

CEC-made-shoe: el IBV como referente en biomecánica y fisiología del calzado en Europa

José Olaso Melis, Juan Carlos González García, Sara Gil Mora

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

CEC-made-shoe es el proyecto integrado más ambicioso del VI Programa Marco de la Unión Europea en el ámbito del calzado. En él han participado más de 50 entidades, entre centros de I+D y empresas, con el objetivo de potenciar el sector del calzado a través de acciones de I+D dirigidas a las etapas de diseño, fabricación y venta. El papel del IBV dentro del proyecto ha consistido en la creación de nuevas herramientas de análisis biomecánico y en el desarrollo de criterios de diseño para mejorar el confort del calzado.

CEC-made-shoe: IBV as a European referent in footwear biomechanics and physiology

CEC-made-shoe is the most ambitious Integrated Project of the VI Frame Program of the European Union in the scope of the footwear. More than 50 organizations have participated, being R+D centres and Companies the main partners, with the aim of promoting the footwear sector through actions of R+D addressing the product cycle: design, manufacture and sale. The role of IBV within the project has consisted on creating new tools for biomechanic and physiologic analysis and developing new design criteria to improve the comfort provided by footwear.

INTRODUCCIÓN

CEC-made-shoe es el proyecto integrado más ambicioso del VI Programa Marco de la Unión Europea en el ámbito del calzado. El objetivo del CEC-made-shoe ha sido incrementar la potencia del sector del calzado de cara al futuro a través de acciones enfocadas a la mejora del proceso de diseño, el proceso de fabricación y la venta de producto.

El proyecto ha estado dotado con 20.000.000 € y ha tenido una duración de 4 años. En él han participado más de 50 entidades de distintos países de la Unión Europea, incluyendo tanto centros tecnológicos como empresas pertenecientes a toda la cadena de valor del calzado: usuarios, diseñadores, fabricantes de componentes, fabricantes de calzado acabado y puntos de venta.

Este proyecto ha permitido al IBV avanzar en el futuro de la I+D en biomecánica y ergonomía aplicada al diseño y evaluación del calzado, consolidándose como el centro europeo de referencia en estos aspectos para el sector del calzado. Los resultados obtenidos en el proyecto por parte del IBV permitirán mejorar la competencia de las empresas a través de la innovación para la mejora de la calidad de vida de las personas.

El trabajo desarrollado por el conjunto de entidades participantes ha girado, en torno a tres conceptos:

- El **calzado activo**, que es capaz de adaptarse a las necesidades de los usuarios.
- El **calzado biodegradable**, es decir, el desarrollo de calzado con menor impacto medioambiental, considerando todo el ciclo de vida del producto.
- El **calzado en un solo paso**, centrado en la reducción al máximo de los pasos para su fabricación.

En estas tres aproximaciones el IBV ha actuado como referente en el área de la biomecánica y la fisiología, y, en general, en el análisis de la interacción entre usuarios y el calzado para asegurar el confort.

Esta contribución se ha materializado fundamentalmente en las siguientes acciones:

- Generación de nuevos conocimientos biomecánicos y fisiológicos para caracterizar la interacción dinámica usuario-calzado a lo largo del ciclo de marcha.



- -- Generación de nuevos criterios de diseño para la consecución de calzados más confortables, capaces de adaptarse activamente a las necesidades del usuario.
- Desarrollo de nuevas herramientas de evaluación de la interacción usuario-calzado, que han permitido el desarrollo de nuevos tests de evaluación del confort del usuario.
- Desarrollo de una herramienta de apoyo al diseño, que permite la evaluación funcional de calzados virtuales, con la consiguiente reducción en coste tanto de tiempo como de dinero, al evitar la fabricación de prototipos reales.
- Asesoramiento (mediante evaluaciones de sus productos) a todas las empresas participantes sobre las necesidades de los usuarios en materia de confort y salud, y en cómo satisfacerlas a través del diseño del calzado.

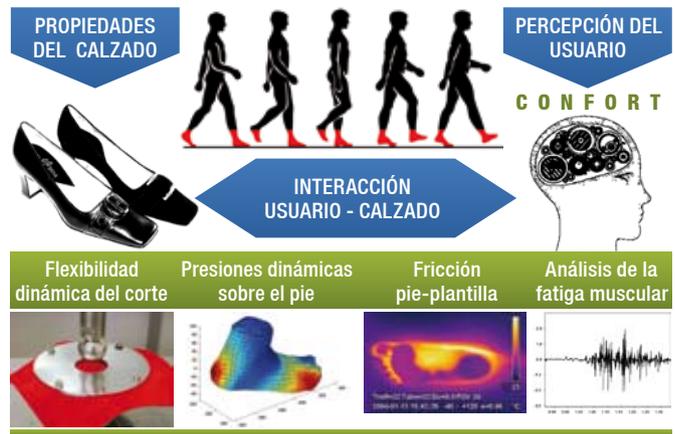


Figura 1. Herramientas desarrolladas por el IBV en el proyecto CEC-made-shoe para la valoración de la interacción usuario-calzado para la mejora del confort del usuario.

