CONFORTEM II

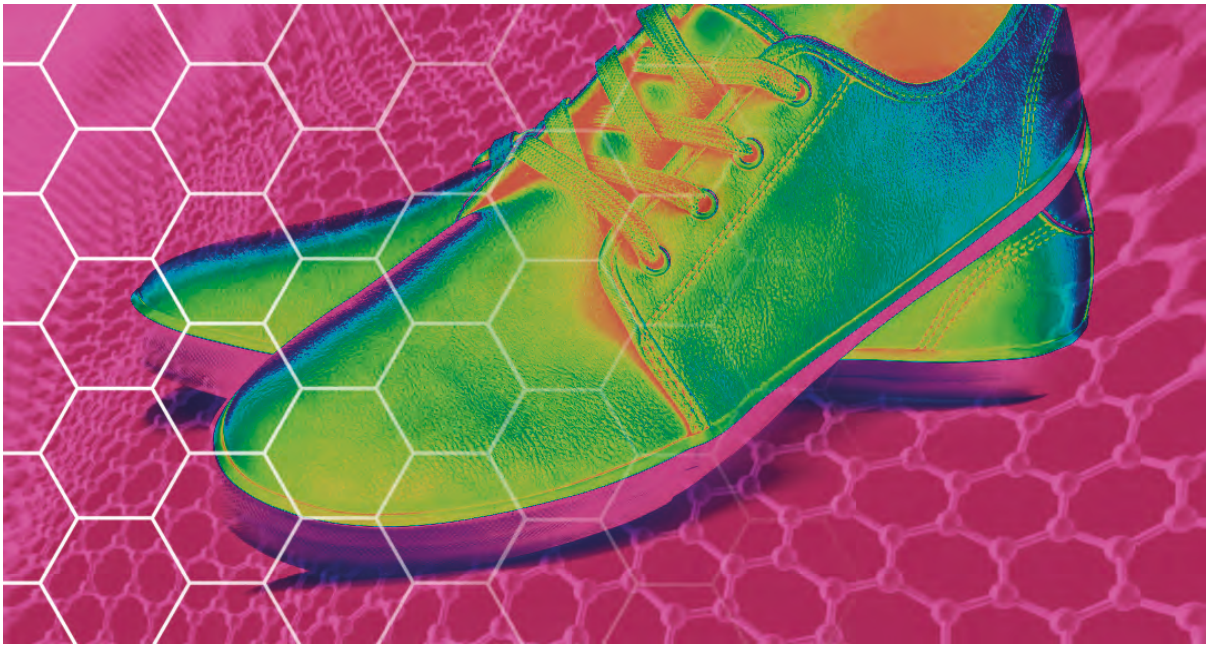
2019

INESCOP

INFORME RESULTADOS

Materiales para reducir el estrés térmico en calzado

COMFORTEM II Materiales que contribuyan a disminuir el estrés térmico en calzado



El confort térmico es un aspecto cada vez más importante en calzado y demandado por los usuarios, ya que nuestros pies desempeñan un importante papel en la termorregulación del cuerpo y, por tanto, en nuestro bienestar. Y es que, un microclima inadecuado dentro del calzado puede generar estrés térmico, provocando a su vez una desestabilización del sistema mecánico de la marcha, pudiendo llegar a generar riesgos para la salud del usuario.

Durante la segunda anualidad del proyecto **CONFORTEM** se ha evaluado el confort térmico de diferentes prototipos de calzado diseñados y fabricados para diferentes condiciones climáticas. Los resultados obtenidos han permitido establecer y validar un protocolo de evaluación específico para calzado a diferentes niveles, incluyendo, la caracterización física de los materiales y del calzado acabado, la interacción con el usuario en un entorno relevante y la percepción del confort del mismo.

