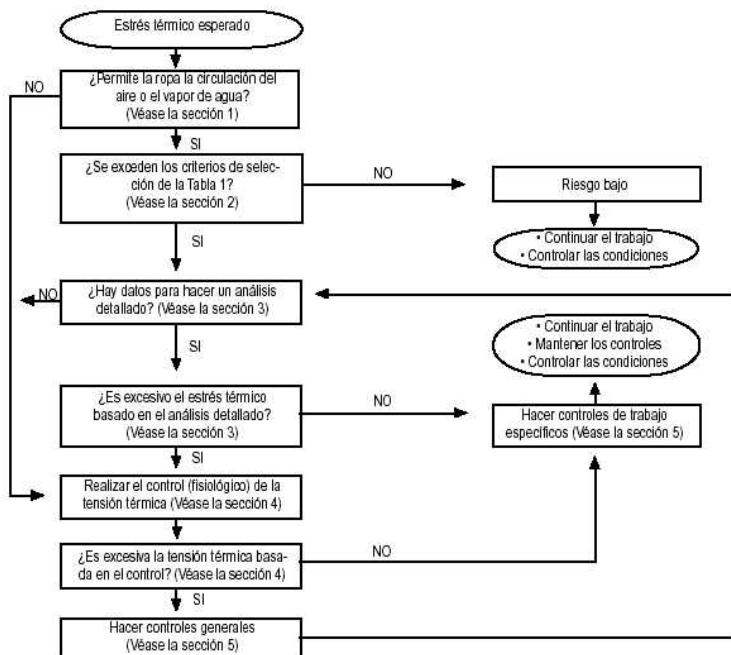


Figura 1. Esquema de evaluación para el estrés térmico.

Figura 1 Anexo III - Res 295/03

Art. 6.1 Sección 1: Ropa.

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

La figura 1 lleva implícita una toma de decisión sobre la ropa y de cómo puede afectar a la pérdida de calor. La evaluación de la exposición al calor basada en el índice TGBH se desarrolló para un uniforme de trabajo tradicional con camisa de mangas largas y pantalones.

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

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

Si los trabajadores necesitan llevar ropa que no está descrita por ningún conjunto de la Tabla 1, entonces debe seguirse la línea del NO del esquema de la Figura 1.

Esta decisión se aplica especialmente para conjuntos de ropa que sean:

- 1) barreras para el vapor de agua o a la circulación del aire,
- 2) trajes herméticos,
- 3) trajes de capas múltiples.

Para este tipo de conjuntos, la Tabla 2 no es un método de selección útil para determinar un umbral en las acciones de gestión del estrés térmico, y deben asumirse algunos riesgos. Debe seguirse un control fisiológico y de comportamiento como el que se describe en la Sección 4 y en la Tabla 3 para evaluar la exposición, a menos que se disponga de un método de análisis detallado adecuado a los requisitos de la ropa.

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

Exigencias de Trabajo	Aclimatado				Sin aclimatarse			
	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 Cº)

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

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none"> -Sentado sosegadamente -Sentado con movimientos moderados 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 un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	<ul style="list-style-type: none"> -Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. -Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg 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.

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

Art. 6.2 Sección 2: Umbral De Selección Basado En La Temperatura Húmeda - Temperatura De Globo (TGBH).

La medida TGBH proporciona un índice útil del primer orden de la contribución ambiental del estrés térmico.

Esta medida se ve afectada por la temperatura del aire, el calor radiante y la humedad. Como aproximación que es, no tiene en cuenta la totalidad de las interacciones entre una persona y el medio ambiente y no puede considerar condiciones especiales como el calentamiento producido por una fuente de radiofrecuencia/microondas.

Los valores TGBH (índice temperatura globo y bulbo húmedo) se calculan utilizando una de las ecuaciones siguientes:

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

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

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

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

En donde:

- *TBH = temperatura húmeda (a veces llamada, temperatura natural del termómetro del bulbo húmedo).*
- *TG = temperatura de globo (a veces llamada, temperatura del termómetro de globo)*
- *TBS = temperatura del aire seco (a veces llamada, temperatura del termómetro del bulbo seco)*

Dado que la medida TGBH es solamente un índice del medio ambiente, los criterios de selección han de ajustarse a las contribuciones de las demandas del trabajo continuo y a la ropa así como al estado de aclimatación.