DESARROLLO

El trabajo desarrollado en el proyecto por el IBV se agrupó en dos grandes bloques:

Generación de criterios de diseño

El objetivo de este bloque de trabajo fue la generación de criterios de diseño que consideren la relación **dinámica** entre el pie y el calzado para la optimización del confort percibido por los usuarios. Con este objetivo se llevaron a cabo las siguientes tareas:

1. Identificación de las **lagunas de conocimiento** en materia de interacción usuario-calzado. Para ello se llevó a cabo una revisión exhaustiva del estado del arte en materia de biomecánica y fisiología, incluyendo los modelos de interacción entre calzado y pie y la percepción del confort.
2. Definición de las propiedades de un **calzado activo**. Un calzado activo es aquel capaz de adecuarse a las necesidades del usuario en términos biomecánicos y fisiológicos en cada momento. Para ello se estableció el comportamiento y las características de un calzado activo. A partir de la revisión realizada en el punto anterior se definió, en primer lugar, el comportamiento que ha de tener un calzado para adaptarse activamente a las necesidades del usuario (por ejemplo, ajustando sus condiciones de aislamiento térmico dependiendo del ambiente exterior y el confort del usuario) y, en segundo lugar, se definieron las propiedades relacionadas con el diseño y los materiales necesarios para considerar dicho comportamiento (por ejemplo, variación en el coeficiente de aislamiento necesario).
3. Conceptualización y desarrollo de **nuevas herramientas para la evaluación biomecánica y fisiológica** de la interacción usuario-calzado. Para el desarrollo de cada una de las herramientas se siguieron los siguientes pasos:
 - Establecimiento de las especificaciones de la herramienta según las necesidades de los usuarios.
 - Diseño de la herramienta basada en las especificaciones desarrolladas.
 - Desarrollo de la herramienta y test piloto.
 - Validación de la herramienta para cuantificar su capacidad para capturar la relación usuario-calzado.

Las herramientas desarrolladas (Figura 1) fueron las siguientes:

- **Un sistema de medida de presiones en el dorso del pie** (Figura 2). Este sistema permite cuantificar in situ de manera dinámica el ajuste entre el pie y el calzado.
- Este trabajo sobre la influencia del ajuste del calzado en las presiones en el dorso del pie fue presentado en el Simposio Mundial de Biomecánica del Calzado, celebrado en 2007 en Taiwán, obteniendo el premio a la investigación aplicada concedido por la empresa ADIDAS. Este premio representa el más alto reconocimiento a la calidad científica de este trabajo.
- **Un sistema de medida de la flexibilidad del corte.** Permite cuantificar las propiedades de flexibilidad del corte del calzado simulando su adaptación al pie del usuario. El ensayo se lleva a cabo mediante maquinaria, simulando la presión ejercida por el pie sobre el corte.
- **Un sistema de medida de la fricción pie-plantilla.** Esta herramienta permite cuantificar la fricción entre el pie y la plantilla a través de técnicas termográficas. La fricción, está directamente relacionada con la aparición de erosiones y heridas en la planta del pie.
- **Un sistema de medida de la fatiga asociada al uso del calzado.** Partiendo de la medida de la actividad muscular (electromiografía) es posible cuantificar la fatiga asociada al uso de un determinado diseño de calzado.

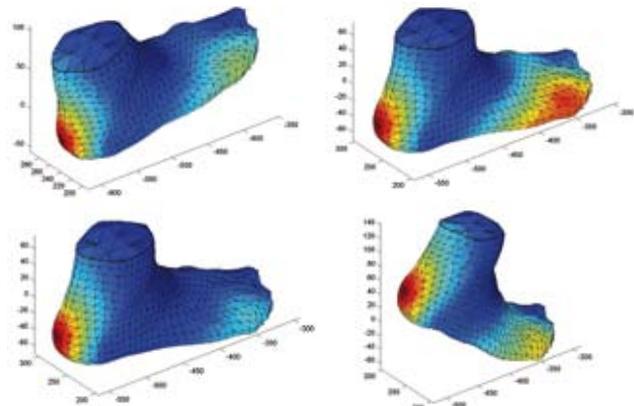


Figura 2. Sistema de medida de presiones en el dorso del pie.

