

**Soporte plantar para el pie plano flexible en el tratamiento de corrección del arco interno en niños de seis a diez años, que permita mantener el pie libre y en contacto directo con las superficies para disminuir el nivel de severidad de la huella.**

Angie Mayerly Ramirez Rojas

Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Diseñadora Industrial

Director

Francisco Espinel Correal

Diseñador Industrial Mg. en semiótica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2021

## DEDICATORIA

Este logro va dedicado a mis papás y hermano porque siempre me han apoyado incondicionalmente, me han ayudado a cumplir cada uno de mis sueños y me han demostrado que con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr.

A mi hija, por su ternura, amor y comprensión, por ser la personita que le dio un giro a mi vida y me motivo a ser mil veces mejor, a nunca rendirme y me enseñó el amor más puro que puede existir. Te amo pulguis.

A mis amigas por su alegría, amor y apoyo emocional que me han brindado durante tantos años, siempre han estado presente, sin importar la distancia o el tiempo.

A todas las personas que me ayudaron a hacer este proyecto posible aportando tiempo y dedicación y aunque una tuvo que partir antes de tiempo, siempre estará en mi corazón.

Y a él, por todos los años de felicidad y amor que me brindo, por ser ese apoyo y ese impulso para seguir adelante. Gracias por todo.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1 Titulo .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2 Objetivo general .....</b>	<b>24</b>
<b>1.3 Objetivos específicos .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 Descripción del proyecto .....</b>	<b>25</b>
<b>1.5 Propuesta de valor .....</b>	<b>26</b>
<b>1.6 Alcances del proyecto .....</b>	<b>26</b>
<b>1.7 Impacto esperado .....</b>	<b>26</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Signos y síntomas de pies planos.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Causas que forman el pie plano .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Tipos de pie plano .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 Clasificación según la severidad .....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Partes del pie .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6 Tipos de diagnóstico clínico.....</b>	<b>33</b>
<b>2.7 Fortalecimiento del pie .....</b>	<b>34</b>
<b>2.8 Biomecánica del pie.....</b>	<b>36</b>
<b>2.9 Soporte plantar.....</b>	<b>39</b>

<b>2.10 Fases del apoyo plantar</b> .....	<b>39</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 Recopilación de información</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2 Definición de la interacción</b> .....	<b>42</b>
<b>3.3 Construcción del modelo</b> .....	<b>42</b>
<b>3.4 Validación pruebas funcionales</b> .....	<b>43</b>
<b>4. ACERCAMIENTO CON EL USUARIO</b> .....	<b>44</b>
<b>4.1 Benchmarking</b> .....	<b>45</b>
<b>4.2 Requisitos esperados</b> .....	<b>49</b>
<b>4.3 Aproximación con el usuario</b> .....	<b>50</b>
<b>4.4 Tipos de usuarios</b> .....	<b>51</b>
<b>4.4.1 Perfil del usuario directo</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4.2 Perfil del usuario indirecto I parientes</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4.3 Perfil del usuario indirecto II profesional</b> .....	<b>53</b>
<b>4.5 Base de datos</b> .....	<b>53</b>
<b>4.6 Elección de dominio ortesis</b> .....	<b>54</b>
<b>4.7 Espacio semántico</b> .....	<b>56</b>
<b>4.8 Formato para la encuesta diferencial semántico</b> .....	<b>57</b>
<b>4.9 Análisis factorial</b> .....	<b>58</b>
<b>4.10 Aspectos de la interacción</b> .....	<b>59</b>
<b>5. DEFINICIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>59</b>

<b>5.1 Análisis formal .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 Regresión lineal .....</b>	<b>61</b>
<b>5.3 Medidas percentiles del pie .....</b>	<b>66</b>
<b>5.4 Alternativas .....</b>	<b>69</b>
<b>5.4.1 Alternativa 1 .....</b>	<b>69</b>
<b>5.4.2 Alternativa 2 .....</b>	<b>70</b>
<b>5.4.3 Alternativa 3 .....</b>	<b>71</b>
<b>5.4.4 Alternativa 4 .....</b>	<b>71</b>
<b>5.4.5 Alternativa 5 .....</b>	<b>72</b>
<b>6. CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1 Planos técnicos.....</b>	<b>73</b>
<b>6.2 Prototipo media.....</b>	<b>75</b>
<b>6.2.1 Prueba piloto media.....</b>	<b>77</b>
<b>6.2.2 Mejoras media.....</b>	<b>77</b>
<b>6.3 Prototipo arco.....</b>	<b>79</b>
<b>6.3.1 Prueba piloto arco.....</b>	<b>81</b>
<b>6.3.2 Mejoras arco goma EVA .....</b>	<b>82</b>
<b>6.4 Modo de uso.....</b>	<b>83</b>
<b>6.5 Ejercicios.....</b>	<b>87</b>
<b>6.6 BRIEF .....</b>	<b>90</b>
<b>6.7 Lista de materiales BOM.....</b>	<b>92</b>

<b>6.8 Diagrama análisis de procesos .....</b>	<b>92</b>
<b>7.VALIDACIÓN DEL SOPORTE .....</b>	<b>95</b>
<b>7.1 fabricación .....</b>	<b>96</b>
<b>7.2 Protocolo de validación.....</b>	<b>97</b>
<b>7.3 test de Jack y plantigrafía .....</b>	<b>97</b>
<b>7.3.1 Diagnóstico inicial .....</b>	<b>98</b>
<b>8.USO DEL SOPORTE EN CONTEXTO REAL.....</b>	<b>102</b>
<b>8.1 Diagnostico final.....</b>	<b>104</b>
<b>9. RESULTADOS .....</b>	<b>108</b>
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>11. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>110</b>

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Grado de severidad de la huella plantar. _____	30
<b>Figura 2.</b> Arcos del pie, longitudinales A, transversales B. _____	32
<b>Figura 3.</b> Movimientos implicados en la eversión e inversión del pie. _____	37
<b>Figura 4.</b> Distribución de fuerzas en el pie, plano sagital A, plano transversal B. _____	38
<b>Figura 5.</b> Fases de la marcha humana. _____	40
<b>Figura 6.</b> Visión del pie durante la primera fase de la marcha humana, despegue. _____	41
<i>Figura 7.</i> Metodología para el diseño Kansei tipo I. _____	44
<b>Figura 8.</b> Ejemplo 1. benchmarking. _____	45
<b>Figura 9.</b> Tipos de Ortesis que se usaran en este estudio. _____	55
<b>Figura 10.</b> Ejemplo de diferencial semántico ortesis 1. _____	57
<b>Figura 11.</b> Resultado del diferencial semántico ortesis 1. _____	58
<i>Figura 12.</i> Medidas para la elaboración de prototipos. _____	67
<b>Figura 13.</b> Definición medidas arcos del pie. _____	67
<b>Figura 14.</b> Alternativa 1. _____	70
<b>Figura 15.</b> Alternativa 2. _____	70
<b>Figura 16.</b> Alternativa 3. _____	71
<b>Figura 17.</b> Alternativa 4. _____	72
<b>Figura 18.</b> Alternativa 5. _____	72
<b>Figura 19.</b> Planos técnicos del soporte goma eva. _____	74
<b>Figura 20.</b> Planos técnicos del soporte media talla 6, 8, 10. _____	75
<b>Figura 21.</b> Modelo de media. _____	76
<b>Figura 22.</b> Prueba piloto media. _____	77

<b>Figura 23.</b> Modelo de media mejorada. _____	78
<b>Figura 24.</b> Diseño de media. _____	79
<b>Figura 25.</b> Prueba piloto de arco 1. _____	80
<b>Figura 26.</b> Lateral del arco. _____	80
<b>Figura 27.</b> Modelos y creación de arcos. _____	81
<b>Figura 28.</b> Prueba piloto arcos goma EVA. _____	81
<b>Figura 29.</b> Modelado de arco goma EVA. _____	82
<b>Figura 30.</b> Modelado de arco goma EVA con forro. _____	83
<b>Figura 31-41.</b> Manual de ejercicios. _____	87
<b>Figura 32.</b> Esquema análisis de procesos. _____	93
<b>Figura 33.</b> Diagrama de herramienta 1. _____	94
<i>Figura 34.</i> Diagrama de herramienta 2. _____	94
<b>Figura 35.</b> Diagrama de herramienta 3. _____	95
<b>Figura 36.</b> Kit para terapia de corrección de pie plano. _____	96
<i>Figura 37.</i> Nivel de referencia planta de pie. _____	97
<b>Figura 38.</b> Estudio inicial participante #1. _____	99
<b>Figura 39.</b> Estudio inicial participante #2. _____	100
<b>Figura 40.</b> Estudio inicial participante #3. _____	101
<b>Figura 41.</b> Estudio inicial participante #4. _____	102
<b>Figura 42.</b> Entrega del kit a los participantes del tratamiento. _____	103
<b>Figura 43.</b> Terapias. _____	104
<b>Figura 44.</b> Ejercicios realizados en casa. _____	104
<b>Figura 45.</b> Diagnóstico final participante #1. _____	105

<b>Figura 46.</b> Diagnóstico final participante #2. _____	106
<b>Figura 47.</b> Diagnóstico final participante #3. _____	106
<b>Figura 48.</b> Diagnóstico final participante #4. _____	107

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Músculos a fortalecer en la corrección del pie plano. _____	34
<b>Tabla 2.</b> Comparación de aspectos principales de cada producto. _____	46
<b>Tabla 3.</b> Base de datos de los posibles usuarios finales. _____	54
<b>Tabla 4.</b> Factores diferenciados y perfiles de las ortesis. _____	58
<b>Tabla 5.</b> Ejemplo análisis formal ortesis 1. _____	60
<b>Tabla 6.</b> Propiedades y Sub-propiedades del análisis formal. _____	60
<b>Tabla 7.</b> Valoración dicotómica de propiedades y Sub-propiedades respecto a las ortesis. _____	61
<b>Tabla 8.</b> Resultado de las medias de cada emoción respecto a cada ortesis. _____	62
<b>Tabla 9.</b> Análisis formal para la emoción “comodidad”. _____	62
<b>Tabla 10.</b> Resultados del análisis formal para la emoción “comodidad”. _____	65
<b>Tabla 11.</b> Resultados del análisis formal. _____	65
<b>Tabla 12.</b> Medidas percentiles de niñas y niños. _____	66
<b>Tabla 13.</b> Talla de calzado niños y niñas. _____	68
<b>Tabla 14.</b> Modo de uso del soporte media. _____	84
<b>Tabla 15.</b> Para agregar el arco en goma. _____	86
<b>Tabla 16.</b> Resultados de datos iniciales y finales. _____	108

## **LISTA DE APÉNDICES**

**Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS**

Apéndice A. Benchmarking.

Apéndice B. Entrevistas de aproximación.

Apéndice C. Diferencial semántico y resultados.

Apéndice D. Análisis formal.

Apéndice E. Análisis de las emociones

Apéndice F. Resultado de cada emoción.

Apéndice G. Protocolo de validación.

Apéndice H. Reporte clínico.

## GLOSARIO

**Abducción:** Movimiento por el cual se separa una parte del cuerpo de su eje.

**Abductor:** Músculo que realiza la abducción.

**Actitud:** Postura o posición del cuerpo.

**Adquirido:** Situación patológica que se contrae con posterioridad al nacimiento.

**Alineación dinámica:** Modificaciones en la alineación de los distintos componentes de las prótesis de miembro inferior que consiguen corregir defectos aparecidos durante la marcha.

**Alineación estática:** Procedimiento para unir los distintos componentes de las prótesis de miembro inferior, teniendo en cuenta la línea de carga sobre la prótesis.

**Anatomía:** Ciencia que estudia la estructura morfológica de un organismo.

**Arco longitudinal externo del pie:** Arco formado por los huesos calcáneo, cuboides y quinto metatarsiano.

**Arco longitudinal interno del pie:** Arco formado por calcáneo, cabeza del astrágalo, escafoides, cuñas y primer metatarsiano.

**Arco transversal del pie:** Arco formado por las cabezas de los metatarsianos.

**Astrágalo:** Hueso situado en el retropié intercalado entre la tibia, el peroné y el calcáneo, forma parte de la articulación del tobillo.

**Astrágalo congénito vertical:** Similar a pie plano congénito.

**Balance muscular:** Técnica exploratoria que sirve para determinar el estado de la musculatura del aparato locomotor.

**Biomecánica:** Ciencia que estudia las leyes mecánicas aplicadas a los seres vivos.

**Bipedestación:** Posición de pie.

**Bóveda plantar:** Bóveda formada en el pie por los arcos interno, externo y anterior.

**Calcáneo:** Hueso situado en la parte pósterio - inferior del pie que da forma al talón.

**Calzado ortopédico:** Calzado que se utiliza para tratar diagnósticos como pie plano.

**Caña de calzado:** Parte del calzado que sujeta la articulación del tobillo.

**Ciclo de marcha:** Actividad de un solo miembro inferior, desde el contacto del talón hasta el siguiente contacto con el suelo.

**Cinemática:** Ciencia que estudia el movimiento.

**Cinesiterapia:** Terapéutica basada en el ejercicio físico, masajes.

**Cinética:** Ciencia que estudia las fuerzas que actúan durante el movimiento del cuerpo humano.

**Corrección activa:** Corrección conseguida por medio de una contracción muscular.

**Corrección pasiva:** Corrección conseguida por una maniobra correctora ejecutada por el propio paciente o un terapeuta.

**Cuboides:** Hueso situado en la parte externa del mediopié, articulado con el calcáneo, escafoides, con tercera cuña y metatarsianos.

**Cuñas o hueso cuneiformes:** Existen tres en cada pie, se encuentra en la segunda fila del tarso y se articulan con el escafoides por detrás y por delante con el primer, segundo y tercer metas.

**Distrofia muscular:** Conjunto de miopatías hereditarias que causan debilidad muscular progresiva.

**Dolor mecánico:** Dolor que aparece durante el movimiento y/o la carga.

**Dolores de crecimiento:** Dolores de etiología no etiquetada de localización en miembros inferiores y que aparecen en los niños durante la época de crecimiento.

**Dorso del pie:** Parte del pie opuesto a la planta.

**Eje:** Línea imaginaria utilizada como lugar de referencia y alrededor de la cual puede rotar el organismo o cualquiera de sus partes.

**Ejercicio activo asistido:** Línea imaginaria utilizada como lugar de referencia y alrededor de la cual puede rotar el organismo o cualquiera de sus partes.

**Ejercicios activos:** Ejercicios que realiza de forma voluntaria el paciente sin ayuda.

**Ejercicios de estiramiento:** Sirven para elongar músculos, tendones y envoltura blanda de las articulaciones.

**Ejercicios pasivos:** Ejercicios realizados por el terapeuta sin contracción muscular por parte del paciente.

**Falange:** Cada uno de los huesos que conforman los dedos del pie o de la mano. La primera falange se denomina proximal, la segunda medial y la tercera distal.

**Fase de apoyo:** Fase de la marcha durante la cual el pie del miembro inferior considerado descansa en el suelo y el peso del sujeto que anda se aplica sobre este pie.

**Fase de avance:** Periodo de la marcha durante la cual el miembro inferior considerado no soporta peso, sino que se adelanta flexionándose y extendiéndose.

**Fase de balanceo:** Fase de la marcha durante la cual el miembro observado no contacta con el suelo.

**Fisioterapia:** Tratamiento de las enfermedades por procedimientos físicos.

**Flexión:** Acción de doblarse.

**Flexor:** Músculo que producen la flexión de una articulación al contraerse.

**Hueso:** Estructura anatómica que sirve de soporte a las partes blandas y de protección a órganos vitales.

**Inversión del pie:** Movimiento del pie compuesto de flexión dorsal, adducción y supinación.

**Ligamento:** Estructura anatómica, de tejido conjuntivo fibroso, de gran resistencia y flexibilidad que une piezas esqueléticas que generalmente forma una articulación.

**Ligamento plantar:** Fascia formada por los ligamentos de la parte inferior del metatarso y tarso del pie.

**Locomoción:** Actividad del aparato locomotor relacionada con el desplazamiento de los segmentos del cuerpo humano.

**Malformación:** Forma defectuosa o anormal. Aberración anatómica.

**Marcha:** Modo de locomoción bípeda con actividad alternante de los miembros inferiores y mantenimiento del equilibrio dinámico.

**Masaje:** Procedimiento curativo consistente en presionar o friccionar con las manos algunas partes del cuerpo.

**Metatarsiano:** Cada uno de los huesos que conforman el metatarso.

**Metatarso:** Parte del pie comprendida entre el tarso y los dedos del pie.

**Mialgia:** Dolor muscular.

**Molde negativo:** Molde de escayola obtenido directamente del paciente.

**Molde positivo:** Molde de escayola que se obtiene después de rellenar con escayola líquida el molde negativo.

**Movilización activa:** La que es realizada por la contracción muscular del propio individuo.

**Movilización pasiva:** La realizada por otra persona sin la participación del sujeto.

**Movimiento espontáneo:** El que se realiza sin la presencia de un estímulo.

**Musculo abductor:** Produce la separación de un miembro del eje sagital del organismo.

**Musculo aductor:** Aproxima el miembro al eje corporal.

**Musculo extensor de los dedos del pie:** Produce extensión del pie.

**Musculo pedio:** Produce extensión de los cuatro primeros dedos del pie.

**Musculo peroneo:** Produce extensión y pronación del pie.

**Musculo sóleo:** Produce flexión plantar y supinación del pie.

**Musculo tibial anterior:** Flexiona el pie dorsalmente.

**Musculo tibial posterior:** Produce supinación y flexión dorsal del pie.

**Ortesis:** Dispositivo ortopédico que sirve para sostener, alinear o corregir deformidades y para mejorar la función del aparato locomotor.

**Orto:** Forma prefija que significa recto, normal. Se usa también para la corrección de desajustes o deformidades.

**Ortopedia:** Rama de la medicina que se ocupa de la corrección quirúrgica y mecánica de las desviaciones y deformidades osteoarticulares.

