



| | |
|----------------------------|---|
| EXPEDIENTE | IMAMCK/2016/1 |
| ACRÓNIMO | FUNCIONSHOE |
| PROGRAMA | PROYECTOS DE I + D PROPIA |
| TÍTULO DEL PROYECTO | APLICACIÓN DE BIOFUNCIONALIDAD OBJETIVA EN LA EVALUACIÓN DEL CONFORT EN CALZADO |

Entregable E1.1.1
PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL PIE, DE LA
HORMA Y DEL CALZADO (Resumen)

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1 DESCRIPCIÓN DEL ENTREGABLE | 3 |
| 2 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL PIE | 3 |
| 2.1 Inspección visual del pie | 4 |
| 2.2 Valoración antropométrica del pie | 6 |
| 2.3 La huella plantar | 9 |
| 2.4 Evaluación radiológica | 12 |
| 2.5 Medición digital | 13 |
| 3 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA HORMA | 16 |
| 3.1 Medición manual | 16 |
| 3.2 Medición digital | 18 |
| 4 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL CALZADO | 20 |
| 4.1 Inspección visual | 21 |
| 4.2 Evaluación dimensional | 21 |
| 4.3 Evaluación físico-mecánica | 22 |
| 4.4 Evaluación química | 23 |
| Referencias | 25 |

1 DESCRIPCIÓN DEL ENTREGABLE

El calzado ha sido diseñado para proteger el pie y facilitar sus funciones en las actividades diarias (Tsung et al., 2003). Para que el calzado realice correctamente su función y sea cómodo, la horma sobre la que se fabrica debe ajustarse al pie en términos de longitudes, anchuras, alturas y perímetros (Witana et al., 2006).

Hoy en día existen multitud de metodologías para evaluar el pie, la horma y el calzado. Este entregable E1.1.1 presenta una revisión de las metodologías existentes, con mayor consenso y reproducibilidad científica, para la evaluación de los tres elementos, con la finalidad de adquirir el conocimiento necesario que nos permita definir y seleccionar cuáles de ellas pueden resultar más útiles para valorar los distintos aspectos. Sin lugar a dudas, son los dispositivos de captura de datos en tres dimensiones los que se emplean con más asiduidad en la actualidad en la industria del calzado, tanto aquellos orientados a la digitalización de pies como los orientados a la digitalización de componentes (hormas, pisos, adornos...).

2 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL PIE

El pie es la base de nuestro cuerpo y el único contacto que tenemos con la superficie de apoyo. Aunque existe una gran variedad de métodos para evaluar el pie y la huella plantar, en esta revisión hablaremos de aquellos que están aceptados y validados. Los métodos serán agrupados en distintas categorías:

- Inspección visual, incluye la exploración visual así como el uso del podoscopio.
- Valoración antropométrica, mediante referencias óseas marcadas en la piel.
- Parámetros recogidos de la huella plantar.
- Evaluación radiográfica, basada en la imagen obtenida tras la exposición a radiación X.
- Evaluación digital, basada en métodos de visualización tridimensional y en técnicas matemáticas.

2.1 Inspección visual del pie

Para realizar un análisis en función de este tipo de inspección se ha de tener una experiencia clínica considerable, ya que son métodos muy subjetivos que pueden llevar a errores metodológicos a un investigador novel. Dichos métodos son útiles para aportar información sobre la estructura o el tipo de pie.

Fórmula digital

Una observación minuciosa del antepié, efectuada por su cara dorsal, permite realizar una clasificación según la longitud del primer y segundo dedo (Moreno, 2003). Según éstas, podemos clasificar el pie en:

- a) Pie egipcio.
- b) Pie cuadrado.
- c) Pie griego.



Podoscopio

El podoscopio permite visualizar y estudiar las huellas plantares y los distintos ejes de los pies. Este equipo consiste en una estructura de acero cromado que incorpora en su parte superior un cristal desmontable y graduado, y que consta de dos espejos de control visual, uno fijo y otro abatible colocado a 45°.

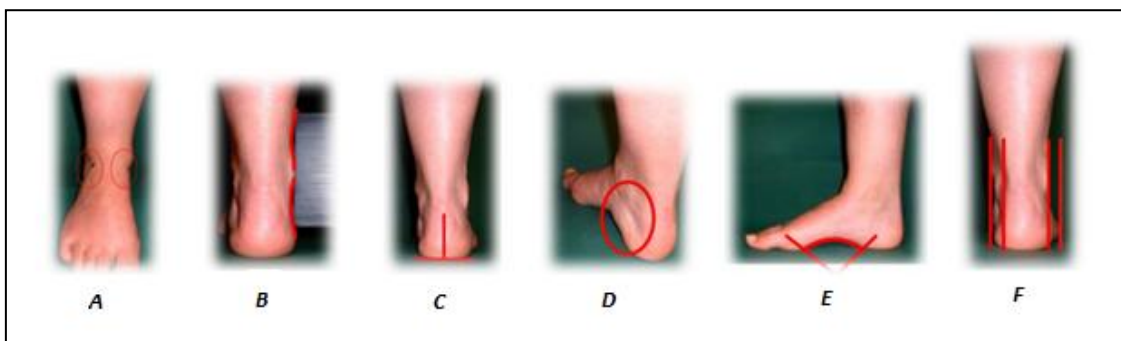
A lo largo de estos últimos años se han diseñado distintas variedades. Los podoscopios actuales, fabricados en metacrilato, son muy robustos e incorporan luz fluorescente. Entre sus ventajas se cuentan la gran definición de la huella plantar gracias a la luz fluorescente, que ocupa poco espacio y que tiene una altura baja, con lo que se evitan desequilibrios en los pacientes con inestabilidad.



