

Aproximación al Riesgo y confort térmico en el trabajo: EL FRÍO

Iñaki Galindez Alberdi

INDICE

Introducción

Capítulo I. Balance térmico.

(¡Atención! capítulo I del documento sobre calor)

Capítulo II. Fisiología

Introducción

A. Mecanismos fisiológicos

1. Efectos cardiovasculares
2. Escalofríos y aumento del metabolismo
3. Ventilación pulmonar
4. Otros

B. Adaptación al frío

1. Aclimatación
2. Adaptación comportamental

C. Factores que influyen la adaptación al frío

1. Sexo
2. Raza
3. Relación peso-talla.

Capítulo III. Patología debida al frío

Introducción

A. Hipotermia

B. Congelaciones

C. Patología cardiovascular

1. Enfermedad isquémica del miocardio
2. Arritmia cardíaca e insuficiencia cardíaca
3. Hipertensión arterial
4. Acrocianosis
5. Enfermedad y síndrome de Raynaud
6. Isquemia crónica de miembros inferiores
7. Pie de trinchera

D. Otras

Capítulo IV. Evaluación de los parámetros climáticos

(!Atención; capítulo IV del documento sobre calor)

Capítulo V. Evaluación del Calor Metabólico y Aislamiento Vestimentario

(Atención capítulo V del documento sobre calor)

Capitulo VI. Indices térmicos

Introducción

A. Indice IREQ: Aislamiento Vestimentario Requerido

1. Generalidades
2. Procedimiento general
3. Calculo IREQ

B. Frío local

1. Generalidades
2. Condiciones de interior
3. Condiciones de exterior
4. Indice del viento helado -WCI- y temperatura helada Tch

C. Conclusiones

Capitulo VII. Diagnostico Térmico

Introducción

A. Definición de Riesgo

B. Definición de Inconfort

C. Definición de Confort

D. Fases del diagnostico

1. Determinación de Parámetros ambientales
2. Determinación de la producción interna de calor y el aislamiento vestimentario que portan los sujetos.
3. Determinación de IREQ
4. Determinación de WCI
5. Indices PMV-PPD

Capítulo VIII. Prevención

A. Médica

B. Técnica



INTRODUCCION

Los ambientes de trabajo suelen ser causa de incomfort. El riesgo de perdida de salud directamente por el frío se resume a la hipotermia y los problemas locales de isquemia y/o congelación sobre todo en las partes acras del cuerpo. Evidentemente el frío como factor necesario o coadyuvante actúa en muchas otras patologías: Raynaud, perniosis, ciertas anemias hemolíticas...

En estos momentos el número de experiencias realizadas en ambientes fríos es mucho menor que las realizadas en la exposición al calor. Un ejemplo se puede observar en la normalización. Mientras que para el calor existe un amplio conjunto de normas, en el frío los índices térmicos son cuantitativamente menos y tienen una vida más corta (ISO 11079: 1997).

También es necesario decir que los índices existentes hasta el momento se encargan de evitar los efectos directos del frío (hipotermia, congelaciones e isquemia), no actuando sobre aquellas patologías en las que el frío actúa como factor coadyuvante o necesario. Las cuales suelen tener la característica común de responder a grandes diferencias individuales y por lo tanto difícilmente protocolizables.

Finalmente hay que informar que muchos de los capítulos de este informe técnico son comunes al documento sobre los ambientes calurosos, por todo ello en el índice se mantiene la misma numeración de capítulos, haciendo referencia a su situación real.

Capitulo I. Balance térmico.

(¡Atención! capítulo I del documento sobre calor)



CAPITULO II

FISIOLOGIA

INTRODUCCION

El organismo humano necesita un medio interno estable. La temperatura central no debe descender de los 36 °C, para ello la piel actúa como el mejor aislante del medio ambiente.

La exposición al frío produce una pérdida de calor a nivel cutáneo y de las vías respiratorias, influenciando el balance térmico sobre todo en sus factores de: Convección y Radiación.

El sujeto va a poner a disposición diversos mecanismos con el objetivo de mantener esta homeostasis, los cuales van a ser objeto de revisión en este capítulo.

A. MECANISMOS FISIOLOGICOS

Los mecanismos más importantes que pone en juego el hombre en el momento de la exposición al frío son de naturaleza cardio-vascular o metabólica (escalofríos)

1. Efectos cardiovasculares

a. Circulación Cutanea

La piel supone el manto aislante natural más importante del cuerpo humano. Entre sus características fundamentales se encuentra la importante vascularización que posee, mucho más importante que sus necesidades nutritivas. Esta vascularización supone un mecanismo de reserva importante para el mantenimiento de la homeostasis.

Un sujeto a 9°C de temperatura ambiente, mantiene la sangre al abandonar el corazón alrededor de 37°C, al llegar a la mano se enfría hasta los 21°C, lo cual supone forzosamente una pérdida importante de calor. En la mano la vascularización puede variar de un factor de uno a cien (1/100).