**Ortopedista:** Médico especializado en ortopedia.

**Ortoprótisis:** Dispositivo ortopédico que se utiliza en las malformaciones congénitas de los miembros.

**Ortesico:** Persona capacitada para la fabricación de ortesis.

**Pie plano:** Deformidad caracterizada por disminución del arco longitudinal.

**Pie plano congénito convexo:** Pie con el astrágalo muy vertical.

**Pie plano idiopático:** Pie plano de causa no conocida.

**Plantillas:** Ortesis para el tratamiento de las alteraciones podológicas.

**Podo:** Prefijo que significa pies.

**Podograma:** Registro de la huella plantar.

**Podólogo:** Especialista en enfermedades de los pies.

**Posición bipodal:** Posición de pie.

**Pronación del pie:** Movimiento del pie por el que desciende el borde interno y asciende el borde externo.

**Retropié:** Parte posterior del pie que incluye los huesos astrágalo y calcáneo.

**Rigidez:** Inflexibilidad de las articulaciones de los miembros.

**Sintomatología:** Conjunto de síntomas presentes en una enfermedad.

**Tacón de Thomas:** Modificación del tacón del calzado ortopédico prolongándolo por la parte interna (tacón de Thomas directo), o la parte externa (tacón de Thomas indirecto).

**Talalgia:** Dolor a nivel del talón.

**Talonera:** Plantilla que alcanza solamente la zona posterior del pie.

**Taping:** Vendaje elástico funcional.

**Tratamiento:** Medios que se utilizan para el cuidado y manejo de un paciente con el fin de combatir su enfermedad.

**Valgo:** Desviación hacia fuera de la línea media.

**Varo:** Desviación hacia dentro de la línea media.

**Venda elástica:** Venda de material elástico utilizada para ejercer una presión continua leve sobre una estructura.

**Yeso E.D.F:** Yeso colocado con la técnica E.D.F (elongación, des rotación y flexión lateral).

## Resumen

**Título:** Soporte plantar para el pie plano flexible en el tratamiento de corrección del arco interno en niños de seis a diez años, que permita mantener el pie libre y en contacto directo con las superficies para disminuir el nivel de severidad de la huella.\*

**Autor:** Angie Mayerly Ramirez Rojas\*\*

**Palabras Clave:** Pie plano, flexible, niños, arco interno, corrección, soporte plantar.

Esta investigación logra identificar varias ventajas, desventajas, propuestas de valor y aspectos de mejora que se deben tener en cuenta para realizar un producto, en este caso, partiendo de investigaciones anteriores y el trabajo realizado en el contexto actual para diseñar y crear diferentes tipos de productos enfocados en el tratamiento y la corrección del pie plano, principalmente en niños. De esta manera, se intenta determinar la necesidad de diseñar y crear un soporte que brinde la posibilidad de satisfacer las necesidades del usuario enfocado en el tratamiento de esta afección; en este caso, la población de estudio determinada por niños entre los 6 y 10 años de edad.

En primer lugar, se desarrolló el diseño de un soporte plantar de uso activo y pasivo, el cual puede ser usado con o sin calzado, permitiendo su utilización en diferentes tipos de ambientes y la posibilidad de estar en contacto con diferentes superficies y texturas. De acuerdo con la edad del niño se plantea un tamaño adecuado para tanto para niñas como para niños. También se determinaron los ejercicios que los usuarios deben realizar desde casa para fortalecer los músculos y tendones, al igual que la cantidad de terapias dirigidas por un fisioterapeuta para obtener resultados significativos en los participantes. Para lograr esto, se hizo un análisis de los productos existentes para tratar este diagnóstico, bajo la metodología Kansei y diseño centrado en el usuario y a partir de allí, se definen los requerimientos específicos del diseño. Posteriormente, se procede a desarrollar alternativas del diseño y con ellas elaborar pruebas piloto con los modelos para verificar su uso. Una vez obtenidos los resultados, se hacen las mejoras correspondientes al modelo y se valida el soporte en contexto de uso real desde su uso cotidiano en un periodo de 16 semanas, acompañado de ejercicios y terapias. Por último, se analiza el resultado final para establecer las mejoras significativas en la reducción de la severidad de la huella plantar en cada uno de los participantes gracias al soporte plantar estructurado.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Francisco Espinel Correal.

## ABSTRACT

**Title:** Plantar support for flexible flat feet in the treatment of internal arch correction in children from six to ten years of age, which allows the foot to be kept free and in direct contact with the surfaces to reduce the level of severity of the imprint.<sup>1\*</sup>

**Author:** Angie Mayerly Ramirez Rojas<sup>\*\*</sup>

**Keywords:** Flat foot, flexible, children, internal arch, correction, plantar support.

This research manages to identify several advantages, disadvantages, value proposals and improvement aspects that must be taken into account to make a product, in this case, based on previous research and the work carried out in the current context to design and create different types of products focused on the treatment and correction of flat feet, mainly in children. In this way, we try to determine the need to design and create a support that offers the possibility of satisfying the needs of the user focused on the treatment of this condition; in this case, the study population determined by children between 6 and 10 years of age.

In the first place, the design of a plantar support for active and passive use was developed, which can be used with or without footwear, allowing its use in different types of environments and the possibility of being in contact with different surfaces and textures. According to the age of the child, a suitable size is proposed for both girls and boys. The exercises that users should perform at home to strengthen muscles and tendons were also determined, as well as the number of therapies directed by a physical therapist to obtain significant results in the participants. To achieve this, an analysis of the existing products was made to deal with this diagnosis, under the Kansei methodology and user-centered design, and from there, the specific design requirements are defined. Subsequently, we proceed to develop design alternatives and with them develop pilot tests with the models to verify their use. Once the results are obtained, the improvements corresponding to the model are made and the support is validated in the context of real use from its daily use over a period of 16 weeks, accompanied by exercises and therapies. Finally, the final result is analyzed to establish the significant improvements in the reduction of the severity of the plantar footprint in each of the participants thanks to the structured plantar support.

---

\* Degree Word

\*\* Physical Mechanical Engineering Faculty. Industrial Design School. Director: Francisco Espinel Correal.

## INTRODUCCIÓN

Durante años, la ciencia médica, ha intentado desarrollar métodos, procedimientos y programas terapéuticos para aliviar y tratar múltiples afecciones relacionadas con malformaciones o alteraciones en las extremidades inferiores del ser humano. Los esfuerzos de disciplinas como la fisioterapia, han llevado a la necesidad de un pensamiento de diseño basado en la creación de diversos procesos y métodos que han contribuido con la mitigación de muchas de estas afecciones, entre ellas, las malformaciones en el arco del pie, o lo que conocemos como afección de pie plano.

Sin embargo, la mayoría de productos o métodos desarrollados han estado enfocados principalmente en una población general, y cuya finalidad pretende aliviar momentáneamente las molestias causadas por estas malformaciones, dejando de lado la posibilidad de aplicar un método correctivo que permita eliminar o reducir estas afecciones, principalmente desde la posibilidad que se presenta en algunas edades de la infancia.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación tiene como objetivo diseñar un soporte plantar para disminuir el grado de huella durante el tratamiento de corrección del pie plano flexible, con el propósito de evitar el abandono del tratamiento a causa de diversas cuestiones como, la afectación de la autoestima del niño, la incomodidad constante, o la falta de supervisión en el tratamiento. Este proyecto tiene como finalidad generar una sensación de bienestar en el usuario, favoreciendo el uso del soporte a partir de la adherencia mediante el uso activo, pasivo y la estimulación de los músculos a través de la experiencia con distintos aspectos ambientales y texturas, bajo el uso del soporte plantar, esto, teniendo en cuenta, que el tejido adiposo que se

forma en el arco se va disminuyendo, dejando como resultado el fortalecimiento de los músculos del pie, formando así el arco interno.

Por consiguiente, para desarrollar esta investigación se realiza un análisis sobre como los productos que existen actualmente en el mercado solucionan este diagnóstico, conociendo que no existe actualmente un producto que esté directamente dirigido a niños en las tallas adecuadas para tratar esta malformación, ya que como se mencionó anteriormente, existe una similitud en las características de estos productos tanto para adultos como para niños, razón por la cual, las diferencias de tamaños no proporcionan a los niños una adecuada corrección del arco. También se ha determinado que una de las falencias que tienen las plantillas que son personalizadas es que en la mayoría de casos son diagnosticadas para un niño, pero no suelen funcionar para otros; con base en estos conocimientos se han seleccionado algunas ortesis para analizar e identificar emociones, propiedades y sub-propiedades que pasan a ser evaluadas por una regresión lineal la cual se mide mediante un análisis matemático que determina los valores que prevalecen en cada una de las sub-propiedades, con la intención de que sean estas las que determinan los aspectos que debe tener el diseño a realizar.

También se han evaluado medidas de percentiles del pie en niños y niñas de Colombia, como dimensiones de los arcos del pie, esto, con el objetivo de conocer bajo que medidas, se pueden basar las alternativas de diseño. Como resultado de este análisis, se obtuvieron dos formas de arco, a partir de las cuales se evaluaron dos materiales diferentes para verificar cuál de ellos cumple mejor la función y su comportamiento en contextos de uso real. También se desarrolló un soporte tipo media el cual basado en la técnica kinesiotape la cual consta de un vendaje elástico con el fin de corregir la alineación de músculos débiles permitiendo el movimiento. Por medio de

esta técnica se analizaron las zonas en las que se debe enfocar el soporte y lograr una forma que se pueda aplicar a un producto de uso constante.

Por otra parte, para el tratamiento de la corrección del arco interno, en niños de seis (6) a diez (10) años durante la marcha, se evaluó el pie de los niños que participan con el test de Jack para determinar que cuentan con un pie plano flexible y se hace toma de la plantigrafía al inicio del tratamiento. Se evalúa el soporte durante 16 semanas en las cuales se usa el soporte media durante 6 horas y otras 6 horas más la media con el arco en goma EVA, todo esto, acompañado de un tratamiento basado en la realización de ejercicios en el fortalecimiento de los músculos y tendones con complementos que se pueden realizar desde casa.

Finalmente, se toma de nuevo la plantigrafía de cada uno de los participantes, y se compara con las huellas plantares del inicio y con una imagen referencia de la huella de un niño que a esta edad ya cuenta con el arco formado, para así de acuerdo con los grados de severidad determinados por (Pericé, 2000), se pueda identificar con que grado inician y terminan el proceso cada uno de los niños. Finalmente, se obtuvieron como resultados evidentes correcciones en el pie plano y formaciones de arco interno, lo cual quiere decir, que en todos los niños se logró una disminución de grado de severidad obteniendo resultados satisfactorios y favorables para el desempeño de su vida y actividades cotidianas. Esta investigación cuenta con el respaldo de un reporte clínico emitido por un profesional en fisioterapia en el cual consta que efectivamente el tratamiento realizado durante este tiempo fue satisfactorio y se presentaron mejorías en la postura, corrección y formación del pie plano flexible.

## **1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Título**

Soporte plantar para el pie plano flexible en el tratamiento de corrección del arco interno en niños de seis a diez años, que permita mantener el pie libre y en contacto directo con las superficies para disminuir el nivel de severidad de la huella.

### **1.2 Objetivo general**

Diseñar un soporte plantar para disminuir el grado de huella durante el tratamiento de corrección del pie plano flexible, con el propósito de evitar el abandono al tratamiento causado la afectación a la autoestima del niño y el fastidio de uso constante, favoreciendo la adherencia al soporte mediante el uso activo, pasivo y la estimulación de los músculos.

### **1.3 Objetivos específicos**

Analizar los productos existentes para conocer sus propiedades y así determinar parámetros y requerimientos.

Interactuar con el usuario y su entorno para conocer sus necesidades y factores influyentes en el tratamiento.

Desarrollar un prototipo del soporte cuyo uso sea intuitivo y no invasivo para el usuario.

Adecuar el soporte para usar en diferentes tipos de terrenos y que sea de mantenimiento sencillo.

Obtener como resultado tangible un soporte plantar para la corrección del arco interno y a su vez permita al usuario realizar sus actividades cotidianas sin sentirse excluido.

Evaluar el estado emocional y sensorial que arroje la verificación del soporte con el usuario para realizar las correcciones pertinentes.

Validar el impacto emocional y funcional del soporte en el niño durante 16 semanas de tratamiento.

#### **1.4 Descripción del proyecto**

Actualmente se estima que el 20% de la población mundial no presenta desarrollo en el arco interno del pie, es por ello que los especialistas pueden trabajar en niños que presentan un pie plano flexible, el cual se encuentra a tiempo de ser corregido por medio del uso de plantillas correctivas y zapatos ortopédicos los cuales traen consigo los beneficios de prevenir y corregir deformidades causadas por el pie plano flexible, pero también cuentan con las desventajas de que estos dispositivos generan molestias debido al dolor causado en las extremidades inferiores, también presentan dificultad en la adaptación, ya que deben estar cambiando sus plantillas de calzado continuamente y con cuidado para que no las fuercen y deformen, por otro lado los zapatos ortopédicos afectan el autoestima del infante debido a que los estilos que se encuentran no son atractivos y entre más crece el niño mayor será su influencia por el mundo exterior y también se ven afectados por el tiempo de uso, ya que no se pueden utilizar con el pie libre, impidiendo que el niño tenga contacto directo con el suelo y así ejercite naturalmente los músculos y tendones que forman el arco interno, por ello si van a realizar una actividad al aire libre o si tienen una reunión en la cual estas ortesis no pueden ser usadas, se retrasará el proceso de corrección plantar y dará paso a abandonar el tratamiento debido a que con el tiempo se puede perder el estado flexible del pie.

### **1.5 Propuesta de valor**

Esta propuesta de diseño tiene como valor agregado la intención de realizar un tratamiento terapéutico enfocado en una población específica, en este caso, partiendo de las necesidades y posibilidades de corregir y tratar la afección del pie plano en niños y niñas entre los 6 y 10 años, teniendo en cuenta esta población a partir de un estudio previo que demuestra la viabilidad de su tratamiento. De igual manera, al ser un estudio enfocado, nos permitió desarrollar modelos de diseño basados en las necesidades de cada rango de edad y de esta manera, ofrecer un tratamiento estandarizado, lo cual, a diferencia de otros modelos de diseño, logra un efecto correctivo más efectivo y en menor tiempo de tratamiento.

### **1.6 Alcances del proyecto**

Esta investigación diseña un soporte plantar para el pie plano flexible en niños de 6 a 10 años de edad el cual contribuye con el tratamiento para la corrección y formación del arco interno, mediante el uso de una ortesis no invasiva la cual puede ser usada con calzado o sin él, sin afectar la autoestima de los niños, este tratamiento se implementa durante 16 semanas, durante este tiempo se realizan ejercicios y terapias guiadas por un fisioterapeuta para fortalecer los músculos y tendones.

### **1.7 Impacto esperado**

- Realizar un diagnóstico inicial de la huella plantar de cada uno de los participantes.
- Incentivar el uso adecuado del soporte plantar, realizar los ejercicios de forma correcta y asistir a las terapias durante las 16 semanas del tratamiento
- Realizar un diagnóstico final de la huella plantar de cada uno de los participantes.

- Comparar la plantigrafía tomada al inicio y a final del tratamiento donde se pueda evidenciar las mejoras significativas, disminución del grado de la severidad de la huella y la corrección y formación del arco interno del pie.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Para la investigación fue importante determinar los conceptos bases gracias a los cuales se permitió dirigir y ejecutar el proyecto correctamente, para lograr el desarrollo de los objetivos. A continuación, se presentan las bases conceptuales para el desenlace del proyecto.

### **2.1 Signos y síntomas de pies planos**

La detección de pie plano se puede evidenciar antes de realizar un diagnóstico médico por medio de signos como desviación del talón hacia afuera la cual se nota más en el desgaste del calzado que tiende a ser en la zona interna generando que el zapato se vea ladeado, lo cual provoca que el pie siga estando en una mala posición afectando completamente la postura y la marcha, la formación de un bulto en la zona interna del pie, la desaparición completa del arco medial, también si se presentan síntomas como incomodidad en la marcha, dolor o sensibilidad tanto en los pies como piernas y cadera ya que se ve afectada toda la zona inferior del cuerpo y también la inclinación por evitar realizar actividades físicas que incitan a la propagación de dolor, si alguna de estas situaciones se presenta y persiste lo mejor es realizar un chequeo con un profesional el cual determine el tipo de pie plano que se presenta.

### **2.2 Causas que forman el pie plano**

No existe una causa probable por la cual se adquiera pie plano, pero si muchas de las detecciones van ligadas a algunos de estos diagnósticos, por ello el profesional en el área es quien

estudia y evalúa para determinar porque se formó el pie plano y de qué manera se puede tratar, de acuerdo al tipo de pie plano que presente ya que se pueden afectar tanto las estructuras óseas, partes blandas (músculos y ligamentos) y alteraciones neuromusculares.

- **Alteraciones óseas:** Las cuales son causadas por protuberancias que se vuelven rígidas, pueden contraerse desde nacimiento o con el tiempo, también se pueden generar debido a la unión de huesos, exceso de cirugías y traumatismos causados por fracturas o destrucción de tejidos.
- **Alteraciones musculares y ligamentosas:** Causadas por la grasa que se forma en el panículo adiposo y dificulta la ejercitación de los músculos, también por enfermedades como la artritis inflamatoria, herencia genética, lesiones o tendones flojos.
- **Alteraciones neuromusculares:** Causadas por secuelas como lo sería de la poliomielitis, la parálisis infantil, miopatías, etc. Se generan parálisis de los músculos, retracciones espásticas (alteración del control sensitivo-motor derivado de alteraciones neuronales) de diversos tendones de causa central, cerebral o medular en la parálisis infantil.

