



Estrés térmico en el lugar de trabajo: Redefinir la comodidad como factor de seguridad cuantificable

La forma de evaluar los EPI está cambiando debido a los nuevos datos, los métodos de pruebas y la evolución de las normativas.

tyvek.es/apx



Introducción

«El estrés térmico ya no es un problema de comodidad: es un riesgo creciente para la seguridad.»

*afirma Chloé Caux-Wetherell,
la Directora de marketing para EMEA en
DuPont Personal Protection.*



El estrés térmico es un riesgo creciente en el lugar de trabajo. El aumento de las temperaturas a nivel global, las olas de calor más frecuentes y los entornos físicamente exigentes hacen que los trabajadores estén cada vez más expuestos a un calor excesivo durante sus tareas cotidianas. En toda Europa, una parte considerable de la mano de obra declara trabajar en condiciones de alta temperatura, lo que pone de manifiesto que ya no se trata de un problema aislado, sino de un problema de seguridad generalizado¹.

Los organismos reguladores y los expertos en salud están haciendo más hincapié en el bienestar de los trabajadores. Diferentes países están aplicando decretos, y cada vez es más habitual respaldar con datos las aseveraciones relativas a la comodidad.

Además de provocar malestar, el estrés térmico tiene implicaciones más graves. Cuando el organismo lucha por regular su temperatura, aumenta la sobrecarga física, disminuye la concentración y se ve afectada la toma de decisiones. En entornos críticos para la seguridad, esto puede dar lugar a errores e incumplimientos. Los trabajadores pueden optar incluso por la comodidad en lugar de por la protección utilizando ropa poco segura, lo que origina un riesgo significativo para la seguridad².

Para los profesionales de la salud y la seguridad, esto supone un desafío complejo: cómo proteger a los trabajadores frente a las exposiciones peligrosas y, al mismo tiempo, cómo gestionar los riesgos fisiológicos asociados al calor.

En la actualidad, la gestión del estrés térmico se centra en los controles ambientales y en las prácticas laborales más que en los equipos de protección individual (EPI). Sin embargo, la vestimenta de los trabajadores puede influir significativamente en la respuesta de su cuerpo al calor³.

Esta guía electrónica explica cómo, cuando la comodidad se trata desde un punto de vista científico como un factor cuantificable, dicha comodidad se convierte en una poderosa herramienta para la evolución y la evaluación de prendas de protección que pueden mejorar tanto la seguridad como el rendimiento.

1. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). Heat at work: preventing illness and protecting workers. <https://osha.europa.eu/en/highlights/heat-work-preventing-illness-and-protecting-workers>

2. Kjellström, T. et al. (2016). Impact of heat on labour productivity and occupational health and safety <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

3. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). PPE Heat Burden. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

Resumen



1. ¿Qué es el estrés térmico y por qué afecta a la seguridad?

Según Aldjia Begriche, la Responsable técnica global en DuPont Personal Protection.

«El estrés térmico no solo provoca que el trabajo sea más incómodo, sino que compromete la capacidad de la persona para trabajar de un modo seguro.»



El estrés térmico se produce cuando el organismo es incapaz de mantener una temperatura interna estable. En condiciones normales, el organismo regula el calor mediante la sudoración y la evaporación. A medida que el sudor se evapora de la piel, elimina calor y ayuda a mantener la temperatura corporal central dentro de unos límites seguros.

Sin embargo, en ambientes calurosos (o cuando se lleva ropa de protección que limita la evacuación del calor) este proceso natural de enfriamiento pierde eficacia. El calor comienza a acumularse en el cuerpo, aumentando la sobrecarga fisiológica. La temperatura corporal central aumenta, el ritmo cardíaco se acelera y puede producirse deshidratación⁴. Con el tiempo, esto puede provocar un golpe de calor o enfermedades más graves relacionadas con el estrés térmico.

Y lo que es más importante: los efectos no se limitan al malestar físico. El estrés térmico afecta directamente al rendimiento cognitivo. Los estudios demuestran que los trabajadores expuestos a altas temperaturas tienen menos capacidad de concentración, tardan más tiempo en reaccionar y sufren alteraciones en la toma de decisiones. El estrés térmico también se ha relacionado con una menor productividad y con una probabilidad más elevada de errores e incidentes⁵.

En entornos de alto riesgo, esto origina un grave problema de seguridad. El estrés térmico no solo dificulta el trabajo, sino que lo hace menos seguro.

