

El Instituto de Biomecánica (IBV) ha llevado a cabo para la empresa Garvalín un proyecto de asesoramiento para el desarrollo y evaluación de las prestaciones de un nuevo modelo de calzado infantil para la etapa de transición del gateo a la marcha erguida, con el objetivo de dotarlo de las características biomecánicas, ergonómicas y fisiológicas acordes a las necesidades de salud y confort de los niños en esta fase de desarrollo locomotriz.

### Consulting on the development of a new children's shoe based on biomechanical criteria for the transition stage between crawling and walking

The IBV has carried out a consulting project for the company Garvalín about the evaluation of the performance of a new model of children's footwear on the stage of transition from crawling to upright walking, with the aim to provide the appropriate biomechanical, ergonomic and physiological properties according to the health and comfort needs of children at this stage of locomotive development.

## Asesoramiento en el desarrollo de un nuevo calzado infantil, basado en criterios biomecánicos, para la etapa de transición entre el gateo y la marcha erguida

José Olaso Melis, Amparo Pomar Nadal, Roser Part Ferrer, Roberto Ferrandis Ferrer, Juan Carlos González García, Juan Fayos Sancho, Miguel Tito Malone, Marta Valero Martínez

INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA

### INTRODUCCIÓN

El calzado usado en cada una de las etapas de desarrollo de los niños puede tener una influencia importante en la salud del niño y en su desarrollo locomotriz. Previo a la adquisición de la capacidad de marcha, la función principal del calzado infantil debe ser la de proteger frente a la agresividad de ambientes externos en los que el niño se desenvuelve, permitiendo su desarrollo físico y motor, y proporcionando, al mismo tiempo, confort térmico (relacionado con el sudor, el frío, el calor, etc.) y mecánico (sin presiones excesivas ni rozaduras en el pie).

A partir del momento en el que el niño comienza la bipedestación, el pie comienza a cambiar su rol sensorial por el de un rol sustentante, en el que el mantenimiento del equilibrio y la propulsión comienzan a ser relevantes. En estas etapas iniciales de la adquisición de la marcha, el calzado debe ayudar al niño a desarrollar sus propias capacidades para mantener el equilibrio y alcanzar la propulsión, aunque sin llegar a suplirlas. De esta forma, se propicia que tenga lugar un correcto desarrollo (fortalecimiento) de las estructuras musculoesqueléticas y del sistema nervioso.

Bajo esta visión de las necesidades del niño, su estado de desarrollo fisiológico y las propiedades del calzado, los objetivos del trabajo desarrollado en este proyecto han sido:

- La caracterización de las **necesidades de los niños** a lo largo de la transición de gateo a marcha erguida.
- La generación de **criterios de diseño para la optimización de las propiedades funcionales** del calzado infantil.
- El asesoramiento para el **desarrollo de un nuevo calzado** para la fase de transición de gateo a marcha erguida de la empresa GARVALÍN.

### DESARROLLO

El trabajo se desarrolló en tres fases:

**FASE 1. Identificación de las necesidades locomotrices de los niños durante la adquisición de la marcha erguida.** Para ello, se llevaron a cabo los ensayos con niños en la etapa de adquisición de la marcha cuyo medio de locomoción era tanto gateo como marcha erguida incipiente. Se definieron una serie de actividades en las que alternativamente, llevando su calzado habitual y descalzos, los niños debían desplazarse por la zona, registrando con vídeo cada uno de los patrones de desplazamiento que se desarrollaban. Esto permitió la obtención de los distintos patrones de desplazamiento y la identifica-

> ción de las necesidades del usuario en las tres etapas del proceso de aprendizaje de la marcha:

- **Predeambulación.** El niño todavía no anda, el pie tiene una función más sensitiva y no cumple función sustentante.
- **Adquisición de la marcha.** El niño comienza a ponerse de pie apoyándose y a dar unos pocos pasos de manera independiente.
- **Maduración de la marcha.** Se produce la consolidación del patrón de marcha erguida.

**FASE 2. Generación de criterios de diseño para la mejora del calzado infantil.** Establecidas las necesidades de los niños desde la perspectiva del aparato locomotor, se realizó el análisis de la influencia de las distintas tipologías de calzado en los patrones de desplazamiento de los niños, extrayéndose los criterios de diseño característicos de la población a estudio para la optimización de las prestaciones del calzado infantil.

