

Diseño de una suela para calzado femenino casual bajo parámetros de liviandad

Design of a female shoe sole under lightweight parameters

Recibido: 30-12-2016 Aceptado: 27-05-2017

Juliana Vélez López^{1*}
Sebastián Valderrama Mejía²
Patricia Castaño Rivera³
Camilo Andrés Páramo Velásquez⁴

¹ Colombiana. Tecnóloga en diseño de calzado y marroquinería Servicio Nacional de Aprendizaje SENA del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA. Aprecia e investigadora Grupo BIOMATIC.
* Autora de correspondencia jvelezlopez@gmail.com.

² Colombiano. M.Sc. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA Instructor e investigador Biomecánica. Bioingeniero. Grupo BIOMATIC.

³ Colombiana. Ph.D. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA. Instructora e investigadora Ciencia y Tecnología, mención: materiales. Grupo BIOMATIC.

⁴ Colombiano. Diseñador Industrial Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Gestor de la línea de Ingeniería y Diseño en Tecnoparque. Ingeniero Biomédico.

Resumen

La mujer actual se desarrolla en diferentes ámbitos, en los cuales se conjuga la excelencia profesional con la presentación personal. En este último aspecto el calzado es un elemento fundamental e indispensable. Con el propósito de ofrecer a la mujer no sólo un calzado estéticamente aceptable, sino también liviano y flexible, se desarrolló este trabajo en dos etapas: la primera validó la necesidad de diseñar zapatos cómodos y estéticos para la mujer actual, por medio de una encuesta a 50 mujeres de diferentes profesiones, que realizan largos desplazamientos en su rutina diaria y a las cuales se les contabilizó el número de pasos que regularmente ejecutan en el día, por medio de una banda de ajuste inteligente. Como resultado, se identificó que la altura del tacón del calzado y el número de pasos en el día son los factores relevantes que influyen en el nivel de dolor de los pies de estas mujeres al final de la jornada. De esta forma, en una segunda etapa se diseñó un calzado casual femenino ergonómico, que mitigue el dolor y que combine el desarrollo de una suela novedosa y un zapato característico de una empresa comercial

Palabras clave: Mujer; ergonomía; confort; liviandad; suela.

Abstract

Women nowadays develop in different areas, in which professional excellence is combined with the personal presentation. In this last aspect, the footwear is a fundamental and indispensable element. With the purpose to offer women not only an aesthetically acceptable footwear, but also light and flexible, this Work was developed in two stages: the first validated the need to design comfortable and esthetic shoes for the woman of today, By means of a survey of 50 women of different Professions, which travel long distances in their Daily

routine and to which were counted the number Of steps that they regularly execute in the day, through an intelligent adjustment band. As a result, it was identified that the heel height and the number of steps in a day are the relevant factors that influence in the pain level of these women's feet at the end of the working day. In this way, in a second stage Ergonomic women's casual shoes were designed to relieve pain and combine the development of a new sole and a Characteristic shoe of a commercial company.

Keywords: Woman; ergonomic; comfort; lightness; sole

Introducción

El pie es uno de los órganos más complejos que tiene el cuerpo humano, es parte fundamental del sistema motor y por lo tanto es receptor, sostén y propulsor durante la marcha, amortiguador y aporta balance corporal (Carreña & Cabrera, 2014). En este sentido, la elección del calzado es vital porque puede alterar el control del sistema motor y el balance corporal (Cronin, 2014). La principal función del calzado es la protección de los pies; sin embargo, se prioriza la estética sobre este aspecto (American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2012). Por lo tanto, para asegurar la protección del pie, el diseño de los zapatos debe contener criterios ergonómicos y de confort. Para lograrlo se deben considerar los siguientes aspectos: amortiguación, estabilidad, durabilidad, flexibilidad y ligereza (Jones, 2014).

