

Estrés por frío (I)

Cold stress (I)
Contrainte liée au froid (I)

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

Eugenia Monroy Martí
MC PREVENCIÓN

Pablo Luna Mendaza

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Desde la publicación de la NTP 462 Estrés por frío: evaluación de las exposiciones laborales, el número de trabajadores afectados por el frío ha ido creciendo fundamentalmente por la expansión de la industria del frío. En esta Nota Técnica de Prevención, que se compone de dos partes, se hace un repaso de la problemática que genera el frío y la forma de abordarla y se resumen los aspectos que se han actualizado de los criterios que, mayoritariamente, ya se exponían en el Technical Report. (ISO TR 11079:1993 "Evaluation of cold environments. Determination of required clothing insulation. IREQ"), que luego fue constituido en norma y que posteriormente se actualizó mediante la UNE-EN ISO 11079:2009, en la que se basa la metodología de evaluación del estrés por frío y estas Notas Técnicas de Prevención. La bibliografía utilizada se halla en la parte II.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El estrés por frío puede presentarse a temperaturas justo por debajo de la zona de confort, especialmente en el trabajo sedentario. Naturalmente, cuanto más baja es la temperatura ambiental mayor es el riesgo de estrés por frío pero la respuesta a un nivel determinado de estrés por frío depende en gran medida de la capacidad de termorregulación del cuerpo y de la conducta que presente la persona. La comprensión de la física de intercambio de calor y la posterior modelización del balance de calor del cuerpo, por lo tanto, resultan ser la herramienta básica para la evaluación del estrés por frío.

2. SITUACIONES DE EXPOSICIÓN A FRÍO

La exposición profesional al frío, natural o artificial, se puede encontrar en diversas actividades profesionales. Los principales efectos sobre la salud de una exposición directa al frío son la hipotermia y la congelación, además de riesgo de padecer trastornos musculoesqueléticos (TME). Es difícil caracterizar un ambiente frío exclusivamente con los criterios fisiológicos, ya en función del tipo de trabajo y las características individuales, podemos tener una sensación de disconfort térmico a partir de temperaturas inferiores a 15 °C. Además, la sensación de frío no se encuentra solamente ligada a la temperatura medida, ya que puede llegar a acentuarse debido a factores como el viento (velocidad del aire) y la humedad. De todas formas, se debe considerar que para temperaturas inferiores a 5 °C y, especialmente, todas las exposiciones con temperaturas negativas, el riesgo es inmediato.

A continuación se indican situaciones y puestos de trabajo que pueden presentar riesgo de exposición al frío:

- **Trabajos dentro de un local:** Personal de la industria agroalimentaria (preparadores de pedido y envasado, o preparación/corte del producto), empleados de mantenimiento de sistemas de frío (instalación, reparación de cámaras frigoríficas o de sistemas de aire acondicionado), trabajos en casetas fijas sin calefacción (vigilancia, etc.), trabajos de preparación de alimentos en hostelería y hospitales, etc.
- **Trabajos en el exterior:** Industria del transporte, agricultores, trabajadores de autopistas y mantenimiento de carreteras, mantenimiento de líneas eléctricas o equipos industriales, personal del ejército, personal de seguridad y vigilancia, personal de pistas de aeropuertos.
- **Trabajos en altitud:** Personal de explotación y mantenimiento de remotes mecánicos, personal de estaciones de esquí, guías de alta montaña, trabajadores de la construcción, personal de aduanas, equipos de rescate, trabajadores de estaciones meteorológicas.
- **Trabajos en agua fría o en contacto con agua fría:** Buzos profesionales, técnicos que diagnostican los cimientos de edificios submarinos, equipos de rescate, militares, pescadores, trabajos en plataformas petrolíferas. En los casos de trabajos en agua fría, para una misma temperatura, la pérdida de calor por unidad de tiempo en el agua es de 25 veces superior a la observada en el aire. El tiempo medio de supervivencia de un hombre en caso de inmersión accidental es baja (4 horas en aguas calmadas de 18 °C).

3. CONCEPTO DE ESTRÉS POR FRÍO

De igual forma que sucede con el estrés térmico por calor, el **estrés por frío** se define como la carga térmica nega-

tiva (pérdida de calor excesiva) a la que están expuestos los trabajadores y que resulta del efecto combinado de factores físicos y climáticos que afectan al intercambio de calor (condiciones ambientales, actividad física y ropa de trabajo).

Por otro lado, la **sobrecarga fisiológica** es la respuesta del cuerpo humano a la potencia de refrigeración ejercida por factores físicos y climáticos, que provocan una serie de mecanismos de ajuste necesarios para aumentar la generación interna de calor y disminuir su pérdida (mantenimiento temperatura interna).

- **Sobrecarga fisiológica baja:** El cuerpo se encuentra en un estado térmico neutro, correspondiente a una sensación térmica en la que una persona no requiere aporte o pérdida de calor.
- **Sobrecarga fisiológica elevada:** Esta situación se produce cuando el equilibrio térmico del cuerpo no se puede mantener a un nivel de sobrecarga bajo y, tras un período inicial de disminución del calor en la piel y las extremidades de 20-40 min, la sensación térmica subjetiva es de frío. En definitiva, el nivel alto de sobrecarga corresponde a unas condiciones en las que el equilibrio térmico se mantiene sólo mediante la vasoconstricción periférica.

4. TIPOS DE ENFRIAMIENTO

Considerando los diferentes tipos de enfriamiento y los efectos sobre la salud, el estrés por frío se puede clasificar de la siguiente forma:

- **Estrés por enfriamiento general:**
El riesgo de enfriamiento general se determina mediante el análisis de las condiciones de equilibrio de calor general del cuerpo. A través de una ecuación de balance térmico, se calcula el nivel de aislamiento de ropa necesario (protección necesaria) para unos niveles definidos de sobrecarga fisiológica (baja o alta, ver punto anterior). En estos casos, el valor de aislamiento requerido calculado puede ser considerado como un índice de estrés por frío. Cuanto más alto sea el valor de aislamiento requerido, mayor es el riesgo de desequilibrio de calor del cuerpo.
- **Estrés por enfriamiento local:**
 - Enfriamiento de las extremidades: Las extremidades del cuerpo humano son propensas a sufrir grandes pérdidas de calor. Su temperatura depende del equilibrio entre la pérdida de calor local y la entrada de calor a través de la sangre caliente. Por lo tanto, no sólo es necesaria la protección localizada de las extremidades, sino también de todo el cuerpo. Si el balance térmico es negativo, el flujo de sangre a las extremidades disminuye debido a la vasoconstricción, lo que puede reducir el aporte de calor a niveles muy bajos produciendo el enfriamiento progresivo de los dedos de las manos y los pies.
 - Enfriamiento por convección (efecto del viento): La acción directa del viento sobre la piel sin protección provoca considerables pérdidas de calor y puede poner en peligro el equilibrio térmico local.
 - Enfriamiento por conducción (por contacto con superficie fría): La ACGIH recomienda tomar acciones cuando la superficie del metal de contacto se encuentra por debajo de 1 °C (este valor se refiere a breves contactos de unos pocos segundos). Si el contacto se prolonga, la temperatura de la piel

puede decrecer rápidamente aproximándose a la temperatura de la superficie metálica. En estos casos, el dolor no es un síntoma de peligro, debido a que se produce el bloqueo de los receptores superficiales de la piel con temperaturas inferiores a los 7°C – 8°C.