En la Tabla 2 se dan los criterios TGBH adecuados con fines de selección. Para los conjuntos de ropa listados en la Tabla 1, puede utilizarse la Tabla 2 cuando se hayan añadido los factores de ajuste de ropa al índice TGBH.

La aclimatación es un conjunto de adaptaciones fisiológicas, la aclimatación completa al calor requiere hasta 3 semanas de actividad física continua en condiciones de estrés térmico similares a las esperadas en el trabajo. Esta aclimatación se empieza a perder cuando la actividad en esas condiciones de estrés térmico es discontinua, teniendo lugar una pérdida evidente después de 4 días.

Con el fin de aplicar los criterios de la Tabla 2, a un trabajador se le considera aclimatado cuando tiene un historial de exposiciones recientes al estrés térmico (p.e., 5 días en los últimos 7 días).

Para determinar el grado de exposición al estrés térmico deben considerarse como es el trabajo y las demandas. Si el trabajo (y el descanso) se distribuye en más de una de las situaciones que se dan en la Tabla 2, entonces se pueden utilizar los valores límites indicados en ella para comparar con el valor medio ponderado TGBH calculado.

A medida que aumenta el gasto energético, es decir, aumenta la demanda de trabajo, los valores de criterio de la tabla disminuyen, para asegurar que la mayoría de los trabajadores no sufrirán temperaturas corporales internas superiores a los 38° C. De la misma importancia es la valoración correcta del ritmo de trabajo para la evaluación medioambiental del estrés térmico.

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

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

Si las condiciones de trabajo están por encima de los criterios de la Tabla 2, entonces hay que hacer otro análisis siguiendo la línea del SI.

TABLA 4: Pautas para restringir la tensión térmica.

El control de los signos y síntomas de los trabajadores estresados por el calor es una buena práctica de la higiene industrial, especialmente cuando la ropa de trabajo puede disminuir la eliminación del calor significativamente. Con fines de vigilancia, cuando un prototipo de trabajadores excede los límites, es un índice de la necesidad de controlar las exposiciones. Sobre una base individual, los límites representan el tiempo de cese de una exposición hasta que la recuperación es completa.

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

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

Un individuo puede estar en mayor riesgo si:

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

Art. 6.3 Sección 3: Análisis Detallado.

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

Siempre que se disponga de la información adecuada de la ropa que se requiere para evitar los efectos del estrés térmico, el primer nivel del análisis detallado es un análisis de la tarea, que incluye el índice TGBH medio ponderado en el tiempo y el gasto energético. En la Tabla 1 se sugieren los factores de corrección para algunos tipos de ropa.

Para el segundo nivel del análisis detallado podría seguirse el modelo racional de estrés térmico de la tasa de sudoración específica (ISO 7933, 1987), de la Organización Internacional de Normalización (International Standards Organization; ISO).

Aunque un método racional (frente a los límites TGBH derivados empíricamente) es más difícil de calcular, sin embargo, permite conocer mejor las fuentes del estrés térmico, siendo a su vez un medio para valorar los beneficios de las modificaciones propuestas.

Los criterios de selección requieren un conjunto mínimo de datos para hacer una determinación. Las análisis detallados requieren más datos sobre las exposiciones.

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

Art. 6.4 Sección 4: Tensión Térmica

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

En la Tabla 4 se dan las pautas de los límites aceptables para la tensión térmica.

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

Si durante la evaluación fisiológica se encuentra restricción a la tensión térmica, entonces se puede seguir la línea del SI. Esto significa que debe considerarse los controles de trabajo específicos adecuados y realizarse con amplitud suficiente el control de la tensión térmica. Los controles de trabajo específico incluyen los de ingeniería, los administrativos y los de protección personal.

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

Art. 6.5 Sección 5: Gestión del Estrés térmico y Controles.

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



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEFyN

TABLA 5. Pautas para gestionar el estrés térmico

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

Controles Generales

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

Controles de trabajo específicos

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

Las prácticas de higiene del estrés térmico son particularmente importantes porque reducen el riesgo de que un individuo pueda sufrir alteraciones relacionadas con el calor. Los elementos clave son la reposición del líquido, la autodeterminación de las

exposiciones, el control del estado de salud, el mantenimiento de un estilo de vida saludable y el ajuste de las expectativas basado en el estado de aclimatación. Las prácticas de higiene requieren la plena cooperación de la supervisión y de los trabajadores.