La flexibilidad de un zapato está relacionada con el esfuerzo necesario para doblarlo por la parte más ancha del antepié. La liviandad implica una disminución del peso total del zapato y depende en gran medida del material empleado para su fabricación. Se ha demostrado que el componente que más aporta peso al calzado es la suela (Vicén, Garrigós, González, & Salinero, 2012). Con un calzado poco flexible y pesado es mayor el gasto energético para flexionar el pie y la fatiga al caminar, dificultando la marcha y aumentando las presiones plantares (Puigcerver et al., 2012).

Dado lo anterior, se ha reducido o eliminado material en zonas de la suela que no se encuentran en contacto directo con la superficie y que no comprometen la estabilidad y el apoyo del usuario. También se han utilizado materiales de menor densidad como caucho y/o látex espumado, poliuretano termoplástico espumado, acetato de vinilo (EVA), dynafoam, spenco (espuma de neopreno), estireno, entre otros (Barnes, Connell, Elder, Fagergren, &

Peters, 2017; Dhanapal & Raja, 2016; Doerer & Schauster, 2014; Nunes et al., 2016; Prakash, Passi, Prakash, Bhatti, & Deane, 2014). Además se han empleado microesferas de expancel para la fabricación de suelas. Estas son pequeñas partículas esféricas de plástico que se pueden adicionar como agente de soplado y reductor de peso en un material termoplástico (AkzoNobel, 2013).

En la actualidad, la normatividad aplicada al calzado es definida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas de Certificación ICONTEC. La norma aplicable es la NTC 2396 – 1 (ICONTEC, 2002) y se enfoca primordialmente en el calzado de seguridad, que debe afirmar la protección a personas con profesiones de alto riesgo (Sáenz, 2008). Como se puede apreciar, se carece de normatividad asociada con la ergonomía y confort en el calzado, lo que demuestra una vez más que estos conceptos son subvalorados en el sector.

El calzado casual es comúnmente denominado zapato informal. Para el público femenino este calzado puede tener características entre sandalias y zapato cubierto con suela plana o con tacón, y puede variar entre 3 y 10 cm. (American Podiatric Medical Association APMA, 2014). Diversos estudios sobre el uso de zapatos de tacón han demostrado las problemáticas o patologías que estos causan (Barkema, Derrick, & Martin, 2012; Cronin, 2014; Wang et al., 2016). El tacón modifica la posición del pie y del resto del cuerpo, lo que produce una alteración postural en posición estática y una modificación de la distribución de cargas y presiones plantares en el pie, relacionadas con alteraciones en el patrón de la marcha y en la forma de contacto con el suelo (Collado, Pascual, Álvarez, & Rodríguez, 2003). Estas patologías son causadas porque este tipo de zapato no es precisamente el más cómodo o ergonómico. Algunos especialistas en ergonomía recomiendan que los tacones sean usados por lapsos cortos (Blanchette, Brault, & Powers, 2011). A pesar de los efectos en la salud corporal por el uso de zapatos de tacón, siguen siendo artículo de moda (Lin & Chen, 2015). Es decir, la solución para evitar o disminuir patologías del pie está idealmente en el diseño ergonómico. En este punto, cabe destacar que aunque son muchos los parámetros de diseño de calzado ergonómico, sobre todo para el calzado que es utilizado durante largos periodos de marcha, la suela es un componente clave, porque ella influye directamente en las características de peso y flexibilidad, en consecuencia, interviene en la aparición de molestias en los pies durante la marcha.

Por otro lado, la mujer profesional de hoy, desempeña entre sus funciones la atención al cliente y la participación

en reuniones y eventos. Estas actividades en general se desarrollan interactuando con otras personas. Por lo tanto, es indudable que además de desempeñarse como excelentes profesionales requieren de una muy buena presentación personal y, según los códigos sociales de vestuario, el zapato casual es fundamental.

Según el DANE (2016), en Colombia, la participación laboral de las mujeres se concentra de manera importante, sobrepasando el 30%, en el comercio, hoteles y restaurantes, mientras que en servicios sociales, comunales y personales participan con el 32% (El Espectador, 2010).