En la exposición al frío se produce una **vasoconstricción cutánea** superficial generalizada. La sangre no circula por el manto más exterior desviándose hacia venas más profundas, todo lo cual supone un aumento del poder aislante térmico de la piel en seis veces.

La redistribución de la sangre hacia territorios más profundos supone:

- * un aumento del volumen sanguíneo central.
- * un aumento de las resistencias periféricas, lo cual se va a traducir en un aumento de la tensión arterial.

b. Corazón

El débito cardíaco aumenta en la exposición al frío tanto por aumento de la frecuencia cardíaca, como del débito sistólico.

c. Diferencia arteriovenosa

El músculo roba más cantidad de oxígeno que en condiciones ambientales neutras.

El Consumo de Oxígeno es igual al débito cardíaco por la diferencia arterio-venosa:

$$VO_2 = Q * dif A-V$$

VO_2 = consumo de oxígeno

Q = débito cardíaco

dif A-V= diferencia arterio-venosa

Las dos variables (Q y dif av) que están en esta formula aumentan en la exposición al frío, lo cual se traduce necesariamente en un aumento del consumo de oxígeno. Es decir en un aumento en la producción de calor interno.

Por ejemplo el consumo de Oxígeno es el 73% mayor a 5°C de temperatura ambiente, que el correspondiente a 28°C.

2. Escalofríos y aumento del metabolismo

El frío produce escalofríos en menos de 2 minutos a 3°C y en 7 minutos a 10°C.

Los escalofríos son:

- * contracciones musculares sincrónicas
- * prácticamente de todos los grupos musculares
- * reflejas
- * de efecto mecánico nulo
- * con una producción de calorías importante aumentando el metabolismo entre 2 a 4 veces, respecto al reposo.

Los escalofríos comienzan con una temperatura cutánea media entre 31 a 33°C, iniciándose 3 veces mas rápido en los sujetos delgados que en los obesos.

La función de los escalofríos es aumentar la producción interna de calor. El aumento del metabolismo en la exposición al frío también va a venir dado por el aumento de la actividad física espontánea.

3. Ventilación Pulmonar

Los receptores cutáneos del tórax producen una hiperventilación y un aumento de la resistencia de las vías aéreas, lo cual disminuye la ventilación máxima por minuto. El objetivo de estos efectos es equilibrar la temperatura del aire inhalado con la del cuerpo. El frío no tiene influencia sobre la capacidad vital, el volumen espiratorio máximo por segundo y la compliance pulmonar.

4. Otros

Se puede observar otros efectos:

- Las variaciones nictamerales de temperaturas persisten, manteniéndose en un nivel más bajo.
- El frío perturba las tareas psicomotrices. Por ejemplo a 19°C se mecanografía más rápido que a 22°C, pero el número de errores es mucho más importante.
- El aumento del metabolismo produce un adelgazamiento en el caso de no compensarse con un aumento de la ingesta calórica.

B. ADAPTACION AL FRIO

El hombre que realiza sus tareas en ambiente frío logra adaptarse modificando su comportamiento y aclimatándose.

1. Aclimatación

En la aclimatación ocurren los fenómenos siguientes:

- * La vasoconstricción cutánea disminuye tolerando el frío con un mayor débito sanguíneo hacia la piel, sobre todo en las partes acras del cuerpo.
- * Los escalofríos también disminuyen en intensidad y se toleran mejor.
- * El pániculo adiposo tiende a aumentar, incrementando el poder aislante de la piel.

Estos efectos se observan en voluntarios en cámaras climáticas a 8°C vestidos en pantalón corto y zapatillas ligeras, lo cual supone unas condiciones muy duras (peor que en el polo). Al principio estos sujetos tenían unos escalofríos intensos que no les dejaban dormir y además aumentaban el ejercicio de manera voluntaria. Posteriormente los escalofríos disminuían y los toleraban, pudiendo llegar a conciliar el sueño. La temperatura central se seguía manteniendo en la mayor parte de los casos. A veces los escalofríos no eran suficientes como para mantener la homeostasis del sujeto, debiendo ser despertados a lo cual se oponían. Si se les hubiera permitido dormir podían haber sucumbido de una hipotermia (Astrand 1985).

En las condiciones antes citadas se observaba también que aumentaba: la frecuencia cardíaca de reposo y la pérdida de nitrógeno por la orina, así como que los sujetos padecían lesiones isquémicas en las extremidades, aún estando lejos del punto de congelación del tejido.

2. Adaptacion comportamental

En el hombre, a diferencia de muchos animales, es mucho más importante la experiencia y el estado físico que los eventuales efectos de una aclimatación al frío. Una exposición de este tipo conlleva:

- * Una adaptación de los vestidos, aumentando el poder aislante de los mismos y dejando una pequeña porción del cuerpo expuesta.
- * Un aumento del ejercicio físico voluntario, con un incremento de la producción de calor interno. Lo cual debe llevar parejo un incremento en el valor calórico de la alimentación, con el objeto de evitar un adelgazamiento progresivo.
- * Evitar voluntariamente los fríos extremos. Los esquimales han aprendido a vivir evitando precisamente este punto.