Además de los controles generales, frecuentemente se requieren los controles de trabajo específicos adecuados para proporcionar la protección adecuada.

En la consideración de los controles de trabajo específicos, la Tabla 2, junto con las Tablas 1 y 3, proporcionan la estructura para apreciar las interacciones entre el estado de aclimatación, el gasto energético, los ciclos de trabajo/descanso y la ropa de trabajo.

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

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

La víctima del golpe de calor suele ser maníaca, está desorientada, despistada, delirante o inconsciente. La piel de la víctima está caliente y seca, el sudor ha cesado y la temperatura es superior a los 40º C (104º F). Si se manifiestan los signos del golpe de calor son esenciales la asistencia de urgencia adecuada y la hospitalización. El tratamiento rápido de otras alteraciones relacionadas con el calor, generalmente da lugar a la recuperación total, aunque se debería solicitar el consejo médico para el tratamiento y vuelta a las tareas del trabajo. Vale la pena hacer notar que la posibilidad de accidentes y lesiones aumentan con el nivel del estrés térmico.

El aumento prolongado de la temperatura corporal interna y las exposiciones crónicas a niveles elevados de estrés térmico, están asociadas con otras alteraciones tales como la infertilidad temporal (para hombres y mujeres), elevado pulso cardíaco, perturbación del sueño, fatiga e irritabilidad. Durante el primer trimestre de embarazo, mantener una temperatura corporal superior a los 39º C puede poner en peligro al feto.

Art. 7 ESTRÉS POR FRÍO

Los valores límite (TLVs) para el estrés por frío están destinados a proteger a los trabajadores de los efectos más graves tanto del estrés por frío (hipotermia) como de las lesiones causadas por el frío, y a describir las condiciones de trabajo con frío por debajo de las cuales se cree que se pueden exponer repetidamente a casi todos los trabajadores sin efectos adversos para la salud.

El objetivo de los valores límite es impedir que la temperatura interna del cuerpo descienda por debajo de los 36°C (96,8°F) y prevenir las lesiones por frío en las extremidades del cuerpo.

Además de las previsiones para la protección total del cuerpo, el objetivo de los valores límite es proteger a todas las partes del cuerpo y, en especial, las manos, los pies y la cabeza de las lesiones por frío.

Es muy probable que las temperaturas corporales inferiores tengan por resultado la reducción de la actividad mental, una menor capacidad para la toma racional de decisiones, o la pérdida de la conciencia, con la amenaza de fatales consecuencias. Sentir dolor en las extremidades puede ser el primer síntoma o aviso de peligro ante el estrés por frío. Durante la exposición al frío, se tiritá al máximo cuando la temperatura del cuerpo ha descendido a 35°C (95°F), lo cual hay que tomarlo como señal de peligro para los trabajadores, debiendo ponerse término de inmediato a la exposición al frío de todos los trabajadores cuando sea evidente que comienzan a tiritar. El trabajo físico o mental útil está limitado cuando se tiritá fuertemente. Cuando la exposición prolongada al aire frío o a la inmersión en agua fría a temperaturas muy por encima del punto de congelación pueda conducir a la peligrosa hipotermia, hay que proteger todo el cuerpo.

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

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

2. Salvo que concurran circunstancias excepcionales o extenuantes, no es probable que, sin la aparición de los síntomas iniciales de la hipotermia, se produzcan lesiones por el frío en otras partes del cuerpo que no sean las manos, los pies o la cabeza. Los trabajadores de más edad o aquellos que tienen problemas circulatorios, requieren especial protección contra las lesiones por frío. Entre las precauciones especiales que se deben tomar en consideración, figuran el uso de ropa aislante adicional y/o la reducción de la

duración del período de exposición. Las medidas preventivas a tomar dependerán del estado físico del trabajador, debiendo determinárselas con el asesoramiento de un médico que conozca los factores de estrés por frío y el estado clínico del trabajador.

Art. 7.1 Evaluación y Control

En cuanto a la piel, no se debe permitir una exposición continua cuando la velocidad del viento y la temperatura den por resultado una temperatura equivalente de enfriamiento de -32°C ($25,6^{\circ}\text{F}$). La congelación superficial o profunda de los tejidos locales se producirá solamente a temperaturas inferiores a -1°C ($30,2^{\circ}\text{F}$), con independencia de la velocidad del viento.