**FASE 3. Desarrollo del nuevo calzado infantil para la transición de gateo a marcha erguida.** A partir de las recomendaciones de diseño, y en función de los resultados de las fases anteriores, la empresa GARVALÍN diseñó y fabri-

có el prototipo de un nuevo modelo de calzado. Con dicho prototipo se desarrollaron ensayos para evaluar el nivel de adaptación biomecánica y ergonómica que el nuevo calzado confiere a los niños.

## RESULTADOS

El trabajo desarrollado en el proyecto generó los resultados que se describen en este apartado.

### Necesidades de usuario

La importancia de las distintas propiedades funcionales depende de las necesidades de los niños en cada fase de desarrollo de la marcha. En la tabla 1 se describen brevemente dichas fases.

### Patrones de desplazamiento

Los distintos patrones de desplazamiento permiten identificar como, a través del diseño del calzado, se puede optimizar el desplazamiento de los niños, siempre facilitando el correcto crecimiento y desarrollo fisiológico.

Tabla 1. Nivel de importancia general de cada propiedad funcional para cada una de las fases de desarrollo locomotriz de los niños (■■■■ Alto; ■■■ Medio; ■ Bajo).

FASES DEL DESARROLLO LCOMOTRIZ			
	FASE 1:	FASE 2:	FASE 3:
PROPIEDADES FUNCIONALES	PREDEAMBULACIÓN	ADQUISICIÓN DE LA MARCHA	AUMENTO DE ACTIVIDAD
Ajuste	■■■	■■■	■■■
Flexión	■■■	■	■■
Amortiguación de impactos	...	■	■■
Distribución de presiones	...	■■	■■
Confort térmico	■■■	■■	■■
Peso	■■	■■	■■
Fricción	■■	■■	■■

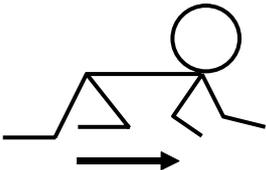
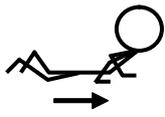
PATRÓN DE GATEO MADURO	PATRONES DE GATEO INMADUROS	
 <p data-bbox="161 485 568 534">Gatea rápido sobre manos y rodillas con el cuerpo elevado desde el suelo.</p>	 <p data-bbox="616 400 1007 449">Gatea sin levantar el cuerpo usando su vientre y muslos, sin utilizar manos, rodillas y pies.</p>	 <p data-bbox="1070 406 1501 455">Gatea arrastrándose sin levantar el cuerpo del suelo usando el vientre y las extremidades.</p>
	 <p data-bbox="616 597 831 625">Gatea sobre manos y pies.</p>	 <p data-bbox="1070 597 1230 625">Gatea hacia atrás.</p>

Figura 1. Diferentes patrones de gateo observados en los niños estudiados.

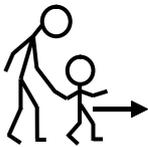
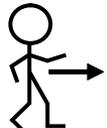
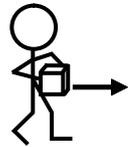
PATRONES DE MARCHA ERGUIDA			
 <p data-bbox="161 944 411 972">Camina de la mano de alguien.</p>	 <p data-bbox="499 944 667 972">Camina en solitario.</p>	 <p data-bbox="839 944 1161 972">Permanece erguido cogido a un objeto.</p>	 <p data-bbox="1182 944 1401 972">Camina portando objetos.</p>

Figura 2. Patrones de marcha erguida observados en los niños analizados.

Todos los niños evaluados se encontraban en la etapa de transición del gateo a la marcha erguida. Esta es una fase en la que los niños despliegan una gran variedad de patrones de desplazamiento diferentes; cuál es el patrón mostrado por cada niño depende de su capacidad locomotriz y de las necesidades de cada circunstancia (Figuras 1 y 2).

### Criterios de diseño

A partir de los resultados previos, se obtuvieron una serie de requisitos de diseño para calzado:

- **Flexibilidad.** La suela debe permitir a la vez tanto la flexión como la dorsiflexión (Figura 3) en la zona delantera del pie, para que sea capaz de adecuarse a la marcha y al gateo.
- **Ajuste.** La zona posterior del calzado debe ser flexible para que durante el gateo no se clave el calzado, permitiendo la flexión plantar del pie (Figura 3). Además, el ajuste debe ser adecuado y el calzado debe dejar espacio en los dedos para absorber el rápido crecimiento del pie en esta etapa de desarrollo.
- **Fricción.** En la parte delantera del calzado la suela debe elevarse para proveer de fricción en la zona dorsal del pie, que es la que se utiliza para propulsarse durante el gateo (Figura 4).
- **Estabilidad.** La estabilidad del calzado se consigue con un diseño adecuado de la suela, que debe ser ancha y plana en la zona del apoyo. Los refuerzos laterales de la suela ayudan a controlar el movimiento medio-lateral del pie.