De todas maneras se puede concluir que para soportar la exposición al frío se necesita un buen estado físico y un lecho cardiovascular adecuado. Por todo ello no es esquimal el que quiere sino el que puede.

C. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADAPTACION AL FRIO

1. Sexo

Las mujeres tienen una menor conductividad de los tejidos en ambiente frío (su manto graso es mayor) y una mayor conductividad en ambiente caluroso. Este hecho indica una mayor variación en la reacción periférica a la tensión climática de las mujeres. Es evidente que este hecho no tiene la mayor importancia para el desempeño del trabajo. (Astrand, 1985)

2. Raza

Parecen existir diferencias raciales con respecto a la adaptación general al frío. Por ejemplo ciertos aborígenes de Australia Central y los bosquimanos del kalahari, con escasa o nula vestimenta, pueden estar expuestos a temperaturas nocturnas próximas a 0°C, sin experimentar escalofríos pudiendo dormir. (Astrand, 1985)

Los esquimales suelen tener una tasa metabólica más alta que los caucásicos. Este fenómeno parece estar ligado a la alimentación, ya que los esquimales que viven con una dieta diferente muestran un metabolismo mas bajo.

3. Peso y talla

El manto graso del hombre actúa como un buen aislante térmico, por lo que los obesos tiene un mejor aislamiento, logrando mantener su temperatura central mas fácilmente en la exposición al frío.

Los esquimales por ejemplo presentan una relación masa /superficie corporal más pequeña que los habitantes del trópico. Es decir hay una menor superficie expuesta.

CAPITULO III

PATOLOGÍA EN LA EXPOSICIÓN AL FRÍO

INTRODUCCIÓN

El frío por si mismo es capaz de producir patología a dos niveles: local (congelaciones) y general (la hipotermia), las cuales se pueden considerar infrecuentes. En cambio actúa como factor coadyuvante o necesario en otras muchas otras enfermedades: cardiovasculares, endocrinas, hematológicas, cutáneas,...

A. HIPOTERMIA

La hipotermia es, en nuestro ambiente, rara. El aislamiento vestimentario y el trabajo muscular son suficientes para asegurar el balance térmico del sujeto. La muerte por disminución de la temperatura central puede sobrevenir si concurren además del frío: una inmovilidad por la fatiga (sueño) o una inmersión prolongada en agua.

La clínica comienza con intensos escalofríos, dolores musculares violentos, taquicardia, hipertensión arterial, vasoconstricción periférica, hiperventilación y poliuria.

Hacia los 34°C de temperatura central se aprecian problemas en la elocución y a los 31°C pérdida de conciencia. El sujeto muere a 25°C por fibrilación ventricular, parálisis del SNC o alteraciones metabólicas diversas.

Las alteraciones metabólicas más importantes son la acidosis y la anoxia. Esta última se produce debido a que el oxígeno no se separa de la hemoglobina (la curva de disociación está íntimamente ligada a la temperatura) y los tejidos no pueden abastecerse de ese elemento.

En el momento de entrar en coma el paciente presenta una rigidez muscular importante, bradicardia intensa (< 40 ppm), por lo que se denomina este tipo de coma marmóreo.

El ECG se altera apareciendo:

- * una onda J, onda lenta después del QRS, tanto más importante cuanto más serio sea el enfriamiento.
- * alargamiento del espacio QT.
- * extrasístoles ventriculares que desembocan en fibrilación ventricular.

Los exámenes biológicos denotan una hemoconcentración, hiperglucemia, hiperlipidemia, acidosis e insuficiencia renal.

La evolución depende de la temperatura alcanzada. Si la temperatura central ha estado por encima de los 35°C sobreviven todos los sujetos, si en cambio ha descendido a 30°C solo lo conseguirán la mitad.

El tratamiento consiste en el calentamiento rápido del sujeto, introduciéndolo en bañera caliente comenzando a 35° C al y aumentando poco a poco la temperatura hasta 45°C.

B. CONGELACIONES

La congelación se debe a una cristalización de los líquidos intra y extracelulares que altera la estructura de los tejidos. Normalmente afecta a las

partes acras: dedos de la mano y pie, orejas, nariz, lengua; Bohler cita un caso de congelación del pene de un individuo que orinó en un ambiente muy frío (Piulachs, 1955).

En la patogenia de la congelación interviene el frío directamente sobre los líquidos corporales e indirectamente a través de sus efectos vasculares.

La exposición al frío comienza con una palidez indolora debido a la vasoconstricción. Después se continúa con un edema, que en los pies provoca que los zapatos aprieten, el individuo no siente dolor y cambia su calzado por unas zapatillas, facilitando los fenómenos de necrosis y gangrena posteriores.

Otros síntomas que se pueden observar son los trastornos nerviosos y las lesiones óseas, que se puede observar hasta tiempo después de la congelación.

El tratamiento consiste en el recalentamiento rápido de los miembros con agua tibia entre 37 a 44°C. La extremidad debe permanecer en el agua hasta que aparezca totalmente descongelada. NO se debe recurrir a este tipo de calentamiento si hay alguna posibilidad de volverse a congelar (Rakel, 1985).