El desempeño de estos oficios implica en la mayoría de los casos, sobrecarga en los miembros inferiores debido a *factores intrínsecos o extrínsecos*. Entre los primeros se encuentran: el género, la edad, la personalidad, las emociones, factores fisiológicos, características antropométricas, traumatismos, patología neurológica, fisiología, etc. Mientras que en los segundos están: el terreno, el tipo de calzado y el tipo de vestido (Collado et al., 2003).

Con lo expuesto, se vislumbra un gran escenario para el diseño de calzado casual femenino que sea cómodo, liviano y flexible, para la mujer profesional de la actualidad. De esta forma, los dolores o daños causados al pie y otras partes del cuerpo por el uso de zapatos no ergonómicos disminuirían. Para lograrlo, se empleó como material de fabricación una mezcla de caucho con microesferas expandidas. El componente innovador de este proyecto radica en que las microesferas usualmente son utilizadas en materiales termoplásticos y no en elastoméricos para tal finalidad.

Este trabajo hace parte de esta línea y fue desarrollado en dos etapas. En la primera, se realizó un estudio en mujeres ejecutivas para identificar la necesidad que tienen de emplear zapatos ergonómicos en su jornada laboral. En la segunda etapa, se definieron los requerimientos de un diseño novedoso que combine la geometría y el material de una suela para obtener un prototipo de calzado casual, liviano y flexible que atienda las necesidades de confort para la mujer ejecutiva actual.

Metodología

Con base en una encuesta previa realizada a las clientes, donde se les preguntó el tipo de calzado de preferencia, cómo se enteraron de la empresa y comentarios acerca del calzado ofrecido por una empresa comercial, se

obtuvieron respuestas donde según requerimientos de la mayoría de clientes de la empresa, lo ideal en su diseño sería que el calzado fuese más liviano, debido a esto, la empresa comercial comenzó a buscar alternativas en su diseño para que el calzado tuviera criterios de liviandad, debido a esto la investigación se llevó a cabo en dos etapas, la primera consistió en seleccionar un grupo de 50 mujeres pertenecientes a 5 profesiones, las cuales se considera tienen tiempos prolongados de marcha y a partir de esto se evaluó su nivel de dolor. La segunda etapa consistió en desarrollar un prototipo teniendo en cuenta el tipo de suela que presentan los zapatos de la empresa comercial y conceptos de ergonomía, funcionalidad y estética. A dichas suelas se les evaluó la flexión, la resistencia al desgaste abrasivo, la dureza y la densidad.

Etapas 1. Validación de la necesidad

Durante el desarrollo de la investigación se tomó una muestra de 50 mujeres de manera aleatoria las cuales presentaban ciertas características, indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las 50 mujeres participantes en este estudio.

Características	Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (cm)	Talla de calzado (Fr)
Rango	25-46	49-68	151-173	35-40
Promedio	34	57	165	37
Desviación estándar	± 5	±4	±4	±1

Estas mujeres laboran el 60% de su tiempo fuera de casa experimentando una sucesión de pasos o ciclos de marcha prolongados. Entiéndase el paso como el conjunto de fenómenos que se producen entre el apoyo de un talón y el apoyo sucesivo del talón contrario, mientras que el ciclo de la marcha es el conjunto de acciones realizadas y fenómenos producidos desde el contacto del talón con el suelo hasta el siguiente contacto del mismo talón con dicho plano de apoyo (Collado, 2002). En la Figura 1, se indican las profesiones de las mujeres que participaron en este estudio.

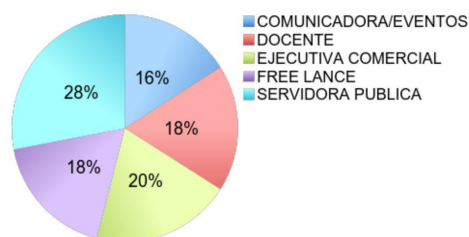


Figura 1. Profesiones de las mujeres de la muestra estudio
Fuente: Los autores.