Figura 3. Es necesaria la flexibilidad en la zona superior del corte trasero para evitar que se clave en el tendón de Aquiles durante el gateo.

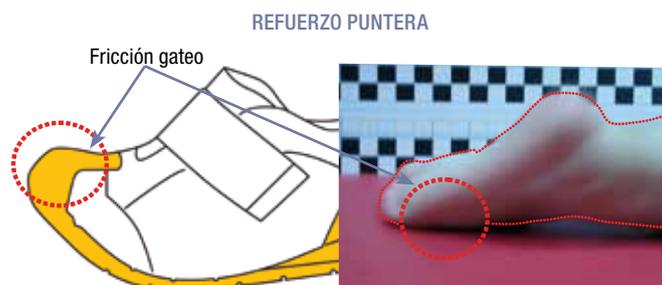


Figura 4. Refuerzo en la puntera para facilitar la propulsión durante el gateo.

- > -- **Usabilidad.** El abrochamiento ha de ser firme y fijar el calzado al pie del niño con un ajuste correcto. Además, la lengüeta no debe arrugarse y debe proteger al pie de sobrepresiones. La combinación velcro + hebilla garantiza un cierre óptimo (Figura 5).

### Desarrollo y evaluación del calzado

A partir de los criterios generados, la empresa GARVALÍN desarrolló un nuevo calzado para la etapa de transición del gateo a la marcha erguida. Tras la evaluación del prototipo con niños y padres, se generaron y aplicaron nuevas recomendaciones para satisfacer plenamente las necesidades de los niños en materia locomotriz y de crecimiento, y asegurando su confort y salud.

### CONCLUSIONES

Una vez expuestos los resultados obtenidos en las diferentes fases realizadas, se presentan a continuación las principales conclusiones:

- En el proceso de identificación de las necesidades de los niños se ha caracterizado la importancia del calzado infantil en el desarrollo locomotriz. El trabajo también ha permitido identificar en cada una de las etapas de desarrollo locomotriz (predeambulación, adquisición de la marcha erguida, aumento de actividad) los aspectos biomecánicos más relevantes a satisfacer para asegurar la salud y confort de los niños.
- Se han generado criterios de diseño para la optimización de las propiedades ergonómicas y biomecánicas del calzado infantil para las etapas de gateo y adquisición de la marcha erguida. Por otra parte, el trabajo desarrollado ha permitido identificar la falta de oferta de calzado en el mercado basado en estos criterios de diseño y, por tanto, que no satisfacen las necesidades de los niños en estas etapas de desarrollo.
- Finalmente, los criterios de diseño obtenidos han sido aplicados para el desarrollo por la empresa GARVALÍN de un nuevo modelo de calzado infantil capaz de satisfacer las necesidades de los niños en la etapa de transición del gateo a la marcha erguida. ●

#### ABROCHAMIENTO

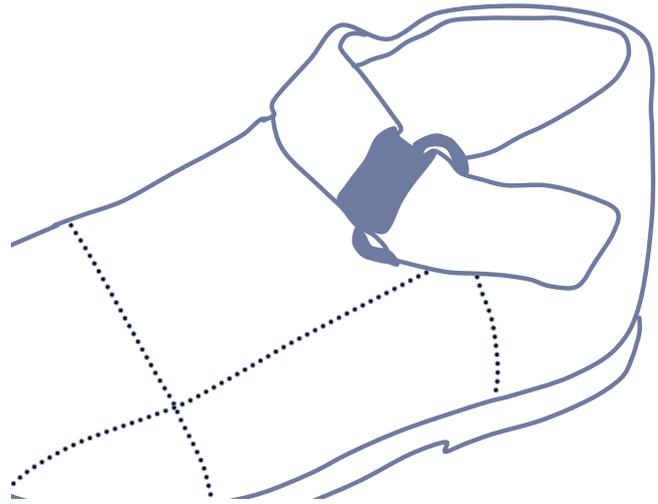


Figura 5. Cierre combinado de velcro y hebilla. Facilita poner el calzado a los padres y lo dificulta a los niños.

#### AGRADECIMIENTOS

A la empresa Caldepiel, S.L. (GARVALIN) que ha desarrollado el producto; Al Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) de la Generalitat Valenciana, que ha subvencionado este proyecto a través del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico para pymes.