### **2.3 Tipos de pie plano**

El pie plano en general se presenta por una reducción en la altura de la bóveda plantar más conocido como el ALI, también se ve acompañada de un aumento en la zona del mediopie desviando el pie hacia la zona interna al caminar o los dedos hacia la zona externa del pie, este se divide en dos tipos:

- **Rígido:** Se caracteriza por la existencia de uniones anómalas entre los huesos del pie, provocando una deformidad con menor altura del arco longitudinal y una desviación del valgo del talón. Cuando se evalúa y el paciente se pone de pie el puente se hunde y al

ponerse de puntillas, la postura del pie no cambia sigue rígida debido a que la movilidad está bloqueada por la unión entre los huesos. Como lo sería del astrágalo y calcáneo o el calcáneo y escafoides. De estas la primera genera un bloqueo mucho más rígido. Este tipo de pie no cambia con la edad, es definitivo.

- Flexible: Se caracteriza por tener una estructura esquelética normal, pero cuenta con mucha flexibilidad en sus articulaciones. Cuando se evalúa y el paciente se pone de pie el puente se hunde y el talón se desvía hacia afuera pero cuando se pone de puntillas aparece el arco longitudinal y la posición del talón se corrige hacia adentro. Por ello se diferencia del rígido ya que el término de flexible se debe a la movilidad de las articulaciones del pie y correcciones de alineación, es el tipo de pie más común en niños y se encuentra en estado normal durante los primeros años de vida.

#### **2.4 Clasificación según la severidad**

De acuerdo al nivel de pie plano que se presente en el infante se diagnostica su tratamiento, debido a que el primer grado se determina en un rango de pie normal, a partir de este es cuando se debe iniciar un tratamiento y lograr una corrección eficaz.

- Primer grado: El apoyo del borde externo es superior a la mitad de la anchura del antepié. Solo se compromete un 20% de la formación del arco interno, puede llegar a ser asintomático, no se presenta ninguna clase de molestia.
- Segundo grado: Existe un contacto del borde interno con el suelo, aun así se sigue manteniendo la bóveda plantar. Se compromete entre un 20% y un 40% de la formación del arco interno, se inicia una sobrecarga sobre la zona interior, ya se empiezan a sentir dolencias y dificultades para realizar actividades.

- Tercer grado: La bóveda plantar desaparece y el apoyo de la bóveda es igual al antepié. Se compromete entre un 40% y 70% de la formación del arco interno, las dolencias generadas dificultan la actividad física, los malestares ya comprometen las extremidades inferiores, se puede evidenciar en el calzado del infante.
- Cuarto grado: Se denomina pie convexo. La bóveda plantar se convierte más ancha que el antepié. Se compromete entre un 70% y 100% de la formación del arco interno, se debe eliminar o reducir la actividad física, los dolores incrementan, se ve afectada la marcha del niño, debe ser tratado con prioridad para evitar un pie plano rígido.

### Figura 1.

*Grado de severidad de la huella plantar.*



Nota: Adaptado de Viladot Pericé, 2000.

## 2.5 Partes del pie

Para poder realizar intervenciones se deben conocer las partes del pie que condicionen una posición ideal para evitar dificultades a momento de la marcha, ya que esta es generada por una

acción coordinada del sistema locomotor humano por medio de los pies, los cuales se dividen en tres partes fundamentales:

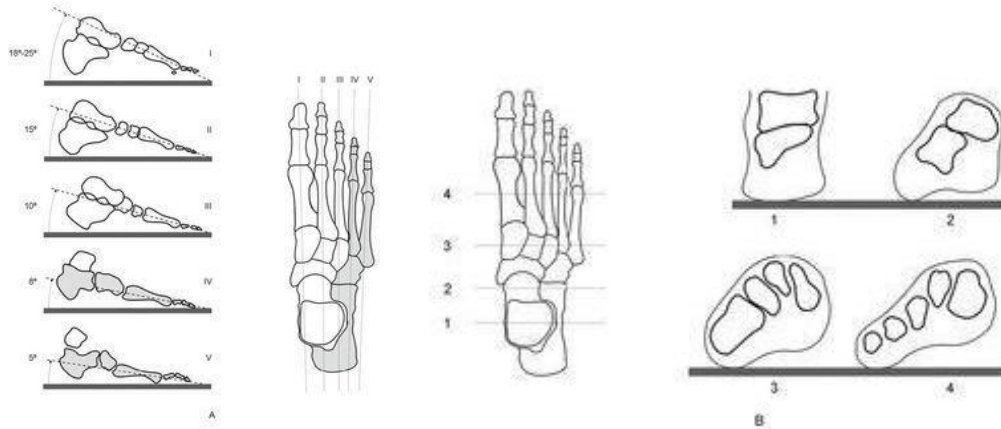
- **Retropié:** Está compuesto por los huesos astrágalo y calcáneo, los cuales componen la unión de los huesos que viene de la pierna (tibia y peroné) estos se unen en la parte superior del astrágalo y forman el tobillo, generando equilibrio en el cuerpo.
- **Parte media:** Está formada por cinco huesos irregulares (cuboides, navicular y 3 huesos cuneiformes) construyendo así el arco longitudinal del pie, el cual es el que va a amortiguar todo el peso del cuerpo, este se conecta con el retropié y antepié por medio de los músculos de la fascia plantar (función rítmica del pie).
- **Antepié:** Está compuesto por cinco huesos metatarsianos, los cuales conforman al metatarsiano junto con las falanges del pie.

También se encuentra la zona superior que es conocida como el empeine y la zona inferior como la planta. Los arcos del pie humano son tres, de los cuales dos son longitudinales y uno transversal, estos son los que se unen tanto con los huesos como músculos y ligamentos permitiendo que al aplicarles cargas verticales sea poca la energía que se deba realizar para generar movimiento.

- **Arco interno:** Es el más largo y alto, está formado por el astrágalo escafoides, la primera cuña, el primer metatarsiano y la falange del primer dedo.
- **Arco externo:** Tiene una longitud y altura menor a la del arco interno, está formado por el calcáneo, cuboides, el quinto metatarsiano y la falange del quinto dedo.
- **Arco anterior:** Este es el arco transversal y se forma por sus puntos de apoyo los cuales son la cabeza del primer y quinto meta

**Figura 2.**

Arcos del pie, longitudinales A, transversales B.



Nota: Viladot Pericé, 2000

Es así como se conforma la bóveda plantar mantiene su forma por medio de unas estructuras que la estabilizan, como los huesos, las capsulas, los músculos y los ligamentos. Los 2 primeros lo realizan de forma pasiva mientras que los demás lo realizan de forma activa. Los huesos son quienes contribuyen a la formación y mantenimiento de la bóveda plantar, ya que estos se unen entre sí, si se dejaran a un lado el pie se derrumbaría, cayéndose hacia dentro en movimiento de pronación del tarso, para evitar que esto suceda se acompaña de las capsulas y los ligamentos para poder estabilizar el pie. Si el pie se encuentra en estado de reposo los músculos no están ejerciendo ninguna acción, pero a medida que se someten los ligamentos a resistencia, los músculos empiezan a apoyar a los ligamentos a contrarrestar esa resistencia contraria a la bipedestación para conformar el mantenimiento de la bóveda.

## 2.6 Tipos de diagnóstico clínico

“Existen distintos métodos de diagnóstico por el cual se pueda evaluar el pie plano, esto se pueden realizar en varias posiciones como lo sería con el paciente de pie, durante la marcha y sentado” (Rojas, 2007).

- **Marcha:** Valorar la desviación de las puntas del pie en rotación interna y externa, el despegue, impulso, choque de talón y carga total. En la marcha de puntas evaluar la fuerza del tendón de Aquiles, músculos invertores y evertores, que presente equilibrio y posición fisiológica. En la marcha de talones la fuerza de los músculos dorsiflexores los cuales mantienen el pie alineado y de nuevo el tendón de Aquiles.
- **Bipedestación:** Valorar el alineamiento anterior posterior de las piernas, varo o valgo de rodillas y talones, torsión tibial (interna o externa), deformidad angular de la tibia y desviaciones en aductor y abductor, supinación o pronación del antepié. Por la cara posterior, descartar la presencia de desnivel pélvico por acortamiento de alguna de las dos extremidades.
- **Sentado:** Valorar elasticidad del retropié y mediopié, confirmar la longitud del tendón de Aquiles con la rodilla en extensión y la fuerza de los músculos comparando los pies.
- **Plantigrafía:** Valora la impresión del pie, permitiendo detectar las zonas de apoyo excesivo, también se pueden trazar líneas de apoyo para el diseño de plantillas u ortesis.
- **Test Too Many Toes (Test de demasiados dedos en los pies):** El paciente se ubica a espaldas de pie con las piernas juntas, observando como el pie afectado se encuentra en estado de pronación haciendo parecer que tiene más dedos por el lado externo del pie. A mayor presentación de dedos mayor será la deformidad.

- **Plantoscopia:** Evalúa el apoyo del pie dinámicamente, donde se pueda observar el arco longitudinal del pie, presencia de valgo o pronación, alineamiento del retropié, el medio pie puede desprenderse del borde externo debido a la pronación.

## 2.7 Fortalecimiento del pie

Los ejercicios apoyan la corrección de defectos posturales que interfieren en el pie y la marcha, se debe realizar una correcta activación de músculos que permita el aumento de cualidades físicas y eficiencia muscular.

**Tabla 1.**

*Músculos a fortalecer en la corrección del pie plano.*

<b>Músculo tibial anterior</b>	<b>Músculo tibial posterior</b>	<b>Músculo tríceps sural</b>	<b>Músculos intrínsecos del pie</b>
Estabiliza los arcos plantares, su insuficiencia produce pie plano o valgo.	Si el musculo es débil y no soporta las cargas el pie cae y se deforma en pronación.	Flexión plantar del tobillo, poder llevar la punta del pie al suelo.	Inician y terminan en el mismo pie.  Están encargados en realizar los movimientos
Evita arrastrar la punta del pie y enfrentar la planta del pie al suelo.	Estabilizador de los arcos plantares.  Extensor, aductor y supinador inversor del tobillo.	Estabilizador del tobillo, permite complementar funciones como saltar, y mover pedales.	de los dedos, se clasifican en:  -Aducción -Abducción -Flexión -Extensión
Sobre el tobillo: flexor, aductor, supinador.			

Nota: La tabla describe los músculos a fortalecer en el tratamiento de corrección del arco longitudinal interno del pie.

También es muy útil la elongación para ampliar el movimiento y así la elasticidad muscular, activa los músculos y su flexibilidad elevando la contracción muscular. Se pueden realizar elongaciones asistidas a tolerancia del paciente, como lo serían:

- **Elongación del tibial anterior:** Este músculo difícil de estirar está ubicado en la tibia se caracteriza por sobrecargarse al pisar de manera incorrecta. El paciente se ubica sentado con piernas estiradas, realiza una dorsiflexión e inversión del pie, hasta sentir una ligera tensión se mantiene por 20 segundos descansa el mismo tiempo y se realiza de nuevo.
- **Elongación del tríceps sural:** La función de este músculo es la extensión o flexión plantar del tobillo con la rodilla estirada, como, por ejemplo, en el caso de ponernos de puntillas. El paciente se ubica en decúbito dorsal, con una almohada debajo de la rodilla para evitar la hiperextensión, el paciente flexiona el pie hasta sentir una ligera tensión, se mantiene por 20 segundos se descansa el mismo tiempo y se realiza de nuevo.

De acuerdo al especialista en la fase de tratamiento que se encuentre el paciente estos fortalecimientos se pueden realizar de dos maneras la pasiva y la activa, generalmente se inicia con un tratamiento pasivo y así avanzar en la mayor brevedad posible a un tratamiento activo, ya que lo ideal es que se reduzcan las aplicaciones pasivas y aumenten las activas para facilitar la terapia y generar una mayor corrección plantar. (López, 2017).

- **Técnicas pasivas:** Se realizan sin necesidad de que el paciente presente un movimiento voluntario. Si se realiza un movimiento es el especialista quien condiciona al paciente o ubica los segmentos corporales, el paciente colabora con la posición mas no debe realizarla solo. Como, por ejemplo, masajes, punciones y aplicaciones de frío y calor.

- Técnicas activas: Se realizan ejercicios implicando la participación del paciente, ya que en esta técnica es el quien realiza los movimientos con asesoría del especialista, por ello se requiere participación y aprendizaje a nivel físico y mental, para realizar los movimientos y posturas correctas y aprender para poder realizar en casa los ejercicios y correcciones para realizarlo de manera correcta, según las indicaciones del especialista.

## 2.8 Biomecánica del pie

Los pies deben cumplir con una función esencial la cual es servir como un soporte que nos permite desplazarnos de forma bípeda (en dos pies) con el objetivo de cumplir con cuatro funciones básicas y complementarias como lo sería, absorber el constante impacto, funcionar como palanca para la fuerza necesaria para caminar, adaptarse a diferentes terrenos o superficies irregulares y trasladar la fuerza generada por la cadera.

Es por ello que en este proyecto se relaciona la biomecánica debido a que estudia tanto el movimiento corporal como las causas que lo provocan, sus objetivos son conocer la anatomía funcional, como los movimientos articulares, las estructuras de estabilización y la disposición articular, ósea y muscular, mejorar los resultados deportivos y prevenir y curar lesiones. Esta se compone de dos partes la cinemática, cinética y la dinámica. “En la cinemática el pie cuenta con articulaciones las cuales permiten el movimiento en los tres planos del espacio por medio estos movimientos” (Úbeda, 2014).

### Eversión

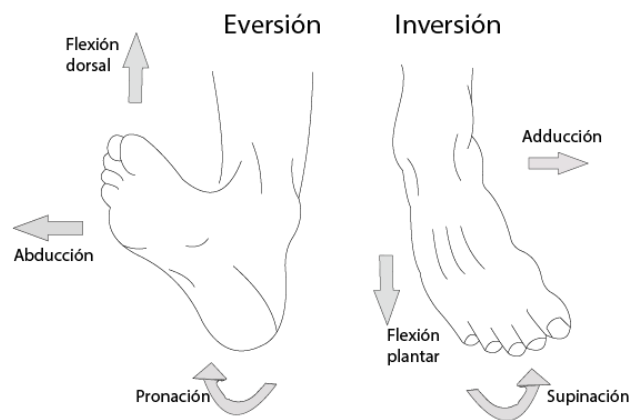
- Pronación: Movimiento hacia afuera en el plano frontal.
- Abducción: Movimiento hacia fuera en el plano transversal.
- Flexión dorsal: Movimiento hacia arriba en el plano sagital.

## Inversión

- Supinación: Movimiento hacia dentro medial en el plano frontal.
- Aducción: Movimiento hacia adentro medial en el plano transversal.
- Flexión plantar: Movimiento hacia abajo en el plano sagital.

### Figura 3.

*Movimientos implicados en la eversión e inversión del pie.*



Nota: Adaptado de Úbeda, 2014.

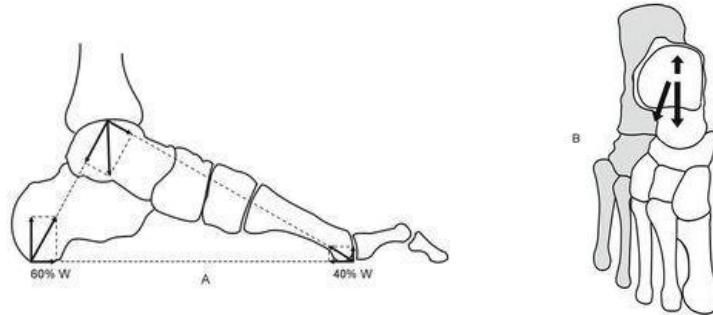
De acuerdo a la estructura del pie las articulaciones de las cuales se compone se pueden dividir en dos grupos como lo son las articulaciones de movimiento, su función es dinámica y es fundamental para la marcha como lo es el tobillo y los dedos y las articulaciones de acomodación, su función es amortiguar y adaptar el choque del pie con el suelo del terreno.

“En la cinética el pie se evalúa y analiza en una posición bípeda, el peso se transfiere en el cuerpo a través de la pelvis y sus extremidades inferiores manteniendo una posición erguida, se divide en cada pie el mismo peso y de acuerdo a la posición que este tome será su distribución de

cargas” (Viladot, 2003). Al llegar al pie el primer hueso que encuentran las fuerzas es el astrágalo, cuya principal misión cinética es distribuir las fuerzas hacia los diferentes puntos de apoyo.

**Figura 4.**

*Distribución de fuerzas en el pie, plano sagital A, plano transversal B.*



Nota: Viladot Pericé, 2000.

Si se realiza un análisis baropodométrico de fuerzas se puede evidenciar que en el plano sagital el 60% de las fuerzas se apoyan en el calcáneo y el 40% restante al antepié. Esta proporción es en estado de bipedestación con el pie apoyado completamente en el suelo, pero el porcentaje de fuerzas puede variar de acuerdo a la posición en la que se ubique el pie, ya que si se levanta el talón del suelo la carga se aumentaría para el antepié y así viceversa.

En el plano transversal se evidencia que las cargas se apoyan en la parte trasera del pie hacia el calcáneo, en la parte delantera se apoyan en la cabeza del astrágalo, las cuñas y los tres primeros metatarsianos, al lado externo en el cuboides y metatarsianos.

En la dinámica estudia las fuerzas que provocan el movimiento, mediante el análisis del estado anatómico y funcional del usuario, para así poder establecer parámetros que determinen el tipo de postura, desarrollo de marcha y tipo de pisada y pie en las cuales se pueda evidenciar

posibles alteraciones existentes. Con esto se realiza un estado clínico el cual determine el tipo de ejercicio, estiramiento y ortesis que deba utilizar el paciente, más conveniente para su tipo de pie.

## **2.9 Soporte plantar**

Un soporte plantar no es una plantilla. Un soporte plantar es un conjunto de elementos con una acción biomecánica sobre unas estructuras en movimiento. La aplicación de un soporte plantar no puede, bajo ningún concepto, provocar nuevas patologías. Si ocurriera esto el tratamiento sería un fracaso total. Actualmente estamos en la línea de descartar totalmente las torsiones en el pie y las grandes correcciones. Somos partidarios de estabilizar antes que corregir. De todos los elementos que configuran el soporte plantar se definen como imprescindibles tres de ellos.

