

La flexibilidad del calzado condiciona en gran medida el confort al caminar. Con un zapato poco flexible aumenta la fatiga, se dificulta la marcha y aumenta la probabilidad de que aparezcan rozaduras en el talón. Estas son las razones que han llevado a la empresa SEMIC, asesorada por el Instituto de Biomecánica (IBV), a desarrollar un innovador sistema en la suela que permite hacer flexible hasta el calzado más clásico. Esta tecnología se puede colocar en cualquier tipo de calzado: de señora, caballero, niño, de trabajo, deportivo e incluso en el calzado más clásico que suele utilizar suela de cuero.

El nuevo sistema de flexión desarrollado incrementa el confort del calzado en un 25% y aumenta en un 40% la intención de compra del producto.

### **Making flexible classic footwear**

The flexibility of the footwear determines to a great extent the comfort while walking. With hardly flexible footwear the fatigue is increased, the gait is impeded and the probability of rubbing on the heels is high. These are the reasons that have led to the Navarra company SEMIC, assessed by Instituto de Biomecánica (IBV), to develop an innovative system in the sole that allows to do flexible up to the most classic footwear. This technology can be placed in any type of footwear, such as lady, gentleman, children, occupational and sport footwear, and even in the most classic one which normally encloses leather soles. The new system of flexion developed increases the comfort of the footwear in 25 % and increases in 40 % the intention of purchase of the product.

## **Cómo hacer flexible el calzado más clásico**

**Sergio A. Puigcerver Palau, Arturo Gómez Pellín, Clara Solves Camallonga, Enrique Medina Ripoll, Juan Carlos González García, Sara Gil Mora, Roberto Ferrandis Ferrer, Pedro Huertas Leyva**

INSTITUTO DE BIOMECAÁNICA DE VALENCIA

### **INTRODUCCIÓN**

La flexibilidad del calzado está relacionada con el esfuerzo necesario para doblar el zapato por la parte más ancha del antepié. La flexibilidad condiciona en gran medida el confort al caminar. Con un zapato poco flexible aumenta el gasto energético necesario para flexionar el pie y, en consecuencia, también incrementa la fatiga al caminar; se dificulta la marcha, causando un aumento en las presiones plantares del antepié y acrecienta la probabilidad de que aparezcan rozaduras en el talón. De ahí que sea recomendable utilizar zapatos que garanticen la flexión del antepié, incluyendo sistemas de flexión tanto en la suela como en el material de corte para respetar el movimiento natural del pie. La empresa SEMIC S.A., asesorada por el Instituto de Biomecánica (IBV), ha desarrollado un nuevo sistema para favorecer la flexión del calzado, tanto para zapatos de hombre como de mujer. El sistema ha sido optimizado y validado gracias a la colaboración entre ambas entidades.

El nuevo sistema consta de una serie de hendiduras que se han adaptado al eje natural de flexión del pie para mejorar la flexibilidad del calzado al caminar o realizar la actividad diaria. Además, se han incluido unos tensores perpendiculares a las líneas de flexión cuya misión es recuperar completamente su forma original una vez se supere el punto de máxima flexión (Figura 1). Esto evita que el calzado se deforme progresivamente a causa de su uso, especialmente en la zona del antepié, debido a la flexión continuada que se produce en esta zona al caminar.



Figura 1. Sistema de flexión desarrollado.

> El sistema incluye dos ejes de flexión con un diseño asimétrico. Uno de ellos, el más alejado de la punta del zapato, tiene como objetivo potenciar al máximo la flexión dorsal del antepié. El más cercano a la punta del zapato persigue favorecer el despegue de los dedos. Estos dos ejes están más separados en la parte externa del pie que en la interna para favorecer una flexibilidad progresiva durante el paso. En ambos casos, el calzado ha de ser lo suficientemente flexible, respetar el movimiento natural del pie y propiciar que la fuerza de impulso esté orientada en la misma dirección de la marcha (Figura 2). Asimismo, este sistema mejora el agarre del zapato al suelo al andar, especialmente en el calzado con suela de cuero, disminuyendo el riesgo de caídas y lesiones, si bien es aplicable también a suelas de goma, TPU, TR o EVA inyectada.



Figura 2. Movimiento natural de flexión del pie.

## DESARROLLO

Para generar el diseño de la región de máxima flexibilidad en el antepié, se han utilizado las bases de datos de medidas antropométricas de pies de la población masculina y femenina de las que dispone el IBV, determinando la posición de ambos ejes de flexión, su orientación, la variabilidad que hay entre usuarios así como la variación que sufre la geometría estática del pie al caminar. El diseño de la región de flexión se ha realizado de forma que es más corta en la parte interna de la suela que en la zona externa, proporcionando una flexibilidad progresiva durante el paso: la línea de flexión de la suela va progresando desde su parte inferior a su parte superior, de tal manera que en la parte externa del calzado lo hace a una velocidad mayor, imitando y favoreciendo de esta manera el movimiento natural del pie (Figura 3).



Figura 3. Sistema de flexión desarrollado que incluye dos ejes de flexión con un diseño asimétrico.

El nuevo sistema de flexión desarrollado ha sido validado mediante la realización de tres pruebas complementarias: 1) Evaluación del nivel de flexibilidad del calzado con la máquina de ensayos del IBV; 2) Influencia del calzado en el movimiento natural del pie; 3) Evaluación del confort y satisfacción del nuevo sistema.