Foot Posture Index (FPI)

El método del Índice de la Postura del Pie (FPI) es un método observacional de clasificación de la postura estática del pie que consta de 8 criterios evaluados en posición bipodal relajada, cuyos resultados varían entre -16 (pie supinado) hasta +16 (pie pronado) (Redmon et al., 2008). Estos criterios son los siguientes:

- 1) Palpación de la cabeza del astrágalo (A).
- 2) Curvatura inframaleolar y supramaleolar del maleolo peroneal o lateral (B).
- 3) Línea de Helbing.
- 4) Alineación del calcáneo en el plano frontal (es decir, medición del ángulo tibio-calcáneo) (C).
- 5) Prominencia en la región de la articulación astragaloescaploidea (D).
- 6) Congruencia del arco longitudinal medial (E).
- 7) Congruencia del borde lateral del pie.
- 8) Abducción / aducción del retropié respecto al antepié (F).



Este método presenta algunas limitaciones, como son la necesidad de experiencia previa por parte de examinador, destreza manual para la palpación y la objetividad propia de un método observacional.

2.2 Valoración antropométrica del pie

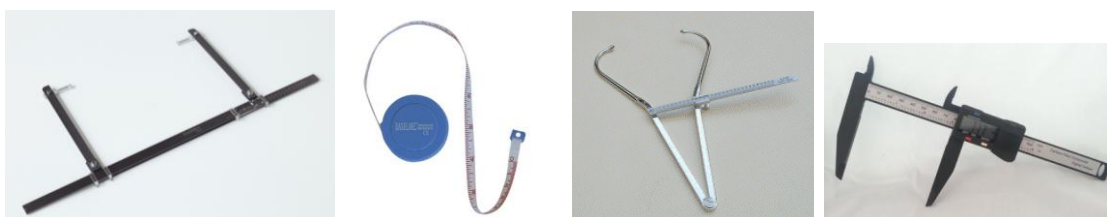
Para realizar un análisis antropométrico del pie se ha de tener una experiencia considerable en la detección de puntos anatómicos, por lo que se pueden cometer errores metodológicos muy fácilmente. Dichos métodos son útiles para aportar información sobre la geometría y la estructura del pie.

Medición manual

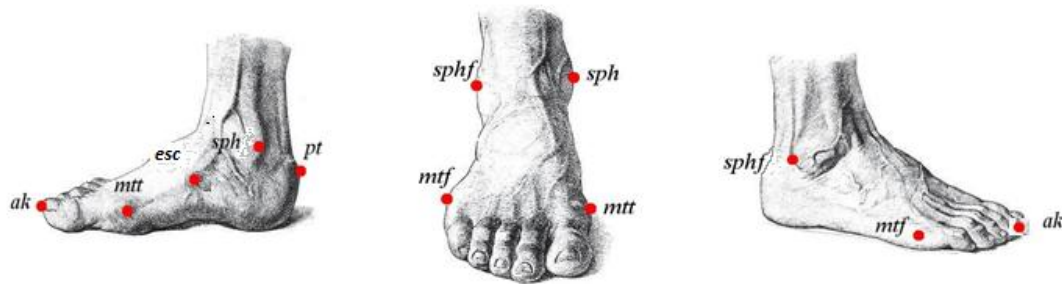
Conocer la anatomía del pie es esencial para adecuar el diseño del calzado a las necesidades biomecánicas básicas de esta parte corporal, mientras que conocer su antropometría es vital para el desarrollo de la horma a partir de la que empieza la fabricación. La antropometría es la ciencia que estudia el tamaño, la forma, las proporciones y la composición corporal con objeto de entender el proceso de crecimiento.

Una de las razones del desarrollo y la rápida difusión de la antropometría como sistema de investigación se debe al bajo precio de los instrumentos necesarios para elaborar una medida y análisis, fáciles de manejar, precisos en las determinaciones métricas y homologados.

Para la medición antropométrica del pie se utiliza el antropómetro para las alturas, la cinta antropométrica para los perímetros, el compás de ramas curvas para longitudes y el paquímetro para diámetros.

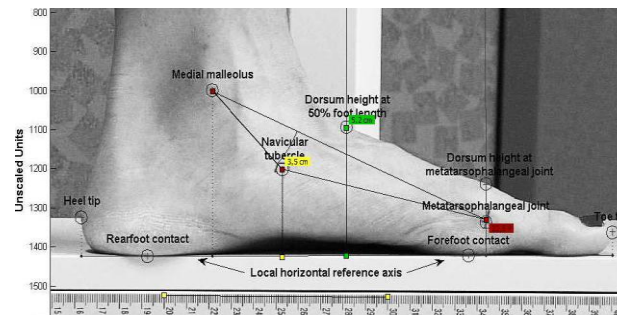


Para realizar correctamente las mediciones del pie, se parte de unos puntos de referencia sobre los cuales se realizan las mediciones.

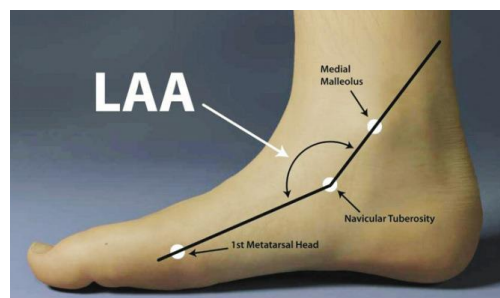


A partir de esos puntos de referencias se pueden obtener diferentes medidas del pie en cuanto a longitudes, anchuras, alturas y perímetros. Además existen una serie de índices clínicos del pie que se obtienen de forma manual y que son:

- Altura del Dorso del Pie (Cowan et al., 1993; Williams & McClay, 2000).



- Ángulo del Arco Longitudinal (LAA) (Nilsson, 2012).



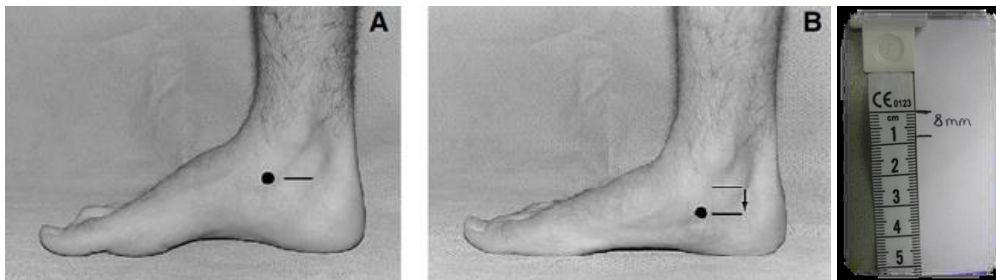
- Altura del Escafoides Truncada (AET) (Cowan, 1993).