TABLA 2

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

Velocidad estimada del viento (km/h)	Lectura de la temperatura real ($^{\circ}\text{C}$)											
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
TEMPERATURA EQUIVALENTE DE ENFRIAMIENTO ($^{\circ}\text{C}$)												
en calma	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40	-46	-51
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44	-49	-56
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57	-64	-71
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65	-73	-80
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71	-79	-85
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76	-83	-92
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-61	-70	-78	-87	-96
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81	-89	-98
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82	-91	-100
(Las velocidades del viento superiores a 64 km/h tienen 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.												

A temperaturas del aire de 2°C ($35,6^{\circ}\text{F}$) o menos, es imperativo que a los trabajadores que lleguen a estar sumergidos en agua o cuya ropa se mojó, se les permita cambiarse de ropa inmediatamente y se les trate de hipotermia.

Temperatura equivalente de enfriamiento que requiere ropa seca para mantener la temperatura del cuerpo por encima de 36°C ($96,8^{\circ}\text{F}$) por TLV del estrés por frío.

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

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

1. Si hay que realizar trabajo de precisión con las manos al descubierto durante más de 10-20 minutos en un ambiente por debajo de los 16° C (60,8° F), se deberán tomar medidas especiales para que los trabajadores puedan mantener las manos calientes, pudiendo utilizarse para este fin chorros de aire caliente, aparatos de calefacción de calor radiante (quemadores de fuel-oil o radiadores eléctricos) o placas de contacto calientes. A temperaturas por debajo de -1° C (30,2° F), los mangos metálicos de las herramientas y las barras de control se recubrirán de material aislante térmico.
2. Si la temperatura del aire desciende por debajo de los 16° C (60,8° F) para trabajo sedentario, 4°C (39,2°F) para trabajo ligero y -7°C (19,4°F) para trabajo moderado, sin que se requiera destreza manual, los trabajadores usarán guantes.

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

1. Cuando estén al alcance de la mano superficies frías a una temperatura por debajo de los -7°C (19,4°F), el supervisor deberá avisar a cada trabajador para que evite que la piel al descubierto entre en contacto con esas superficies de manera inadvertida.
2. Si la temperatura del aire es -17,5°C (0°F) o inferior, las manos se deben proteger con manoplas. Los mandos de las máquinas y las herramientas para uso en condiciones de frío deben estar diseñadas de manera que se puedan manejar o manipular sin quitarse las manoplas.

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

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

3. Si no es posible proteger suficientemente las áreas expuestas del cuerpo para impedir la sensación de frío excesivo o congelación, se deben proporcionar artículos de protección provistos de calor auxiliar.
4. Si la ropa de que se dispone no dispensa protección adecuada para impedir la hipotermia o la congelación, el trabajo se modificará o suspenderá hasta que se proporcione ropa adecuada o mejoren las condiciones meteorológicas.
5. Los trabajadores que manipulen líquidos evaporables (gasolina, alcohol o fluidos limpiadores) a temperaturas del aire por debajo de los 4°C (39,2°F), adoptarán precauciones especiales para evitar que la ropa o los guantes se empapen de esos líquidos, por el peligro adicional, de lesiones por frío debidas al enfriamiento por evaporación. De manera especial, se debe tomar nota de los efectos particularmente agudos de las salpicaduras de "fluidos criogénicos" o de aquellos líquidos que tienen el punto de ebullición justamente por encima de la temperatura ambiente.

TABLA 3
TLVs para el plan de trabajo/calentamiento para un turno de 4horas

Temp del aire cielo despejado	Sin viento Apreciable		Viento de 8 Km/h		Viento de 16 Km/h		Viento de 24 Km/h		Viento de 32 Km/h				
°C	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones	Periodo de Trabajo Máximo	Nº de interrupciones			
de -25 a -28	Interrupciones normales	1	Interrupciones normales	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4			
de -29 a -31	Interrupciones normales	1	75 min	2	55 min	3	40 min	4	30 min	5			
de -32 a -34	75 min	1	55 min	3	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR				
de -35 a -37	55 min	3	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR						
de -38 a -39	40 min	4	30 min	5	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR								
de -40 a -42	30 min	2	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR										
de -43 a inferior	EL TRABAJO QUE NO SEA DE EMERGENCIA DEBERÁ CESAR												

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

- 8 km/h: se mueve una bandera liviana.
- 16 km/h: bandera liviana, plenamente extendida.
- 24 km/h: levanta una hoja de periódico.
- 32 km/h: el viento amontona nieve.