- Enfriamiento del tracto respiratorio: La inhalación de aire frío y seco provoca un importante enfriamiento local de la mucosa nasal y del tracto respiratorio superior. De todas formas, a través de la respiración nasal se recupera una cierta cantidad de humedad y calor mediante la mucosa de la membrana de la nariz. El principal riesgo es que si la frecuencia respiratoria es elevada y mayoritariamente por la boca, el enfriamiento puede extenderse rápidamente por las vías respiratorias y provocar inflamaciones epiteliales.

5. FACTORES DE EXPOSICIÓN AL FRÍO

Las reacciones al frío son diversas en función de cada individuo y en función de sus características pueden agravarse las consecuencias de la exposición al frío.

Factores de riesgo en caso de exposición al frío:

- **Edad:** En general, las personas mayores parecen ser menos tolerantes al frío y con el envejecimiento los ajustes termorreguladores se vuelven menos eficientes.
- **Género:** La velocidad de enfriamiento de los pies y de las manos es mayor en mujeres por lo que presentan mayor riesgo de sufrir lesiones en las extremidades. En cambio, en términos de enfriamiento general, las mujeres parecen ser más tolerantes al estrés por frío (especialmente en agua fría) debido al mayor grosor de la capa de grasa subcutánea que proporciona mayor aislamiento.
- **Morfología / antropometría:** Ratio entre la superficie y el volumen.
- **Presencia de problemas circulatorios** (antecedentes de lesiones debidas al frío). Las personas con enfermedades circulatorias (angina de pecho, enfermedad de Raynaud, etc.) son más susceptibles y propensas a padecer estrés por frío.
- **Fatiga y cansancio.**
- **Insuficiencia en la ingesta de alimentos y líquidos** (contribuyen a la producción de calor en el organismo y elimina la deshidratación).
- **Consumo de bebidas alcohólicas y tabaco.**
- **Uso de ciertos medicamentos** (como los medicamentos para diabéticos). Se requiere consulta médica en el caso de ingesta de medicamentos, dado que muchos fármacos actúan sobre el sistema cardiorrespiratorio y pueden interferir en las respuestas termorreguladoras (por ejemplo, medicamentos para la hipertensión).
- **Falta de aclimatación:** En el caso del frío, contrariamente a lo que sucede con el calor, no podemos hablar de un período de aclimatación. Sin embargo, ciertas partes del cuerpo que se encuentran expuestas repetitivamente pueden desarrollar una cierta tolerancia al frío.
- **Ropa inadecuada y consecuencias de la sobreprotección:** La protección frente al frío requiere necesariamente la utilización de múltiples capas de ropa, lo que junto con los guantes y el calzado implica una serie de restricciones en el movimiento. En consecuencia, los trabajos realizados en condiciones de frío se prolongan y se produce una sobrecarga adicional debido a la protección (incremento de fricción interna entre las capas de ropa y mayor peso).

6. EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN AL FRÍO

La temperatura corporal se encuentra regulada por el sistema nervioso central y en un ambiente confortable la temperatura se mantiene alrededor de los 37 °C. El cuerpo dispone de mecanismos que le permiten adaptarse a condiciones bajas de temperatura, viento y precipitaciones (lluvia y nieve). La piel presenta unos receptores térmicos que, en contacto con el frío, activan la vasoconstricción cutánea con el fin de conservar el calor interno. También, se activa la tiritera que es un acto reflejo e involuntario que incrementa la producción de calor del organismo hasta un 500%. (Ver fig.1)

Sensación térmica de frío y dolor

El malestar por frío surge cuando se produce una pérdida de calor excesiva en todo el cuerpo o en una parte, es decir, se trata de un indicador del equilibrio térmico general o local. Dependiendo de la temperatura (incluyendo variaciones térmicas), el tipo de actividad y la ropa, las personas pueden experimentar molestias por frío a temperaturas alrededor de los 20 grados. De todas formas, el malestar se incrementa a medida que se produce una gran pérdida de calor, que gradualmente se traduce en una sensación de dolor. Existe variabilidad individual de respuesta al frío e incluso pueden darse situaciones de malestar y dolor a niveles moderados de estrés por frío.

Capacidad de trabajo

El descenso de la temperatura produce un cambio en las propiedades físico-químicas de los tejidos internos, ralentización de los procesos metabólicos y retraso en la transmisión de señales por parte del sistema nervioso afectando a la función muscular y, en consecuencia producir una pérdida de destreza y eficiencia en los movimientos (especialmente de manos y dedos). En situaciones donde las condiciones de estrés por frío son más graves (temperatura interna por debajo de los 36 °C) se puede producir dificultad al caminar y en la realización de trabajos físicos exigentes, ya que se reduce el movimiento de los grandes músculos del cuerpo. En consecuencia, un esfuerzo moderado puede convertirse rápidamente en un trabajo pesado y exhaustivo, debido a la reducción de la eficiencia y movilidad de los músculos por el frío.

- **Destreza manual:** Los movimientos de precisión con las manos pueden verse afectados con temperaturas de los dedos de 30-31 °C. En el caso de movimientos más amplios, se ven considerablemente reducidos por debajo de temperaturas de las manos de 20 °C.

- **Destreza mental:** El rendimiento o destreza mental es una función más compleja, pero pueden verse afectados el tiempo de reacción o la resolución de problemas.
- **Capacidad física de trabajo:** Tal como se ha comentado, cuando los músculos se enfrían se reduce la movilidad y, por lo tanto, la capacidad de trabajo físico debido al incremento del coste energético de cada movimiento, con la consecuente sensación de agotamiento e incluso de fallo repentino.

Efectos sobre la salud

Efectos respiratorios:

La inhalación de aire muy frío enfría las membranas de las mucosas del tracto respiratorio superior y puede, con el tiempo, causar irritación, reacciones micro-inflamatorias y bronco-espasmo. El bronco-espasmo es una reacción común en el frío y es particularmente pronunciado en las personas asmáticas y en personas con vías respiratorias hipersensibles. El enfriamiento del tracto respiratorio puede provocar síntomas de dolor en personas con trastornos cardiovasculares. En cambio, personas sin problemas respiratorios pueden realizar trabajos de actividad moderada, en condiciones donde la temperatura del aire puede alcanzar los -30 °C.