Las docentes fueron seleccionadas de una universidad de la ciudad de Medellín, que tiene una extensión de 127,792 metros cuadrados, que alberga bloques de aulas, oficinas, laboratorios y otros lugares para desarrollar diversas actividades académicas y culturales.

Las mujeres que desempeñan trabajo de *freelance* son diseñadoras independientes, diseñadoras de moda, artesanas y artistas que no tienen un horario definido ni un espacio de trabajo regular, pueden estar 3 horas en el taller, 2 horas en la tienda, 3 horas en la oficina y constantemente estar en movimiento, así que en un día laboral están sujetas a largos ciclos de marcha o a estar de pie por largas horas.

Las comunicadoras y organizadoras de eventos, permanecen en la oficina un 20% de su día laboral. El 80% restante están atendiendo clientes, llevándolos a conocer las diferentes locaciones para determinados eventos y a la vez están participando de los mismos, están a cargo de la logística, de los alimentos, de la decoración, de la ubicación espacial de las personas, entre otras actividades. Estas profesionales están en constante movimiento fuera de su lugar de trabajo, realizando largos ciclos de marcha.

Las ejecutivas comerciales se caracterizan por trabajar en la oficina largos periodos pero también por cumplir un número de visitas a la semana de clientes externos. Aunque la gran mayoría manifestó que las citas las concretan en lugares cercanos a su lugar de trabajo, también afirmaron tener que salir de la oficina a reuniones y eventos que requieren estar de pie por largas horas y ciclos de marcha.

Las servidoras públicas que se entrevistaron trabajan en la ciudad de Medellín y prestan servicios al municipio, visitan otros municipios y diferentes comunas. Presentan ciclos de marcha largos y constantes.

Para recolectar la información, inicialmente se realizó una encuesta a cada mujer en donde se planteaban preguntas tales como el horario laboral, el tiempo que permanecían de pie, el tiempo fuera de casa, el nivel de dolor, el cual fue calificado de 1 a 5. Además, a cada una se le entregó una banda de ajuste inteligente, la cual es un sistema que registra los pasos ejecutados, distancias recorridas y señales biológicas asociadas al sistema cardiovascular. Así, a cada una se le contabilizó el número de pasos desarrollados durante dos días laborales.

Etapa 2. Diseño de un prototipo

Una vez validada la necesidad de desarrollar zapatos casuales y cómodos para la mujer profesional actual, se

planteó como solución diseñar una suela en un software especializado, Rhinoceros, versión 5, bajo los conceptos de ergonomía, funcionalidad y estética para adaptarla a un zapato con características de diseño de la empresa comercial, se obtuvieron suelas con formulaciones de caucho empleadas en la industria y suelas que incorporan los conceptos mencionados anteriormente, este proceso se realizó con equipos empleados en la industria del caucho tales como el molino abierto de rodillos para obtener todas las mezclas crudas, una prensa de vulcanización para obtener los prototipos, finalmente a todos los prototipos se les realizaron pruebas de abrasión, flexión, dureza y densidad.

Resultados

Etapa 1. Validación de la necesidad

Con base en la información recolectada en la etapa 1, se analizó en particular el nivel de dolor al final de la jornada como variable respuesta, para determinar si hay efecto o no de un determinado factor sobre esta variable, se realizó un análisis de varianza ANOVA, de una sola vía con un nivel de significancia de 0,05.

Al final de la jornada laboral, el nivel de dolor en los pies, que indican las mujeres encuestadas en este estudio, dependió del número de pasos, del tipo de tacón del zapato, mientras que el peso, la edad, la estatura y la talla del calzado no fueron factores influyentes en el nivel de dolor.