Art. 7.2 Régimen De Calentamiento En El Trabajo

Si el trabajo se realiza a la intemperie de manera continuada a una temperatura equivalente de enfriamiento (TEE) de o por debajo de -7°C (19,4°F), en las

proximidades se dispondrán refugios de calentamiento provistos de calefacción (tiendas de campaña, cabañas o cabinas, salas de descanso, etc.) y **a los trabajadores se les deberá animar a usar estos refugios a intervalos regulares**, dependiendo su frecuencia del grado de intensidad de la exposición ambiental. El empezar a tiritar fuertemente, la congelación en menor grado (principio de congelación), la sensación de fatiga excesiva, la somnolencia, la irritabilidad o la euforia, son indicios de que se debe volver al refugio inmediatamente.

Al entrar al refugio provisto de calefacción, los trabajadores deberán quitarse las prendas exteriores y aflojarse el resto de la ropa para permitir la evaporación del sudor; en caso contrario, deberán cambiarse y ponerse ropa de trabajo seca.

La deshidratación o la pérdida de fluidos del cuerpo se producen insidiosamente en el medio ambiente frío y pueden aumentar la susceptibilidad del trabajador a las lesiones por frío como consecuencia de un cambio significativo en el flujo de sangre que va a las extremidades. En el lugar de trabajo se debe proporcionar sopas y bebidas dulces calientes para procurar la admisión calórica y el volumen de fluidos. Por sus efectos diuréticos y circulatorios, se debe limitar la toma de café.

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

1. *El trabajador estará constantemente en observación a efectos de protección (sistema de parejas o supervisión).*
2. *El ritmo de trabajo no debe ser tan elevado que haga sudar fuertemente, lo que daría lugar a que la ropa se humedeciera. Si hay que hacer un trabajo pesado, deben establecerse períodos de descanso en refugios provistos de calefacción, dando a los trabajadores oportunidad para que se cambien y pongan ropa seca.*
3. *A los empleados de nuevo ingreso no se les exigirá, en los primeros días, que trabajen la jornada completa expuestos al frío hasta que se acostumbren a las condiciones de trabajo y la vestimenta protectora que se requiera.*
4. *Al calcular el rendimiento laboral exigido y los pesos que deberá levantar el trabajador, se incluirán el peso y el volumen de la ropa.*
5. *El trabajo se dispondrá de tal manera que la permanencia de pie o sentando completamente quieto se reduzca al mínimo. No se usarán sillas metálicas con asientos desprovistos de protección. Al trabajador se le debe proteger de las corrientes cuanto sea posible.*
6. *A los trabajadores se les instruirá en los procedimientos de seguridad y sanidad. El programa de formación incluirá, como mínimo, instrucción en:*
 - a) *Procedimientos apropiados de entrada en calor de nuevo y tratamiento adecuado de primeros auxilios.*
 - b) *Uso de ropa adecuada.*
 - c) *Hábitos apropiados de comidas y bebidas.*
 - d) *Reconocimiento de la congelación, inminente.*
 - e) *Reconocimiento de las señales y los síntomas de hipotermia inminente o enfriamiento excesivo del cuerpo, aun cuando no se llegue a tiritar.*
 - f) *Prácticas de trabajo seguro.*

Art. 7.3 Recomendaciones Especiales Sobre El Lugar De Trabajo

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

- 1) *En las cámaras frigoríficas, la velocidad del aire se debe minimizar cuando sea posible, no sobrepasando el valor de 1 metro/segundo (200fpm) en el lugar de trabajo, lo cual se puede conseguir mediante sistemas de distribución de aire diseñados de manera apropiada.*
- 2) *Se proveerá ropa especial de protección contra el viento, sobre la base de velocidades del aire a que estén expuestos los trabajadores.*

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

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

Art. 7.4 Medidas Preventivas Generales – Específicas

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

Medidas técnicas de orden general

- Disponer de un local con calefacción (no sobrecalentado) ofreciendo la posibilidad de consumir bebidas calientes, con posibilidad de secado de la ropa húmeda y también con armarios con ropa de repuesto.
- Colocar señalización específica (entrada en una zona de frío extremo, contacto con superficies frías, presencia de superficies helada, etc.).
- Disponer de mecanismos automáticos que reduzcan la carga de trabajo manual.
- Colocar aislamiento en las superficies metálicas y/o diseñar equipos y herramientas que puedan utilizarse adecuadamente con guantes. En el caso que sea técnicamente imposible, colocar pantallas que limiten el riesgo por contacto con las superficies frías.