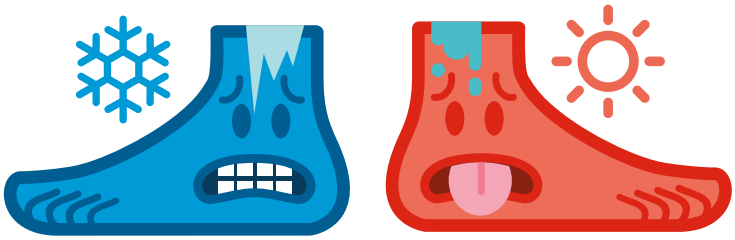
Dicho protocolo de evaluación incorpora el uso de tecnologías innovadoras como la termografía infrarroja, la cual permite obtener modelos térmicos del pie y del calzado en 3D y evaluar la eficacia de los diferentes componentes que conforman el calzado, así como el uso de un maniquí de pie térmico para evaluar la gestión del calor del calzado, del sudor y el aislamiento en ambientes climáticos extremos (-20 ºC a 60 ºC).

El confort térmico en calzado

El confort térmico es un aspecto cada vez más importante en calzado y demandado por los usuarios, ya que nuestros pies desempeñan un importante papel en la termorregulación del cuerpo.

Este concepto, entendido como una sensación de bienestar y salud, es un estado de equilibrio térmico, donde la ganancia de calor es igual a la pérdida.

Por el contrario, un estado de estrés térmico en nuestros pies puede tener importantes riesgos para nuestra salud y seguridad, llegando a ser la causa de un descenso en el rendimiento físico y mental del individuo, alterando la irritabilidad y agresividad, así como en la distracción, aumentando con ello el riesgo de sufrir un accidente.



Situaciones de estrés térmico en el pie.

Sistemas termorreguladores en calzado

Se ha realizado un estudio sobre los factores que influyen en el confort térmico, con el fin de poder optimizar los mecanismos de termorregulación del pie dentro del calzado, lo que ha permitido generar conocimiento en relación al intercambio de calor entre el pie y el entorno, el cual se produce a través de los mecanismos de transferencia de calor: conducción, convección, evaporación y radiación.

Los materiales utilizados en la fabricación del calzado y sus propiedades termorreguladoras tienen una especial relevancia en el confort térmico. Por ello, en el marco del proyecto **COMFORTEM II** se han caracterizado materiales comerciales con diferente estructura, tipo de fibras o composición. Por ejemplo, forros con borreguillo, membranas impermeables, pieles con diferente tipo de curtición (vegetal y al cromo), laminados de fibra de plumas o fibras que favorecen el traslado de la humedad, entre otros.

Adicionalmente se ha trabajado en la incorporación de fibras vegetales procedentes de residuos

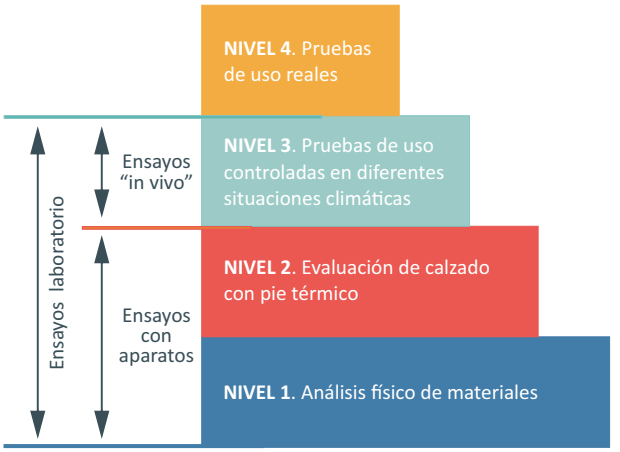
de poda de palmera y de residuos de posidonia en los acabados, debido a su capacidad para mejorar el aislamiento térmico. Por otra parte, se ha trabajado en la funcionalización de materiales dopados con diferentes concentraciones de grafeno y derivados de este material, con el objetivo de conseguir materiales con "efecto joule", los cuales, acoplados en una batería de bajo voltaje, sean capaces de generar el suficiente calor como para mantener la temperatura del pie entre 28 y 32 ºC, considerado como el rango de temperatura confortable.

Una adecuada selección de materiales es fundamental, al igual que el método de unión de los mismos de forma que no perjudique las propiedades termorreguladoras de los materiales. Por ello, se han estudiado diferentes técnicas de aplicación del adhesivo (distribución discontinua de la capa de adhesivo, aplicación por pistola, etc) así como diferentes tipos de adhesivos utilizados en el sector del calzado para el pegado de materiales de empeine y forro, estudiando la influencia de estas variables en la permeabilidad al vapor de agua del conjunto.