El nivel de dolor es mayor para un número de pasos entre 11.000 a 13.000 (media: 3,1), en comparación a un rango entre 5.000 a 7.000 (media: 1,6), estos datos fueron corroborados con el ANOVA, el cual indicó que ambos niveles del factor son diferentes, (Ver Figura 2). Mientras que para el tipo de tacón se encontró que el zapato de tacón alto produce mayor sensación de dolor que el zapato de tacón bajo, (Ver Figura 3).

Este último resultado está acorde con numerosas investigaciones que indican que el zapato de tacón alto, esto es, de más de 4 cm, puede causar diferentes patologías, como dolor, en particular al tobillo y al antepié (Borchgrevink, Viset, Wits, Schei, & Foss, 2015; Ho, Blanchette, & Powers, 2012; Yung-Hui & Wei-Hsien, 2005).

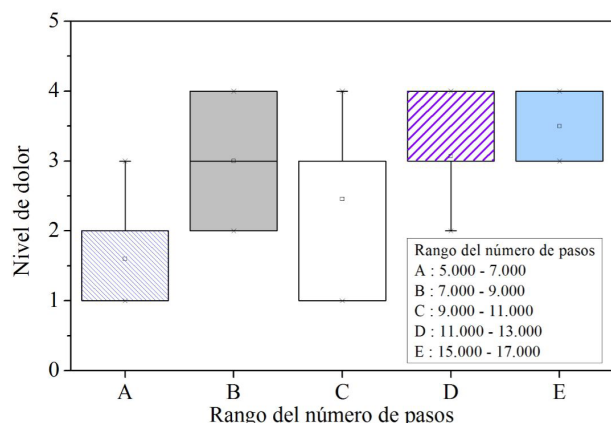


Figura 2. Efecto del número de pasos ejecutados en un día laboral sobre el nivel de dolor de las mujeres encuestadas
Fuente: Los autores.

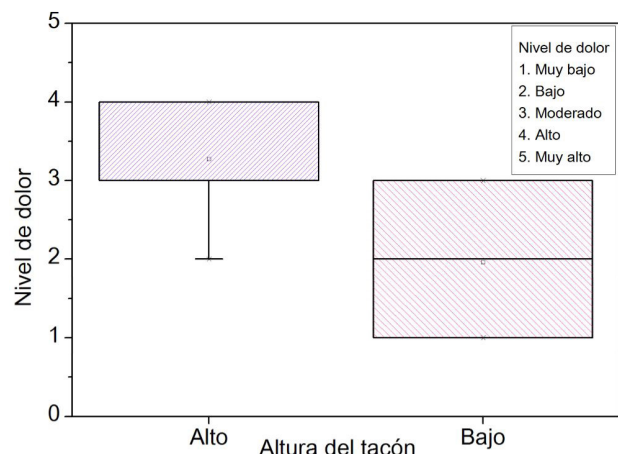


Figura 3. Efecto del tipo de tacón en el nivel de dolor de las mujeres encuestadas, luego de un día laboral
Fuente: Los autores.

Etapa 2. Diseño del prototipo

Se diseñó un prototipo de calzado, con una suela novedosa cuyas características se indican en la Tabla 2.

El diseño de la suela se graficó en un software especializado, Rhinoceros, versión 5 y se muestra en la Figura 4.

Posteriormente se obtuvieron 3 tipos de suelas con una formulación de caucho empleada en la industria, para dicha formulación se contó con una mezcla de referencia y dos mezclas con adición del aditivo que haría expandir el caucho para lograr el criterio de liviandad. Luego de obtenidos los prototipos de suela, se evaluó su desempeño en pruebas de flexión, abrasión y se determinó el cambio en su dureza y densidad, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 2. Requerimientos y determinantes para el diseño de la suela