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEFyN

- Seleccionar materiales para el suelo adaptados al frío extremo para prevenir el riesgo de resbalar y también prevenir la formación de escarcha en el suelo utilizando, por ejemplo, secadores de aire.
- Instalar dispositivos localizados de calor radiantes en los puestos de trabajo más expuestos.

Organización del trabajo

- Priorizar la participación de los trabajadores en la organización del trabajo e implantar las medidas preventivas adecuadas.
- Planificar las actividades en exteriores considerando la previsión meteorológica (temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, lluvias, etc.)
- Instalar un sistema de comunicación y control de los equipos expuestos y favorecer el trabajo entre 2 personas.
- Considerar medidas para los trabajadores que puedan realizar tareas en solitario y aislados. Colocación de dispositivos "hombre muerto" en aquellos casos que sea necesario (que envían una señal de alarma en caso de una inmovilización prolongada).

Medidas preventivas personales (control balance térmico del cuerpo)

- Reducción en la pérdida de calor: Abarca el uso de ropa de protección, protección de lugar de trabajo, aislamiento de las superficies en contacto con partes del cuerpo humano y control del tiempo de exposición. Las características más importantes de la ropa de protección frente al frío son el aislamiento térmico, protección frente a la humedad y permeabilidad al aire / vapor de agua (capacidad de transpiración). La ropa de protección contra el frío, ya sea un mono, guantes, calzado, gorros, también debe cumplir con los requisitos ergonómicos de trabajo (movilidad, destreza, campo de visión, etc.) y también debe cambiarse cuando se encuentre húmeda debido a que se disminuye su capacidad aislante.
- Incremento de la producción interna de calor debido al trabajo muscular: Es una medida complementaria y que debe ajustarse a los requerimientos del trabajo y a la capacidad individual.
- Suministro de calor externo: Un requerimiento imprescindible para los trabajos en situación de frío es el establecimiento de pausas para calentarse en una zona habilitada (son preferibles pausas largas y menos frecuentes, que cortas y frecuentes). También se conocen sistemas de calefacción auxiliar en equipos de protección frente el frío.

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

Art. 8 Ejercicios Practicos

Art. 8.1 Evaluación del Estrés Térmico

En el caso a tratar del presente ejercicio, 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.

Según la bibliografía de medicina laboral consultada, nos dice al respecto que los efectos de la alta temperatura en el organismo del trabajador son los siguientes: Hipertermia (calentamiento interno del organismo sobre la temperatura corporal normal), vasodilatación con efecto de disminución de la presión arterial, aumento de la circulación sanguínea periférica, deshidratación y desalinización del cuerpo, Hiperpirexia (golpe de calor).

Con todos los datos producto de las mediciones y elementos reunidos en la visita de relevamiento, se procede a analizar y cuantificar el riesgo en cuestión.

El análisis, evaluación y cuantificación del riesgo en cuestión, se realizará teniendo en cuenta lo indicado en la *Resolución M.T.E.S.S. 295/2003 – Anexo III*.

Como primer paso, para realizar la evaluación del Riesgo por la vía mencionada, es necesario determinar, ya que la resolución así lo indica, el tipo de tarea realizada (para cuantificar el gasto energético), el tipo de indumentaria de trabajo que requiere la tarea y la medición de diferentes temperaturas para la determinación del T.G.B.H. (índice de temperatura globo bulbo húmedo).

Con todos estos datos y teniendo en cuenta un proceso de toma de decisiones y actuación, que la misma Resolución explica en su texto, se determinara el nivel de intervención requerido.