Efectos cardiovasculares:

El frío puede tener efectos cardiorrespiratorios significativos, a través del incremento de la presión sanguínea, de manera puntual o crónica. Dicho incremento de presión sanguínea se produce como consecuencia de la vasoconstricción periférica y además por el enfriamiento facial. El frío puede agravar los síntomas asociados con diferentes tipos de enfermedades cardiovasculares (como el síndrome de Raynaud y también un incremento en la incidencia de trastornos musculoesqueléticos). En particular, las personas con angina de pecho a menudo sienten molestias y dolor con la exposición al frío.

Lesiones por frío:

Uno de los riesgos para la salud en ambientes fríos es el riesgo a sufrir una lesión por frío: congelación (daños locales) o hipotermia (daños generales).

- Por enfriamiento localizado:
 - **Lesiones por frío sin congelación:** Se producen cuando se someten las extremidades a exposiciones largas de temperaturas bajas sin que se produzca la congelación de la piel. Los factores que

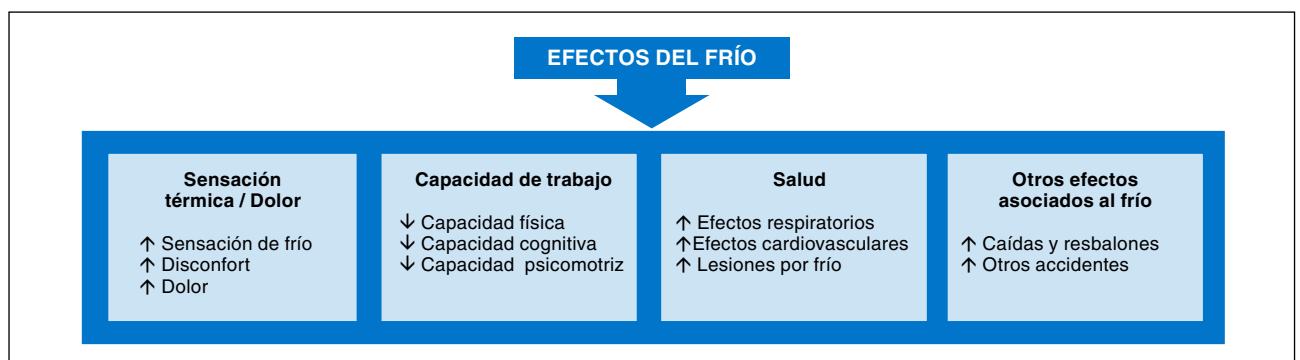


Figura 1. Efectos de la exposición al frío.

contribuyen a producir estas lesiones son las bajas temperaturas, la inmovilidad de las extremidades y la humedad. En esta situación, el principal efecto perjudicial consiste en una disfunción vascular y celular, que puede llegar a ser irreversible.

- *Congelación superficial de la piel:* Se trata de la congelación local de la capa superficial de la piel, provocando el blanqueamiento y color pálido de la piel.
- *Congelación profunda de la piel:* Se define como aquella situación en la que las capas/tejidos más profundos de la piel se congelan formando cristales de hielo y la piel se vuelve dura al tacto. La gravedad y el daño de la congelación dependerán de la temperatura, la duración, la intensidad, la superficie afectada y el proceso de recalentamiento que se lleve a cabo.
- Por enfriamiento general del cuerpo:
 - *Hipotermia:* La hipotermia se presenta cuando la temperatura interna desciende por debajo de los 35 °C, y se producen una serie de reacciones fisiológicas y psicológicas que son consecuencia de un desequilibrio de los mecanismos de regulación del intercambio de calor. Con el enfriamiento progresivo del cuerpo, el rendimiento y la capacidad de trabajo físico se reducen, así como la capacidad mental (confusión mental y alteraciones en el juicio). La persona no es capaz de reconocer el peligro de la situación, por lo que en estos casos la asistencia externa puede ser la única alternativa para interrumpir la exposición y proceder a la recuperación. El enfriamiento corporal puede dar lugar a la inconsciencia y parálisis de la mayoría de las funciones corporales, así como la reducción al mínimo de las funciones cardiorrespiratorias. En los casos más extremos en los que la temperatura interna alcanza 28 °C existe un riesgo importante de fibrilación cardíaca. El recalentamiento y recuperación de las víctimas de hipotermia profunda debe tratarse en un hospital con personal especializado.

7. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS DEBIDOS AL FRÍO

En la figura 2 se indica un esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por estrés por frío. En él se indican los pasos a seguir considerando paralelamente la valoración del enfriamiento local y la valoración del enfriamiento general. Las diferentes etapas del proceso, numeradas en el esquema, se explican a continuación.

(1) Temperatura < 10 °C (Sin lluvia)

Cuando la temperatura de los lugares de trabajo es inferior a 10 °C y especialmente en trabajos que, por las características de proceso y operaciones se deben desarrollar en ambientes fríos, se recomienda la evaluación del riesgo de estrés térmico por frío. La metodología de evaluación de estrés por frío descrita no incluye situaciones de exposición a frío con lluvia.

(2) Evaluación estrés por frío

La evaluación de estrés por frío se realiza con el *método del aislamiento requerido de la ropa (IREQ)* y los efectos del enfriamiento local descritos en la normativa UNE-EN ISO 11079. De esta forma, a través de la determinación

de una serie de parámetros físicos (temperatura del aire, velocidad del aire, etc) y las característica de la ropa, se puede detectar el nivel de riesgo por frío, tanto de manera general como local.

(3) Evaluación enfriamiento local

En el caso de la evaluación de enfriamiento local, se evalúan los factores que apliquen en función de la situación de exposición:

- *Evaluación de frío en las extremidades:* El enfriamiento de las extremidades se evalúa a través de los métodos y procedimientos incluidos en la norma UNE EN 511:2006. De todas formas, se puede también evaluar mediante medidas directas de la temperatura de la piel de los dedos (sobrecarga alta – límite 15°C y sobrecarga baja – límite 24°C). Sin embargo, se evita o se dificulta mediante la protección adecuada (guantes, calcetines y calzado aislante).
- *Evaluación de frío debido al viento* (partes descubiertas): El viento incrementa el enfriamiento sobre la piel y dicho efecto se puede determinar a través de la temperatura de enfriamiento por el viento (twc). Esta temperatura es la temperatura ambiente a la que, para una velocidad de aire determinada, produce la misma sensación que las condiciones ambientales reales (sobrecarga alta – límite -30°C y sobrecarga baja – límite -15°C).
- *Evaluación de frío respiratorio:* El enfriamiento de las vías respiratorias se evalúa considerando la temperatura mínima del aire recomendada para la inhalación. A temperaturas inferiores a -15 °C se recomienda el empleo de protección respiratoria para niveles de actividad altos y para niveles normales a -30°C (sobrecarga alta – actividad baja límite Taire=-40 °C /actividad alta límite Taire=-30°C y sobrecarga baja – actividad baja límite -20 °C/actividad alta límite -15 °C).
- *Evaluación de frío por conducción:* El enfriamiento por conducción y contacto con la superficie fría se evalúa mediante la Norma UNE-EN ISO 13732-3:2008. El contacto prolongado con superficies metálicas por debajo de 15 °C produce problemas de destreza, entumecimiento e insensibilidad por debajo de 7 °C y congelación por debajo de 0 °C.