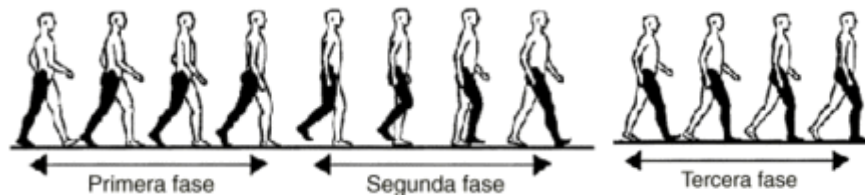
- El elemento de contención lateral, cuya acción biomecánica y diseño es totalmente diferente al elemento pronador total.
- El elemento estabilizador central, elemento diana en cualquier tipo de patología. Sin este elemento no existe, bajo ningún criterio, un soporte plantar, solo existiría un trozo de material.
- El elemento estabilizador anterior, efectivo en la mayoría de patologías del antepié. Actualmente cualquier soporte plantar lleva incluido este elemento, cuya acción es estabilizar la marcha hasta el último momento, en el que el antepié despegas del suelo.

## **2.10 Fases del apoyo plantar**

El comportamiento de la marcha es primordial para poder conocer la estructura del tipo de pie que se presenta y como se verá condicionada su anatomía para evaluar su estado muscular y articular, describiendo la función que realiza el pie en un ciclo completo, tanto en carga como en descarga, esto se puede subdividir en tres fases:

**Figura 5.**

*Fases de la marcha humana.*

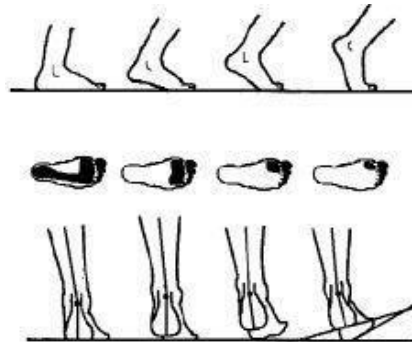


Nota: 1ra. Fase despegue, 2da. Fase apoyo unilateral, 3ra. Fase impacto de talón, adaptado de Fases de la marcha humana, 1999.

- Despegue: El pie produce una flexión plantar lenta de unos  $30^\circ$  llevada a cabo por el músculo tríceps sural, la cual tiene una reducción progresiva del apoyo de la planta del pie en el suelo, que pasará de un contacto total al apoyo único de la cabeza del primer metatarsiano, que se mantiene en contacto prolongado con el suelo.
- Apoyo unilateral: El pie quedaba apoyado con el dedo gordo se despegaba del suelo, la rodilla y la cadera se flexionan y todo el miembro inferior se desplaza en el plano sagital, adelantándose al resto del cuerpo, siendo el pie contrario el que sostiene la totalidad del peso corporal.
- Impacto de talón: El pie que oscilaba en la segunda fase se cruza al contrario y toca el suelo por medio del talón recibiendo parte del peso del cuerpo. El pie que toma contacto con el suelo lo hace con el tobillo a  $0^\circ$  de flexión, se mantiene elevado por la acción de los músculos, absorbiendo el impacto y frenando la caída del antepié, toma seguido una flexión plantar rápida, para frenar y adaptar la planta del pie en contacto con el suelo.

**Figura 6.**

*Visión del pie durante la primera fase de la marcha humana, despegue.*



Nota: Fases de la marcha humana, 1999.

### 3. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló bajo una metodología proyectual la cual se centra en el cumplimiento de los objetivos específicos, mediante captar, conocer y entender las necesidades emocionales, limitaciones, comportamientos y características de los usuarios, la cual consta de cuatro acciones fundamentales.

#### 3.1 Recopilación de información

Identificar las características del diseño de un producto desde la percepción del usuario, se toma una serie de decisiones como elegir líneas de productos que se pretende estudiar, el mercado al que va dirigido el producto, también se deben buscar las emociones asociadas al producto para obtener y cuantificar la respuesta emocional.

- Búsqueda del estado del arte

- Evidencia digital de las soluciones existentes
- Entrevistas con personas que sufran esta malformación
- Seleccionar el dominio (productos y usuario al que se dirige)
- Determinar el espacio semántico (emociones asociadas a los productos)

### **3.2 Definición de la interacción**

Incluir todas las propiedades del producto con las que se quieren producir emociones en el usuario, estas propiedades cuentan con una serie de Sub-propiedades, con las cuales se podrá validar la relación entre propiedades y emociones, se establece y se cuantifica la relación existente entre cada una de las propiedades y niveles que poseen los productos analizados y las emociones elegidas y valoradas. Para obtener la conexión entre los atributos del producto y los requerimientos subjetivos de los usuarios.

- Espacio de propiedades (Sub-propiedades de las emociones)
- Síntesis entre los atributos del producto y los requerimientos del usuario
- Determinar las variables a medir
- Lluvia de ideas y bocetación
- Alternativas bidimensional y tridimensional
- Aspectos formal estéticos (formas, color y material)
- Manual de uso (ejercicios para realizar en casa durante el tratamiento)

### **3.3 Construcción del modelo**

Construir el modelo de soporte de acuerdo a la alternativa que contenga las propiedades y niveles que son más importantes para cada emoción, cumpliendo con las características concretas

obtenidas en la síntesis. Con ello se verifica la sensación del producto en uso y como este impacta emocionalmente al usuario en su cotidianidad.

- Construir un modelo con características concretas
- Adecuar el modelo
- Interfaz de uso
- Pruebas de verificación (emocional, sensorial)
- Correcciones pertinentes

### **3.4 Validación pruebas funcionales**

Validar el modelo funcional obtenido durante 16 semanas de tratamiento, acompañado de ejercicios y terapias, llevar un registro sobre el impacto que tiene el soporte en el usuario tanto emocional como funcional para corregir el arco interno.

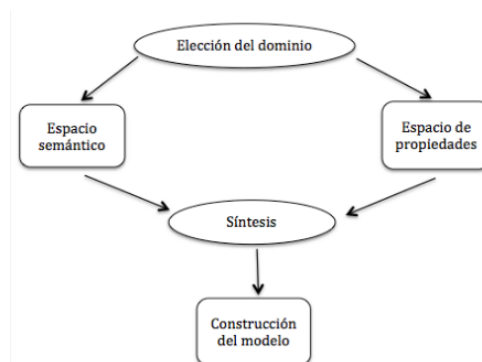
- Soporte plantar final
- Protocolo de validación
- Registro de plantigrafía al inicio del tratamiento
- Uso del soporte en contexto de uso real
- Registro de plantigrafía culminado el tratamiento
- Analizar los datos obtenidos
- Elaborar informe con mejoras y conclusiones

Para desarrollar la metodología planteada se inicia con la ayuda de varias herramientas para definir el tipo de usuarios y emociones que se pretenden abordar durante el proyecto, con la incorporación de modelos matemáticos se establecen parámetros que permiten limitar los atributos que harán parte del proceso de diseño y construcción del modelo a utilizar.

Para lograr esta metodología se realiza una combinación del método Kansei la cual su palabra japonesa “Kansei” se define como emoción, afecto o sentimiento psicológico, junto con el Diseño Centrado en el Usuario el cual como bien lo dice su nombre se centra en el usuario, debido a que es un proyecto que parte de lo general a lo particular, con el objetivo de identificar y centrarse en las emociones que los usuarios necesitan encontrar en un producto y que este a su vez las satisfaga, se realizan encuestas directas para dar valor a los kanseis seleccionados y con la ayuda de análisis matemáticos se relacionan estas emociones y valores cuantitativamente para obtener un esquema del modelo de diseño.

**Figura 7.**

Metodología para el diseño Kansei tipo I.



Nota: Revista Dyna, Sep. 2010.

## 4 ACERCAMIENTO CON EL USUARIO

Se recopila y analiza información obtenida por medio de productos que se encuentran en el mercado, para establecer los tipos de usuarios a quien va dirigido el producto y a su vez las emociones y factores que influyen en el proceso creativo.

#### 4.1 Benchmarking

Se analizan algunos de los tipos de productos que engloban los tratamientos que actualmente se encuentran en el mercado para tratar y corregir el pie plano, con el objetivo de identificar las ventajas, desventajas, propuestas de valor y aspectos de mejora que se deben tener en cuenta para realizar un producto que logre satisfacer las necesidades de esta población.

#### Figura 8.

Ejemplo 1. benchmarking.

<b>NOMBRE DEL PRODUCTO</b>	<b>Plantilla en silicona para pie plano</b>	
<b>FUNCIÓN PRINCIPAL</b>	Brinda un soporte para corregir el pie plano de una manera mucho más fácil y cómoda por medio de la textura suave. Se adhiere fácilmente al pie y zapatos, también se encaja en los pies sin lastimar o causar algún tipo de dolor. Las almohadillas proporcionan un mejor equilibrio y alivio del dolor a través del apoyo en forma de arco.	
<b>TARGET</b>	Personas que padecen de pie plano, se puede hacer uso a partir de los 4 años de edad.	
<b>IMÁGENES DEL PRODUCTO</b>		
		
<b>ANÁLISIS FORMAL</b>		
<b>COLOR</b>		<b>MATERIALES</b>
<i>Color predominante:</i> Traslucido <i>Color secundario:</i> Celeste		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silicona médica de alta calidad.</li> <li>• Adhesivo.</li> </ul>
<b>DIMENSIONES</b>		<b>ACABADOS SUPERFICIALES</b>
<b>Alto:</b> 10.5 cm <b>Largo:</b> 5 cm <b>Ancho:</b> 0.3mm <b>Peso:</b> 0.1Kg		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acabado superficial liso y suave en todo el producto.</li> </ul>
<b>ANÁLISIS TÉCNICO PRODUCTIVO</b>		

ESTIMACIÓN DE COSTO	SISTEMA DE PRODUCCIÓN	FUENTE DE ENERGÍA (USO)
Precio de fábrica: 5 dólares	Pieza en silicona: Inyectado	Energía solar (Temperatura)
ANÁLISIS COMERCIAL		
PROCESO COMERCIAL	SISTEMA DE EMPAQUE	DISTRIBUCIÓN
Precio de venta: 7.5 dólares	El producto es empacado entre una lámina de cartón delgado y una lámina de acetato.	El producto es distribuido por Ok Colombia a nivel nacional e internacional.
<b>VENTAJAS</b>	Es un producto liviano, de fácil uso y se puede utilizar sin necesidad de calzado, lo cual genera una sensación de comodidad. También, posee una gama de colores agradable lo cual despierta interés en el público. De igual manera, no genera una interferencia con la autoestima del usuario ya que es un producto de poca visualización al momento de su uso.	
<b>DESVENTAJAS</b>	Al ser un producto cuya utilización se da a partir de la adherencia al pie del usuario por medio de un adhesivo, su constante uso provoca el desgaste del material, perdiendo su consistencia y provocando que deslice en el pie o zapatos del usuario, lo cual, puede ser perjudicial para el tratamiento al generar incomodidad, ampollas e incluso la aparición de nuevas lesiones. También al ser un producto enfocado en aliviar los síntomas del pie plano en todo tipo y tamaño de pie, se evidencia que no hay un tratamiento que tenga en cuenta las diferencias entre la formación del arco del pie en niños y adultos, por lo tanto, su función terapéutica no es la adecuada para el tratamiento de ciertos tipos de malformación del pie plano, en este caso de niños entre 6 y 10 años de edad.	
<b>PROPUESTA DE VALOR</b>	Durante el proceso de la corrección del pie plano la interacción del pie con diferentes superficies sin intermediarios es indispensable para fortalecer los músculos del pie y permitir una estimulación completa.	
<b>ASPECTOS DE MEJORA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir que el producto funcione sin la necesidad del adhesivo.</li> <li>• Disponer de más de una talla que se adapte al tamaño correcto del pie de cada usuario.</li> </ul>	



Nota: Adaptado de OK Colombia

De acuerdo a las ortesis seleccionadas para el benchmarking, se obtiene de cada una los aspectos principales y más relevantes para comparar entre ellas. Las diferentes ortesis evaluadas en este proceso se incluyen como anexo A.

## Tabla 2.

*Comparación de aspectos principales de cada producto.*

PRODUCTO	TALLA	MATERIAL	COLOR	MODO DE USO	PROPUESTA DE VALOR
	Talla única	Silicona médica de alta calidad. Adhesivo.	<b>Color predominante</b> : Traslucido <b>Color secundario</b> : Celeste	El soporte se adhiere al arco del pie por medio de material adhesivo.	La interacción del pie con diferentes superficies sin intermediarios es indispensable para fortalecer los músculos. El material tiene memoria y puede volver a su forma inicial. Los puntos en los que se apoya permiten una mejor distribución de fuerzas.
	Talla única	Silicona	<b>Color predominante</b> : Blanco	El soporte se estira y se pone en el pie ubicándolo en el centro del arco y encima del talón.	Se puede utilizar sin calzado y al mismo tiempo permite ser adaptado al ancho del pie.
	<b>Talla única:</b> pequeño	<b>Textiles:</b> Para la absorción, amortiguamiento y suavidad. Velcro para la unión. <b>Poliuretano:</b> Espuma para la forma	<b>Color predominante</b> : Negro <b>Color secundario:</b> Blanco	Se ubica en el arco del pie y se ajusta con el velcro para evitar el deslizamiento.	Los materiales que se utilizan están pensados en todos los ámbitos posibles de uso
	<b>Tallas:</b> desde la 35 hasta la 49	<b>Textiles:</b> Tela antideslizante. <b>Polímeros:</b> TPU para el soporte Y EVA antideslizante.	<b>Color predominante</b> : Gris y negro <b>Color secundario:</b> Naranja	La plantilla se debe ubicar por dentro del calzado y deben ser de la misma talla.	
	<b>Talla EU:</b> desde la 6 (14cm) Hasta la 10 (16.5cm)	<b>Cuero:</b> Cuero nobuk el calzado <b>Poliuretano:</b> Suela flexible <b>Velcro:</b> Correas para sujetar el calzado.	<b>Sandalias:</b> Variedad de colores. <b>Zapatos:</b> negro, azul o marrón. <b>Suelas:</b> Cuero crudo.	Se altera la suela del zapato para nivelar el pie del niño generando un apoyo en la formación del arco.	Aumento las gamas de color, estilos y se siguen basando en el uso de las suelas Thomas.

	<b>Talla única</b>	<b>Polímeros:</b> EVA para termoformar el arco Nylon para unir las piezas Cinta doble faz para pegar al pie y calzado.	<b>Color predominante:</b> Negro  <b>Color secundario:</b> Azul	La cinta doble faz se adhiere al pie y al calzado si lo desea. Solo se debe retirar y ubicar en el arco.	Permite al usuario mantener el pie libre sin necesidad de calzado, pero da también la opción de usarse con él
	Personalizada	Polipropileno rígido	<b>Color predominante:</b> Blanco	Se ubica dentro del calzado el cual debe ser botín para no afectar la ortesis.	Se interfiere también con el talón el cual realiza una corrección que permite alinear la postura y estabilizar el pie para una mejor corrección.

Nota: Elaboración propia.

Al finalizar el estado del arte se obtiene como resultado que los productos que cuentan con un apoyo hacia el talón suelen ser más eficaces que aquellos que no lo tienen, ya que la distribución de la fuerza ejercida por la planta del pie para corregir el arco se expande por los músculos encontrando un apoyo en la ortesis la cual permite alinear la postura del pie y del usuario, también se concluye que:

- Los productos de talla única no se enfocan en una población específica, desconociendo que las dimensiones del pie adulto y del niño son diferentes, por lo tanto, estos productos, no abarcan con exactitud un tratamiento enfocado en el arco interno del pie del niño, por lo cual generan molestia, ampollas o pueden contribuir a la malformación por el uso de un tratamiento incorrecto.
- Los materiales utilizados en la mayoría de los productos brindan comodidad y eficacia al tratamiento. Estos deben ser blandos, absorbentes y suaves para no maltratar la planta del pie, facilitando su uso y mantenimiento.

- Los zapatos ortopédicos que se encuentran en el mercado son de tallaje muy pequeño hasta la edad máxima de 6 años, edad en la cual, no es pertinente usar estos productos debido a que hasta esta edad el pie del niño se encuentra formándose por sí mismo.
- Los colores utilizados en la mayoría de los productos son de colores neutros y poco visibles, para lograr una sensación de confianza y seguridad emocional en el usuario.
- Los productos que cuentan con una cinta doble faz son productos de un corto ciclo de uso, debido a que esta cinta con el tiempo o la humedad pierde su adhesivo y no se puede utilizar nuevamente debido a que no conserva su adherencia al pie ni al calzado, quedando suelta e inestable dentro del calzado, causando molestia o lesiones en el pie del usuario.

#### **4.2 Requisitos esperados**

A partir del anterior análisis se lograron definir las especificaciones y los requisitos que debe tener el producto para su lograr un adecuado tratamiento en el usuario. De acuerdo con estos requisitos se han seleccionado los productos que harán parte del proceso diferencial semántico para contribuir a la construcción del modelo final de un soporte plantar para la corrección del pie plano en niños de edades entre los 6 y 10 años. Los aspectos a tener en cuenta son:

- El soporte debe ser portable y adaptable a las necesidades del usuario.
- El soporte debe ajustarse a un proceso terapéutico correctivo.
- El soporte no debe afectar la autoestima del usuario.
- El soporte debe ser fácil de utilizar y limpiar.
- El material del soporte debe ser resistente.
- El soporte debe ser cómodo y adaptarse a diversas condiciones de uso.

### 4.3 Aproximación con el usuario

Se realiza una entrevista con el usuario final II, para conocer antecedentes y dar detalles respecto al tema a tratar. Se procede a conocer al usuario final I para crear un vínculo de amistad y así hacer del proceso una actividad envolvente y no invasivo.