- Caída del escafoides o “Navicular Drop” (ND) (Charlesworth & Johansen, 2010).



La diferencia entre ambas medidas será el valor del test.



Dispositivo Brannock

El Dispositivo Brannock (Syracuse, EE.UU.) es otro instrumento para medir variables antropométricas del pie y obtener la talla. Su precisión y fácil manejo ha permitido que este sistema se utilice como norma en la industria del calzado.



Volumetría con metodologías sencillas

La volumetría es un método de medición, basado en el principio de Arquímedes, que consiste en sumergir el miembro a evaluar en un tanque lleno de agua, midiendo en un recipiente graduado en unidades de volumen el agua desplazada, así el resultado será equivalente al volumen del miembro inmerso (McWhorter et al., 2006).



Numerosos autores (Cloughley & Mawdsley, 1995; Moholkar & Fenelon, 2001; Sandoval et al., 2004) han establecido una alta reproducibilidad intra y entre evaluadores para la medida volumétrica en el pie y la pierna.

2.3 La huella plantar

La huella plantar se define como la superficie del pie que contacta con el suelo y su estudio es una forma indirecta de analizar la morfología del pie así como una fuente de información sobre patologías estructurales o funcionales tanto del pie como de la marcha.

Este estudio ha sido durante mucho tiempo la prueba más utilizada para el diagnóstico de determinadas patologías estructurales, si bien, actualmente se han desarrollado otros métodos exploratorios que ponen de manifiesto las limitaciones que tiene el estudio bidimensional del pie. A pesar de ello, el análisis de la huella es un método simple, rentable y fácilmente disponible para la evaluación y seguimiento de pies planos.

Los avances técnicos para la obtención de las huellas plantares se han ido sucediendo rápidamente y, en la actualidad, podemos mencionar los de uso universal: el fotopodograma y el pedígrafo.

Fotopodograma

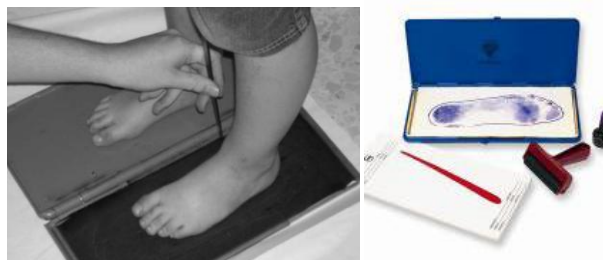
Descrito por Viladot (1989), este método de exploración estática de la huella plantar nos permite obtener registros válidos, duraderos y de alta calidad (Aguado et al., 1997). Su protocolo consiste en la impresión plantar del pie cuando éste es humedecido con líquido revelador, y puesto después en contacto con el papel fotográfico y con líquido fijador.



Este método aporta una buena impresión de la huella sin ensuciar la planta del pie con tintas y ofrece la posibilidad de evaluación del tipo de pie. Por último, permite seguir de manera objetiva la evolución de las malformaciones podológicas, es de bajo coste y fácil de usar. No obstante, también tiene desventajas, como que no aporta datos cuantitativos y la posibilidad de error en cualquiera de los momentos por los que pasa el análisis de la huella (Chu et al., 1995).

Pedigrafía de papel, carbón o de tinta

Desarrollado por Dunley Morton, y similar al anterior, consiste en pisar sobre un dispositivo de goma, impregnado en tinta, bajo el cual hay un papel que tras la pisada se impregna de la tinta y señala la huella plantar (Gómez, 2003). No es excesivamente caro, además de tener la ventaja de no ensuciar la planta del pie.



El examen de la planta del pie en el podoscopio permite observar de forma global y rápida el tipo de pie en estático, mientras que la obtención de las huellas plantares mediante pedígrafos de tinta o fotopodograma permite disponer de un documento físico y poder realizar algunas medidas.

A efectos prácticos, la huella plantar y el pie se puede dividir en tres partes: retropié (formado por el astrágalo y el calcáneo), mediopié (formado por el escafoides, cuboides, cuñas y base de los metatarsianos) y antepié (formado por la parte media y distal de los metatarsianos y los dedos). En general, el pie puede ser clasificado morfológicamente como normal cuando presenta un arco longitudinal interno y una huella plantar bien definida con una zona del antepié ancha y una zona del retropié unidas por una zona externa más estrecha en el mediopié que se conoce como istmo de una anchura de $\frac{1}{3}$ de la anchura total del antepié (a). Un pie con el arco longitudinal interno elevado y una huella plantar sin istmo se conoce como morfológicamente cavo (b) y, por el contrario, cuando no presenta arco longitudinal interno y el istmo es muy ancho se conoce como plano (c).



Las principales variables que se estudian a partir de la huella plantar son áreas, longitudes y anchuras. También es posible obtener parámetros que dan información indirecta del *arco longitudinal interno o medial*, como los siguientes:

- Ángulo de Clarke o ángulo de la huella (FA) (Clarke, 1933; Moreno de la Fuente, 2003; Lara-Diéguez et al., 2011).
- Índice de Chippaux-Smirak (CSI).
- Índice del arco plantar de Staheli (IP) (Staheli et al., 1987; Moreno de la Fuente, 2003).
- Índice del arco (AI) (Cavanagh y Rodgers, 1987; Menz & Munteanu, 2005).