(4) Evaluación enfriamiento general

A través de la aplicación del método IREQ se obtiene el valor del aislamiento de ropa requerida dadas las condiciones ambientales de frío y el tipo de actividad que se realiza. Este valor de aislamiento de ropa requerido se calcula para dos situaciones de sobrecarga fisiológica (baja y alta) y se compara con el valor de aislamiento que proporciona la ropa que lleva el trabajador con el fin de determinar la existencia o nivel de riesgo.

En aquellos casos en que la comparativa resulte que la ropa del trabajador es insuficiente o resulte adecuada pero con tiempo límite, se debe proceder a aplicar medidas preventivas y limitar la exposición. Asimismo, también se puede determinar el tiempo de exposición límite a partir del cual se presenta riesgo de estrés por frío.

8. 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

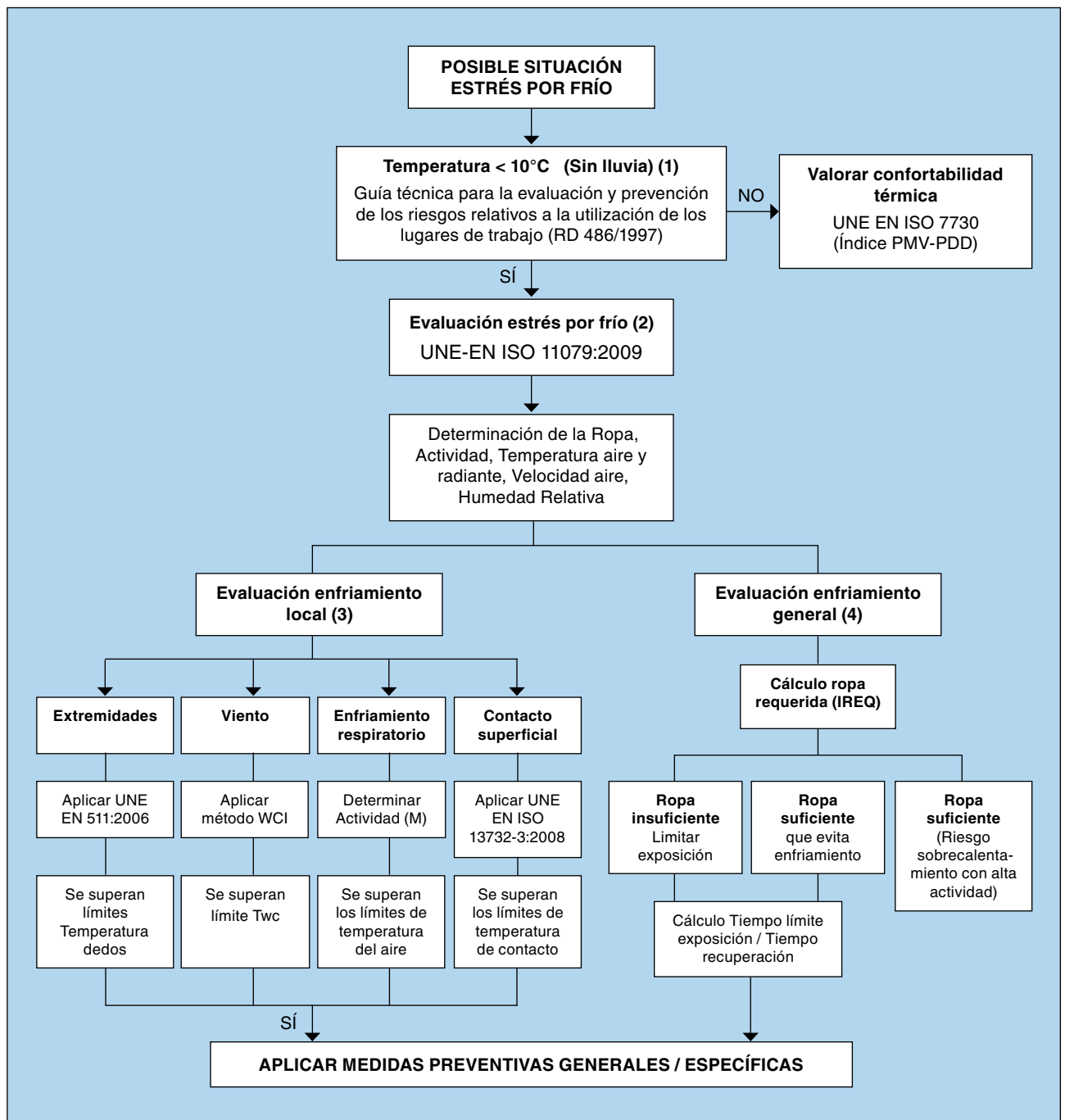


Figura 2. Esquema de actuación para la evaluación de los riesgos por estrés por frío.

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 heladas...).
- 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.

- 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.

Medidas complementarias en el diseño de cámaras frigoríficas u otras instalaciones de frío

- Permitir la apertura de las puertas de las cámaras frigoríficas desde el interior en cualquier circunstancia.

- Instalar un dispositivo de aviso sonoro y luminoso que permita dar la alarma a una persona accidentalmente atrapada.
- Verificar regularmente el buen funcionamiento de los dispositivos de seguridad.
- Informar a los trabajadores sobre los dispositivos de seguridad.
- Reducir la condensación interior instalando un sistema de ventilación adaptado, y limitar los aportes de aire exterior húmedo (apertura de puertas rápido, cortinas de aire...)
- Diseñar las cámaras frigoríficas de manera que el sistema de ventilación no presente una velocidad del aire superior a 0,2 m/s en las zonas de trabajo. Para las actividades estáticas de etiquetado, se recomienda colocar los mandos de control en una sala con calefacción de suelo radiante y colocar asientos con material térmicamente aislante.
- Elegir camiones con cabinas adaptadas para transportar cámaras frigoríficas.

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 al 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.

Estrés por frío (II)

*Cold stress (II)
Contrainte liée au froid (II)*

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo (INSHT)

En esta NTP, que es la 2ª parte de la dos que figuran bajo el título de “Estrés por frío”, se afronta la evaluación del riesgo de estrés por frío, de acuerdo a la UNE-EN ISO 11079:2009.

Elaborado por:

Eugenia Monroy Martí
MC PREVENCIÓN

Pablo Luna Mendaza

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Siguiendo el esquema de actuación frente a una situación de estrés por frío de la primera parte de la NTP (*figura 1*), la evaluación de estrés por frío se realiza con el *método del aislamiento requerido de la ropa (IREQ)* y los *efectos del enfriamiento local* descritos en la normativa UNE-EN ISO 11079. Tal como se indica, el estrés por frío puede evaluarse desde el punto de vista del enfriamiento general del cuerpo o a través de la evaluación del enfriamiento localizado en algunas partes del cuerpo (diferentes tipos: extremidades, cara, etc.).