C. CARDIOVASCULARES

En este punto se va a pasar revista a una serie de enfermedades en las cuales el frío actúa como favorecedor.

1. Enfermedad isquémica del miocardio

Como se ha visto en la hipotermia el corazón es uno de los órganos que se afectan con la disminución de la temperatura. Aun sin llegar a esos límites el corazón debe adaptarse con un aumento de la frecuencia cardíaca y luchar contra un aumento de la presión arterial. Todo ello hace que las necesidades de oxígeno del miocardio aumente, lo cual debe ser tenido en cuenta en la

enfermedad isquémica. Debe ser considerada como una contraindicación relativa.

2. Arritmias Cardíacas e Insuficiencia cardíaca

Parecidas consideraciones a las presentadas en el punto precedente son válidas en este caso.

3. Hipertensión Arterial

La hipertensión arterial debe ser considerada como una contraindicación relativa para el trabajo en ambiente frío; tanto por los efectos directos de la exposición, como por la disminución de la tolerancia al frío producida por diversos tratamientos antihipertensivos.

4. Acrocianosis

La acrocianosis consiste en la coloración azulada sobre todo de las manos, producida por el vasoespasmo de las arteriolas de la piel sin alteraciones tróficas. El frío actúa como mecanismo inductor.

5. Enfermedad y síndrome de Raynaud

El frío no es capaz por sí solo de provocar un síndrome de Raynaud, pero es un factor necesario ya que en los países cálidos es inexistente. La sintomatología se resume muy bien en el idioma de Molière como el fenómeno del dedo muerto, el cual afortunadamente suele resucitar con el recalentamiento. A veces se observan trastornos tróficos en la extremidad. Evidentemente debe ser considerado contraindicación relativa sobre todo si se asocia una utilización de útiles vibrantes.

6. Isquemia crónica de miembros inferiores

La etiología principal de este síndrome es la arteriosclerosis, la cual tiene otros muchos mecanismos distintos al frío. Pero tanto esta etiología como el resto que pudieran producir la isquemia en los miembros inferiores se encuentra favorecida por la vasoconstricción consecutiva a una exposición al frío.

7. Pie de trinchera

Se ha descrito sobre todo en las guerras después de una prolongada estancia en ambiente frío y con los calcetines húmedos. El sujeto tiene la impresión de tener un pie de madera, después calienta la extremidad y empiezan las hemorragias, úlceras y gangrena.

D. OTRAS

El frío interviene en otras patologías como son:

- Urticaria a frigore
- Neuritis a frigore
- Conjuntivitis
- Ciertas anemias hemolíticas

Con todo lo dicho una lista de posibles contraindicaciones para el trabajo en ambiente frío es:

- Enfermedad isquémica miocárdica
- Insuficiencia cardíaca
- Baja forma física importante
- Isquemia crónica de miembros inferiores
- Hipertensión arterial
- Enfermedad o síndrome de Raynaud
- Enfermedades respiratorias crónicas

- Anemias hemolíticas sensibles al frío
- Hipotiroidismo
- Tratamientos vasoconstrictores: Anticolinérgicos, Antidepresivos tricíclicos,...
- Alcoholismo
- Diabetes mellitus descompensada o con afectación arterial



Capitulo IV. Evaluación de los parámetros climaticos
(!Atención; capitulo IV del documento sobre calor)

Capitulo V. Evaluación del Calor Metabólico y Aislamiento Vestimentario
(Atención capitulo V del documento sobre calor)

CAPITULO VI

INDICES TERMICOS EN EL FRIO

INTRODUCCION

El estudio del estrés por frío se divide en dos grandes grupos:

-frío general: Índice IREQ (aislamiento vestimentario requerido) (ISO 11079:97)

-frío local: Índice WCI (Wind-Chill Index, Índice del viento gélido o de escalofrío)

En principio estos índices son validos para temperaturas inferiores a +10°C ya sea en el interior o a la intemperie. En el exterior no se tiene en cuenta ciertos fenómenos atmosféricos como son la precipitación de agua o nieve.

A. INDICE IREQ: AISLAMIENTO VESTIMENTARIO REQUERIDO

1. Generalidades

El hombre sometido a unas condiciones ambientales (tendientes a disminuir su temperatura central) y que realiza una tarea, debe abrigarse. Todo ello con el objeto de evitar un enfriamiento generalizado del cuerpo.

El numero y la calidad de los vestidos desde el punto de vista térmico se puede cuantificar con el factor Aislamiento vetsimentario I_{cl} (en unidades clo) (ISO 9920).

El aislamiento vestimentario requerido IREQ se refiere al aislamiento necesario con el objeto de mantener el balance térmico dentro de unos criterios fisiológicos determinados.

Si el aislamiento vestimentario que un sujeto lleva (I_{cl}) es menor que el requerido (IREQ) el operario no puede trabajar de manera indefinida en ese ambiente sin riesgo para su salud. En este caso es necesario determinar una **Duración Limite de Exposición DLE**.