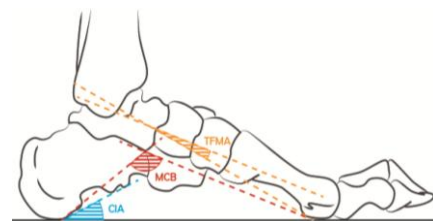
2.4 Evaluación radiológica

El uso de radiación X es el método más directo para determinar la altura del escafoides (Chu et al., 1995; McCrory et al., 1997; Menz & Munteanu, 2005; Murley et al., 2009). No obstante, tiene la desventaja de la exposición de los participantes a la radiación, el alto coste y los posibles problemas debidos a la propia técnica radiográfica.



A partir de las radiografías tomadas en posición lateral del pie se pueden obtener los siguientes parámetros:

- Ángulo entre el astrágalo y el primer metatarsiano (TFMA).
- Ángulo de inclinación del calcáneo (CIA).
- Ángulo de Moreau y Costa-Bartani (MCB).



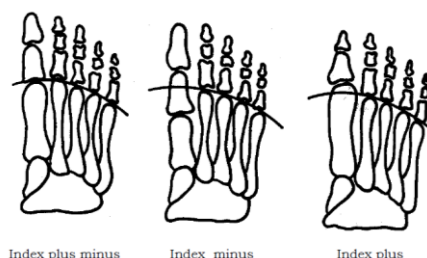
Fórmula metatarsal

En el estudio radiológico dorsiplantar del pie podemos observar variaciones en la longitud metatarsal que condicionará la posición y equilibrio del pie. En 1930, Nilssonne llamó a su método para medir la longitud relativa entre el I y II metatarsiano el índice o fórmula metatarsal (metatarsal index).



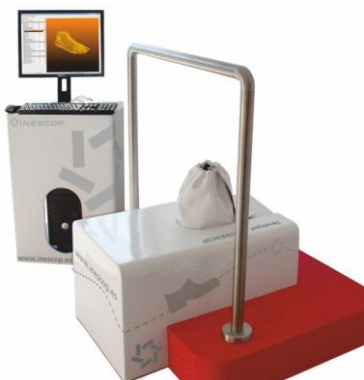
En función de la longitud de los metatarsianos, se distinguen tres tipos de antepié (Moreno, 2003):

- a) Index plus.
- b) Index plus minus.
- c) Index minus.



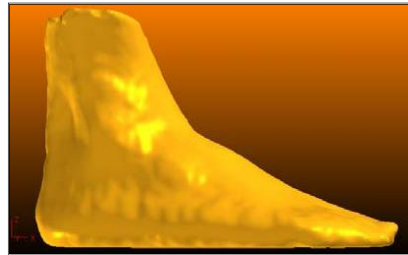
2.5 Medición digital

En los últimos años, se han producido notables mejoras tecnológicas en los métodos de exploración del pie, concretamente en los métodos de visualización tridimensional o 3D, y en las técnicas matemáticas, donde los informáticos han desarrollado algoritmos (Luximon et al., 2005).

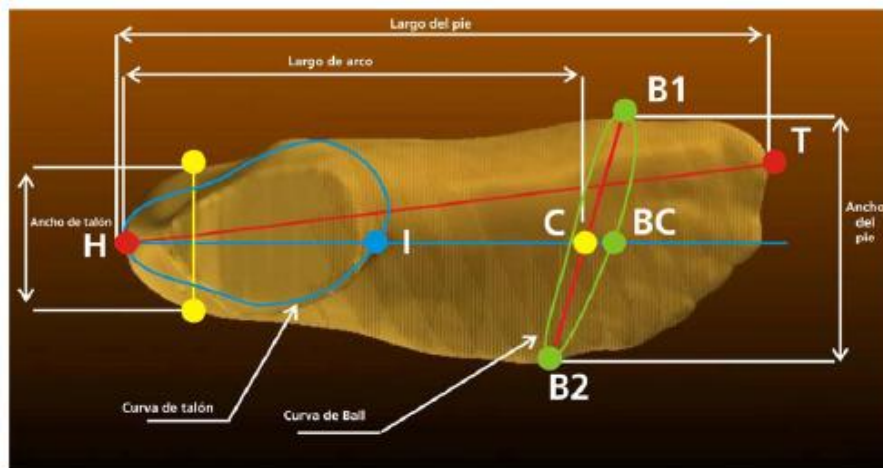


El uso de sistemas basados en técnicas de fotometría o de proyección láser para la recopilación de formas tridimensionales del pie está siendo ampliamente utilizado debido al gran desarrollo de la digitalización en 3D y la facilidad de obtener datos precisos de formas complejas. Las ventajas de estos sistemas se basan en la solidez de adquisición, en la precisión y alta repetitividad, así como en la no dependencia de un experto en la adquisición de los puntos anatómicos (Nácher et al., 1999).

En general, un escáner 3D es un artefacto que analiza un objeto o el ambiente físico para reunir los datos de su forma con el fin de construir modelos digitales tridimensionales que se usan en una amplia variedad de aplicaciones. Su propósito es crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto para extrapolar la forma del dicho objeto (Vicedo & Linares, 2008).



Las medidas antropométricas estudiadas mediante la digitalización en 3D pueden ser longitudes, alturas, anchuras o perímetros, siendo tomados puntos significativos del pie como referencia para su obtención.



| | VENTAJAS | INCONVENIENTES |
|--------------------------|--|---|
| INSPECCIÓN VISUAL | <ul style="list-style-type: none"> - Rápido y útil para aportar información estructural del pie. - Sencillo. - No invasiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Subjetivo, necesidad de mucha experiencia por parte del examinador. - Requiere destreza manual en la palpación. - Sólo aporta medidas en estático. |
| ANTROPOMETRÍA | <ul style="list-style-type: none"> - Equipo económico, portátil y durable. - Sencillo en el manejo y rápido. - Preciso en las medidas cuando hay estandarización. - Alta reproducibilidad y validez. - No invasiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Localización exacta de los puntos anatómicos para medir, necesidad de mucha experiencia por parte del examinador. - Precaución en el protocolo de toma de medidas. - Sólo aporta medidas en estático. |
| HUELLA PLANTAR | <ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste. - Preciso en las medidas. - Proporcionan un perímetro nítido y claro de la porción del pie que se apoya, más claro y seguro que los obtenidos con otros procedimientos. - Duradera. - No provoca irritación cutánea, ni ensucia. - No invasiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Las medidas corresponden a la huella plantar, sin incluir tejidos blandos de la marca ósea. - Precaución en el protocolo, necesidad de experiencia por parte del examinador. - Sólo aporta medidas en estático. |
| RADIOGRAFÍA | <ul style="list-style-type: none"> - Mejor método para analizar estructuras del pie. | <ul style="list-style-type: none"> - Alto coste. - Invasiva. - Sólo aporta medidas en estático |
| DIGITALIZACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Alta precisión y reproducibilidad. - Tiempo de exploración corto pero buena exactitud. - Independiente de la experiencia de un experto en la localización de puntos anatómicos. - Aporta la geometría 3D del pie. - Se pueden medir multitud de variables. - No invasiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Caro y sofisticado. - Sólo aporta medidas en estático. |