Requerimiento	Determinante
Liviandad	Economizadores circulares sobre la parte superior de la suela, cuyas dimensiones se determinaron según la obtención del peso óptimo de ésta. Los economizadores se separaron entre sí en una distancia de 8 mm y con una profundidad de 1 cm a 3 cm, según el espesor de la suela. También se seleccionó un material liviano que fue un compuesto de caucho natural expandido.
Flexibilidad	Canales de flexión en la parte inferior de la suela y el área de los metatarsos, para facilitar los movimientos naturales de la marcha, optimizar el consumo energético durante ésta y disminuir la fatiga.
Evacuación de contaminantes	Canales comunicados entre sí, distribuidos a lo largo de la parte inferior de la suela, los cuales se encuentran abiertos para permitir la evacuación de los contaminantes y potenciar la adherencia y/o agarre a la superficie de desplazamiento.
Amortiguación	Esta característica se interviene directamente desde la selección del material, cuya base es el caucho natural expandido, que permite una eficiente absorción de impactos durante la marcha. Además, se implementa una entresuela, la cual está constituida por zonas en silicona, estratégicamente ubicadas, las cuales permitirán distribuir las cargas en el pie de una forma más equitativa y mucho más saludable para el usuario.
Adherencia y agarre	Además de los canales a lo largo de la suela, el acabado rugoso, especialmente en el área del antepié, permite un mayor agarre, específicamente en el momento del despegue, el cual es una de las fases del mecanismo de la marcha. De esta forma se minimiza el riesgo de accidentes asociado a caídas.
Durabilidad	La resistencia a la abrasión en la suela se ve reflejada en la selección del material. El caucho natural expandido ha demostrado tener unas características elevadas respecto a la resistencia al desgaste por fricción que se genera al caminar. Así la vida útil de la suela se maximiza, constituyendo un factor diferenciador de concepción y diseño.
Distribución de las presiones plantares	Para lograr una distribución equitativa de las presiones plantares y evitar la aparición de patologías asociadas a este parámetro, se diseñó una suela con una altura de tacón de 3 cm, con la incorporación de plataforma de 5 cm.

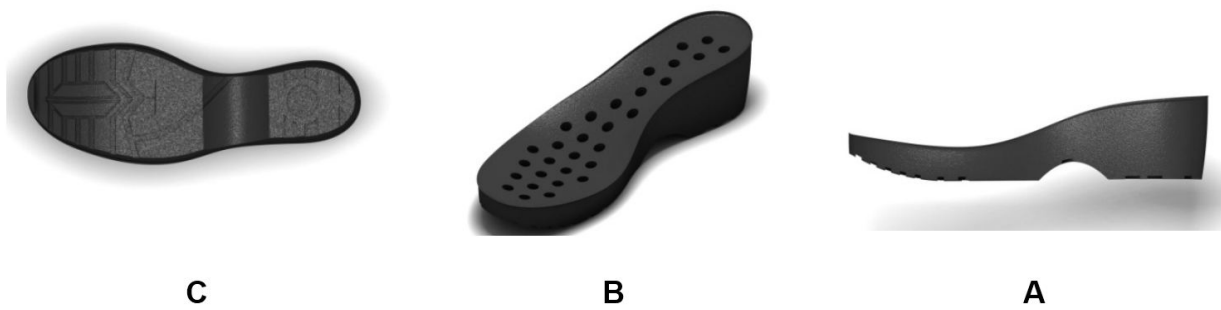


Figura 4. Diseño de la suela. A) Vista lateral izquierda. B) Vista lateral posterior. C) Vista inferior

Fuente: Empresa comercial.

Tabla 3. Resultados de pruebas a prototipo de suela.

MATERIAL/ ENSAYO	Densidad (g/cm ³)	Dureza (Shore A)	Pérdida volumétrica por abrasión (mm ³) *	Flexión suela a 30000 ciclos (%) **
Mezcla referencia	1,14 ± 0,02	62 ± 1	140,81 ± 5,70	11,50 ± 3,04
Mezcla con 3 phr de aditivo	0,86 ± 0,01	57 ± 1	320,67 ± 16,91	6,87 ± 6,93
Mezcla con 10 phr de aditivo	0,67 ± 0,02	42 ± 0	242,57 ± 27,55	12,90 ± 4,85

* En pérdida volumétrica por abrasión se considera que el material tiene una alta resistencia a la abrasión cuando las pérdidas son menores.