Cómo reconocer el estrés térmico: 5 indicios clave

- ✓ Mareos o confusión
- ✓ Sudoración excesiva (o falta de sudoración)
- ✓ Fatiga o debilidad
- ✓ Náuseas
- ✓ Frecuencia cardíaca elevada

Cómo proceder: Deje de trabajar inmediatamente, trasládese a una zona más fresca, hidrátese y, si es necesario, quítese el EPI de forma segura. Busque atención médica si los síntomas persisten.

4. Health and Safety Executive (HSE). Symptoms of heat stress.

<https://www.hse.gov.uk/temperature/employer/heat-stress.htm#symptoms>

5. Kjellstrom, T. et al. (2016). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

2. EPI: Parte del problema y de la solución

«Cuando se percibe el EPI como demasiado caluroso o limitante, los trabajadores pueden dar prioridad a la comodidad antes que a la protección, lo que crea un grave riesgo para la seguridad.» *afirma Aldjia Begriche*

En el lugar de trabajo, el estrés térmico suele gestionarse mediante controles ambientales y conductuales: adaptar los turnos, aumentar las pausas de descanso o fomentar la hidratación. Aunque estas medidas son importantes, abordan en gran medida los síntomas y no la causa subyacente.

Con frecuencia se subestima un factor esencial: la función de los equipos de protección individual. Los EPI son esenciales para proteger a los trabajadores frente a los riesgos químicos, biológicos y mecánicos. Sin embargo, también puede aumentar la carga térmica. Las prendas de protección pueden restringir la circulación de aire, limitar la evaporación de la humedad y retener el calor cerca del cuerpo⁶. Como resultado, los trabajadores experimentan niveles más elevados de incomodidad y sobrecarga fisiológica. Esto puede suponer graves consecuencias. Si el EPI resulta incómodo, es posible que los trabajadores lo usen durante menos tiempo, modifiquen o ajusten las prendas de forma incorrecta, o se quiten todas las capas, lo que comprometerá la protección y aumentará el riesgo.

Es hora de replantearse cómo se diseña y se evalúa la ropa de protección, especialmente en lo que respecta a la transpirabilidad y el control de la humedad, para que dicha ropa pueda favorecer la termorregulación en lugar de dificultarla.

En este aspecto resulta esencial un enfoque más científico y cuantificable de la comodidad.

6. NIOSH. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

3. Medir la comodidad de los EPI

«La comodidad ya no es una cuestión de percepción. Es un parámetro de rendimiento cuantificable.»

Tradicionalmente, la comodidad de los equipos de protección individual se ha evaluado de forma subjetiva, en función de las opiniones de los usuarios, quienes han definido los equipos como «demasiado calurosos» o «incómodos». Aunque esta información sigue siendo valiosa, no proporciona una base coherente ni comparativa para evaluar el rendimiento de los EPI.

Los avances en la ciencia de los materiales y en las metodologías de las pruebas ofrecen nuevas oportunidades para medir la comodidad a través de parámetros objetivos. En concreto, el sector está pasando a evaluar la eficacia con la que un material favorece la transferencia de calor y humedad, factores clave para mantener el equilibrio térmico.

Las organizaciones reguladoras también están empezando a centrarse en el control y en la evaluación del riesgo de estrés térmico. En algunas regiones, como EMEA, se espera que las declaraciones relativas a la comodidad estén respaldadas cada vez más por datos cuantificables y por normas de pruebas reconocidas, como la ISO 11092 (Textiles. Efectos fisiológicos. Medición de la resistencia térmica y al vapor de agua en condiciones estables). Este método somete a pruebas el material mediante una placa caliente protegida con un sistema de transpiración. Para analizar el Ret* de un conjunto de prendas, se equipa un maniquí térmico con forma humana con sistemas de transpiración, sensores de temperatura o sensores de flujo térmico. En la actualidad, la norma ASTM F2370 (2016) es la única que aborda la medición de la resistencia de la ropa a la evaporación utilizando un maniquí con sistema de transpiración.

Esto permite que los profesionales de la salud y la seguridad comparen la transpirabilidad de una prenda respecto a la de otra, y tomen decisiones más acertadas. En otras palabras, la comodidad está dejando de ser una percepción subjetiva para convertirse en un parámetro de rendimiento cuantificable, que puede especificarse, probarse y validarse.