Todos estos métodos son estáticos por lo que sirven para clasificar el tipo de pie. No obstante, estas técnicas no proporcionan relación entre las variables estructurales y los comportamientos biomecánicos anormales del pie durante la fase dinámica. Para el estudio dinámico se utiliza el análisis funcional a través de plataformas de presiones y de fuerzas y se toman diferentes imágenes durante el movimiento.

3 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE LA HORMA

Para comprender y entender el rol que le corresponde a la horma en el diseño y armado del calzado, es necesario definir a este componente como el molde donde se procede a armar el calzado, siendo el encargado y responsable de reproducir la anatomía del pie en su integridad.

La horma es el soporte sobre el que montamos el zapato durante su fabricación, de modo que sus medidas, formas y proporciones van a condicionar el calce. Por otro lado, la horma sirve como modelo de la anatomía del pie.

En esta revisión hablaremos de métodos manuales y digitales de evaluación de la horma.

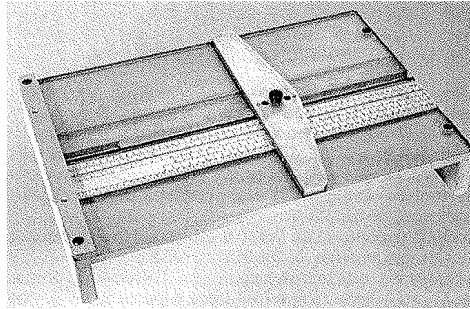
3.1 Medición manual

Al igual que el pie, uno de los sistemas más utilizados para la medición de hormas es a través de cintas antropométricas. También es bastante común hacer uso de galgas de cartón fibroso para controlar la calidad de ejecución de la producción, que reproducen las líneas de estilo de la punta, del empeine a lo largo de la caña anterior, del cuboides, de la parte posterior del talón o de otras partes como el contorno del fondo de la horma.

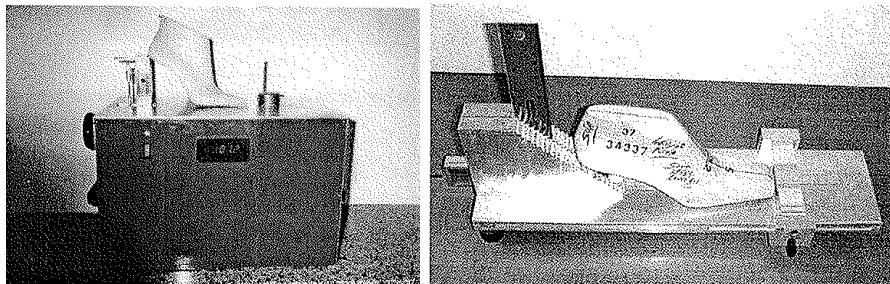


Los instrumentos de control como las galgas son útiles para ejecutar verificaciones generales, pero no es suficiente para programar un sistema de medidas. Para diseñar nuevos modelos de hormas que respeten las longitudes, anchuras y perímetros, la instrumentación requerida comprende toda una serie de equipos como los que se presentan a continuación.

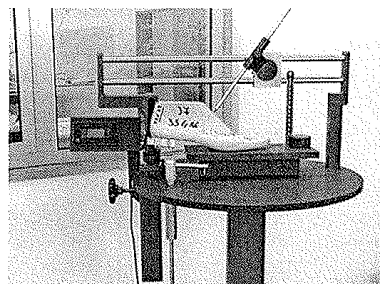
Para la medición de las dimensiones de longitud y de ancho de las palmillas se suele utilizar un dispositivo con el cual se pueden realizar lecturas inmediatas graduadas con valores en puntos franceses, ingleses, norteamericanos u otros.



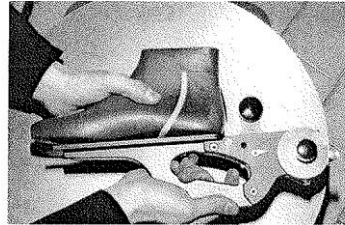
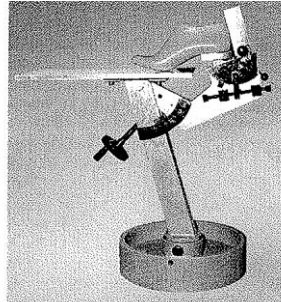
Además se cuenta con equipos dotados de dispositivos para efectuar una lectura electrónica de la altura del tacón y de la punta.



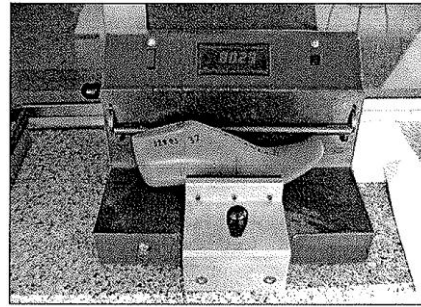
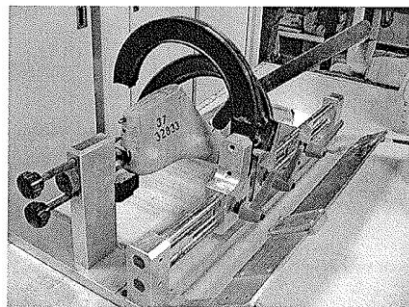
Durante la fase de fabricación de la horma, existen herramientas que permiten que el modelista verifique la estructura del modelo, trace su eje longitudinal, controle la altura del tacón, su inclinación y la altura de la punta, autocentrando automáticamente el prototipo en su zona de apoyo ubicada en la línea del tacón. Esta operación garantiza el control preciso del centrado del modelo respecto a la base.