Art. 8.1.1 Desarrollo

- a) El tipo de ropa que la tarea requiere, no adiciona al valor del T.G.B.H. que calcularemos a continuación, ningún valor de temperatura como agravante, ya que se trata de tela para ropa de trabajo tipo "grafa" liviana. Esta tela no impide la eliminación del calor excesivo del cuerpo por sudoración como método de autorregulación de la temperatura interna del organismo para evitar la hipertermia (tema explicado en la introducción del capítulo) y permite la circulación de aire, sin aislar el cuerpo del medio ambiente.

Por lo antes dicho y según TABLA 1 - Adiciones a los valores T.G.B.H. (W.B.G.T.) medidos (°C) para algunos conjuntos de ropa, dada por la Resolución, la adición de temperatura al T.G.B.H. para "Uniforme de trabajo de verano" es de 0 °C.



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEFyN

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

- b) El tipo de tarea en cuestión, según TABLA 3 – Ejemplos de actividades dentro de las categorías de gasto energético., dada en la Resolución, se encuadra como tarea de categoría de "LIGERA" a "MODERADA". Para tomar la condición más desfavorable y otorgarle al cálculo a realizar un margen de seguridad, la consideraremos como tarea moderada.

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

Categorías	Ejemplos de Actividades
Reposada	<ul style="list-style-type: none"> -Sentado sosegadamente -Sentado con movimientos moderados 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 un máquina o banco y algún movimiento a su alrededor.
Moderada	<ul style="list-style-type: none"> -Limpiar estando de pie. Levantar o empujar moderadamente estando en movimiento. -Andar en llano a 6 KM/h llevando 3Kg 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.

- c) Calculo del T.G.B.H. (índice de temperatura globo bulbo húmedo)

Para dicho cálculo se tomaron, con los termómetros correspondientes a cada tipo, los valores de temperatura ambiente de aire seco (TBS), temperatura natural de bulbo húmedo (TBH) y temperatura de globo o radiación (TG), en las cercanías del horno y donde habitualmente se ubica el operario para la carga del mismo, ocasión en la cual está expuesto a la mayor temperatura ambiente, por el calor aportado por dicho horno (condición más desfavorable).

Cabe aclarar, que haciendo un promedio del tiempo que el trabajador permanece en 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), alternadas durante toda la jornada (no continua). El resto del tiempo permanece a una distancia prudencial del mismo, ya sea cargando las bolsas y transportándolas o inspeccionando el proceso, pero no en las cercanías de la fuente de calor.

Otra condición a tener en cuenta es que los valores obtenidos por medición, se realizaron en el mes de Febrero, o sea en la temporada estival y por ende la condición más riesgosa de sufrir estrés térmico.

Los valores medidos son los siguientes:

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

Ahora bien, de acuerdo al lugar donde se desarrolla la tarea (en interior sin carga solar), la Resolución determina para el cálculo del valor de T.G.B.H., el uso de la siguiente ecuación.

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

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

Aplicando los valores medidos a esta ecuación, obtenemos:

$$TGBH = 0,7 * 26^\circ\text{C} + 0,3 * 37^\circ\text{C} = 29,3^\circ\text{C}$$

Aplicando la *TABLA 2 - Criterios de selección para la exposición al estrés térmico (Valores TGBH en °C)*, vemos que para un trabajador "ACLIMATADO", con tarea "MODERADA" y un régimen de "25% trabajo – 75% descanso" ("descanso" refiere a que no está expuesto a la temperatura límite que puede generar la carga térmica); el valor de T.G.B.H. sugerido por la legislación es de 30 a 31 °C.

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

Por lo tanto se observa, que el T.G.B.H. calculado en las condiciones reales de exposición del trabajador, es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra legislación.

Con todas estas consideraciones y los valores obtenidos por cálculo de T.G.B.H., podemos ahora "contestar las preguntas" que la Resolución nos indica, para efectuar el proceso de toma de decisión e intervención del Riesgo, o sea:

¿Permite la ropa la circulación del aire o el vapor de agua? SI

¿Se exceden los criterios de selección de la tabla 1? NO

Además de lo anterior, el T.G.B.H. calculado es levemente inferior al sugerido como valor límite por nuestra legislación.

Por ende se infiere: **RIESGO BAJO** (Se puede continuar con el trabajo, controlando las condiciones).