*Resistencia a la transferencia de calor por evaporación

4. Comprender la transpirabilidad de los EPI

La transpirabilidad es un factor esencial en la gestión del estrés térmico. En el contexto de la ropa de protección, hace referencia a la capacidad de un material para disipar el calor y la humedad, en concreto el vapor de agua del sudor.

Cuando la transpirabilidad es baja, el sudor se acumula en la piel y se reduce la evaporación. Esto limita la capacidad del cuerpo para disipar el calor, aumentando la sobrecarga térmica y el malestar. Por el contrario, los materiales más transpirables favorecen una evacuación más eficaz de la humedad, ayudando a regular la temperatura corporal y a reducir el estrés fisiológico durante un uso prolongado.

Para permitir una comparación objetiva, la transpirabilidad se evalúa a través de métodos estándares de laboratorio. Uno de los parámetros más importantes es la resistencia al vapor de agua (Ret), que cuantifica la resistencia que presenta un material al paso del vapor de humedad. Los marcos normativos del sector utilizan pruebas basadas en el Ret para clasificar o evaluar la transpirabilidad, lo que incluye identificar materiales de muy baja resistencia como extremadamente transpirables. Estos materiales ofrecen una resistencia muy baja a la transferencia de humedad, favoreciendo activamente la termorregulación y ayudando a reducir el estrés térmico.

El concepto del Ret es muy diferente al de permeabilidad aérea; un material puede permitir el paso de aire y, al mismo tiempo, retener vapor de agua bajo gradientes de presión y temperatura.⁷

7. Adámek, K.; Havelka, A.; Kůs, Z.; Mazari, A. (2023) The Correlation between Air and Water Vapour Permeability of Textiles.

<https://doi.org/10.3390/coatings13010163>

«La transpirabilidad determina la eficacia con la que el cuerpo puede regular el calor, lo que la convierte en un factor esencial para controlar el estrés térmico.»



4. COMPRENDER LA TRANSPIRABILIDAD DE LOS EPI

Es importante destacar que la clasificación Ret permite que los profesionales de la seguridad comparen la transpirabilidad de los materiales basándose en prestaciones cuantificables. Sin embargo, definir la transpirabilidad representa una parte del desafío únicamente. En las prendas de protección química, por ejemplo, los materiales también deben actuar eficazmente como barrera y ofrecer una gran durabilidad. Tradicionalmente, mejorar la transpirabilidad ha significado reducir la protección; y, en cambio, aumentar la protección ha limitado la capacidad de evacuación del calor y la humedad.

Esto plantea una cuestión fundamental a los profesionales de la seguridad y a los fabricantes: **¿cómo se puede mejorar la transpirabilidad sin comprometer las funciones de protección que deben ofrecer los EPI?**

El avance reciente de materiales pioneros y extremadamente transpirables que conservan sus propiedades de protección frente a productos químicos, así como su durabilidad en condiciones de uso exigentes, nos aporta una solución.



5. Optimizar la comodidad como ciencia

«El desafío no es medir la transpirabilidad, sino conseguirla sin comprometer la protección.»

afirma Chloé Caux-Wetherell

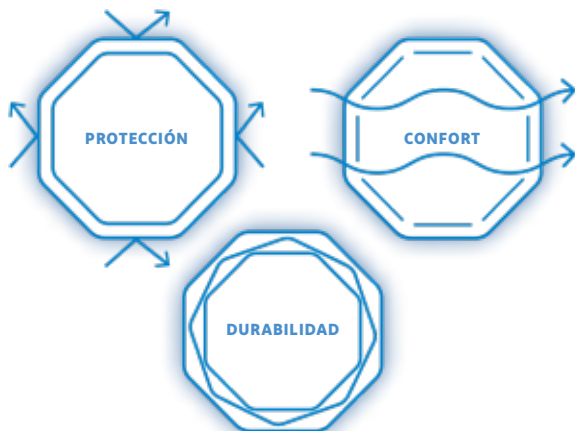
El desarrollo de materiales de protección química extremadamente transpirables representa un avance significativo. Este progreso ha sido posible gracias a un conocimiento más profundo del estrés térmico como proceso fisiológico, combinado con avances en la forma de medir objetivamente la comodidad y la transpirabilidad.

DuPont está a la vanguardia de esta evolución, siendo pionera en una nueva generación de material Tyvek® que consigue una clasificación extremadamente transpirable, manteniendo al mismo tiempo la función de protección química y la durabilidad necesarias en entornos de trabajo exigentes. El nuevo material, denominado Tyvek® APX™ supone un cambio respecto a la tradicional relación entre comodidad y protección, demostrando que ahora es posible ofrecer ambas características de manera simultánea.