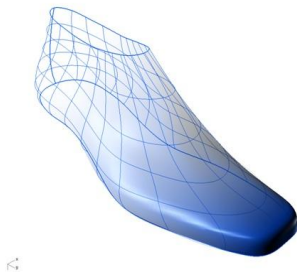
Los siguientes dispositivos permiten la medición de la altura del tacón y el ángulo de inclinación para comprobar la exacta ejecución del contorno del talón.



También existen equipos para identificar y controlar el ancho de la horma y algunos puntos que pertenecen a la línea del ancho de pie y a la circunferencia del empeine.



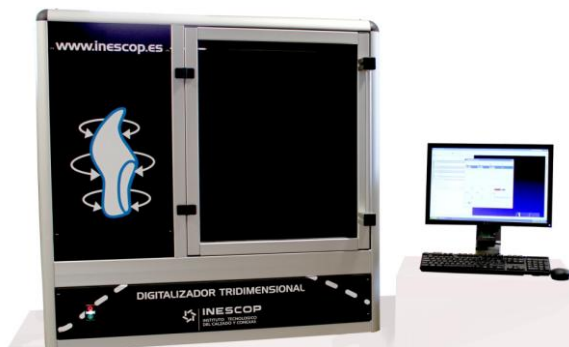
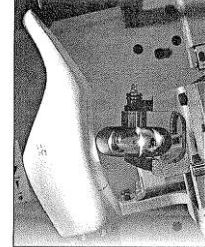
3.2 Medición digital



La digitalización es utilizada por los fabricantes en los distintos elementos que intervienen en el proceso de diseño de calzado con diversos fines: hormas, tacones, pisos, accesorios, etc. Al igual que en la digitalización de pies, el dispositivo utilizado para la digitalización se basa en tecnología láser para la adquisición de los datos (nubes de puntos) y posteriormente reconstruir la superficie de la geometría digitalizada y hacer factible su uso.

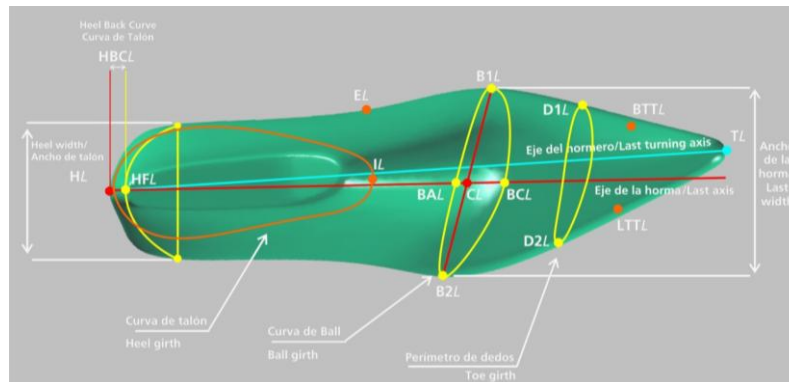
Las técnicas de digitalización se caracterizan en función del tipo de captura (tipo de dispositivo y método de captura que se usa), aunque principalmente se utilizan:

- Con contacto. El dispositivo toca la superficie del objeto; manual o automático. Son los digitalizadores mecánicos que detectan los puntos de la horma mediante la roto-traslación de un disco sobre la horma.
- Sin contacto. El dispositivo no toca la superficie del objeto; basados en tecnología luminosa o láser. Estos digitalizadores evitan problemas derivados de errores humanos y garantizan tiempos de detección más rápidos: de 2 a 6 minutos.



La digitalización de hormas se utiliza principalmente para la generación de hormas digitales. Habitualmente el hormero modela a mano la horma en madera y a continuación se digitaliza para tener el modelo digital que va a ser fabricado con la herramienta adecuada. Otro posible uso de la digitalización de hormas es para el diseño 3D de calzado, una horma es digitalizada para poder diseñar sobre ella el modelo 3D de calzado correspondiente. Además, se digitalizan también las hormas como punto de partida para la generación de pisos y tacones, con el fin de obtener las curvas básicas de diseño lo más ajustadas posible para obtener así la máxima precisión posible en el diseño del componente.

Los principales puntos de referencia de la horma posicionada son:



En general, el método de digitalización de la horma permite obtener numerosas medidas aunque principales longitudes, anchuras, perímetros y alturas (Stella, 2002; Germani et al., 2012; Bernabéu et al., 2013).

4 PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL CALZADO

El calzado es el complemento que en mayor medida nos relaciona con nuestro medio; es la interfaz entre pie y suelo y por lo tanto condiciona nuestra interacción con el mismo. Las principales funciones del calzado son:

- ✓ Protección frente al entorno.
- ✓ Complementar al pie en el desarrollo de sus funciones adaptándose a su forma.
- ✓ Adaptarse al estilo de vida, complejidad física y características del usuario.

Aunque existe una gran variedad de métodos para el comportamiento del calzado y sus componentes, en esta revisión hablaremos:

- Inspección visual.
- Evaluación dimensional.
- Evaluación de las propiedades físico-mecánicas.

- Evaluación de sustancias químicas que puedan ser perjudiciales para la salud.
- Evaluación con usuarios, basada en percepciones subjetivas.

4.1 Inspección visual

Con estos métodos se lleva a cabo una valoración visual de aquellos factores del calzado que a priori puedan incidir en la perdurabilidad de sus características, en el confort aparente, la apariencia física o la aptitud al uso del modelo evaluado, dejando al margen la influencia de factores estéticos o sujetos a corrientes de opinión (moda).