En la primera prueba se ha comparado, con la máquina de ensayos específica del IBV, la flexibilidad proporcionada en el antepié de varios modelos de calzado de distintas gamas, con y sin el nuevo sistema de flexión. Todos los modelos ensayados que incluyen el nuevo sistema de flexión proporcionan una flexibilidad muy superior a la registrada en los modelos que no lo incluyen, siendo casi el doble en el caso de calzado casual y llegando a ser hasta tres veces más flexible en el caso de calzado de vestir de caballero (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de mejora de la flexibilidad de los modelos evaluados debido a la utilización del nuevo sistema de flexión.

	%
Calzado de vestir de caballero	229
Calzado casual de caballero	95
Calzado casual de mujer	87

Para evaluar la influencia del calzado en el movimiento natural del pie y comprobar el correcto funcionamiento de los dos ejes de flexión propuestos, se ha realizado un análisis con personas empleando la técnica de fotogrametría que analiza el movimiento al caminar (Figura 4).



Figura 4. Paso realizado utilizando un calzado que incluye el nuevo sistema de flexión registrado mediante el equipo de fotogrametría.

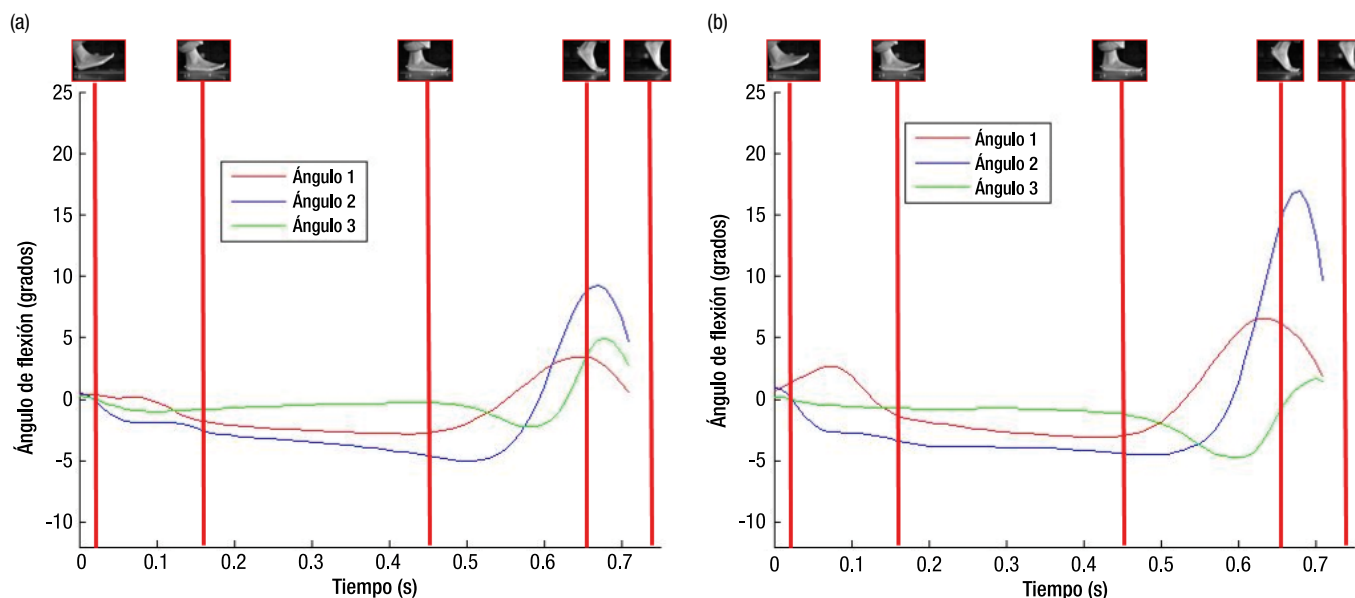


Figura 5. Ángulos de flexión medidos a lo largo del tiempo para el calzado que no incluye el nuevo sistema de flexión (a) y el que sí que lo incluye (b).

Los resultados han demostrado el correcto funcionamiento del sistema de flexión, llegando a proporcionar un nivel de flexibilidad en uso hasta dos veces superior al de un calzado estándar (**Figura 5**).

Para determinar el nivel de confort del sistema y la intención de compra, se ha realizado un análisis subjetivo de la percepción de un grupo de personas que han probado el sistema. La totalidad de las personas participantes en el estudio perciben el calzado que incluye el nuevo sistema como más flexible, consiguiendo un nivel de flexibilidad adecuado. El confort proporcionado por el calzado con el nuevo sistema ha sido valorado por las personas como muy superior al calzado que no lo incluía (aumento del confort en un 25%). En relación con la intención de compra, el hecho de incluir el nuevo sistema de flexión ha supuesto un aumento de casi un 40% en el porcentaje de personas dispuestas a comprar el modelo evaluado.

## CONCLUSIONES

Tras la validación realizada por el Instituto de Biomecánica (IBV), se puede afirmar que el nuevo sistema de flexión desarrollado junto con la empresa SEMIC mejora considerablemente la flexión del antepié al caminar y, por tanto, incrementa notablemente el nivel de confort percibido por los usuarios preservando los movimientos naturales del pie durante la marcha y evitando la deformación permanente del calzado en la zona del antepié tras su uso. Adicionalmente, el sistema de flexión incrementa la intención de compra del producto. ●

### AGRADECIMIENTOS

A la empresa navarra, SEMIC, S.A.

Para desarrollar este proyecto la empresa ha contado con el apoyo del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) a través del Programa de Proyectos de Investigación y Desarrollo (PID).