Para poder mejorar el comportamiento térmico de un calzado es necesario poder medirlo de forma objetiva. En el marco del proyecto **COMFORTEM II** se ha trabajado en la cuantificación del confort térmico proporcionado por el calzado, lo que ha permitido establecer un protocolo de evaluación a diferentes niveles.

El protocolo validado consta de cuatro niveles para la caracterización de las propiedades intrínsecas de nuevos materiales, así como la evaluación de prototipos de calzado a escala de laboratorio y uso real. Para el diseño y fabricación de los prototipos de calzado, con propiedades termorreguladoras, se ha contado con la cooperación de empresas relevantes del sector de la Comunidad Valenciana.

En un primer nivel, se ha realizado la caracterización de los materiales o su conjunto a escala laboratorio mediante ensayos normalizados, midiéndose su capacidad intrínseca de almacenar o disipar calor, así como de gestionar el sudor y la resistencia al agua.



En un segundo nivel, se ha evaluado la resistencia térmica y evaporativa de los prototipos mediante un maniquí de pie térmico. Este maniquí cuenta con calentadores y sensores de temperatura que simulan el calor humano, al igual que con una red de poros, para poder transportar el agua a la superficie del maniquí y simular así el sistema de sudoración humano.

El estudio con el maniquí de pie térmico permite evaluar el rendimiento global del calzado completo. Con la ayuda de una cámara de termografía dinámica, también se pueden identificar las zonas más críticas en cuanto a acumulación o fugas térmicas, siendo ensayos complementarios que permiten obtener un conocimiento exhaustivo de las propiedades térmicas del calzado y sus materiales.

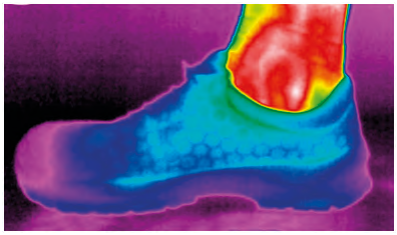
En un tercer y cuarto nivel, con el propósito de conocer la influencia de los diferentes materiales y elementos constructivos del calzado, así como el efecto del diseño y el ajuste, se ha estudiado la interacción del calzado con el usuario mediante pruebas de uso en diferentes ambientes simulados y reales.

Para la evaluación objetiva del confort térmico en calzado, se ha hecho uso de la técnica de termografía infrarroja. Esta técnica permite la captura de radiación de calor natural del cuerpo humano mediante un sensor de infrarrojos, el cual absorbe la energía infrarroja emitida por un objeto, representándola en una imagen termográfica o termograma. Cada píxel de un termograma tiene un valor de temperatura específico, y el contraste de color de la imagen proviene de las diferencias de temperatura de la superficie de la piel. Además, esta tecnología permite visualizar la distribución de la temperatura de los pies de manera rápida, sin contacto y no invasiva.

Para estas pruebas de uso se cuenta con un panel de probadores, particularmente seleccionado y validado, el cual se encarga de ejecutar diversas tareas que simulan el uso real de los prototipos bajo condiciones controladas (duración del protocolo, condiciones ambientales y tipo de ejercicio).

Los ensayos, a fin de obtener resultados reproducibles y comparables, se llevan a cabo en una cámara climática tipo "walk-in", teniendo así controlada la temperatura y humedad ambiental y evitando corrientes de aire. Por el mismo motivo, los probadores visten indumentaria estandarizada, llevando todos ellos un equipaje y calcetín de referencia.

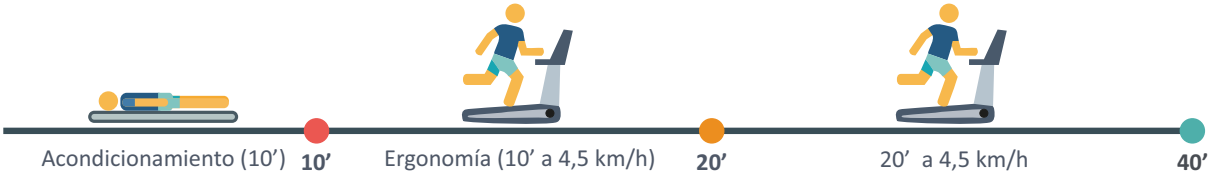
Las imágenes termográficas han sido tomadas en las distintas etapas del protocolo, mientras se registran las percepciones subjetivas de los usuarios mediante escalas térmicas bipolares, obteniéndose la respuesta perceptiva de los usuarios al microclima generado en el calzado, el confort térmico y la humedad.