Algunas de las características que se deben controlar son las siguientes:

| | |
|--------------------------|---|
| General | <ul style="list-style-type: none"> - Centrado del zapato con respecto a su eje longitudinal. - Asiento del zapato plano sobre la superficie de la mesa. - Hueco desbocado. - Altura trasera simétrica entre zapato derecho e izquierdo. |
| Empeine/corte | <ul style="list-style-type: none"> - Presencia de costuras en zonas de flexión. |
| Piso | <ul style="list-style-type: none"> - Posición del tacón con respecto a la planta. - Asiento del tacón. - Centrado de la suela. |
| Forro y plantilla | <ul style="list-style-type: none"> - Ausencia de arrugas, pliegues. - Ausencia de clavos, grapas de fijación. |

4.2 Evaluación dimensional

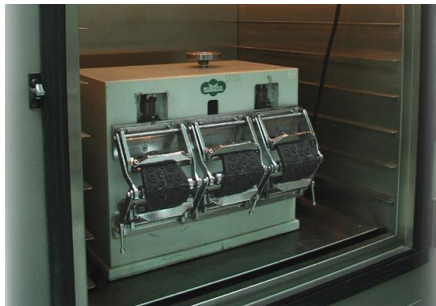
Consiste en medir el largo interior del zapato así como las alturas del talón y los cuartos traseros, y comparar con las medidas aceptadas para cada talla, teniendo en cuenta el valor aceptado de aumento de longitud entre tallas (escalado), de 6,66 milímetros.



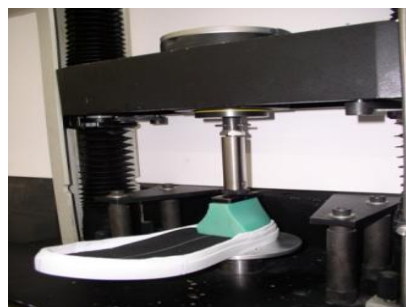
4.3 Evaluación físico-mecánica

El objeto de este análisis, que conlleva la realización de varios ensayos, es cuantificar las variables físicas de algunos de los factores más directamente implicados en la creación de la sensación de confort. Se trata pues de una batería de pruebas analíticas y objetivas basadas en normas internacionales.

- A. Peso
- B. Rigidez a la flexión



- C. Absorción de energía



- D. Absorción de impactos
- E. Resistencia al resbalamiento

F. Resistencia a la abrasión del material de corte

G. Resistencia a la abrasión de la suela

H. Resistencia eléctrica



I. Gestión del sudor.



4.4 Evaluación química

Existen una serie de componentes químicos que pueden ser potencialmente cancerígenos o alergénicos por lo que debe controlarse si se encuentran presentes en los materiales y componentes del calzado.



4.5 Evaluación con usuarios

Para el estudio de la interacción entre los usuarios y el calzado se llevan a cabo pruebas de uso real durante un tiempo previamente establecido. Éstas son subjetivas porque la valoración emitida depende de la opinión de los probadores sobre la muestra, a través de cuestionarios, si bien permiten evaluar el confort diferido, el relativo al uso diario de la prenda, el que siente el usuario al usar un zapato durante algún tiempo y en distintas condiciones de uso.



El objeto de este tipo de pruebas es analizar el conjunto de características dimensionales que permiten el correcto alojamiento del pie (lo que popularmente se conoce como *calce del zapato*), aunando confort y sujeción en los movimientos de la marcha, y en detectar problemas y defectos (de origen y/o adquiridos) trasladados desde el diseño del modelo a la fabricación del mismo y que incidan directamente en la funcionalidad y/o comodidad del zapato en condiciones reales de uso.

Referencias

- Aguado X., Izquierdo, M. y González, J. L. (1997). Biomecánica fuera y dentro del laboratorio. León: Universidad de León.
- Barreto, S. (2006). *Diseño de Calzado Urbano*. Buenos Aires, Nobuko.
- Berdejo del Fresno D, Lara Sánchez, AJ, Martínez López EJ, Cachón Zagalaz J, y Lara Diéguez S. (2013) Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(49):19-39.
- Bernabéu, JA., Germani, M., Mandolini, M., Mengoni, M., Nester, C., Preece, S., Raffaeli R. (2013). CAD tools for designing shoe lasts for people with diabetes. *Computer-Aided Design*, 45: 977–990
- Brannock (2010). The Brannock device instructions. www.brannock.com/cgi-bin/start.cgi/brannock/models.html, accessed on 28 April 2010.
- Cabañas, M.D.; Esparza, F. (2009). *Compendio de cineantropometría*. CTO Editorial. Madrid.
- Cavanagh, P.R.; Rodgers, M.M. (1987). *The arch index: a useful measure from footprints*. *Journal of Biomechanics* 20(5): 547-551.
- Charlesworth, S.J.; Johansen, (2010). The user guide and manual of the navicular drop test. Hogeschool van Amsterdam.
- Choklat A. (2012). *Diseño de calzado*. Barcelona: Gustavo Gil: 48-49.
- Chu, W. C., Lee, S. H., Chu, W., Wang, T. J. & Lee, M. C. (1995). The use of arch index to characterize arch height: a digital image processing approach. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 42 (11), 1088-1092.
- Clarke, H. (1933). An objective method of measuring the height of the longitudinal arch in foot examinations. *Research Quarterly*, 4, 99- 107.
- Cloughley, W.B.; Mawdsley, R.H. (1995). *Effect of running on volumen of the foot and ankle*. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 22 (4): 151-154.
- Cowan, D. N., Jones, B. H. & Robinson, J. R. (1993). Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Archives of Family Medicine*, 2, 773-777.
- Ferrin, C., Magdalena, X., & Loaiza, H. (2013). Determinación semiautomática de parámetros morfológicos de la huella plantar mediante el procesamiento digital de imágenes. *Revista S&T*, 11(27), 9-26
- García-Hernández, J.; Heras, S.; Juan, A.; Paredes, R.; Nácher, B.; Alemany, S.; Alcántara, E.; González, J.C. (2005). *The MORFO3D foot database*. *Lecture Notes in Computer Science* 3523: 658-665.
- Germani, M., Mandolini, M., Mengoni, M., Nester, C., Raffaeli R. (2012). Tools for design and validation of shoe lasts for diabetic patients, *Footwear Science*, 4:3, 221-241.