En el caso del enfriamiento general, el método se basa en el cálculo del intercambio de calor, de la resistencia térmica de la ropa requerida para mantener el equilibrio térmico (qué tipo de ropa mínima o necesaria se necesita en función del grado de sobrecarga fisiológica al frío) y también del cálculo corregido de la resistencia térmica que se utiliza (qué tipo de ropa estoy utilizando). A través de la comparación de estos dos últimos valores de resistencia térmica de la ropa se determina el grado de riesgo, así como tiempos de exposición y recuperación. La diferencia principal respecto a la metodología anterior (ISO TR 11079:1993 – NTP 462) es la incorporación de más variables (aislamiento de la capa de aire, velocidad del aire, etc.) al cálculo de la resistencia térmica del vestido ($I_{cl,r}$).

En el caso del enfriamiento local, la evaluación del riesgo se realiza según diversas metodologías: enfriamiento convectivo (efecto del viento), enfriamiento de las extremidades, enfriamiento por conducción y enfriamiento del tracto respiratorio.

2. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR ENFRIAMIENTO GENERAL

En la determinación del riesgo por enfriamiento general los factores determinantes son las características térmicas de la ropa, el calor que produce el cuerpo y las con-

diciones ambientales (parámetros físicos). Por lo que para la aplicación de la metodología es necesario conocer:

- **Características físicas del ambiente estimadas o medidas** según UNE-EN ISO 7726:2002. Temperatura del aire, temperatura radiante media (temperatura de globo), velocidad del aire y humedad relativa (A bajas temperaturas, se recomienda utilizar un valor estándar de 50% por debajo de -5 °C).
- **Tipo de actividad en el trabajo** de los individuos expuestos, expresado con la tasa metabólica estimada según UNE-EN ISO 8996:2005, y el ritmo de trabajo externo (para la mayoría de tipos de trabajo manual y de movimientos a ras del suelo, el ritmo suele ser considerado 0).
- **Aislamiento térmico de la ropa** de protección frente al frío utilizado, según UNE-EN ISO 15831:2004 o según las tablas correspondientes de la EN ISO 9920:2009.

A partir de la ecuación de balance térmico se obtiene el aislamiento requerido de la ropa (IREQ) para mantener dicho balance según los criterios de sobrecarga fisiológica (elevada o baja). El valor de IREQ obtenido se compara con el nivel de protección que ofrece la ropa que utiliza el trabajador. Si la ropa que utiliza presenta una resistencia térmica menor que la requerida se calcula el tiempo límite de exposición.

De esta forma, el IREQ permite medir el nivel de riesgo producido por el efecto combinado de la producción de calor interno derivado de la actividad metabólica y el intercambio de calor con el ambiente exterior. Cuanto más severas sean las condiciones ambientales respecto al frío, el valor del IREQ será más alto independientemente de la actividad metabólica. En cambio, dadas unas condiciones de frío, el valor de IREQ se reducirá cuanto mayor sea la actividad metabólica.

La evaluación del equilibrio térmico y el cálculo del aislamiento requerido se aplican a una persona media tal como sucede con la mayoría de modelos matemáticos de evaluación de la exposición térmica. Por lo que es importante destacar que los valores obtenidos son orientativos y se debe ajustar cada tipo de ropa según las

experiencias y necesidades de cada individuo, debido a que las características individuales (respuesta fisiológica, costumbres de tipo de ropa, etc.) influyen notablemente.

De todas formas, la aplicación de la metodología está sujeta a los valores de los siguientes parámetros:

- Temperatura del aire (seca) menor a 10°C.
- Velocidad del aire entre 0,4 m/s y 18 m/s.
- Resistencia térmica de la ropa (I_{cl}) superior a 0,078 m²K/W (0,5 clo).

Ecuación balance térmico

De manera equivalente al método de sobrecarga térmica en los casos de estrés térmico, la ecuación del balance térmico de calor que se debe cumplir para el cálculo del aislamiento de la ropa requerido es la siguiente:

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

Siendo M la actividad metabólica del trabajo, W es la potencia mecánica (despreciable en la mayoría de casos), E_{res} y C_{res} representan los intercambios de calor que se producen a través de la respiración por convección y evaporación respectivamente, C y R representan los intercambios de calor que se producen en la piel mediante convección y radiación, K representa el intercambio de calor por conducción (a pesar de que tiene importancia para el balance térmico local, es despreciable respecto al intercambio de calor por convección y radiación), E representa los intercambios de calor que se producen a través de la evaporación y S es el almacenamiento de calor en el cuerpo (para el cálculo de la IREQ será 0 para mantener la situación en la que no hay pérdida ni ganancia de calor, es decir, el balance térmico).

Tanto los términos de intercambio de calor por respiración (E_{res} y C_{res}), como los que se producen por convección y radiación (C y R) se calculan mediante expresiones equivalentes a las utilizadas en el método de evaluación al frío ISO TR 11079:1993 descrito en la NTP 462.

En el caso del cálculo del intercambio de calor por respiración (E), la expresión también es similar pero con el matiz de incorporar en la variable $R_{e,t}$ (resistencia evaporativa total de la ropa y de la capa de aire) el aislamiento de la capa límite de aire entre el tejido y la piel, no únicamente el aislamiento de la ropa como sucedía en la expresión del método anterior:

$$E = (p_{sk} - p_a) / R_{e,T}$$

Donde p_{sk} es la presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de la piel, p_a (presión parcial del vapor de agua) y $R_{e,T}$, como se ha comentado, es la resistencia evaporativa total de la ropa y de la capa límite de aire (que se calcula a partir del aislamiento térmico de la ropa y de su permeabilidad al vapor de agua).

$$R_{e,T} = 0,16 \cdot \left[\frac{I_{a,r}}{f_{cl}} \right] + I_{cl,r}$$

Donde $I_{a,r}$ es el aislamiento térmico resultante de la capa de aire (entre la ropa y la piel), f_{cl} , factor de superficie de la ropa y $I_{cl,r}$, el aislamiento térmico resultante o corregido de la ropa.

Determinación del aislamiento resultante de la ropa (inclusión aislamiento capa de aire)

El aislamiento básico que proporciona la normativa técnica (EN ISO 9920:2009) corresponde al aislamiento real proporcionado en condiciones estáticas y sin viento (en

un maniquí térmico estático). 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.

La incorporación más significativa respecto a la anterior metodología de evaluación del frío es el nuevo cálculo del aislamiento térmico resultante o corregido de la ropa ($I_{cl,r}$), en el que se incorporan junto con las condiciones reales de utilización (efecto de la penetración del aire y la actividad), el efecto del anteriormente mencionado del aislamiento de la capa límite de aire:

$$I_{cl} = I_{cl,r} + \frac{[0,092 \cdot e^{(0,15 \cdot v_a - 0,22 \cdot v_w)} - 0,045] / f_{cl}}{[0,54 \cdot e^{(0,075 \cdot \ln(ap) - 0,15 \cdot v_a - 0,22 \cdot v_w)} - 0,06 \cdot \ln(ap) + 0,5]} - 0,085/f_{cl}$$

Donde $I_{cl,r}$ es el aislamiento corregido de la ropa, v_a es la velocidad de aire, v_w es la velocidad del aire alrededor del cuerpo, f_{cl} es el factor de superficie de la ropa y ap es la permeabilidad del aire.