4. Diseño y desarrollo de la experimentación para la **generación de criterios de diseño que consideren el carácter dinámico de la relación pie-usuario**: Selección de la muestra de calzado dependiendo del aspecto de la interacción usuario-calzado a testar.
 - Experimentación con usuarios y maquinaria de laboratorio a través de la aplicación de las nuevas herramientas desarrolladas en la etapa anterior.
 - Procesamiento de los resultados para la elaboración de los criterios de diseño.
5. Extracción de **criterios de diseño para el calzado activo**. A partir de los resultados de las etapas anteriores se completaron los criterios de diseño para el calzado activo. Además se propusieron distintas opciones para el desarrollo de calzados capaces de adaptarse a las necesidades de los usuarios. Entre otras, se definió un diseño para un calzado capaz de generar calor dependiendo del ambiente exterior.

Desarrollo de un banco de pruebas virtual para calzado

El objetivo de este segundo bloque de trabajo fue el desarrollo de una herramienta **software de apoyo al diseño para la evaluación virtual de diseños de calzado**, sin la necesidad de fabricar prototipos (Figura 3).

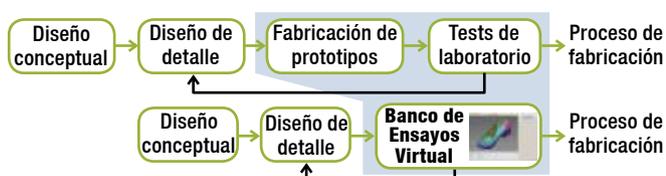


Figura 3. El nuevo banco de ensayos virtual permite eliminar la fase de fabricación de prototipos.

La aplicación está dividida en dos bloques; uno capaz de predecir la interacción entre el usuario y el calzado para diversos aspectos funcionales y otro para predecir, a partir de dicha interacción, el confort percibido por el usuario durante el uso del calzado.

Las fases recorridas para su desarrollo fueron:

1. Análisis de los **aspectos funcionales de la interacción usuario/calzado**, incluyendo la capacidad de amortiguación, la distribución de presiones, el ajuste, la fricción, la flexibilidad, la torsión, el peso y el confort térmico. Para cada uno de los aspectos funcionales se determinó su influencia en el confort percibido y se identificaron las variables a considerar para cuantificarlos. Finalmente, para cada aspecto funcional, y a partir de la información contenida en las bases de datos del IBV, complementada mediante ensayos con sujetos, se identificaron los valores óptimos de cada variable para maximizar el confort percibido por los usuarios.
2. Desarrollo del **módulo de ensayos virtuales** de calzado. Se desarrollaron los modelos virtuales capaces de simular, a partir de un diseño CAD de un modelo de calzado, la interacción entre el calzado y los usuarios para cada aspecto funcional. El trabajo se realizó en dos fases, una en la que se desarrolló una primera versión de los modelos y otra en la que se ajustaron y se extendieron las capacidades de los

modelos para simular la realidad. Finalmente, se llevaron a cabo ensayos con sujetos para validar los modelos de cada aspecto funcional.

3. Desarrollo del **módulo de confort** del usuario. De forma contemporánea al desarrollo de los modelos de aspectos funcionales, se estableció un modelo de confort relacionando la salida de cada aspecto funcional con el confort percibido por el usuario. Para ello se llevaron a cabo ensayos de percepción del confort con usuarios y con maquinaria para cuantificar las propiedades del calzado que usaban.
4. Integración y validación del **sistema completo** (Figura 4). En esta fase se integró todo el trabajo en un software, haciendo hincapié en la facilidad de uso del mismo y en su utilidad para los fabricantes de calzado.



Figura 4. Interfaz del banco de pruebas virtual para calzado desarrollado en el CEC-made-shoe.

CONCLUSIONES

- Se han obtenido criterios de diseño de calzado, tanto geométricos como funcionales, que permiten asegurar el confort percibido por los usuarios.
- Se han definido las claves para el desarrollo de los calzados activos capaces de adaptarse a las necesidades de los usuarios, proponiéndose además desarrollos específicos.
- Se ha actualizado el servicio de valoración del confort del calzado del IBV con la medida de distintos y novedosos aspectos de la interacción entre el calzado y el usuario, como el sistema de medición de presiones en el dorso del pie, capaz de cuantificar la presión que ejerce el corte sobre el dorso del pie durante la marcha. Dichos sistemas permiten aportar criterios de diseño útil, tanto para el aumento de confort del usuario, como para la personalización.
- Desarrollo de un software que permite la realización de ensayos sobre aspectos funcionales del calzado a prototipos virtuales, eliminando la necesidad de fabricación de prototipos reales para testar sus propiedades. Este software, que representa un avance en los sistemas CAD actuales, al incorporar criterios para el diseño de calzado más confortable desde el punto de vista de la funcionalidad, reduce los costes y tiempo en el proceso de diseño.