Es decir si no esta abrigado suficientemente debe dirigirse a un local mas cálido antes de llegar al Limite (**DLE**), durante un **Tiempo de Reposo (RT)**.

2. Procedimiento General

El procedimiento del índice IREQ se realiza de la siguiente manera:

- Determinación parámetros ambientales: temperatura del aire (t_a), temperatura media de radiación (t_r), humedad (P_a) y velocidad del aire (V_a); todos ellos de acuerdo con la Norma ISO 7726. (capítulo IV* de estrés por calor).
- Determinación de la producción interna de calor -determinación del metabolismo- de acuerdo con la norma ISO 8996 (capítulo V de estrés por calor)
- Cálculo de IREQ, aislamiento vestimentario requerido. (interpretación norma ISO 9920, capítulo V)
- Comparación del IREQ con el aislamiento vestimentario del sujeto I_{cl} .
- Evaluación de las condiciones del balance térmico y cálculo de la Duración Límite de exposición.

La figura VI.1 expresa gráficamente el procedimiento a seguir

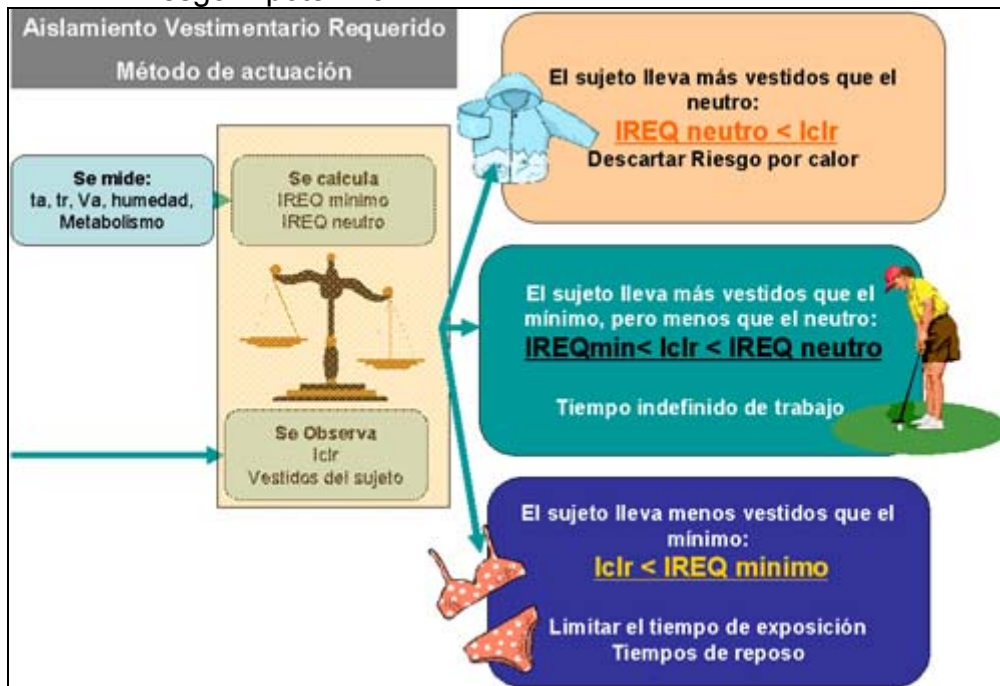
3. Definiciones

IREQ, aislamiento vestimentario requerido, se define como el resultado del aislamiento necesario para mantener el cuerpo en un estado de equilibrio térmico, dentro de unos niveles aceptables de las temperaturas central y de la piel.

IREQ debe ser interpretado como:

- una medida del estrés térmico en ambientes fríos integrando los efectos de la temperatura del aire, la temperatura media de radiación, humedad, velocidad del aire y producción de calor interno;
- un método para el control ambiental y evaluación de las medidas de mejora
- un método para evaluar y seleccionar los vestidos a usar bajo unas condiciones ambientales dadas.

Figura VI.1.- Procedimiento evaluación de los ambientes fríos-
Riesgo Hipotermia



4. Calculo de IREQ

El calculo de IREQ se realiza a partir de la formulación del balance térmico:

$$I_{req} = \frac{t_{sk} - t_{cl}}{M - W - E_{res} - E - Cres}$$

IREQ= Aislamiento vestimentario requerido en unidades clo

T_{sk} = Temperatura media de la piel

T_{cl} = Temperatura de la superficie vestida

M = Metabolismo

W = Trabajo exterior

E_{res}= Intercambios por Evaporacion respiratoria

E = Intercambios por Evaporacion cutanea

R = Intercambios por radiación

C = Intercambios por conveccion

En esta formula hay dos variables siempre desconocidas T_{sk} y T_{cl} . La formula solo se podrá resolver por iteración sucesiva.

El IREQ se calcula a dos niveles diferentes:

- **IREQ_{mínimo}**: se define como el aislamiento vestimentario requerido mas bajo capaz de mantener el equilibrio térmico, con una alta respuesta fisiológica (escalofríos, vasconstricción,...).