** La flexión de suela se realizó hasta 30000 ciclos, el valor reportado corresponde al porcentaje de incremento en la incisión que presenta la probeta luego de llegar al ciclo máximo.

En cuanto a la capellada, esta tiene un diseño que es característico de la empresa comercial, con un espacio libre de material en el empeine, porque en esta zona ocurre la mayor flexión del pie durante la marcha y así se facilita este tipo de movimiento. El contrafuerte del tobillo se utiliza doble, para proteger esta zona y la planta del pie de objetos externos y además otorgar estabilidad en terrenos irregulares. La amortiguación del tobillo también se logra con un cuello conformado por una espuma de alrededor 2 cm. (Ver Figura 5).



Figura 5. Diseño del zapato casual femenino estético y ergonómico.

Fuente: Empresa comercial

Conclusiones

La altura del tacón fue un factor que influyó directamente en el nivel de dolor de los pies de las mujeres profesionales encuestadas, al final de su jornada laboral, siendo el tacón alto más influyente en el incremento del nivel de dolor que el tacón bajo.

Se validó la necesidad de desarrollar un tipo de zapato casual para la mujer actual, debido a la influencia que tienen las características de diseño del zapato, así como también por la relación existente entre los largos desplazamientos que deben realizar las mujeres encuestadas durante su jornada laboral y el dolor o fatiga que esto les causa.

Se desarrolló una suela en caucho expandido cumpliendo con criterios de liviandad y confort, además de las características requeridas por una empresa comercial. Se evaluó su desempeño mecánico encontrando diferencias mínimas, en comparación con una suela de caucho tradicional

Como trabajo futuro se propone evaluar tanto nuevas formulaciones de caucho empleadas para el calzado casual como métodos de procesamiento de caucho con microesferas expandibles. Por otra parte, se deben analizar las respuestas biomecánicas asociadas al uso de la suela.

Agradecimientos

La empresa comercial surgió de un proyecto de emprendimiento de la aprendiz Juliana Vélez de la tecnología de Diseño de Calzado y Marroquinería del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero

Referencias

- AkzoNobel. (2013). Breve introducción a las microesferas Expancel. Brochure. Recuperado de https://www.akzonobel.com/expancel/system/images/akzonobel_expancel_short_introduction_es_tcm65-75515.pdf
- American Academy of orthopaedic surgeons. (2012). Anatomía del calzado. Recuperado de <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=a00489>
- American Podiatric Medical Association (APMA). (2014). Public Opinion Research on Foot Health and Care. Recuperado de <https://www.apma.org/files/A2014TodaysPodiatristSurveyAllFindings.pdf>
- Barkema, D. D., Derrick, T. R., & Martin, P. E. (2012). Heel height affects lower extremity frontal plane joint moments during walking. *Gait and Posture*, 35(3), 483–488. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.11.013>
- Barnes, E., Connell, J. L., Elder, Z., Fagergren, F., & Peters, G. M. (2017). Sole Structure for an Article of Footwear. Patente No US 20170020227 A1. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.google.com/patents/US20170020227>
- Blanchette, M., Brault, J., & Powers, C. (2011). The influence of heel height on utilized coefficient of friction during walking. *Gait & Posture*, 34(1), 107–110. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.03.023>
- Borchgrevink, G. E., Viset, A. T., Wits, E., Schei, B., & Foss, O. A. (2015). Does the use of high-heeled shoes lead to fore-foot pathology? A controlled cohort study comprising 197 women. *Foot and Ankle Surgery*, 22(4), 239 - 243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fas.2015.10.004>
- Carreña, J., & Cabrera, P. (2014). Diseño e implementación de un sistema de análisis de las presiones plantares en estática basado en procesamiento de imágenes. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, Cuenca, Ecuador, pp. 138.
- Collado, S. (2002). Análisis de la marcha humana con plataformas dinamométricas. Influencia del transporte de carga. (Tesis de doctorado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Collado, S., Pascual, F., Álvarez, A., & Rodríguez, L. P. (2003). Análisis de la marcha. Factores moduladores. *Biociencias*, 1, 1–22.
- Cronin, N. J. (2014). The effects of high heeled shoes on female gait: A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(2), 258–263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.01.004>
- DANE. (2016). Boletín Técnico: Mercado laboral por sexo. Bogotá D.C. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech_genero/bol_ejesexo_abr_jun16.pdf
- Dhanapal, D., & Raja, K. (2016). PU memory foam for application as insole in therapeutic footwear for patients with diabetes. *IJES*, 6(6), 7784–7785.
- Doerer, D. M., & Schauster, M. J. (2014). Cushioned shoe construction. Patente No US 8713818 B2. Estados Unidos. Recuperado de <https://www.google.com/patents/US8713818>
- El Espectador. (2010). Así es la mujer, en estadística, según el Dane. Recuperado de <http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/articulo191356-asi-mujer-estadistica-segun-el-dane>
- Ho, K. Y., Blanchette, M. G., & Powers, C. M. (2012). The influence of heel height on patellofemoral joint kinetics during walking. *Gait and Posture*, 36(2), 271–275. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.03.008>
- ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002) NTC 2396-