Método de aproximación: Se inicia con un tiempo entre 10 y 20 minutos para conocer al familiar a cargo del niño, generar una relación con el niño de manera que se sienta cómodo. Una vez establecido este vínculo se procede a realizar un diálogo, entorno al objetivo de la entrevista, conocer su punto de vista, inquietudes, métodos y opiniones acerca de los tratamientos existentes. Determinar cómo este diagnóstico ha sido adaptado a su vida cotidiana y si estarían dispuestos a participar y contribuir más adelante en la evaluación del proyecto.

Todo esto se hará por medio de preguntas informales con respuestas tanto abiertas como cerradas las cuales serán diligenciadas en un cuestionario, para llevar un orden cronológico de la entrevista. También se espera conocer los datos directos de los participantes, papá, mamá o tutor a cargo, como al niño con el que se realiza el procedimiento, edad, sexo y si ha utilizado algún tratamiento en los últimos 6 meses. Al finalizar la entrevista se informa al familiar que este tratamiento contara con la colaboración de un fisioterapeuta profesional, para cerciorarse de que se realice correctamente el tratamiento, para saber si él está de acuerdo y así proceder a solicitar su participación más adelante junto con el niño. En el anexo B, se incluye los resultados obtenidos en la entrevista de aproximación.

Este formato es de uso exclusivo por el entrevistador, cuyo objetivo es obtener información que permita conocer la manera en que el pie plano afecta a las personas que lo padecen. Tengo varias preguntas y me gustaría escuchar su experiencia para saber bajo que parámetros se apoya,

trata y convive con esta patología. Cabe resaltar que la información suministrada será utilizada únicamente con fines educativos.

- ¿Qué parentesco tiene con el familiar que padece este diagnóstico?
- ¿Qué dificultades se han presentado en la motricidad y postura del niño causados por el pie plano? como, por ejemplo: Se cae seguido, dolor en los miembros inferiores o desgaste del calzado por un solo lado.
- ¿Ha realizado terapias o ejercicios que permitan corregir el pie plano del niño? de ser así ¿Cuánto tiempo duró el tratamiento?
- ¿Ha visitado a algún especialista debido a este diagnóstico en los últimos seis meses?
- ¿Cuáles son las razones de haber asistido o no, a un especialista para tratar esta patología?
- Para esta patología ¿Qué tipo de productos y ejercicios ha utilizado o conoce para corregir el pie plano? (Si no sabe el nombre de los productos, por favor descríbalos).
- ¿Qué aspectos de la vida diaria del niño se ven afectados por este diagnóstico?

Deporte, educación, vivienda, tiempo libre. Vida social. Otro.

- Para complementar el tratamiento de corrección de pie plano se solicitará asesoramiento de un fisioterapeuta, ¿Está de acuerdo con esto?
- ¿Consideraría invertir 10 minutos al día para realizar actividades lúdicas que ejerciten los músculos del pie del niño y permitan una mejor adherencia al tratamiento con el soporte plantar?

#### **4.4 Tipos de usuarios**

Este proyecto se encuentra orientado hacia el tratamiento de un usuario definido. En este caso, la población que posee alguna relación con el diagnóstico de pie plano flexible. Por ende, el

producto está enfocado para su uso en niños entre los seis y diez años, a partir de los cuales se hará uso de la metodología proyectual, con el fin de direccionar la investigación y construir un soporte que pueda ser utilizado en contextos de uso real. No obstante, también se analiza el mercado y los diferentes tipos de usuarios directos como indirectos para crear unos perfiles generales que permitan relacionar el tratamiento en conjunto entre pacientes, terapeutas y padres de familia.

#### **4.4.1 Perfil del usuario directo**

*Edad:* De 6 a 10 años

*Sexo:* Masculino y Femenino.

*Capacidades:* El usuario debe tener un acompañamiento y supervisión constante durante el tratamiento con el fin de mantener una adecuada motivación y fortalecer el compromiso por el uso adecuado del soporte.

*Dificultades:* Malformaciones o deficiencias externas al pie plano flexible en los miembros inferiores. Dificultades para asistir regularmente a las terapias con el especialista.

*Sesgos:* Intervenciones quirúrgicas o limitaciones en los miembros inferiores, imposibilidad de interactuar o exponerse a diversos entornos, no contar con un IMC normal de acuerdo con la tabla de la OMS.

#### **4.4.2 Perfil del usuario indirecto I parientes**

*Edad:* De 18 a 60 años

*Sexo:* Masculino y femenino

*Capacidades:* Tener disposición, motivación y compromiso por el uso adecuado del soporte para supervisar y orientar el proceso correctivo del pie en el niño.

*Dificultad:* Imposibilidad para trasladarse con regularidad a las terapias con el especialista.  
Disponibilidad de tiempo diario para realizar y supervisar los ejercicios.

#### **4.4.3 Perfil del usuario indirecto II profesional**

*Edad:* De 18 a 60 años

*Sexo:* Masculino y femenino

*Capacidades:* Ser un profesional de la salud acreditado y apto para diagnosticar y llevar a cabo un proceso terapéutico adecuado hacia paciente. Realizar terapias amenas y cortas para hacerlas más didácticas. Orientar en el tratamiento tanto al paciente como al padre de familia en cuanto a la forma adecuada para realizar los ejercicios. De igual manera, debe informar y presentar resultados del proceso correctivo al diseñador, frente al avance que va teniendo el usuario en relación con el producto durante el tratamiento.

#### **4.5 Base de datos**

Como población de muestra se tuvieron en cuenta, algunos usuarios hallados a partir de una búsqueda desde plataformas como redes sociales, conocimiento de casos familiares, o conocidos y algunos casos recomendados, relacionados con información frente al diagnóstico y que cumplían con el perfil de usuario solicitado. El método aplicado fue una entrevista presencial informal en la cual se obtuvieron datos determinantes para la investigación contribuyendo de esta forma, a la construcción del perfil de los usuarios y la ideación del producto. Por último, se contó con el consentimiento del participante y se solicitó una respuesta frente al deseo de participar más adelante en el proceso de tratamiento junto al familiar que padece este diagnóstico obteniendo una aceptación general.

**Tabla 3.**

*Base de datos de los posibles usuarios finales.*

<b>Usuario</b>	<b>Parentesco</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Edad</b>	<b>Sexo</b>	<b>Tel</b>
1	Madre	Piedecuesta	6	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Madre	Piedecuesta	7	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Madre	Piedecuesta	9	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Madre	Floridablanca	8	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Madre	Floridablanca	6	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Madre	Floridablanca	9	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Madre	Floridablanca	9	Masculino	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Madre	Floridablanca	10	Femenino	<input checked="" type="checkbox"/>

Nota: elaboración propia: parentesco con el usuario final I, ubicación zona de residencia, edad del niño, sexo y contacto.

A continuación, en cada ítem se explica de forma breve y detallada cada una de las actividades a realizar y un ejemplo de cada una de ellas para comprender el proceso que se lleva a cabo, cada ítem cuenta con el respectivo desarrollo total en los anexos del documento.

#### **4.6 Elección de dominio ortesis**

Los productos a estudiar son ortesis que preferiblemente ya se encuentran comercializados. Se han seleccionado los 5 modelos más utilizados y novedosos actualmente para corregir o calmar el dolor causado por el pie plano.

**Figura 9.**

*Tipos de Ortesis que se usaran en este estudio.*



Nota: Elaboración propia.

Descripción breve de cada ortesis mostrada en la figura 2:

**Ortesis 1:** Plantillas para corregir la postura al caminar: Se utilizan parches para levantar un lado de las plantillas y corregir la postura al caminar y estar de pie, la pronación y supinación. La base de EVA duradera y el cojín de múltiples capas poron brindan comodidad duradera al caminar y correr.

**Ortesis 2:** Permite el ajuste en el arco del pie, corregirlo, reducir el choque, la presión, y disfrutar de caminar cómodo. Elaborada en un tejido de nailon, textura suave, absorbente a la humedad y transpirable, posee cintas adhesivas para que no se mueva al caminar.

**Ortesis 3:** Almohadilla acolchada de soporte para el arco del pie también sirve para vendaje de fascitis plantar y pie plano. Genera alivio duradero del pie y el dolor ocasionado. Cuenta con

abrazaderas adhesivas para fijar en el pie. Estos soportes brindan tecnología de compresión y absorción de impactos para aliviar los pies cansados, estresados y tensos, lo que elimina la presión del cuerpo.

**Ortesis 4:** Es una ortesis de poliéster rígido, moldeada desde la mitad hasta la parte posterior del pie, el cual es moldeado en máxima corrección y el molde positivo de yeso que mantenga el control de la posición del pie. La plantilla se adapta al talón y termina antes del metatarso. La plantilla UCBL es un apoyo muy efectivo porque mantiene la posición del calcáneo en relación con el talón y estabiliza las articulaciones.

**Ortesis 5:** Este tipo de calzado busca solucionar o favorecer la elevación del arco longitudinal, la alineación del valgo en talón y la corrección del pie plano laxo en la infancia. Por medio de modificaciones en sus suelas tanto por la parte interna como la externa del calzado. Gracias a los bordes suaves en la zona del talón de estos zapatos ortopédicos evitan rozaduras de la piel con el uso diario prolongado.

#### **4.7 Espacio semántico**

Para determinar el espacio semántico se selecciona una cantidad de palabras que engloben las emociones o sentimientos que estén asociadas a las imágenes y que el usuario relacione con el producto y así cuantificar su respuesta por medio del método diferencial semántico. Se procede a realizar unas encuestas a los usuarios en la cual se presenta la imagen de productos y las emociones seleccionadas que se vinculan más con el uso de ortesis por parte de los niños: comodidad, atractiva, adherente, uso sin calzado, infantil, permeable, textura, acolchado, junto con sus adjetivos opuestos. Deben asignar un valor de puntuación a cada una de 1 a 7, siendo 1 el de menor valor.


#### 4.8 Formato para la encuesta diferencial semántico

Se elabora una encuesta a nivel emocional para cada uno de los cinco tipos de ortesis seleccionados, para obtener el porcentaje que influye la emoción en la ortesis respecto a lo que perciben los usuarios de los productos que se encuentran actualmente en el mercado. A continuación, un ejemplo con una de las ortesis aplicadas al estudio, las otras ortesis se encuentran en el anexo C.

**Figura 10.**

*Ejemplo de diferencial semántico ortesis 1.*

De un valor de uno a siete el grado de emoción para este producto.

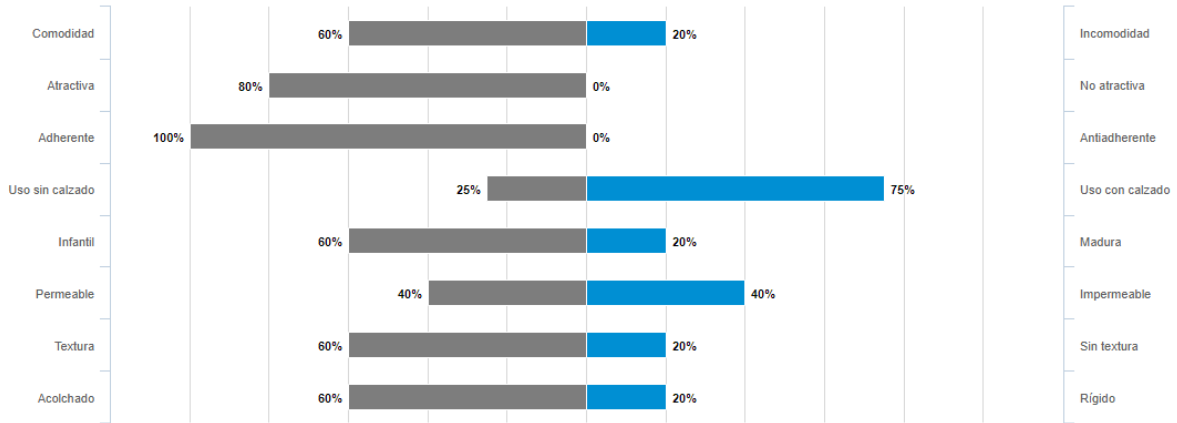


	7	6	5	4	3	2	1	
Comodidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Incomodidad
Atractiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	No atractiva
Adherente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antiadherente
Uso sin calzado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uso con calzado
Infantil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Madura
Permeable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Impermeable
Textura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sin textura
Acolchado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Rígido

Nota: elaboración propia.

**Figura 11.**

*Resultado del diferencial semántico ortesis 1.*



Nota: elaboración propia.

**4.9 Análisis factorial**

Una vez realizadas las encuestas de diferencial semántico se procede a realizar el análisis factorial de las emociones seleccionadas, el cual consiste en separar las emociones en características concretas en este caso se seleccionan dos factores: el estético y el ergonómico.

**Tabla 4.**

*Factores diferenciados y perfiles de las ortesis.*

	<b>FACTOR 1</b>	<b>FACTOR 2</b>
	Comodidad	Atractiva
	Adherente	Uso sin calzado
	Permeable	Infantil
	Acolchonado	Textura
<b>PERFIL ORTESIS</b>	<b>ERGONÓMICO</b>	<b>ESTÉTICO</b>

Nota: Elaboración propia.

Esta investigación opta por centrarse en el diseño de una ortesis no invasiva, la cual no está definida solamente por la ergonomía, si no se tiene en cuenta de igual importancia la estética, con la cual se espera mejorar el producto a diferencia de los que se encuentran actualmente en el mercado. Es por ello que se espera satisfacer todas las emociones consideradas en el estudio para diseñar una ortesis que cumpla con todas estas características.

#### **4.10 Aspectos de la interacción**

- Aspectos fisiológicos: Factor musculoesquelético.
- Aspectos antropométricos: Tamaños de los elementos, Alcances.
- Aspectos evaluativos: Prueba piloto, prueba de usabilidad.
- Aspectos técnicos: Mantenimiento.
- Aspectos formal estéticos: Manual de usuario, lenguaje de uso.

## **5 DEFINICIÓN DEL PROYECTO**

### **5.1 Análisis formal**

Una vez definido el análisis factorial se procede a realizar un análisis formal a cada una de las cinco ortesis seleccionadas en el espacio semántico, se establece una cantidad de propiedades entorno al tipo de productos que se están evaluando, para analizar detalladamente cuales de ellas se pueden dividir en sub-propiedades.

**Tabla 5.**

*Ejemplo análisis formal ortesis 1.*



Nota: Elaboración propia

Una vez definido el análisis formal se obtienen siete propiedades, a partir de las cuales se realiza una clasificación de sub-propiedades en cada uno de los aspectos del producto para identificar las posibles combinaciones o formas de emplear a futuro, estas definiciones permiten evaluar el proceso más adelante para determinar las cualidades ideales o específicas a diseñar. El análisis formal de las otras ortesis que hacen parte del estudio se encuentra en el anexo D.

**Tabla 6.**

*Propiedades y Sub-propiedades del análisis formal.*

Propiedades	Espacio de propiedades			
	Sub - propiedades			
	p1	p2	p3	
a	Color	Cálidos	Fríos	Neutros
b	Estructura	Con amortiguación	Sin amortiguación	
c	Apoyo del pie	Toda la planta	Solo el arco	La mitad de la planta
d	Formación del arco	Rígido	Suave	
e	Uso	Con calzado	Sin calzado	Ambos

f	Material	Transpirable	Anti transpirable
g	Acolchonar el pie	Si	No

Nota: Elaboración propia.

## 5.2 Regresión lineal

Para obtener la regresión lineal se relaciona el espacio semántico con el espacio de propiedades mediante la ayuda las variables categóricas de Excel, para obtener las propiedades finales ideales para elaborar el diseño de un modelo del soporte plantar.

Se realiza una valoración dicotómica, en la cual las subpropiedades se evaluarán en cada una de las ortesis seleccionadas, dando valor de 1 para aquellas propiedades con las que cumple o posee el producto y 0 para las que no cumplen o no posee en el producto. Se obtiene finalmente un código categórico para cada ortesis de 17 dígitos que serán (0 ó 1) los cuales serán evaluados con la media del espacio semántico.

**Tabla 7.**

*Valoración dicotómica de propiedades y Sub-propiedades respecto a las ortesis.*

Ortesi s	ESPACIO DE PROPIEDADES																		
	Pa			Pb			Pc			Pd			Pe			Pf		Pg	
	p1	p2	p3	p1	p2	p1	p2	p3	p1	p2	p1	p2	p3	p1	p2	p1	p2		
<b>O1</b>	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0		
<b>O2</b>	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0		
<b>O3</b>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0		
<b>O4</b>	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1		
<b>O5</b>	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0		

Nota: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en la encuesta del diferencial semántico, en la que se contó con la participación de los familiares de los niños, se procede a calcular las medias respectivas para cada una de las ortesis con respecto a cada una de las emociones, para cuantificar los resultados y así poder realizar la regresión lineal.

**Tabla 8.**

*Resultado de las medias de cada emoción respecto a cada ortesis.*

	Comodidad	Atractiva	Adherente	Uso sin calzado	Infantil	Permeable	Textura	Acolchado
<b>O1</b>	2.6	2.8	2.6	5.25	3	4	2.8	3
<b>O2</b>	2.5	2.25	2.25	4.75	3	3.25	2.75	2.75
<b>O3</b>	4.4	4.6	2.5	3.6	3.5	3	2.75	2.75
<b>O4</b>	5.6	6	5	5.2	6.2	6.4	6.2	6.6
<b>O5</b>	4.25	4.5	4.25	4.75	4.25	5.75	5	4.25

Nota: Elaboración propia.

Se hace uso de Microsoft Excel para aplicar la ecuación de regresión lineal múltiple y relacionar así las emociones con cada una de las propiedades, se obtiene un valor de importancia para cada una de las propiedades respecto a cada emoción, para el diseño del soporte. También se evalúa cada una de las subpropiedades para obtener los valores que más interfieren en el estudio e identificar y seleccionar tanto las propiedades como las subpropiedades más indicadas para el diseño, tomando como base los aspectos más destacados de los productos seleccionados del mercado.