No obstante esto, la misma Resolución dice que: *"La pauta dada no es una línea definida entre los niveles seguros y peligrosos. Se requieren el juicio profesional y un programa de gestión del estrés térmico para asegurar la protección adecuada en cada situación".*

Con todo lo expuesto hasta aquí y las recomendaciones que la Resolución nos indica, el punto siguiente del presente capítulo, se establecerá la estrategia de intervención sobre el riesgo.

Estrategia de Intervención:

1. Suministro en el lugar de trabajo, en cantidad necesaria y suficiente, de agua potable y fresca, según los requisitos y especificaciones establecidos por Decreto 351/79 – Capítulo 6 – Provisión de agua potable, para facilitar por esta vía, la buena hidratación del operario durante la jornada de trabajo y especialmente en épocas estivales, donde la perdida de agua del cuerpo por sudoración, como autorregulación de su temperatura interna es abundante.
2. Capacitación del operario sobre Riesgo de carga térmica, especialmente para que el mismo sepa reconocer los síntomas asociados a la tensión térmica como son: malestar, fatiga excesiva, mareos, baja presión, náuseas, etc.
3. Efectuar reconocimientos médicos periódicos, a través de Medicina Laboral, y adicionar específicamente para el puesto de trabajo en cuestión, aquellos estudios médicos dentro del plan anual de control, que permitan determinar si el trabajador experimenta alguna reacción fisiológica adversa como resultado de la eventual exposición a estrés térmico.
4. Establecer un protocolo de trabajo que permita al operario auto-limitarse a la exposición de temperaturas excesivas y que dé lugar a la aclimatación a ambientes calurosos, sobre todo en las primeras horas de trabajo del turno.
5. Repetir en forma periódica, vía el profesional de Higiene y Seguridad Laboral, las mediciones de temperaturas (TBS, TBH y TG), para determinar el T.G.B.H., con el fin de evaluar si han cambiado las condiciones del entorno del trabajador por problemas de ingeniería en el horno, como por ejemplo, daño de la capa aislante de la cámara del mismo.

Art. 8.2 Evaluación de los Requerimientos de la Ropa

Se desea valorar la exposición laboral al frío de un individuo que trabaja en un almacén frigorífico a -20 °C de temperatura del aire, realizando tareas de manejo y clasificación de cajas de productos congelados. Su actividad metabólica se puede calcular teniendo en cuenta la siguiente distribución de tiempo:

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

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

$$M = 70 \text{ W} + 42 \text{ W} + 105 \text{ W}$$

$$M = 217 \text{ W}$$

Luego conociendo la vestimenta con la cual desarrolla sus tareas el operario, se desglosa cada una de las prendas para determinar cual es el nivel de protección térmica que ellas le infieren.

PRENDA	Iclo
Camiseta manga larga	0,12
Ropa interior	0,10
Camisa manga larga de grafa	0,3
Pantalón de grafa	0,55
Pullover grueso	0,35
Parka	0,7
Medias gruesas largas	0,1
Botas	0,1
Guantes	0,05
TOTAL	2,37



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba

FCEFyN

La temperatura dentro del establecimiento, se debe corregir por la velocidad del viento para determinar la Temperatura de Enfriamiento Equivalente.

Luego, teniendo en cuenta el nivel metabólico, la velocidad del aire ($va=1\text{ms}$), se ingresa a las tablas de requerimiento de la ropa (IREQ) de la ISO.

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.											

Por lo tanto, adoptamos que la temperatura no se ve modificada.

Luego, con el nivel metabólico, la velocidad del aire y la temperatura, se determina por tabla el IREQ.

Var (m/seg)	IREQmin (clo) para $M = 145 \text{ w/m}^2$					
	Ta (°C)					
	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

$Iclo > IREQmin$ – ropa adecuada para la tarea

Por otro lado, se determinó cual es el tiempo de exposición máximo que el trabajador puede estar expuesto a la carga térmica, para ella se ingresó a otra tabla y en función del $I(\text{clo})$, Metabolismo, T^a y V_a , se determina el tiempo en horas máximo.

$I(\text{clo})$	Var (m/seg)	T^a ($^{\circ}\text{C}$)					
		5 $^{\circ}\text{C}$	0 $^{\circ}\text{C}$	-5 $^{\circ}\text{C}$	-10 $^{\circ}\text{C}$	-20 $^{\circ}\text{C}$	-30 $^{\circ}\text{C}$
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