- 1: Calzado. Requisitos y métodos de ensayo para el calzado de seguridad, protección y ocupacional, para uso profesional.
- Jones, J. (2014). The potential for emulating the human footstrike using a Six Degrees-of-Freedom industrial robot. (Tesis de doctorado). Loughborough University, Loughborough, Inglaterra.
- Lin, L., & Chen, C. (2015). Innovation and ergonomics consideration for female footwear design. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 5867–5873. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.891>
- Nunes, G. A. M. de A., Reis, M. do C., Rosa, M. F. F., Peixoto, L. R. T., Rocha, A. F. da, & Rosa, S. de S. R. F. (2016). A system for treatment of diabetic foot ulcers using led irradiation and natural latex. *Research on Biomedical Engineering*, 32(1), 3–13. doi: <https://doi.org/10.1590/2446-4740.0744>
- Prakash, J., Passi, A., Prakash, J., Bhatti, S., & Deane, A. (2014). Microcellular Rubber Insole in Management of Knee Osteoarthritis. *Webmedcentral*, 5(1), WMC004505. doi: <https://doi.org/10.9754/journal.wmc.2014.004505>
- Puigcerver, S. A., Gómez, A., Solves, C. M., Ripoll, E., Gonzalez, J. C., Gil, S., & Huertas, P. (2012). Cómo hacer flexible el calzado más clásico. *Revista de Biomecánica*, 58, 35–37.
- Sáenz, L. M. (2008). Ergonomía y diseño, análisis y aplicación para el calzado laboral. *ICONOFACTO*, 4(5), 122–139.
- Vicén, J., Garrigós, J. del C., González, C., & Salinero, J. J. (2012). La biomecánica y la tecnología aplicadas al calzado deportivo. Madrid: Universidad Camilo José Cela. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Juan_Salinero/publication/239526613_La_biomecanica_y_la_tecnologia_aplicadas_al_calzado_deportivo/links/0c96051c170796a380000000.pdf?origin=publication_list
- Wang, C., Geng, X., Wang, S., Ma, X., Wang, X., Huang, J., Wang, K. (2016). The impact of high-heeled shoes on ankle complex during walking in young women-In vivo kinematic study based on 3D to 2D registration technique. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 28, 7–16. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.01.005>
- Yung-Hui, L., & Wei-Hsien, H. (2005). Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Applied Ergonomics*, 36(3), 355–362. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2004.11.001>