Gráfica de niveles de protocolo de evaluación de confort térmico en calzado.

Zonas evaluadas con el maniquí de pie térmico. Foto de termograma de un zapato.

La línea cronológica que se muestra es la experimental de uno de los ensayos, a modo de ejemplo. Los puntos coloreados indican el momento en el que se registran las percepciones de los usuarios junto con las imágenes infrarrojas.

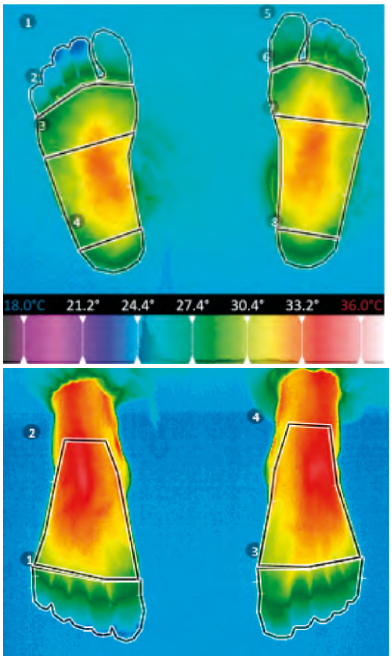


Para la captura de las imágenes termográficas se ha hecho uso de una cámara termográfica con una precisión de ±1 ºC, una resolución de 320x240 pixeles y una banda espectral de 7 µm a 14 µm.

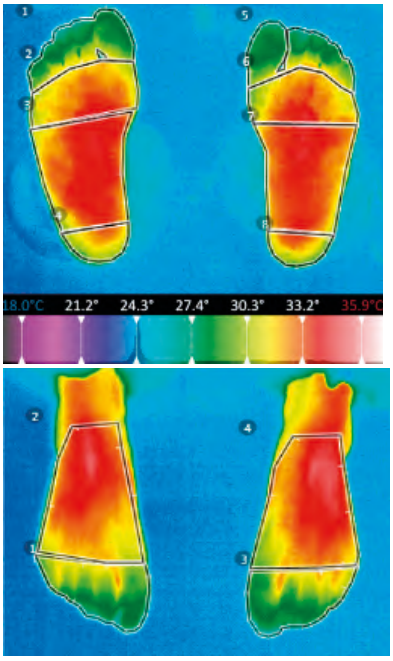
Los resultados cualitativos obtenidos se han evaluado a partir de los termogramas de los prototipos de calzado y de los pies de los usuarios. Los termogramas se han analizado mediante un software específico que permite una evaluación de las distribuciones de temperaturas superficiales en diferentes áreas de interés, obteniéndose las temperaturas mínimas, medias y máximas de las regiones de interés (ROI) y con ello los resultados cuantificables.

Para valorar la capacidad del zapato de evacuar el calor metabólico generado se observa la evolución de temperatura en el pie. Una óptima termorregulación del calzado implica incrementos de temperatura no significativos.