**Tabla 9.**

*Análisis formal para la emoción “comodidad”.*

Emoción	Coefficiente de relación múltiple	Coefficiente de propiedad $R^2$	Propiedad	Sub-propiedad	Coefficiente de variable
		0.33	Color	Cálidos	-1,58
				Fríos	-1,71
				Neutros	2,2

<b>Comodidad</b>	1	0,61	Estructura	Con amortiguación	-1,88
				Sin amortiguación	1,88
		0,46	Apoyo del pie	Toda la planta	0,7
				Solo el arco	-0,7
				La mitad de la planta	0
		0,08	Formación del arco	Rígido	1,75
				Suave	-1,75
		0,46	Uso	Con calzado	0,7
				Sin calzado	0
				Ambos	-0,7
0,84	Material	Transpirable	-1,75		
		Anti - transpirable	1,75		
0,54	Acolchonamiento del pie	Si	-2,16		
		No	2,16		

Nota: Elaboración propia.

Para obtener cada uno de los coeficientes, se analizan los resultados obtenidos por la ecuación digitada en Microsoft Excel, cada uno se evalúa de manera diferente de acuerdo a la emoción, propiedad y sub-propiedad que se necesita. Por ende, para obtener los valores indicados se hizo una investigación para aplicar la regresión lineal de manera correcta y seleccionar los valores adecuados. Las demás tablas de análisis formal de las otras emociones se encuentran en el anexo E. A continuación, se describe cada uno de los coeficientes aplicados y la función que cumple cada uno.

En cuanto al uso de la regresión lineal en Microsoft Excel, se debe activar la opción de análisis de datos, ingresar a opciones, en la pestaña de complemento. Se selecciona la herramienta para análisis VBA y aceptar. Una vez activada la herramienta, se digitan los datos que harán parte del estudio, se dirige a la pestaña de datos y se selecciona la herramienta análisis de datos, aparece una pestaña en la cual se deben digitar los datos del rango de entrada X (independiente) y Y (dependiente).

Los datos Y serán las medias obtenidas de las ortesis en cada una de las emociones seleccionadas en el estudio, las cuales no serán modificadas. Y los datos X serán los valores dicotómicos obtenidos en cada una de las propiedades y sub-propiedades.

- **Coefficiente de relación múltiple:** Este coeficiente relaciona el valor de la emoción seleccionada con respecto al total de las propiedades obtenidas de las ortesis.

Para obtener este coeficiente se seleccionan todos los valores de cada emoción, por ejemplo, las medias de todas las ortesis en la emoción de “comodidad” siendo este el rango Y. y en el rango X se seleccionan todas las propiedades y subpropiedades que hacen parte del estudio.

- **Coefficiente de propiedad  $R^2$ :** Este coeficiente indica cuanto aporta cada propiedad de acuerdo con la valoración de cada emoción.

Para obtener este coeficiente se seleccionan todos los valores de cada emoción, por ejemplo, las medias de todas las ortesis en la emoción de “comodidad” siendo este el rango Y. y en el rango X se selecciona cada propiedad que hacen parte del estudio, como hay siete propiedades esta es la cantidad de veces que se debe realizar esta actividad para hallar el valor de cada una, para cada emoción.

- **Coefficiente de variable:** Este coeficiente indica cuanto aporta cada Sub- propiedad de acuerdo con la valoración de cada emoción.

Para obtener este coeficiente se seleccionan todos los valores de cada emoción, por ejemplo, las medias de todas las ortesis en la emoción de “comodidad” siendo este el rango Y. y en el rango X se selecciona cada Sub-propiedad que hace parte del estudio, como hay

diez y siete propiedades esta es la cantidad de veces que se debe realizar esta actividad para hallar el valor de cada Sub-propiedad para cada emoción.

El último valor es el más importante dentro de todos los coeficientes, ya que es el que determina las sub-propiedades que deben ser parte del diseño y define las características ideales para desarrollar el modelo. Dentro de estos valores se define el esquema final del análisis de datos y por ende la metodología aplicada a lo largo del proyecto.

**Tabla 10.**

*Resultados del análisis formal para la emoción “comodidad”.*

<b>Emoción</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Sub-propiedad</b>
<b>Comodidad</b>	Color	Neutros
	Estructura	Sin amortiguación
	Apoyo del pie	Toda la planta
	Formación del arco	Rígido
	Uso	Con calzado
	Material	Anti -transpirable
	Acolchonamiento del pie	No

Nota: Elaboración propia

Una vez obtenidas todas las tablas con los resultados de las emociones (anexo F), se seleccionan aquellas subpropiedades que más se repiten, determinando las características que debe tener el diseño del soporte plantar, cumpliendo con los datos obtenidos del análisis formal.

**Tabla 11.**

*Resultados del análisis formal.*

Emoción	Propiedad	Sub-propiedad
Comodidad Atractiva Adherente Uso sin calzado Infantil Permeable Textura Acolchado	Color	Neutros
	Estructura	Sin amortiguación
	Apoyo del pie	Toda la planta
	Formación del arco	Rígido
	Uso	Con calzado
	Material	Anti - transpirable
	Acolchonamiento del pie	No

Nota: Elaboración propia

### 5.3 Medidas percentiles del pie

Se investiga sobre las medidas percentiles de los niños colombianos de 6 a 10 años, se analiza el largo del pie y el ancho del metatarsial en los percentiles 5, 50 y 95. Se grafican estos valores y se selecciona trabajar con el valor promedio del percentil.

**Tabla 12.**

*Medidas percentiles de niñas y niños.*

Femenino	6 años				7 años				8 años			
		Percentiles				Percentiles				Percentiles		
	%	5	50	95	%	5	50	95	%	5	50	95
Largo del pie	17.1	15.9	17.0	18.5	18.5	16.3	18.6	19.9	19.0	16.6	19.1	20.7
Ancho de metatarsial	6.7	6.0	6.7	7.4	6.8	6.2	6.8	7.6	7.0	6.2	7.0	7.9
Femenino	9 años				10 años							
		Percentiles				Percentiles						
	%	5	50	95	%	5	50	95				
Largo del pie	19.9	17.9	19.6	22.5	21.3	19.5	21.6	22.8				
Ancho de metatarsial	7.3	6.4	7.3	8.1	7.5	6.5	7.4	8.4				
Masculino	6 años				7 años				8 años			
		Percentiles				Percentiles				Percentiles		
	%	5	50	95	%	5	50	95	%	5	50	95
Largo del pie	17.5	16.1	17.2	19.0	18.4	16.4	18.6	20.1	19.7	17.8	19.6	21.8
Ancho de metatarsial	7.0	6.4	6.8	8.0	7.2	6.2	7.2	8.4	7.3	6.4	7.2	8.2
Masculino	9 años				10 años							
		Percentiles				Percentiles						
	%	5	50	95	%	5	50	95				
Largo del pie	20.0	18.5	19.9	22.0	21.3	20.0	21.2	22.5				
Ancho de metatarsial	7.2	6.8	7.1	7.8	7.6	6.9	7.5	8.2				

Nota: adaptado de Bohórquez, 2018.

**Figura 12.**

Medidas para la elaboración de un soporte



<b>Femenino</b>	<b>6 años</b>	<b>7 años</b>	<b>8 años</b>	<b>9 años</b>	<b>10 años</b>
Largo del pie	17.1	18.5	19.0	19.9	21.3
Ancho de metatarsial	6.7	6.8	7.0	7.3	7.5

<b>Masculino</b>	<b>6 años</b>	<b>7 años</b>	<b>8 años</b>	<b>9 años</b>	<b>10 años</b>
Largo del pie	17.5	18.4	19.7	20.0	21.3
Ancho de metatarsial	7.0	7.2	7.3	7.2	7.6

Nota: Adaptado de Bohórquez, 2018.

La bóveda plantar esta sostenida por tres arcos los cuales están conformados por diferentes huesos definiremos la altura promedio para el diseño del arco del soporte, junto con las medidas percentiles de la población infantil de Colombia.

**Figura 13.**

*Definición medidas arcos del pie.*



La altura del arco interno es de 15 a 18 mm, los huesos que conforman el arco interno son cinco:

- Primer metatarsiano cuya cabeza contacta con el suelo
- Primera cuña
- Escafoides clave de bóveda
- Astrágalo
- Calcáneo que contacta con el suelo



El arco externo está distanciado de 3 a 5 mm y sus partes blandas contactan con el suelo, los huesos que lo conforman son:

- Calcáneo, cuyas tuberosidades son el apoyo posterior del arco.
- Cuboides
- Quinto metatarsiano



Arco anterior (también llamado transverso, resaltado en rojo)

El arco anterior es un arco transversal de altura intermedia Su altura es de 9 mm y está formado por la cabeza de los cinco metatarsianos.

Nota: Adaptado de Gonzales, 2015.

Una vez definidas las alturas de los arcos se identifica la distribución de cargas del peso que soporta el pie, siendo estos los que amortiguan por medio de la transformación del arco como aplanamiento o elongación, por ello los tres puntos de apoyo se distribuyen el peso que soportan en diferentes porcentajes, como lo sería, el apoyo antero-interno, corresponde a la cabeza del 1.er metatarsiano este soporta  $\frac{1}{6}$  del peso total que recibe el pie. El apoyo antero-externo, corresponde a la cabeza del 5.º metatarsiano y soporta  $\frac{2}{6}$  del peso total que recibe el pie. El apoyo posterior es sobre el talón, el pie recibe  $\frac{3}{6}$  del peso total.

Para obtener las medidas adecuadas para la creación del soporte, se analizan los datos investigados de los arcos longitudinales internos y externos del pie, se bocetan unos prototipos de perfil de acuerdo con los percentiles promedio hallados y la altura de los mismos arcos, de acuerdo con las medidas en cada una de las edades de los niños, se obtienen como resultados cuatro medidas para el arco interno. Se determinan las tallas que permiten elaborar el prototipo para los niños de acuerdo al crecimiento de su pie seleccionen el adecuado y correcto.

### **Tabla 13.**

*Talla de calzado niños y niñas.*

<b>Sexo</b>	<b>Edad</b>	<b>Talla</b>	<b>Largo pie</b>	<b>Ancho metatarsial</b>	<b>Talla promedio</b>
Niña – Niño	6 años a 7 años	6	17.8	6.9	26
Niña	8 años a 9 años	8	19.4	7.1	28
Niño	8 años a 9 años	8	19.8	7.2	29
Niña - Niño	10 años	10	21.3	7.5	32

Nota: Elaboración propia

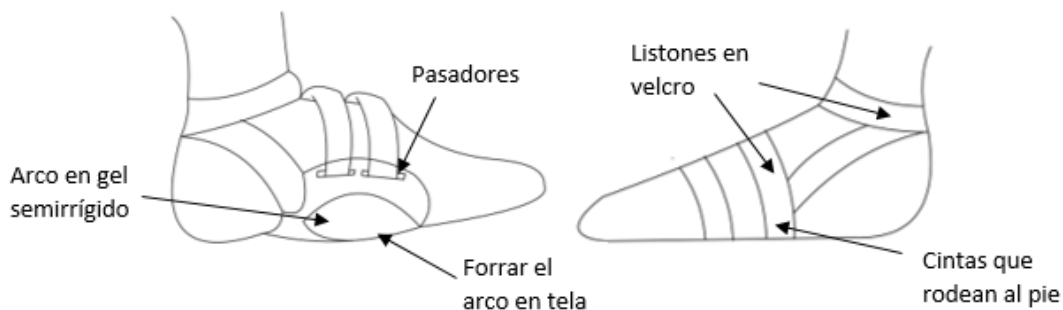
Con las cuatro tallas seleccionadas y los datos investigados se determina la profundidad del soporte el cual varía de acuerdo con cada talla, manteniendo la altura de los arcos (1.5 cm) ya que estas medidas permiten la formación y corrección del arco, manteniendo y aliviando el dolor adquirido por la malformación.

#### **5.4 Alternativas**

Con los resultados obtenidos por la metodología Kansei, emociones, propiedades y sub-propiedades. Se procede a elaborar una lluvia de ideas para iniciar con el proceso de las alternativas las cuales deben satisfacer las necesidades y expectativas tanto ergonómicas como estéticas del soporte.

##### **5.4.1 Alternativa 1**

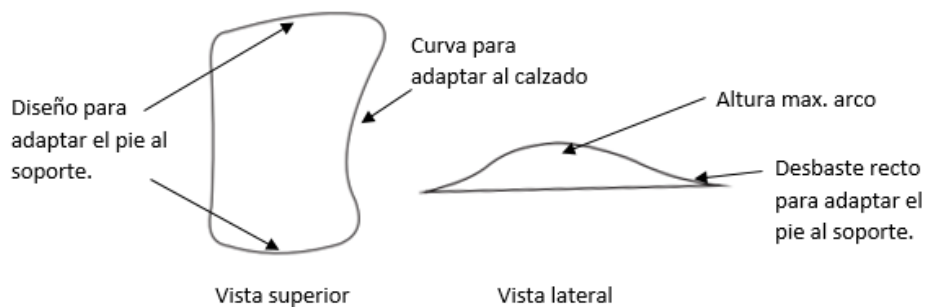
Se basa en una estructura sin amortiguar para que el pie se moldee con el arco artificial elaborado en gel y el suelo, para facilitar el uso por parte de los niños se plantea el velcro ya que es fácil de utilizar y se puede graduar fácilmente para su ajuste. Se plantea usar a base del soporte en listones de textil.

**Figura 14.***Alternativa 1.*

Nota: Elaboración propia.

**5.4.2 Alternativa 2**

Se centra en la forma que se aplicaría al arco que moldeara el pie del niño, se plantea una semi plantilla en la cual se maneje toda la zona del arco tanto interno como externo, abarcando desde el inicio del metatarsiano hasta el inicio del talón. Con una altura en la parte central del arco la cual va disminuyendo gradualmente hacia sus extremos.

**Figura 15.***Alternativa 2.*

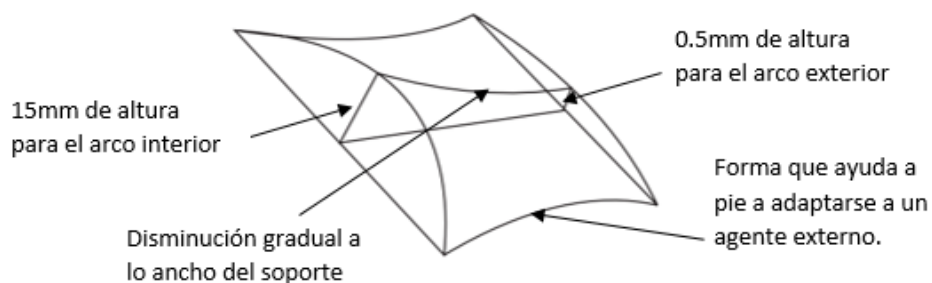
Nota: Elaboración propia.

### 5.4.3 Alternativa 3

Se plantea un arco elaborado en goma, con la cual se recrea un arco interno y externo para formar y corregir el arco en los niños, para este arco el objetivo principal es evaluar el material propuesto y con esta forma como se obtendría por medio de moldes.

#### Figura 16.

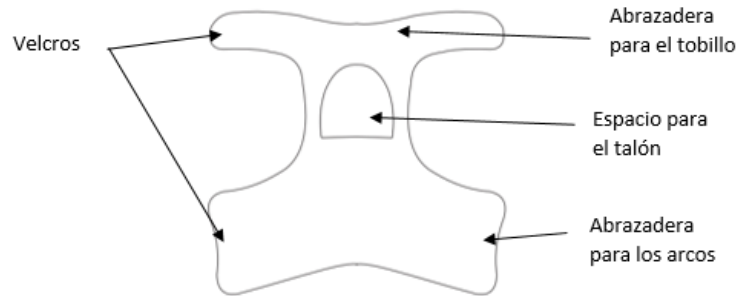
##### *Alternativa 3.*



Nota: Elaboración propia.

### 5.4.4 Alternativa 4

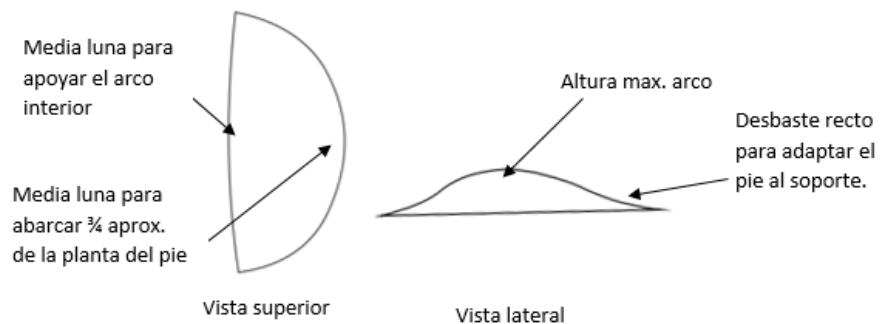
Se desea abarcar la parte del arco tanto interno como externo en forma de abrazadera para proporcionar mayor estabilidad al pie, también se incorpora una banda para la parte del tobillo dejando libre el talón para no generar incomodidad cuando se camina. Se plantea unir por medio de velcros en los extremos de las bandas de forma horizontal en la más angosta y de forma vertical en la más ancha.

**Figura 17.***Alternativa 4.*

Nota: Elaboración propia.

**5.4.5 Alternativa 5**

Se propone un modelo de arco el cual por medio de desbastes y la forma de medialuna ayude a la planta del pie a adaptarse a la formación del arco, el cual tiene una forma similar. se abarcaría hasta más o menos  $\frac{3}{4}$  de la planta del pie para hacer un desbaste prolongado.

**Figura 18.***Alternativa 5.*

Nota: Elaboración propia.