Esta corrección considerando el viento, la actividad y la permeabilidad al aire de la capa externa proporciona un valor del aislamiento térmico de la ropa que permite una comparativa más realista con el valor requerido de ropa (IREQ). Es importante considerar que el IREQ calculado se refiere a una repartición homogénea de la ropa sobre el cuerpo, por lo que no implica necesariamente que las extremidades se mantengan calientes (debe evaluarse por separado, ver *evaluación de riesgo por enfriamiento local*).

En definitiva, la fórmula anterior permite obtener un valor más realista del aislamiento que proporciona la ropa dadas unas condiciones ambientales y actividad metabólica determinada. Y también permite obtener un valor de ropa necesaria dado un IREQ determinado. De manera adicional, también se utiliza el valor de ropa corregido con el fin de calcular el tiempo límite de exposición (D_{lim}).

Determinación e interpretación del aislamiento requerido de la ropa (IREQ).

De forma análoga a lo que sucedía con la anterior metodología de evaluación de estrés al frío, se obtiene el valor del aislamiento requerido de la ropa (IREQ). Por lo que partiendo de la ecuación de balance térmico anterior y en la 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 y de la ropa se obtiene:

$$\frac{T_{sk} - T_{cl}}{I_{cl,r}} = R + C = M - W - E_{res} - C_{res} - E - S$$

Considerando que el índice IREQ es el valor de aislamiento térmico resultante ($I_{cl,r}$) que garantiza que no hay pérdida neta de calor en el cuerpo ($S = 0$), se obtiene la siguiente expresión que se resuelve por iteración o a través del programa informático que se indica posteriormente para obtener el valor del aislamiento de ropa requerido (IREQ):

$$T_{cl} = T_{sk} - IREQ \cdot (M - W - E_{res} - C_{res} - E - S)$$

Tal como se ha comentado en el párrafo anterior, el requisito para el cálculo del IREQ es que se mantenga el

balance térmico ($S=0$), 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 (ver primera parte NTP). Estos niveles de sobrecarga fisiológica están definidos mediante los valores de la temperatura media de la piel, de la sudoración (humedad de la piel) y de la variación de la temperatura corporal. La situación de confort térmico implica que los valores de la temperatura de la piel y la evaporación del sudor estén acotados entre ciertos límites (ver tabla 1).

De esta forma, para la evaluación de la exposición al frío se propone el cálculo del índice IREQ en las 2 situaciones:

- IREQ min (evaluación al frío según sobrecarga fisiológica alta): representa el aislamiento térmico del vestido resultante ($I_{cl,r}$) mínimo para evitar el enfriamiento general del cuerpo, en el que el equilibrio térmico se mantiene por vasoconstricción de la piel y de las extremidades. Esta situación se alcanza cuando el equilibrio térmico no se puede mantener a un nivel de sobrecarga bajo.
- IREQ neutro (evaluación al frío según sobrecarga fisiológica baja): además de evitar el enfriamiento general del cuerpo proporciona confort térmico.

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/m²)	144	144

Tabla 1. Criterios fisiológicos de enfriamiento general

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 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 (ver tabla 2).

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.

Cálculo del tiempo máximo de exposición y tiempo de recuperación

En aquellos casos en los que la ropa que utiliza el trabajador corregida según las condiciones de utilización ($I_{cl,r}$) sea inferior al aislamiento térmico requerido IREQ, se produce un enfriamiento progresivo del cuerpo por lo que debe limitarse la exposición (calcular D_{lim}).

Para el cálculo de D_{lim} 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}). En el inicio de la exposición (durante 20-40 min), se produce esta pérdida de calor periférica comentada (piel y extremidades). Posteriormente se equilibra la temperatura del cuerpo para los valores de sobrecarga fisiológica alta y no existe almacenamiento de calor.

De esta forma, el valor de D_{lim} se calcula mediante la ecuación:

$$D_{lim} = \frac{Q_{lim}}{S}$$

Donde Q_{lim} corresponde a una pérdida de 144 KJ/m² y S (almacenamiento de calor) se calcula por iteración considerando las expresiones de la ecuación de balance térmico y de la suma del calor seco (R+C).

El valor límite de exposición (D_{lim}) 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 ($I_{cl,r} < IREQ_{neutro}$) se puede calcular el tiempo de recuperación para restablecer el equilibrio térmico. En este caso, se calcula de manera equivalente al tiempo límite de exposición pero consi-

VALORACIÓN	EFFECTO	ACCIONES
$I_{cl} > I_{cl,neutro}$	Zona cálida o sobrecalentada: Aislamiento excesivo por lo que hay riesgo de sobrecalentamiento, 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.	• No se requiere acción alguna respecto al enfriamiento general. Se debe realizar la evaluación del enfriamiento local. • Cálculo 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.	Existen 2 posibilidades: • Incrementar el aislamiento de la ropa. • Limitar la exposición (cálculo D_{lim}).

Tabla 2. Criterios de valoración

derando las condiciones ambientales y del tipo ropa (si existe cambio) de la zona de recuperación:

$$D_{\text{rec}} = \frac{Q_{\text{lim}}}{S}$$

Donde Q_{lim} es el mismo valor que el utilizado para D_{lim} , pero en este caso positivo (ganancia), ya que es el valor necesario de calor para que el cuerpo recupere el equilibrio térmico y vuelva a las condiciones anteriores. En el caso de cambio de ropa durante la recuperación debe efectuarse un nuevo cálculo para el IREQ.

3. EVALUACIÓN DEL RIESGO POR ENFRIAMIENTO LOCAL

En el caso del enfriamiento local, los principales efectos se observan en una falta de destreza y habilidades manuales que provocan molestias y que afectan especialmente a las manos, pies y cabeza. Con el fin de evaluar dicho riesgo, se utilizan varios métodos descritos a continuación y que permiten valorar de forma más global y precisa los posibles efectos. Se recomienda la evaluación del riesgo por enfriamiento local en aquellos casos en los que se ha evaluado el enfriamiento general y la ropa ha resultado adecuada, ya que a pesar de que se mantiene el balance térmico, puede existir riesgo de frío local.

Asimismo también se incluyen los criterios fisiológicos que permiten valorar el enfriamiento local en función de la metodología utilizada (ver tabla 3).