- Gómez, A. (2003). Repercusión de la manipulación de una disfunción osteopática de iliaco posterior sobre la morfología de la huella plantar. Tesis para la obtención del Diploma en Osteopatía. Escuela de Osteopatía de Madrid. Madrid.
- Gopalakrishna, G; Das, B.N., Ramasami, T. (1999). Science in shoe designing. Proceedings of the XXV IULTCS Congress. Bombay, India.
- INATEC (2011). Manual adaptación de horma base para el calzado a medida. Nicaragua: Prameclin,
- King, T.I. (1993). *The effects of water temperature on hand volume during volumetric measurement using the water displacement method*. Journal of Hand Therapy 6: 202-204.
- Lara Diéguez S., Amador Jesús Lara Sánchez, María Luisa Zagalaz Sánchez, Emilio J. Martínez-López (2011). Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar. Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación, nº 19, pp. 49-53
- Liu, W.; Miller, J.; Stefanyshyn, D.; Nigg, B.M. (1999). *Accuracy and reliability of a technique for quantifying foot shape, dimensions and structural characteristics*. Ergonomics 42(2): 346-358.
- Luximon, A.; Goonetilleke, R.S.; Zhang, M. (2005). *3D foot shape generation from 2D information*. Ergonomics 48 (6): 625-641.
- Mayrovitz, H.N.; Sims, N.; Litwin, B; Pfister, S. (2005). *Foot volume estimates based on a geometric algorithm in comparison to water displacement*. Lymphology 38: 20-27.
- McCrary, J. L., Young, M. J., Boulton, A. J. M. & Cavanagh, P. R. (1997). Arch index as a predictor of arch height. The Foot, 7, 79-81.
- McWhorter JW, Landers M, Wallmann H, Altenburger P, Berry K, Tompkins D, Higbee C. (2006) The effects of loaded, unloaded, dynamic, and static activities on foot volumetrics. *Physical Therapy in Sport*. 7: 81-86.
- Menz, H. B. & Munteanu, S. E. (2005). Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 35, 479-486.
- Moreno de la Fuente, J.L. (2003). *Podología general y biomecánica*. Masson. Barcelona.
- Moholkar, K.; Fenelon, G. (2001). *Diurnal variations in volume of the foot and ankle*. Foot & Ankle Surgery 40 (5): 302-304.
- Murley, G. S., Menz, H. B. & Landorf, K. B. (2009). A protocol for classifying normal and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. Journal of Foot and Ankle Research, 2, 22.
- Neal et Al. (2014) Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review and meta-analysis. Journal of foot and ankle research, 7:55.
- Nielsen RG, Rathleff MS, Moelgaard CM, Simonsen O, Kaalund S, Olesen CG, Christensen FB, y Kersting UG. (2010) Video based analysis of dynamic midfoot function and its relationship with foot posture index scores. Gait Posture, 31:126-130.

- Putz R, Pabst R. (2000) *Atlas de Anatomía Humana Sobotta. Tomo 2: Tronco, vísceras y miembro inferior*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Ramiro J. (1995) Guía de recomendaciones para el diseño de calzado. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia; 135-151.
- Razeghi M y Batt ME. (2012) Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait Posture*, 15:282-291.
- Redmond, A. C., Crane, Y. Z. & Menz, H. B. (2008). Normative values for the Foot Posture Index. *Journal of Foot and Ankle research*, 1 (6).
- Redmond, A. C., Crosbie, J. & Ouvrier, R. A. (2006). Development and validation of a novel rating system for scoring standing foot posture: The Foot Posture Index. *Clinical Biomechanics*, 21, 89–98
- Ross, W.D.; Marfell-Jones, M.J. (1991) *Kinanthropometry*. In: MacDougall, J.D.; Wenger, H.A.; Grenn, H.A. eds. *Physiological testing of the high-performance athlete*. 2nd ed. Human Kinetics. Champaign, IL. p: 223-308.
- Salazar, C. (2007). Pie plano como origen de alteraciones biomecánicas en cadena ascendente. *Fisioterapia*, 29 (2), 80-89.
- Saltzman, C.L.; Nawoczenski, D.A.; Talbot, K.D. (1995). *Measurement of the medial longitudinal arch*. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 76: 45-49.
- Sandoval, M.C.; Camargo, D.M.; Galván, D.M.; Hernández, O.H., García, L.J. (2004). *Evaluación de los métodos volumétrico y perimétrico en el pie y el tercio distal de la pierna en sujetos sanos*. *Salud UIS* 36: 12-20.
- Sirgo, G., Méndez, B., Egocheaga, J., Maestro, A. & Del Valle, M. (1997). Problemática en la clínica diaria en relación a varios métodos de análisis de la huella plantar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (61), 381-387.
- Staheli, L., Chew, D., & Corbet, M. (1987). The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *The Journal of Bone and Joint Surgery American*. 69(3), 426-428
- Stella, S. (2002). *Los Cuadernos de Innovación de Assomac*. Assomac
- Tsung BY, Zhang M, Fan YB, Boone DA. (2003). Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *J Rehabil Res Dev*. **40**: 517-526.
- Vicedo, J.; Linares, J. (2008). Escaneado de objetos tridimensionales en el ITI. *Revista del Instituto Tecnológico de Informática* 14: 5-7.
- Viladot A (1989). *Quince lecciones sobre patología del pie*. Barcelona: Toray.
- Williams DS, McClay IS. (2000). Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. *Phys Ther*. **80**: 864-871.
- Witana, C. P.; Xiong, S.; Zhao, J.; Goonetilleke, R.S. (2006). *Foot measurements from three-dimensional scans: a comparison and evaluation of different methods*. *International Journal of Industrial Ergonomics* 36: 789-807.