## 6. CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE

Una vez realizadas las alternativas obtenidas se mejoran los aspectos ergonómicos y de usabilidad para que pueda ser manipulado por niños y estos a su vez entiendan el funcionamiento del soporte. Para lograr un mayor efecto en el proceso se basa su forma en los puntos de apoyo que se deben hacer presión o ajuste al pie para lograr estimular los músculos y tendones de este, así de una manera indirecta generar un mayor avance.

### 6.1 Planos técnicos

A partir de la talla promedio seleccionada para la elaboración del prototipo, que se obtuvo de acuerdo con la edad de los niños, con el objetivo de hacer una media y arco a la mejor medida posible de acuerdo a los rangos de los percentiles establecidos ya que el periodo de tratamiento es corto por ello se pretende abarcar el tamaño ideal correspondiente para obtener mejores resultados.

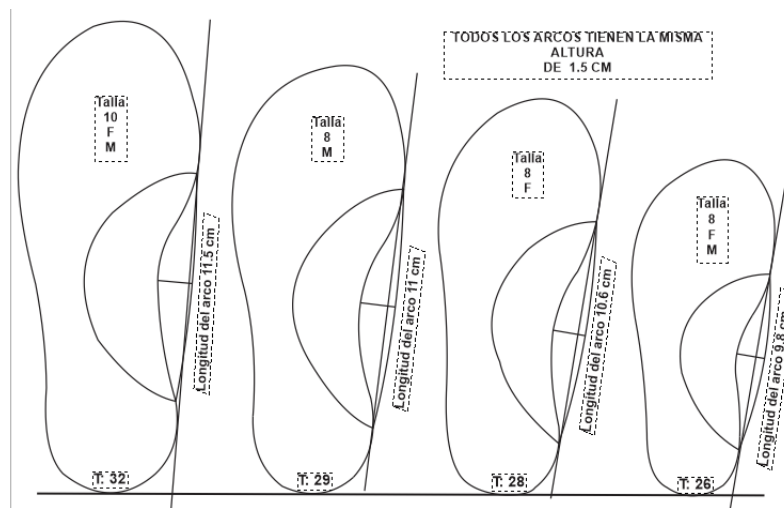
Se inicia con los niños de 6 años (talla 26), para la elaboración del arco, se tiene en cuenta el tamaño de los percentiles es muy cercano, entre 0.2 y 0.3 mm de diferencia, permitiendo que manejen el mismo tipo de soporte tanto niños como niñas, su plantilla mide 9.8 cm de largo y 1.5 cm de alto. De acuerdo con las medidas de estas tallas se escala el diseño del soporte media para adaptarla al pie.

Para los niños de 8 años se manejaron diferentes medidas para el arco y media debido a que la diferencia en los percentiles es de 0.5 mm, lo que en medidas de plantillas es una talla más, para las niñas de 8 años se manejó la talla 28, el arco mide 10.5 cm de largo y para los niños se manejó la talla 29, el arco mide 11 cm de largo, el alto del arco en todos los soportes es de 1.5 cm.

Para los niños de 10 años (talla 32), para la elaboración del arco, se tiene en cuenta el tamaño de los percentiles es muy cercano, entre 0.2 y 0.3 mm de diferencia, permitiendo que manejen el mismo tipo de soporte tantos niños como niñas, su plantilla mide 11.5 cm de largo y 1.5 cm de alto.

### Figura 19.

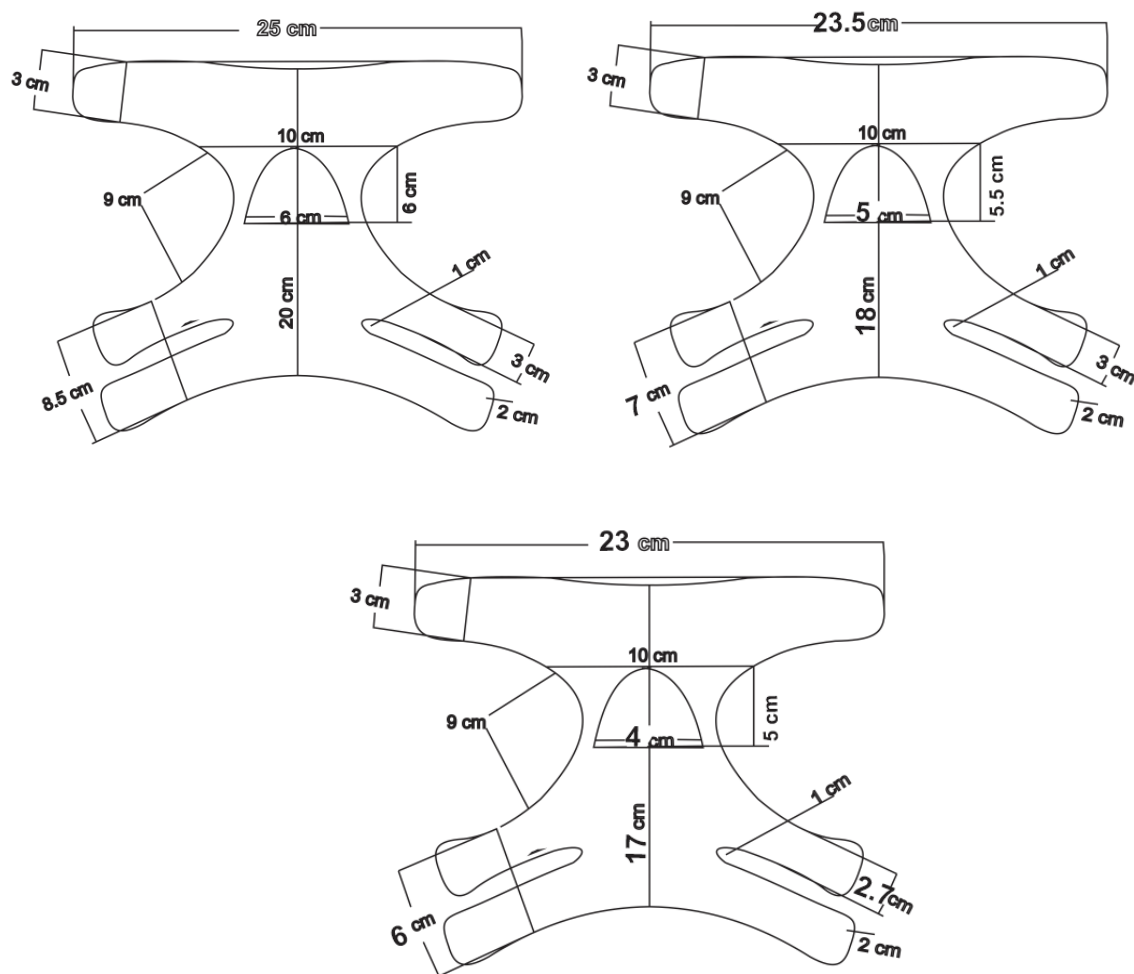
*Planos técnicos del soporte goma eva.*



Nota: elaboración propia

**Figura 20.**

*Planos técnicos del soporte media talla 6, 8, 10.*



Nota: elaboración propia

## 6.2 Prototipo media

Para lograr una construcción del soporte adecuada se analiza el uso de una técnica llamada kinesiotape la cual consta de un vendaje elástico el cual puede corregir la alineación de músculos débiles facilitando el movimiento. Por medio de esta técnica se analizan las zonas en las que se debe enfocar el soporte y lograr una forma que se pueda aplicar a un producto de uso constante.

Se inicia con bandas de 4 a 5 cm de anchas y se pasan por las siguientes zonas del pie a) al nivel de las cabezas meta tarsales hasta el calcáneo. b) Desde la cara externa del medio pie por debajo hasta la cara interna, buscando mantener alineado el calcáneo. c) Desde la cara interna a la externa del medio pie, con intención de “bloquear” el calcáneo. d) Desde la cara interna del tobillo abarcando el escafoides hasta la parte inferior de la pierna por encima del maléolo interno.

Gracias a este análisis se obtiene la forma base del soporte media, la cual su solo uso mantiene presión y alivio en la formación del arco, permitiendo que inicie el proceso de la corrección de arco. Se inicio con la talla más grande (10) para determinar medidas tanto para el tamaño del arco a tratar como con los percentiles obtenidos durante la investigación. Con el objetivo de que sean ideales para la edad de cada uno de los niños y se pueda hacer un diseño centrado en el usuario gracias a la metodología Kansei.

### Figura 21.

*Modelo de media.*



Nota: Elaboración propia.

### 6.2.1 Prueba piloto media

Inicialmente este modelo se plasmó sobre en una tela rígida y se elaboraron pruebas sobre el pie para verificar que se apoyaban las zonas descritas anteriormente para favorecer al proceso de corrección. Debido a que la cara inferior de soporte era una sola banda no se puede generar presión en los puntos esperados, se debe modificar su diseño para que sea un poco más flexible y permita abarcar una mayor parte del pie sin necesidad de limitarlo. Dividiendo la banda en dos partes.

#### Figura 22.

*Prueba piloto media.*



Nota: Elaboración propia.

### 6.2.2 Mejoras media

Con lo obtenido en a prueba piloto se replantea elaborar el prototipo en tela licra, la cual permite la flexibilidad y ventilación para que no sea incomoda al momento de utilizar, también se incorporan cintas velcro en los externos del soporte para graduar el ajuste y no hacer uso de más componentes los cuales puedan dificultar el uso del soporte por parte de los niños. Se realiza en tela doble, lo cual garantiza que al momento de elongar las bandas se deforme con mayor dificultad

su forma inicial con el uso constante, también permite que en medio de sus capaz se pueda ubicar el arco, sin necesidad de agregar otro proceso para hacer uso de este complemento del soporte.

**Figura 23.**

*Modelo de media mejorada.*



Nota: Elaboración propia.

También se determina la ubicación de los velcros para que la unión del soporte sea sencilla y eficaz. Adicional se diseña un arco, el cual se puede incorporar a la media por la parte donde se encuentran las dos bandas. Este arco cumple con la función de formar el arco interno por medio del apoyo de la planta del pie contra el suelo y también la presión generada en el medio pie, permite corregir la malformación del pie y mejorar la postura y marcha de los niños. La elaboración de estos arcos se realizó bajo los datos obtenidos en la investigación y se graduaron por tallas (6, 8, 10), se realizaron pruebas con dos materiales.

**Figura 24.**

*Diseño de media.*



Nota: Elaboración propia.

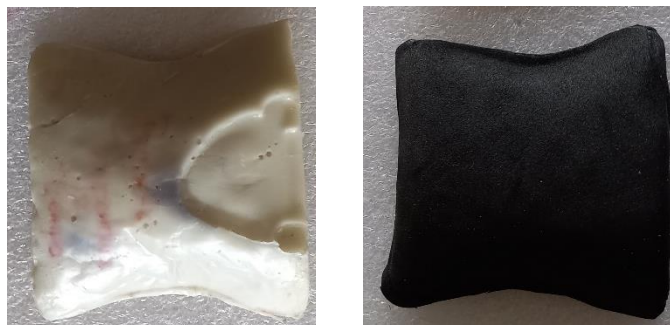
### 6.3 Prototipo arco

Se evaluaron dos modelos de arco, el primero se elaboró con goma de silicona líquida, diseñando un modelo a escala real en plastilina, con este se elabora un molde en yeso para facilitar la fabricación del molde en hoja de aluminio, para poder verter la silicona, introducirla al horno y así obtener el arco. Se realizaron pruebas de tiempo de cocción, cantidad de líquido y acabado de la pieza, pero se determinó que seguía siendo un material demasiado rígido y áspero para la formación del arco, también al momento de dar el paso se quebraba la pieza y generaba incomodidad.

Aun así, se realiza otra prueba forrando el arco con goma EVA de 2mm de grosor para amortiguar un poco la pisada, pero no se obtienen resultados favorables ya que su peso seguía incomodando y la forma que abarcaba  $\frac{3}{4}$  de la planta no permitía apoyar correctamente el pie, generando a largo plazo una posible lesión.

**Figura 25.**

*Prueba piloto de arco 1.*

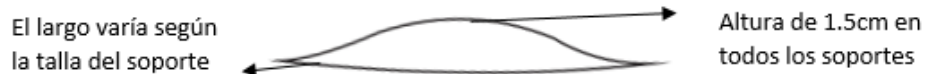


Nota: Elaboración propia.

Es por esto que se analiza una nueva forma para abarcar el arco del pie sin que se vea involucrada toda la planta, así que se plantea evaluar los tamaños de las plantillas obtenidas en los percentiles y con ellas se obtienen dos formas que pueden contribuir a la formación del arco interno. También se obtiene que la diferencia entre las dos nos permite conocer la altura del arco la cual es la misma obtenida en el análisis de los arcos respetando el tamaño y forma del pie.

**Figura 26.**

*Lateral del arco.*



Nota: Elaboración propia.

**Figura 27.**

*Modelos y creación de arcos.*



Nota: Elaboración propia.

**6.3.1 Prueba piloto arco**

Con estas dos alternativas para el diseño del arco se opta por manejar otro tipo de material mas liviano, pero resistente al peso como lo seria la goma eva, esta nos permite moldear y desbastar el arco de manera que se pueda hacer una transición aceptable para la planta del pie. Una vez realizadas se evalua cada una en la marcha para determinar cual de ellas tiene una mayor aceptacion por el pie y genera una menor incomodidad con la media.

**Figura 28.**

*Prueba piloto arcos goma EVA.*



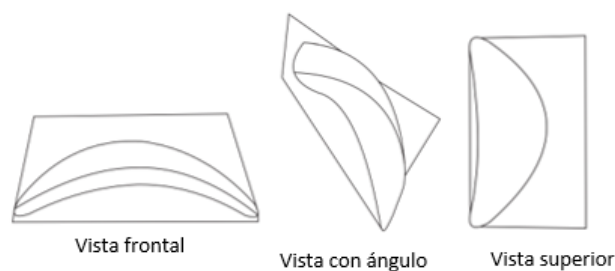
Nota: Elaboración propia.

### 6.3.2 Mejoras arco goma EVA

En la valoración de la marcha se obtiene que el arco de la parte derecha es el mas adecuado para el proceso de corrección pero se le realiza una variación debido a que al momento de estar en marcha la incomodidad generada en la parte interna del arco por la cantidad de material en esta parte hace que no se elongue lo suficiente el material para dar la pisada correctamente, por ello se realiza un desbaste de 1 cm de ancho y de forma diagonal, dandole mayor elasticidad a la pieza y permitiendo mejorar la marcha y pisada al usuario.

#### Figura 29.

*Modelado de arco goma EVA.*

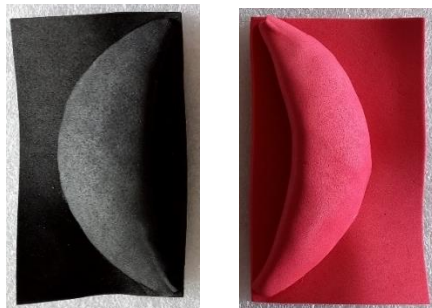


Nota: Elaboración propia.

Para proporcionar mayor comodidad, comprensión y estética al producto, se forra el arco con goma eva de 2mm de grosor, y para identificar el arco de cada pie, se determina el arco rojo para el pie derecho y el arco negro para el pie izquierdo. Adicional una lamina de goma eva para amoldar al momento de introducir dentro de la media, permitiendo abarcar el espacio destinado para el arco y no dando cabida al desplazamiento del arco dentro de la media.

**Figura 30.**

*Modelado de arco goma EVA con forro.*

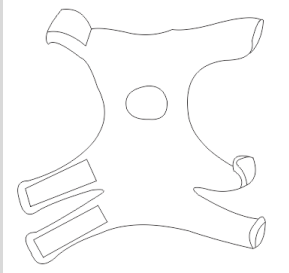


Nota: Elaboración propia.

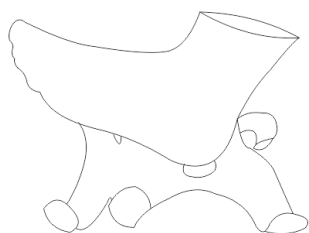
Se obtiene como resultado final un soporte el cual consta de dos componentes, una media que ayuda a estimular los músculos y tendones por parte de la presión constante a los puntos de apoyo y un arco en goma eva que contribuye a la formación del arco interno, favoreciendo la postura y corrigiendo esta malformación, estos dos componentes actúan de forma tanto directa como indirecta, ya que están pensados para utilizar en actividades diarias como en estado de reposo para que sean el doble de eficaces. Se complementa este proceso con un manual de uso, ejercicios y terapias con especialista, para obtener en menor tiempo resultados favorables.

**6.4 Modo de uso**

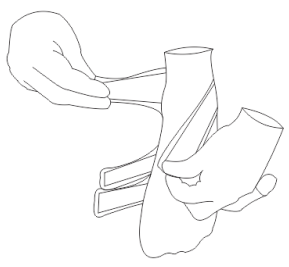
A continuación, se hace una descripción detallada de cada uno de los pasos a realizar para la utilización del soporte media y el arco goma EVA, esto, con el fin de evitar confusiones y optimizar su uso durante el tratamiento e igualmente, para generar una adecuada manipulación del producto por parte del usuario. Al igual que el desarrollo de sus respectivos ejercicios.

**Tabla 14.***Modo de uso del soporte media.*

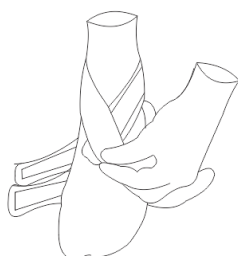
1. Identificar el derecho del soporte a partir de los velcros ásperos que van hacia la parte interna del pie y las dos bandas que deben posar sobre la planta del pie.



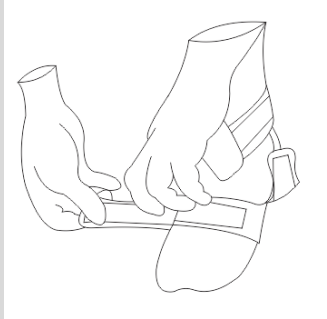
2. Ubicar el talón sobre el agujero inferior del soporte, de manera centrada logrando que las cuatro bandas ubicadas alrededor queden iguales.