Se utilizó una metodología multiescala para evaluar la comodidad del usuario en tres niveles interconectados: rendimiento del material, diseño de la prenda y respuesta fisiológica.

Estas propiedades se han validado científicamente por parte de un laboratorio independiente, Empa*, donde se realizó una evaluación de la comodidad como parte de una trayectoria progresiva desde la ciencia predictiva hasta la respuesta humana real. El objetivo consiste en medir la comodidad no como una cuestión subjetiva, sino como un resultado fisiológico que puede predecirse, medirse y validarse.

*Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales



5. OPTIMIZAR LA COMODIDAD COMO CIENCIA

Rendimiento del material

Se ha utilizado ingeniería avanzada de materiales para optimizar la transmisión del vapor de humedad, manteniendo al mismo tiempo las propiedades de barrera inherentes necesarias para la protección. El Instituto Hohenstein creó una tabla de clasificación que agrupa los materiales por niveles de transpirabilidad, basándose en mediciones objetivas de laboratorio, principalmente la resistencia al vapor de agua, comúnmente denominada Ret.

El Ret indica cuánta resistencia crea un material al sudor que se evapora del cuerpo. Cuanto menor sea el valor Ret, más fácil será la transpiración, lo que se traduce en una prenda más cómoda.

La clasificación Hohenstein consta de 5 niveles, desde poco o nada transpirable en el caso de materiales con un Ret superior a 30 hasta extremadamente transpirable en el caso de materiales con un Ret inferior a 6.

Rendimiento de la prenda

La forma en que un material se convierte en una prenda acabada, incluidos el ajuste, la fabricación de las costuras y el diseño del patrón, tiene un impacto directo sobre el rendimiento térmico. Para evaluarlo, DuPont utilizó la prueba del maniquí con función de transpiración para simular el intercambio de calor entre el cuerpo humano y el entorno. Estas pruebas proporcionaron datos pormenorizados sobre la prenda prototipo, lo que permitió mejorar el sistema en su totalidad y no el material aislado.

Respuesta fisiológica

Cuando se trata de comodidad, el nivel de validación final más significativo es la respuesta fisiológica del usuario. Los datos fisiológicos captan la respuesta del organismo al EPI en escenarios dinámicos de la vida real, y reflejan la respuesta integral del cuerpo humano ante estímulos térmicos, táctiles y psicológicos. Mediante modelos predictivos de termorregulación, DuPont simuló cómo responde el cuerpo humano ante distintas combinaciones de ropa, niveles de actividad y condiciones ambientales. Posteriormente, estas simulaciones se validaron mediante pruebas de uso controladas en humanos, en las que se miden en tiempo real parámetros como la temperatura corporal central, la frecuencia cardiaca y la frecuencia respiratoria.

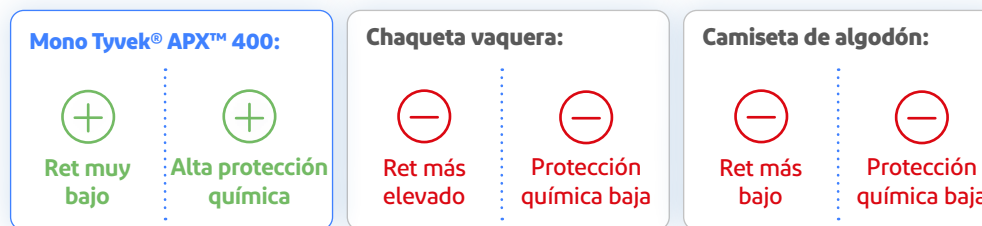
Los resultados de este enfoque de triple validación demuestran una reducción cuantificable de la carga fisiológica. El material Tyvek® APX™ extremadamente transpirable puede ayudar a conseguir un aumento más lento de la temperatura corporal central, reducir el esfuerzo cardiovascular y mejorar la recuperación durante los periodos de descanso. En algunos casos, las respuestas de los usuarios son comparables a las observadas en prendas de uso cotidiano.

Presentación de Tyvek® APX™: pruebas del laboratorio Empa



Esta progresión desde la ciencia avanzada de los materiales hasta la plena validación fisiológica demuestra que la comodidad ya no es una cualidad subjetiva únicamente. Se trata de un parámetro cuantificable, basado en pruebas, que puede diseñarse para favorecer tanto la seguridad como el rendimiento, sin comprometer la protección ni la durabilidad.