Enfriamiento local	Sobrecarga alta	Sobrecarga baja
Temperatura de enfriamiento por el viento, t_{wc} (°C)	-30	-15
Temperatura de los dedos (°C)	15	24
Vías respiratorias		
• Actividad baja ($M \leq 115 \text{ w/m}^2$)	$T_a = -40 \text{ °C}$	$T_a = -20 \text{ °C}$
• Actividad alta ($M > 115 \text{ w/m}^2$)	$T_a = -30 \text{ °C}$	$T_a = -15 \text{ °C}$

Tabla 3. Criterios fisiológicos de enfriamiento local

Enfriamiento local por convección

Las pérdidas de calor se aceleran por la combinación de las bajas temperaturas y la acción del viento que incrementan el enfriamiento sobre la piel. Las partes que no se encuentran protegidas o cubiertas por la ropa (por ejemplo la cara o las manos) son las más susceptibles a sufrir la acción del viento y pueden enfriarse muy rápidamente. Con el fin de determinar dicho efecto, se determina la **temperatura de enfriamiento por el viento (t_{wc})**, que corresponde a la temperatura ambiente a la que, para un viento de 4,2 km/h, produce la misma sensación que las condiciones ambientales reales, es decir, describe el efecto refrigerante sobre la piel. Se determina mediante la siguiente expresión matemática:

$$t_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot T_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot T_a \cdot v_{10}^{0,16}$$

Donde T_a (temperatura del aire), v_{10} se define como el valor meteorológico normalizado medido a 10 m sobre el

nivel del suelo (se obtiene mediante estaciones y previsiones meteorológicas, o multiplicando 1,5 por la velocidad local del viento a nivel del suelo (v_a)).

En la tabla 4 se indica la valoración del riesgo en función de los valores obtenidos de temperatura de enfriamiento por el viento (t_{wc}):

Clasificación del riesgo	t_{wc} (°C)	Efecto
1	-10 a -24	Frío molesto (sobrecarga baja límite -15 °C).
2	-25 a -34	Muy frío, riesgo de congelación de la piel (Sobrecarga alta límite -30 °C).
3	-34 a -59	Frío intenso, riesgo de congelación profunda en 10 min.
4	-60 e inferiores	Frío extremo, riesgo de congelación en 2 min.

Tabla 4. Valoración del riesgo por enfriamiento local por convección (efecto del viento)

Enfriamiento local por conducción

En estos casos se evalúa el intercambio de calor inmediato entre la piel caliente y una superficie fría, que puede llegar a producir una sensación desagradable o daño local al frío (quemaduras) en función de la temperatura de la superficie. Este riesgo de enfriamiento local por conducción/contacto debe evaluarse conforme a lo establecido en la norma UNE-EN ISO 13732-3:2008.

Enfriamiento local de las extremidades

Las extremidades, concretamente las manos, pueden sufrir enfriamiento a pesar de que las condiciones térmicas generales sean neutras respecto al frío. Esto es debido a que el aporte calorífico de la circulación sanguínea depende mucho del equilibrio térmico en conjunto. En aquellos casos en los que el balance térmico es negativo (ropa insuficiente), como respuesta a esta situación, el cuerpo disminuye la circulación periférica (a las extremidades) debido a la vasoconstricción, por lo que el aporte de calor es muy bajo a dichas zonas. De esta forma, los dedos de las manos y de los pies, que son las partes más periféricas, empezarán a enfriarse progresivamente.

Este enfriamiento progresivo de las manos y pies pueden reducirse o dificultarse a través de la utilización de guantes, calcetines y calzado aislante. En la NTP 940 "Ropa y guantes de protección contra el frío" se especifican las características de guantes y ropa de protección frente al frío.

Enfriamiento local por tracto respiratorio

La inhalación de aire a baja temperatura, enfría las membranas y mucosas de las paredes del tracto respiratorio superior y puede llegar a dañar los tejidos (inflamación). El enfriamiento de las vías respiratorias se incrementa con la actividad física, ya que el volumen de aire frío que entra principalmente por la boca es más alto (se necesita mayor aporte de oxígeno). De esta forma, tal como se observa en la tabla 3, los criterios fisiológicos de valoración se encuentran establecidos en función de la actividad o consumo metabólico.

El enfriamiento de las vías respiratorias se evalúa considerando la temperatura mínima del aire recomendada que debe aspirarse. A temperaturas inferiores a -15 °C, se recomienda el empleo de protección respiratoria para niveles de actividad altos (que requieren un volumen de ventilación aumentado). A temperaturas inferiores a -30 °C se recomienda el empleo de protección respiratoria.

4. EJEMPLOS DE EVALUACIÓN DEL FRÍO

Exposición continua al frío: Evaluación enfriamiento general y local

Los cálculos del IREQ, del tiempo límite (D_{lim}) y de los tiempos de recuperación (D_{rec}), así como el cálculo de twc se han realizado a través del programa

Calculation of Required Clothing Insulation (IREQ), Duration Limited Exposure (D_{lim}), Required Recovery Time (Rt), and Wind Chill Temperature (twc). IREQ 2007 ver 4.1, Hakan O. Nilsson and Ingvar Holmer. En la dirección <http://wwwold.eat.lth.se>

El programa de cálculo requiere la temperatura radiante media pero se puede utilizar la temperatura de globo, ya que en condiciones de bajas temperaturas, ambas variables son equivalentes.

Exposición intermitente al frío: Evaluación enfriamiento general

Habitualmente el trabajo en zonas de frío se suele organizar en intervalos de tiempo de trabajo en zonas frías a diferentes temperaturas y con diversos niveles de actividad en función de la tarea. A la hora de realizar la evaluación al frío se debe prestar especial atención los siguientes intervalos:

- El intervalo que denominamos “**más frío**”, debido a la actividad menos intensa o la temperatura más baja. Se realiza el cálculo de la ropa necesaria para mantener

el equilibrio térmico y se compara con la ropa utilizada, en caso de ser inferior se calcula la exposición recomendada (D_{lim}).

- El intervalo “**más cálido**”, definido por la actividad más intensa o la temperatura más alta. De manera análoga, se calcula la ropa necesaria y se compara con la ropa utilizada para así determinar si se puede mantener el equilibrio térmico o no (calcular D_{lim} en este último caso).

En estos casos en los que se alternan tareas a diferentes temperaturas, es necesario un tipo de ropa que permita ajustes dentro del rango de aislamiento térmico necesario/duración de la exposición. Asimismo, también se requiere que las capas externas sean fáciles de abrir/cerrar y de poner y quitar, para poder reducir el aislamiento y mantener el equilibrio térmico del cuerpo. La retirada de una prenda exterior aislante puede corresponder a una disminución del aislamiento térmico básico de 1 clo o más.

Existe la posibilidad también de calcular un valor de IREQ ponderado en el tiempo, especialmente para considerar el tipo de ropa que se necesita cuando existe mucha diferencia entre el tiempo que pasa en la zona fría respecto a la zona más cálida. De esta forma, en el caso de exposiciones intermitentes, el IREQ se calcula para cada tipo de trabajo (incluyendo el descanso) y posteriormente se calcula la ponderación con el tiempo para un mínimo de 1 hora. En estos casos, el tiempo individual de exposición dependerá de la organización del trabajo de la empresa y del tipo de actividad, pero debería ser como mínimo de 15 minutos.

$$IREQ_{ponderado} = \frac{\sum_{i=1}^n IREQ_i \cdot t_i}{60}$$

Donde $IREQ_i$ corresponde al IREQ calculado para cada situación y t_i el tiempo de exposición de cada situación en minutos.