El IREQ mínimo representa el mínimo de ropas bajo el cual un sujeto soporta un ambiente frío sin descender su temperatura central, poniendo de su parte todos los mecanismos fisiológicos posibles.

- **IREQ_{neutro}**: se define como el aislamiento vestimentario requerido para mantener las condiciones de neutralidad térmica. Es decir para mantener el equilibrio térmico sin ninguna o baja respuesta fisiológica.

Estos dos valores deben ser comparados con la vestimenta que porta el sujeto (I_{clr}), definiéndose tres zonas diferentes:

- **$I_{clr} < IREQ_{min}$** : El sujeto tiene un aislamiento vestimentario inferior al mínimo requerido:
 - * El sujeto no puede mantener su temperatura central de forma adecuada.
 - * Es necesario limitar el tiempo de estancia en ese ambiente: Calcular una Duración limite de Exposición DLE.
- * Asimismo se calcula un Tiempo de Recuperación (RT), que una vez finalizado se puede retornar al ambiente considerado.

- $IREQ_{min} < I_{clr} < IREQ_{neutro}$: El sujeto tiene un aislamiento vestimentario entre el mínimo y el neutro:

- * La persona va a poner en juego distintos mecanismos fisiológicos con el objeto de mantener su temperatura. Evidentemente cuanto más cerca este de la neutralidad estos mecanismos serán menos importantes.
- * El trabajo puede realizarse de manera indefinida.

- $IREQ_{neutro} < I_{clr}$: El sujeto tiene un aislamiento vestimentario superior al neutro:

- * En este caso habrá que preguntarse si hay riesgo térmico por incremento de la temperatura central.

B. FRIO LOCAL

1. Generalidades

El frío afecta en muchos de los casos de manera local, principalmente: pies, manos y cabeza. Sus efectos van desde una disminución de la efectividad de los sujetos en su trabajo, hasta congelaciones de las partes consideradas.

En un documento técnico de la ISO se dice: " La cantidad de conocimientos sobre la exposición al frío local es insuficiente para el desarrollo de un método simple de evaluación. Diversas aproximaciones han sido propuestas, pero más trabajos de investigación son necesarios".

Este mismo documento propone dividir en dos tipos la exposición, según sea al exterior o en el interior.

2. Condiciones de interior

En este punto cabe considerar las cámaras frigoríficas, en las cuales normalmente el trabajador esta expuesto de manera discontinua. El operario busca de manera natural los locales más cálidos.

También puede existir una exposición al frío local en invierno, en las grandes naves de las empresas. Normalmente los efectos que produce son una disminución de la "performance" del trabajador.

Los métodos de estudio de estas condiciones son la temperatura de la piel en la mano y el índice WCI (Índice del Viento Gélido). Los límites que deben ser tenidos en cuenta son los llamados de baja respuesta fisiológica (low strain).

3. Condiciones de exterior.

El número de personas expuestas en nuestro medio es evidentemente más escaso que en países más septentrionales; De todas maneras en invierno y en las comarcas del interior las temperaturas descienden con facilidad del punto de congelación del agua.

Este tipo de ambientes se debe de estudiar con el Índice WCI en las condiciones de alta respuesta fisiológica. Como complemento se puede tener en cuenta la temperatura de la piel en la mano (Tabla VI.1).

Tabla VI.1- Criterios fisiológicos límite sugeridos

	Alta respuesta	Baja respuesta
Temperatura mano °C	15	24°
WCI	1200	

4. Índice WCI (Wind-Chill Index, índice del viento gélido)

El índice WCI es definido de una manera empírica por la fórmula:

$$WCI = (10.45 + 10\sqrt{V_{ar} - V_{ar}})(33 - t_a)$$

V_{ar} = Velocidad del aire relativa en m/s.

t_a = temperatura del aire en °C.

Una interpretación practica del índice WCI es la **temperatura gélida o de escalofrío t_{ch} (t-chilling)**; la cual se define como aquella temperatura ambiente, en condiciones de calma ($V_a < 1,8$ m/s), que tiene el mismo "poder frío" que el ambiente actual considerado. Su calculo se realiza matemáticamente:

$$T_{ch} = 33 - WCI/22$$

En la tabla VI.2. se encuentra el tiempo limite de exposición según el Índice WCI o/y la t_{ch} (temperatura gélida).

Tabla VI.2 - WCI, t_{ch} y tiempo libre de exposición

WCI	t_{ch} °C	Efecto
1000	-12	Mucho frío
1200	-21	Riesgo congelación
1400	-30	" - después de 20 min.
1600	-40	" - después de 15 min.
1800	-49	" - después de 10 min.
2000	-58	" - después de 8 min.
2200	-67	" - después de 4 min.
2400	-76	" - después de 2 min.

C. CONCLUSIONES

Los ambientes fríos se estudian desde el punto de vista del confort con los índices PMV-PPD. El riesgo se esta normalizando con los índices IREQ(aislamiento vestimentario requerido) y WCI (Índice del viento de escalofrío), según sea el problema general (hipotermia) o local (isquemia partes acras).