AGRADECIMIENTOS

A la Unión Europea por su contribución a este proyecto. Proyecto Integrado, Prioridad NMP, cofinanciado por la Comisión Europea a través del VI Programa Marco (NMP2-CT-2004-507378) y el Ministerio de Educación y Ciencia a través de una Acción Especial del Plan Nacional de I+D. (DPI2004-20359-E).

Al instituto TNO por su colaboración en el desarrollo de los módulos de flexibilidad y torsión del banco de pruebas virtuales.

Al instituto ELKEDE por su colaboración en la integración de los módulos del banco de pruebas virtuales.

A las empresas BATA, ALPINA, TECNICA, KYAIA, ALFA, DOW por su participación y apoyo en el desarrollo del proyecto.

> ENTIDADES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

ENTIDAD PARTICIPANTE		PAÍS	ENTIDAD PARTICIPANTE		PAÍS
Confédération Européenne de l'Industrie de la Chaussure	CEC	Bélgica	Technology Transfer System S.R.L.	TTS	Italia
Istituto di Tecnologie Industriali e Automazione – Consiglio Nazionale delle Ricerche	ITIA	Italia	Teneriás Alfa, S.A.	ALFA	España
Centro Tecnológico do Calçado	CTCA	Portugal	Loughborough University	LBORO	Reino Unido
Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas. Asociación de investigación	INESCOP	España	BASF ag (Chemical Industry)	BASF	Alemania
Centre technique cuir chaussure maroquinerie	CTC	Francia	Produtora de Componentes para Calçado S.A.	PROCAL	Portugal
Netherlands Organisation for Applied Scientific Research	TNO	Holanda	Pranke GmbH	PRANKE	Alemania
Asociación Instituto de Biomecánica de Valencia	IBV	España	Filanto S.p.A.	FILANTO	Italia
Polo de Inovação em Engenharia de Polímeros	PIEP	Portugal	Steeb Anwendungssysteme GmbH	STEEB	Alemania
Manas S.p.A.	MANAS	Italia	CPA SoftwareConsult GmbH	CPA	Alemania
Technische Universitaet Muenchen	TUM	Alemania	Muotikaupan Liitto ry	LIITTO	Finlandia
Fortunato O. Frederico & Ca, Lda.	KYAYA	Portugal	FALC S.p.A.	FALC	Italia
Calzados hergar, S.A.	HERGAR	España	Centralne Laboratorium Przemystu Obuwniczego	CLPO	Polonia
Hormas maestre, S.L.	MAESTRE	España	Tecnica S.p.A.	TECNICA	Italia
Santiago Pons Quintana, S.A.	PONS	España	ELKEDE – Technology and Design Centre S.A.	ELKEDE	Grecia
Future Concept Lab S.R.L.	FCL	Italia	Arbesko as	ARBESKO	Suecia
Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.v.	IAO	Alemania	Calzaturificio Pakerson S.p.A.	PAKERSON	Italia
Delcam plc	DELCAM	Reino Unido	Dow Italia S.R.L.	DOW	Italia
INESC Porto – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto	INESC	Portugal	Concentris GmbH	CONCENT	Suiza
COMELZ S.p.A.	COMELZ	Italia	Alpina, tovarna obutve, d.d.	ALPINA	Eslovenia
CEI – companhia de equipamentos industriais, Lda.	CEI	Portugal	Calzaturificio FRAU S.p.A.	FRAU	Italia
Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana	SUPSI	Suiza	BATA Industrials Europe BV	BATA	Holanda
Lima & Resende, Lda.	LIREL	Portugal	Universitat Hannover – IFW	IFW	Alemania
String S.R.L.	STRING	Italia	FALC S.p.A.	FALC	Italia
Centro Servizi Calzaturiero S.R.L.	CESECA	Italia	Obrador Adhesivos Internacional	OBRADOR	España
Officine Meccaniche Molina e Bianchi S.p.A.	M&B	Italia	Ariston Nord West Ring	ANWR	Alemania
			Gestvar – informatica e Gestao de Empresas	GESTVAR	Portugal
			Hugo Boss Industries Switzerland	BOSS	Suiza
			Siller Ag	SILLER	Alemania