EJEMPLO 1

DATOS DE LA EXPOSICIÓN AL FRÍO					
T_a (°C)	T_{globo} (°C)	V_a (m/s)	M (W/m ²)	I_{cl} (clo)	T dedos (°C)
0	0	2	90	2,5	---
ENFRIAMIENTO GENERAL					
$IREQ_{min}$	$IREQ_{neutro}$	$I_{cl min}$	$I_{cl neutro}$	Valoración	D_{lim}
2,2	2,6	2,7	3,1	$I_{cl} < I_{clmin}$ (2,5 < 2,7) Ropa insuficiente	2,6 horas
Si condiciones de recuperación son: T_a y $T_{globo} = 25$ °C, $v_a = 0,1$ m/s, sin caminar y $I_{cl} = 1,5$ clo Tiempo de recuperación $D_{rec} = 0,9$ horas					
ENFRIAMIENTO LOCAL					
No es necesaria la evaluación del enfriamiento local en estas condiciones, ya que se debe incrementar el aislamiento de la ropa y, posteriormente cuando la ropa sea la adecuada se puede proceder a realizar la evaluación.					

NOTA: HR = 85% y permeabilidad de la ropa 8 l/m²s

EJEMPLO 2

DATOS DE LA EXPOSICIÓN AL FRÍO					
T_a (°C)	T_{globo} (°C)	V_a (m/s)	M (W/m ²)	I_{cl} (clo)	T_{dedos} (°C)
-20	-20	2	115	4,2	---
ENFRIAMIENTO GENERAL					
$IREQ_{\text{min}}$	$IREQ_{\text{neutro}}$	$I_{\text{cl min}}$	$I_{\text{cl neutro}}$	Valoración	D_{lim}
3	3,3w	3,6	4,0	$I_{\text{cl}} < I_{\text{cl neutro}}$ (4,2 > 4) Exceso de ropa	Mayor 8 horas
No aplica tiempo de recuperación					
ENFRIAMIENTO LOCAL					
No es necesaria la evaluación del enfriamiento local en estas condiciones, ya que se debe reducir el aislamiento de la ropa y, posteriormente cuando la ropa sea la adecuada se puede proceder a realizar la evaluación.					

NOTA: HR = 85% y permeabilidad de la ropa 8 l/m²s

EJEMPLO 3

DATOS DE LA EXPOSICIÓN AL FRÍO					
T_a (°C)	T_{globo} (°C)	V_a (m/s)	M (W/m ²)	I_{cl} (clo)	T_{dedos} (°C)
-10	-10	5	165	2,5	22
ENFRIAMIENTO GENERAL					
$IREQ_{\text{min}}$	$IREQ_{\text{neutro}}$	$I_{\text{cl min}}$	$I_{\text{cl neutro}}$	Valoración	D_{lim}
1,5	1,8	2,2	2,7	$I_{\text{cl min}} < I_{\text{cl}} < I_{\text{cl neutro}}$ (2,2 < 2,5 < 2,7) Ropa adecuada	4 horas
Se calcula tiempo de recuperación puesto que la situación si se prolonga en el tiempo tiende a la sobrecarga alta. Si condiciones de recuperación son: T_a y $T_{\text{globo}} = 25$ °C, $v_a = 0,1$ m/s, sin caminar y $I_{\text{cl}} = 1,5$ clo Tiempo de recuperación $D_{\text{rec}} = 0,9$ horas					
ENFRIAMIENTO LOCAL					
Conducción	Respiratoria	Extremidades	Viento (twc)	Valoración	
No aplica	$T_a > -15$ °C y $M > 115$ W/m ²	$T_{\text{dedos}} < 24$ °C	-14 °C	No Riesgo vías respiratorias. Riesgo extremidades entre sobrecarga alta y baja. Riesgo enfriamiento por viento = Nivel 1 (Frío molesto).	

NOTA: HR = 85% y permeabilidad de la ropa 8 l/m²s

EJEMPLO 4

DATOS DE LA EXPOSICIÓN AL FRÍO						
Tareas	Tiempo exposición (min)	T _a (°C)	T _{globo} (°C)	V _a (m/s)	M (W/m²)	I _{cl} (clo)
Intervalo más frío	20	-25	-25	1	115	3,5
Intervalo más calor	40	5	5	1	115	3,5
ENFRIAMIENTO GENERAL						
Tareas	IREQ _{min}	IREQ _{neutro}	I _{cl min}	I _{cl neutro}	Valoración	D _{lim}
Intervalo más frío	3,3	3,6	3,7	4	Considerando los 2 intervalos el requerimiento de ropa (I _{cl neutro}) sería entre 4 y 1,7 clo. La ropa que se utiliza es de 3,5 clo resulta una situación de compromiso adecuada entre ambos requerimientos. Pero siempre garantizando que el trabajador puede ajustarse la ropa y retirarla en las zonas con calefacción.	No aplica
Intervalo más calor	1,2	1,5	1,3	1,7		No aplica
ENFRIAMIENTO GENERAL PONDERADO						
$\text{IREQ}_{\text{min ponderado}} = \frac{3,3 \cdot 20 + 1,2 \cdot 40}{60} = 1,9$$\text{IREQ}_{\text{neutro ponderado}} = \frac{3,6 \cdot 20 + 1,5 \cdot 40}{60} = 2,2$						

BIBLIOGRAFÍA

HOLMÉR I.

Cold stress: Part I – Guidelines for the practitioner.*Int J Ind Ergonomics*, 1994; 14: 139-149.

HOLMÉR I.

Cold stress: Part II – The scientific basis (knowledge base) for the guide.*Int J Ind Ergonomics*, 1994; 14: 151-159.

HOLMÉR I.

Evaluation of Cold Workplaces: An Overview of Standards for Assessment of Cold Stress.*Ind Health*, 2009; 47 (3): 228–234.

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ.

Travail au froid.

Paris: INRS; 2009. 13 pp.

MÄKINEN T, HASSI J.

Health Problems in Cold Work.*Ind Health*, 2009; 47 (3): 207–220, 2009.

EN ISO 9920:2009.

Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.

UNE-EN ISO 7726:2002.

Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas.

UNE-EN ISO 8996:2005.

Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica.

UNE-EN ISO 11079:2009.

Ergonomía del ambiente térmico. Determinación e interpretación del estrés debido al frío empleando el aislamiento requerido de la ropa (IREQ) y los efectos del enfriamiento local.

UNE-EN ISO 13732-3:2008.

Ergonomía del ambiente térmico. Métodos para la evaluación de la respuesta humana al contacto con superficies. Parte 3: Superficies frías.

UNE-EN ISO 15831:2004.

Ropa. Efectos fisiológicos. Medida del aislamiento térmico mediante un maniquí térmico.