Comparación entre transpirabilidad y protección



6. Qué significa esto para los profesionales de la seguridad

«Mejores datos conllevan mejores decisiones sobre los EPI y, en última instancia, promueven lugares de trabajo más seguros.»

Para los profesionales de la salud y la seguridad, las implicaciones de estos avances son significativas. A medida que el estrés térmico se convierte en un riesgo cada vez más reconocido en el lugar de trabajo, la selección de EPI ya no puede basarse en valoraciones subjetivas de la comodidad ni en el equilibrio entre las características esenciales de las prendas. En cambio, la toma de decisiones puede apoyarse en parámetros cuantificables basados en pruebas.

Parámetros como el Ret y las clasificaciones de transpirabilidad establecidas proporcionan una forma más objetiva de evaluar el rendimiento de las prendas de protección química durante su uso. Si se tiene en cuenta la eficacia con la que los EPI favorecen la evacuación del calor y la humedad, y cómo esto se traduce en un impacto fisiológico, los profesionales de la seguridad pueden tomar decisiones más fundamentadas que influyen directamente en la seguridad, el rendimiento y el cumplimiento de las normas por parte de los trabajadores.

Esto también marca un cambio en la forma de entender la comodidad. En lugar de considerarse un atributo secundario u opcional, ahora se reconoce como un factor que afecta directamente a la capacidad de los trabajadores para realizar tareas de forma segura a lo largo del tiempo.

Y lo que es más importante, ya no es necesario poner nada en riesgo a la hora de elegir un EPI. Los avances en la ciencia de los materiales han demostrado que las prendas de protección extremadamente transpirables pueden ofrecer altos niveles de protección y un confort térmico mejorado.

El mono de protección Tyvek® APX™ 400 es el primero de esta nueva generación de prendas de protección química. Al lograr una clasificación extremadamente transpirable, manteniendo al mismo tiempo la durabilidad y la protección necesarias, demuestra que la comodidad y la protección pueden diseñarse conjuntamente.

A medida que sigan evolucionando nuestros conocimientos, la capacidad de diseñar EPI basados en una comodidad cuantificable desempeñará un papel cada vez más importante en la reducción del estrés térmico y el apoyo a entornos laborales más seguros.

The logo features the word "DUPONT" in a white, sans-serif font, enclosed within a white oval shape. Below this, the word "Tyvek" is written in a large, bold, white, sans-serif font. To the right of "Tyvek", the letters "APX" are displayed in a smaller, bold, white, sans-serif font. A small registered trademark symbol (®) is positioned between "Tyvek" and "APX".

DUPONT
Tyvek® APX™

Esta información está basada en datos técnicos que DuPont considera que son fiables. Está sujeta a revisiones cuando se disponga de más información y experiencia. Es responsabilidad del usuario determinar el nivel de toxicidad y el equipo de protección individual adecuado que se necesita. La información que se proporciona en el presente documento refleja los resultados de rendimiento de los tejidos en laboratorio, no de prendas enteras, en condiciones controladas. Esta información debe ser utilizada por personas con experiencia técnica para llevar a cabo una evaluación con sus propias condiciones específicas de uso, según su cuenta y riesgo. Cualquier persona que intente utilizar esta información debería comprobar primero que la prenda seleccionada es adecuada para el supuesto uso. El usuario deberá dejar de utilizar la prenda si el material está rasgado, desgastado o agujereado, para evitar la exposición potencial a agentes químicos. Dado que las condiciones de uso están fuera de nuestro control, DUPONT DE NEMOURS, INC. Y SUS FILIALES NO OFRECEN NINGUNA GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS PERO NO LIMITADAS A LAS GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN O IDONEIDAD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR, Y NO ASUMEN NINGUNA RESPONSABILIDAD EN RELACIÓN CON CUALQUIER USO DE ESTOS PRODUCTOS E INFORMACIÓN. Esta información no supone una licencia para operar con ella o una recomendación para infringir cualquier patente o información técnica de DuPont u otras personas que presenten cualquier material o su utilización..

© 2026 DuPont. Todos los derechos reservados. DuPont™, el logotipo ovalado DuPont y todas las marcas comerciales y marcas de servicio señaladas con ™, SM o ® pertenecen a filiales de DuPont de Nemours, Inc., a menos que se indique lo contrario.