CAPITULO VII

DIAGNOSTICO TERMICO

INTRODUCCION

Al igual que en los ambientes calurosos el objetivo del diagnostico térmico es clasificar un ambiente dentro de una de estas tres categorías: Confort, Inconfort o Riesgo.

Confort: situación con escasas quejas y el balance térmico se mantiene sin ningún esfuerzo.

Inconfort: tiene un alto numero de quejas, pero no hay riesgo para la salud en una persona sana, el balance térmico se mantiene gracias a las respuestas fisiológicas del sujeto.

Riesgo: tiene quejas generalizadas y puede existir riesgo para la salud en las personas sanas; bien por que el balance térmico no este equilibrado (hipotermia), bien por que produzca lesiones locales en las partes acras del cuerpo.

Hay que decir que en un ambiente inconfortable puede haber cierta probabilidad de patología como la acrocianosis, la perniosis, o agravar una isquemia en las extremidades.

Por lo tanto debería de existir dentro del inconfort una barrera para clasificar los ambientes puramente inconfortables (sin riesgo) y aquellos en los que deberíamos estudiar a los sujetos que tengan alguna enfermedad de base. En estos momentos la frontera no existe, además existe una dificultad importante debido a la variabilidad biológica en cuanto a muchas de estas patologías.

A. DEFINICION DE RIESGO

Como hemos visto en el ambiente de riesgo pueden existir problemas de: hipotermia o de isquemia en las partes acras del cuerpo en una persona sana. Los índices definen un ambiente como de riesgo si cumple una de las condiciones siguientes:

- * El aislamiento vestimentario requerido mínimo ($IRQ_{\text{mínimo}}$) no se consigue con las ropas que lleva el trabajador (I_{clr}).
- * El WCI del ambiente considerado es igual o mayor a 1000 (tchilling menor de -12°C).

En realidad según la teoría del aislamiento vestimentario requerido si el $IREQ_{\text{mínimo}}$ es igual a 10 clo con vestirse al sujeto con 10,1 clo no existirá riesgo de hipotermia. Es evidente que hay que fijar un límite de ropas que sea compatible con la realización de un trabajo normalmente (tabla VII.1).

Tabla VII.1.- Aislamiento vestimentario compatible con la actividad de un sujeto

Actividad del sujeto	Aislamiento vestimentario(clo)
Muy pesada	2
Moderada	4
Ligero	6
Reposo	12
Sueño	16

B. DEFINICION DE INCONFORT

El incomfort se define desde el punto de vista de los índices en el caso de encontrar mas del 10 % de insatisfechos (PPD), es decir un PMV mayor de + 0.5 o menor de - 0.5.

Existen otras condiciones de incomfort como son las corrientes localizadas o la asimetría de radiación.

C. DEFINICION DE CONFORT

El confort se encuentra en el momento que tenemos un porcentaje de insatisfechos menor del 10 %, es decir un PMV entre -0.5 a + 0.5.

D. FASES DEL DIAGNOSTICO

La figura VII.1 expresa las distintas fases a seguir en el diagnostico térmico en ambientes fríos.

1. Determinación de parámetros ambientales

Los parámetros a medir son: temperatura del aire, velocidad del aire, humedad y temperatura media de radiación. Se deben de evaluar según las indicaciones de la Norma ISO 7726, expuesta en el capítulo IV del protocolo de calor.

Son fundamentales la temperatura del aire y la velocidad relativa del mismo, valorando correctamente la velocidad de desplazamiento del sujeto.

La humedad absoluta en los ambientes fríos es siempre pequeña, se puede tomar un valor del 50 % de humedad relativa (que en valores absolutos no se diferencia grandemente de la correspondiente a 100% o al 10%).

La temperatura media de radiación normalmente en estos ambientes es igual a la temperatura del aire.

2. Determinación de IREQ

Si el sujeto no puede abrigarse como el índice $IREQ_{\text{mínimo}}$ indica existe riesgo de hipotermia. En este caso hay que determinar el tiempo máximo que puede permanecer un sujeto en ese ambiente: **Duración Límite de Exposición (DLE)**.

Al finalizar el tiempo fijado por la DLE el descanso se debe realizar en un ambiente más cálido. Para este ambiente se puede calcular el **Tiempo de Reposo (RT)**.

En el anexo I se puede encontrar el listado de un programa en turboBASIC que permite calcular:

- * el índice IREQ (aislamiento vestimentario),
- * la DLE (Duración Límite de exposición),
- * el RT (Tiempo de reposo),
- * el índice WCI (del Viento gélido),
- * la temperatura gélida.

3. Determinación del Índice WCI

El índice del viento gélido despista los problemas a nivel local. La temperatura gélida tiene la misma explicación.

La tabla VII.2. expresa el la Duración Límite de Exposición según el Índice WCI.