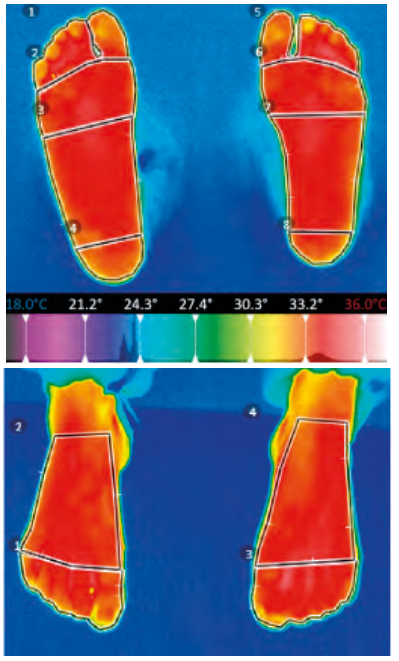
Inicial

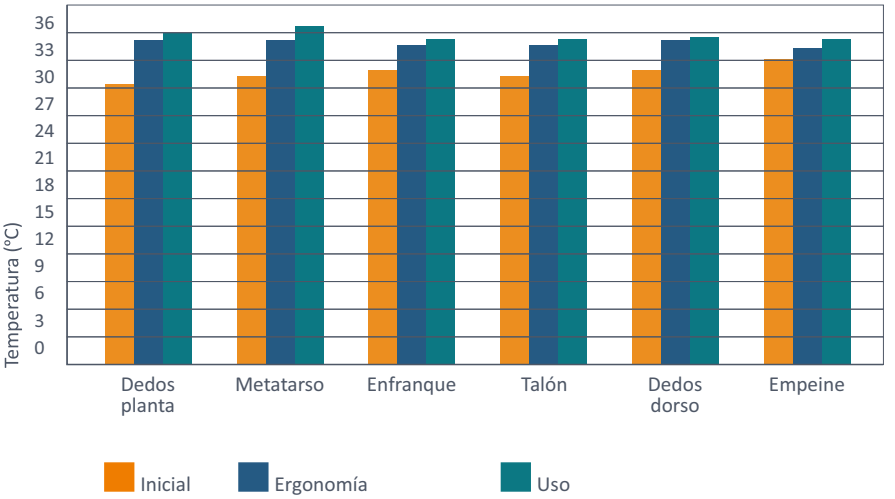


Ergonomía



Uso





Cuanto mayor sea la capacidad de evacuación de calor a través del zapato menor condensación de sudor se producirá en la superficie del pie y, por tanto, será mejor la capacidad de termorregulación del calzado.

Beneficios para las empresas

Los múltiples conocimientos adquiridos en **INESCOP** dentro del marco del proyecto **CONFORTEM**, mediante la correlación de las pruebas de uso con las percepciones de los usuarios y los ensayos con el maniquí de pie térmico, ha permitido sentar las bases para la futura creación de modelos que permitan predecir las propiedades termorreguladoras del calzado, rango de temperatura en servicio y condiciones ambientales ideales para su uso.

La implementación de los resultados obtenidos permitirá a las empresas de calzado desarrollar productos innovadores y de alto valor añadido, a través de la selección de los materiales, tipos de unión y construcción de calzado para obtener un rendimiento térmico óptimo en función de uso considerado. Predecir el confort térmico en la etapa de diseño podrá reducir costes de producción y tiempo, contribuyendo de esta forma a un desarrollo sostenible de la industria del calzado.

Finalmente, la mejora del confort térmico del calzado contribuirá a una mayor adherencia del producto al usuario alargando de esta forma su ciclo de vida y contribuyendo así a la sostenibilidad.

Infografía de las pruebas de uso controladas.
Termogramas obtenidos durante el ensayo, antes y después del mismo.

Gráfica de resultados de las temperaturas superficiales del pie en las zonas analizadas. Estado inicial de partida, tras la prueba de ergonomía y tras la prueba de uso.

INESCOP
REDIT INNOVATION NETWORK

GENERALITAT VALENCIANA

IVACE
INSTITUTO VALENCIANO DE COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL

UNIÓN EUROPEA
Fondo Europeo de Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa

Esta actuación está cofinanciada por la Unión Europea a través del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2014-2020.

PROYECTO: IMDEEA/2019/29
TÍTULO: MATERIALES QUE CONTRIBUYAN A DISMINUIR EL ESTRÉS TÉRMICO EN CALZADO
ACRÓNIMO: COMFORTEM II
PROGRAMA: PROYECTOS DE I+D EN COOPERACIÓN CON EMPRESAS 2019
PERIODO EJECUCIÓN: ENERO 2019 - DICIEMBRE 2019

INESCOP ha desarrollado el proyecto “Materiales que contribuyan a disminuir el estrés térmico en calzado (IMDEEA/2019/29)”, con el apoyo del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Se trata de un proyecto bianual y el presente documento muestra un resumen de los principales resultados obtenidos con su segunda anualidad.