Tabla VII.2 - WCI, t_{ch} y tiempo libre de exposición

WCI	t_{ch} °C	Efecto
1000	-12	Mucho frío
1200	-21	Riesgo congelación
1400	-30	" - después de 20 min.
1600	-40	" - después de 15 min.
1800	-49	" - después de 10 min.
2000	-58	" - después de 8 min.
2200	-67	" - después de 4 min.
2400	-76	" - después de 2 min.

4. Índices PMV-PPD

Su cálculo se realiza con el programa sobre el calor o el listado que aparece en anexo.

CAPITULO VIII

PREVENCION

INTRODUCCION

A. PREVENCION MEDICA

Los sujetos que puedan estar expuestos a una exposición al frío deben de ser reconocidos, con el objeto de buscar enfermedades que pudieran ser perjudiciales para su salud. En principio los criterios expuestos en la tabla VIII.1. son orientativos sobre este punto. Esta lista no puede ser considerada exhaustiva, sino simplemente orientativa.

Tabla VIII. 1 - Criterios relativos para descartar sujetos expuestos al frío

- Enfermedad isquemica miocardica
- Insuficiencia cardiaca
- Baja forma física importante
- Isquemia crónica de miembros inferiores
- Hipertensión arterial
- Enfermedad o síndrome de Raynaud
- Enfermedades respiratoria crónicas
- Anemias hemoliticas sensibles al frío
- Hipotiroidismo
- Tratamientos vasoconstrictores: Anticolinergicos, Antidepresivos triciclicos,...
- Alcoholismo
- Diabetes mellitus descompensada (afectacion arterial)

Browsers sugiere además:

- Prueba de inmersión de las manos en agua fría durante 5 minutos , con el objeto de reconocer los individuos intolerantes.

- Distribuir bebidas calientes: café, té, sopas,...
- Distribuir alimentos frecuentemente, ricos en hidratos de carbono y en lípidos.
- Prohibir el alcohol y el tabaco.

B. PREVENCIÓN TÉCNICA

Los vestidos deben de tener suficiente poder aislante y deben ser fijados con el índice IREQ (aislamiento vestimentario requerido). Goldsmith y Minard en 1971 fijaron el aislamiento máximo que puede llevar un sujeto para realizar una tarea según su tarea (tabla VIII.2)

Tabla **.1 -Aislamiento vestimentario compatible con la actividad de un sujeto

Actividad del sujeto	Aislamiento vestimentario (clo)
Sueño	16
Reposo	12
Trabajo ligero	6
Trabajo moderado	4
Trabajo pesado	2

Entre los medios colectivos de protección hay que tener en cuenta:

- Calefacción en los locales
- Emplazar el trabajo al abrigo del viento
- Reducir la velocidad del aire
- Ventanas dobles y aislantes

BIBLIOGRAFIA

AUBERTIN G. Los riesgos debidos a la exposición al calor y al frío. Trivial y Sécurité, nº 1-2, 1983, pags 16-.

AUBERTIN G: Reduccion de la agresion termica y de la afliccion fisiologica al calor y al frío. Trivial et Sécurité, nº 1-2, 1983.

ASTRAND P., RODAHL K. Fisiologia del trabajo fisico. Ed Panamericana. 2º edicion, 1985.

BOE. Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. Orden Ministerial de 4 de marzo de 1971.

BROWERS. Higyène du Trivial. Université Catholique de Louvain. 1986.

DESOILLE H. MARTI MERCADAL J.A., SCHERRER J., TRUHAUT R.- Medicina del Trabajo. Ed Masson. 1990.

FANGER P.O . Thermal comfort. McGraw-hill, 1972.

GALINDEZ I., MALCHAIRE J.- Evaluacion de las condiciones de trabajo en ambiente Caluroso. Salud y Trabajo nº 83- 1991/1, 28-35, 1991.

CASTEJON E.(INSHT). Confort térmico. Metodo de Fanger para su evaluacion. Nota Tecnica de Prevencion nº 74. 1983.

ISO 7730. Ambiances thermiques moderées. Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique. 1984.

ISO 7726. Ambiances thermiques. Appareils et méthodes de mesure des caractéristiques physiques de l'environnement. 1985.

ISO 8996.- Détermination de la production de chaleur métabolique. 1990.

ISO-DP 9886. Evaluation de l'astreinte thermique par mesures physiologiques. 1990.

ISO-DP 9920. Estimation des caractéristiques thermiques d'un vêtement. 1988.

ISO/CD 11079 (Projet du comité de Ergonomie). Evaluation of Cold Environments. Determination of Required Clothing Insulation, IREQ. 1990.

MAIRIAUX Ph. et MALCHAIRE J.. Le travail en ambiance chaude. Ed. Masson. 1990.

MALCHAIRE J. Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus de fréquence cardiaque aux postes de travail. Cahiers de Medecine du Travail. 1988, XXV, 4.

O.I.T. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Organizacion Internacional del trabajo.

OLESEN, Ph. D. Thermal Comfort. Technical Review. 1982

OLESEN, Ph. D. Local Thermal Comfort. Technical Review. 1985.

PIULACHS P.. Lecciones de Patologia Quirurgica. 1955.