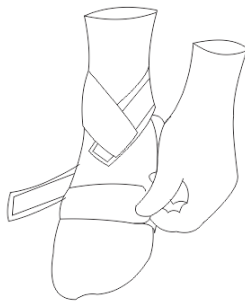
3. Con una mano, asar la primera banda (la parte del velcro suave) alrededor del tobillo hasta llegar a la parte superior del empeine. Se debe sostener con una mano.



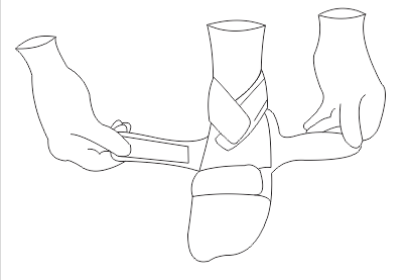
4. Con la otra mano tomar la otra banda (la parte del velcro áspero) y unir las donde se estaba sosteniendo anteriormente.



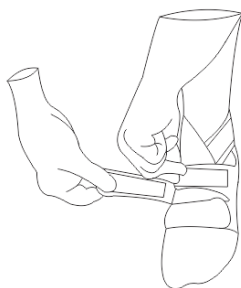
5. Tomar las bandas delanteras de la planta del pie y ubicarlas sobre el empeine en la banda que se encuentra en el exterior (hacia afuera) del pie, sosteniéndola.



6. Sobre la banda anterior se une la banda que se encuentra en el interior del pie de forma que se sienta la presión en el arco.



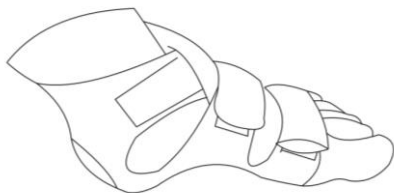
7. Se toman las bandas del medio de la planta del pie.



8. Se toman las bandas y se ubican sobre el empeine en la banda que se encuentra en el exterior del pie, sosteniéndola.



9. Sobre la banda anterior se une la banda que se encuentra en el interior del pie de forma que se sienta la presión en el arco.

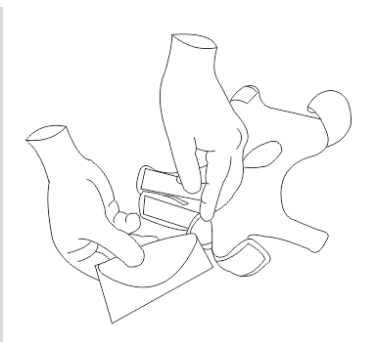


10. Finalmente, queda la media ajustada para poder realizar cualquier actividad, utilizar descalzo, en media o con el calzado.

Nota: elaboración propia

### Tabla 15.

*Para agregar el arco en goma.*



1. Para agregar el arco de goma, se toma la media y por la parte delantera, donde están las dos bandas seguidas, hay un agujero, se introduce por ahí la goma dejando la protuberancia del arco, por donde está el velcro áspero. Cada arco tiene su color para diferencia el pie al que corresponde, negro para el izquierdo, rojo para el derecho.

Una vez realizado este paso se procede con los anteriores ya que se maneja el mismo tipo de media para utilizar el soporte en goma EVA.

Nota: elaboración propia

## 6.5 Ejercicios

De acuerdo con la investigación realizada se determinaron los ejercicios adecuados para el fortalecimiento de los músculos y tendones que se puedan realizar desde la comodidad de la casa y con artículos de fácil acceso.

### Figura 31-41.

*Manual de ejercicios.*



## Mi kit!'

Durante este proceso haremos uso de 3 elementos esenciales



**Fisioterapeuta**  
Especialista que llevara a cabo las terapias, proceso y progreso de los niños.



**Soporte**  
Media y arco goma  
Que contribuirán a la formación del arco.



**Manual de ejercicios**  
Ideal para complementar desde la comodidad del hogar al proceso.


## Ejercicios





Se recomiendan para mejorar el apoyo del pie del niño tanto en bipedestación (parados) y durante la marcha (caminando) para fortalecer los músculos, ligamentos y tendones implicados en la estimulación del arco interno.


### 1. Arrugar



Consiste en extender la toalla en el piso, colocar la punta de los pies al borde de la toalla y recoger (arrugar) la toalla con los dedos de los pies, sostener durante 5 segundos.

Repetir esta acción 10 veces

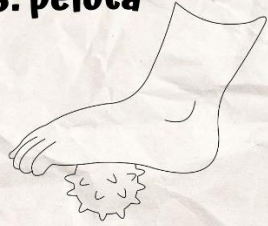
### 2. pinza



Ubicar las canicas en el suelo y recoger una por una con los dedos de sus pies y ponerlos en un recipiente.

Repetir esta acción 10 veces por pie

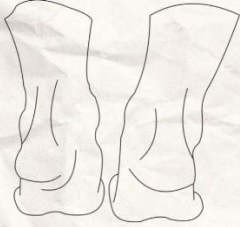
### 3. pelota



Ubicar la pelota en el suelo y poner la planta del pie sobre la pelota, moverla hacia adelante y atrás, procurando apoyar el borde externo del pie, y recorriendo toda la planta del pie, flexionando los dedos del pie.

Repetir esta acción 10 veces por pie

### 4. Talones juntos



Colocarse de pie con talones juntos y manos apoyadas en la pared, seguido ponerse de puntillas y mantener la posición 5 segundos

Repetir esta acción 10 veces

### 5. Talones separados



Colocarse de pie con pies juntos y talones separados y manos apoyadas en la pared, seguido ponerse de puntillas y mantener la posición durante 5 segundos.

Repetir esta acción 10 veces

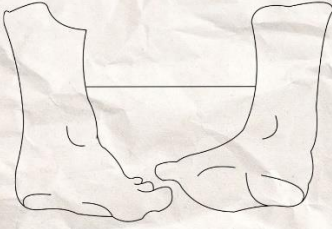
### 6. Talones



Colocarse de pie con pies juntos y manos apoyadas en la pared, apoyarse sobre los talones y mantenga la posición 5 segundos.


Repetir esta acción 10 veces

### 7. Caminar de puntillas

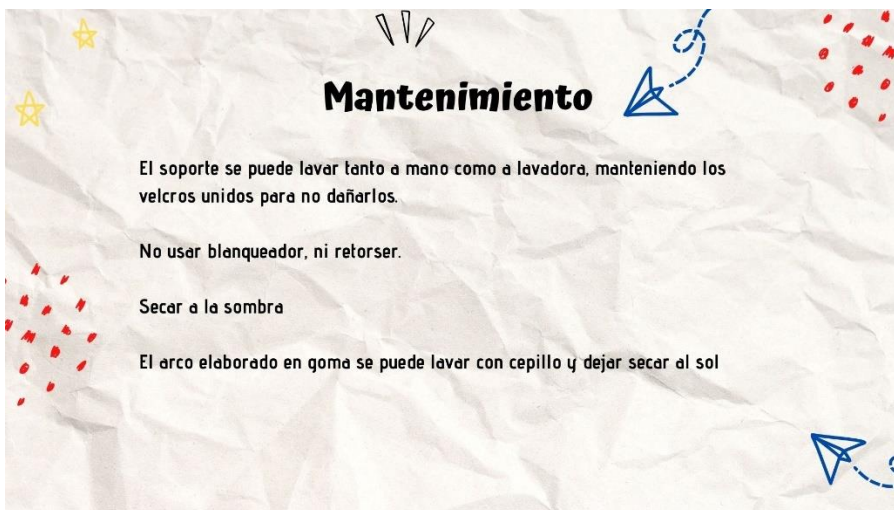
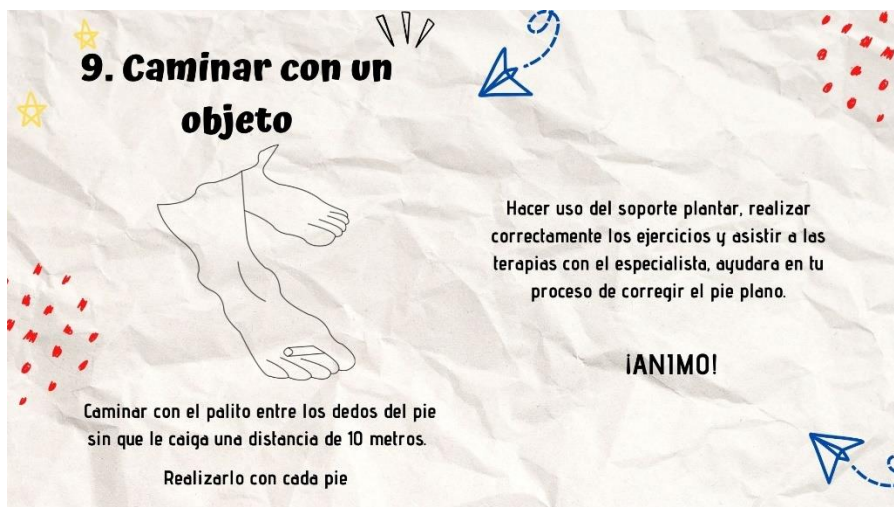


Caminar de puntillas una distancia de 10 metros

### 8. Caminar de talones



Caminar en los talones una distancia de 10 metros



Nota: elaboración propia

## 6.6 BRIEF

### Soporte plantar para el pie plano flexible en el tratamiento de corrección del arco interno en niños de seis a diez años.

<b>Esencia del producto</b>	<p>Permite mantener el pie libre y en contacto directo con las superficies para disminuir el nivel de severidad de la huella.</p> <p><b>Restricciones:</b> Nulo en niños que no tienen el pie plano</p> <p><b>Objetivo general:</b> Diseñar un soporte plantar para disminuir el grado de huella durante el tratamiento de corrección del pie plano flexible, con el propósito de evitar el abandono al tratamiento</p>
<b>Objetivo del proyecto</b>	<p>causado la afectación a la autoestima del niño y el fastidio de uso</p>

constante, favoreciendo la adherencia al soporte mediante el uso activo, pasivo y la estimulación de los músculos.

**Alcance:** Desarrollo de un prototipo funcional que permita la validación y verificación del cumplimiento del soporte propuesto.

### ¿Qué problema trata de solucionar?

La alteración en la formación anatómica del pie, el cual de no formarse o corregirse adecuadamente podría condicionar en el infante una alteración mecánica la cual afectara la postura, la motricidad del niño y su capacidad de desempeñarse tanto física, intelectual, sensorial, social y psicológicamente con su entorno.

Este diagnóstico se trata actualmente con plantillas u calzado ortopédico el cual en la mayoría de los casos genera incomodidad y constante abandono al tratamiento.

### Posicionamiento

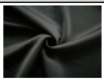




Al considerar que las causas para el diagnóstico de pie plano flexible en niños pueden ser variadas, de acuerdo al grado de dificultad en que se encuentra, se puede mejorar la calidad de vida de los niños que lo padecen, por ello se ofrece a los acudientes de los niños un soporte que corregirá la formación del arco del pie, mejorando la calidad de vida de los niños y previniendo un pie plano rígido a futuro.

<b>Stakeholders</b>	<p>Niños y niñas de 6 a 10 años de edad Hombres y mujeres de 25 a 60 años, clase media, acudientes de los niños y niñas. Profesionales y especialistas en el área de ortopedia y fisioterapia.</p>
<b>Contexto</b>	<p>Participantes: Diseñadores industriales Fisioterapeutas <b>Condiciones ambientales:</b> Temperatura entre 18°C y 22°C. Se puede exponer a la humedad. <b>Condiciones sociales:</b> Se puede hacer uso del soporte con o sin calzado en lugares públicos o en el hogar.</p>
<b>Actividad</b>	<p>Descripción de la actividad que se realiza para utilizar el soporte</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tener los pies limpios</li> <li>2. Ubicar el arco al interior de la media</li> <li>3. Ubicar la media y ajustar los velcros</li> <li>4. Opcional el uso del calzado según el espacio en el que se encuentre</li> <li>5. Hacer uso del soporte medio día ya sea mañana o tarde</li> <li>6. Retirar y guardar.</li> </ol> <p><b>Duración:</b> de 6 a 8 horas diarias, durante 4 meses. <b>Riesgo:</b> Cansancio en los pies ya que es un nuevo proceso al que se está sometiendo.</p>

**Medidas de protección:** Seguimiento por parte de un especialista para evitar lesiones.

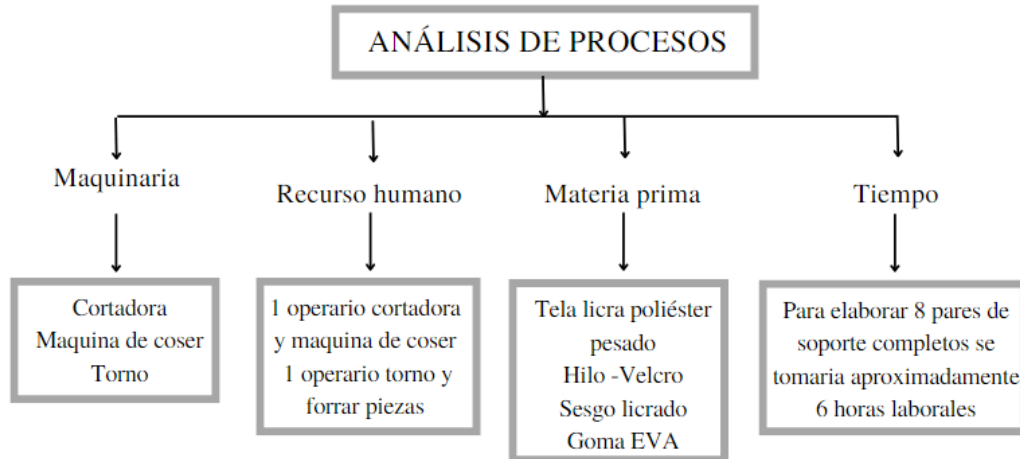
## 6.7 Lista de materiales BOM

Se elabora la lista de los materiales necesarios para construir y fabricar el soporte, incluyendo la información adecuada de donde se consiguieron los mismos para la elaboración del soporte y en que cantidades se dispuso para su elaboración.

BILL OF MATERIALS (BOM) SOPORTE PLANTAR												
Cod.	ITEM	IMAGEN	CANTIDAD	TIPO	Ref.	MATERIAL	PROVEEDOR	PRESENTACIÓN	COSTO UNITARIO MATERIA	CANTIDAD MATERIA	COSTO TOTAL MATERIA	NOTA
AB 01	Base media		1	Parte	Planos	Tela poliester spandex pesado	KILOS - ENCAJES	Rollo de 1,5 Mts de ancho	\$ 20.000,00	2	\$ 40.000,00	Se utilizaron 2 metros de largo por 1,50 metros de ancho, para la elaboración de los soportes
AB 02	Base arco		1	Parte	Planos	Goma EVA 1,5 mm	DISTRIBUIDORA DE SUELAS E INSUMOS	LAMINA DE 1 M X 1 M X 1,5 mm	\$20.000	1,00	\$20.000	Se utilizo 1/4 de la lamina para la elaboración de los soportes
AB 03	Hilo		1	Unidad	Planos	Hilo de costura color negro	KILOS - ENCAJES	Rollo	\$7.000	1	\$7.000	Se utilizo un rollo de hilo para la costura de todos los soportes realizados
AB 04	Sesgo		1	Metros	Planos	Sesgo licrado color negro	KILOS - ENCAJES	Rollo de 1,5 cm de ancho	\$800	3	\$2.400	Se utilizaron 3 metros de sesgo icrado para forrar los bordes del talon en los soportes.
AB 5	Velcro		1	Metros	Planos	Velcro negro	KILOS - ENCAJES	Rollo de 3 cm de ancho	\$2.000	5,00	\$10.000	Se utilizaron 5 metros de velcro para la union de los soportes.

## 6.8 Diagrama análisis de procesos

En el análisis del proceso se realizaron los diagramas de flujo del proceso. Para ello se utilizaron tres categorías con el objetivo de clasificar cada una de las tareas y así visualizar el flujo de procesos que tienen cada una de sus actividades. Adicional se suministra el tiempo promedio que se utilizó para realizar 8 pares de soportes.

**Figura 32.***Esquema análisis de procesos.*

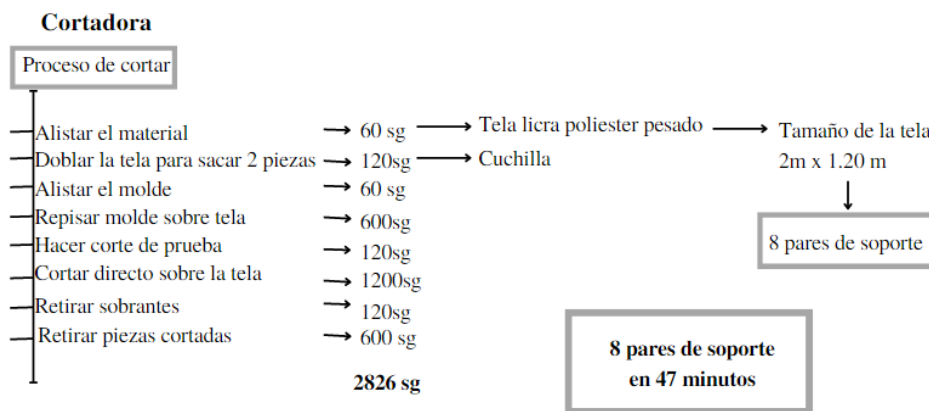
Nota: Elaboración propia

En este diagrama se describirá por medio de la maquinaria que se utilizó para realizar el soporte de prueba y así identificar los tiempos específicos de cada una de las tareas para elaborar un solo par de soporte y así realizar una aproximación del tiempo que tardaría elaborar 8 pares de este, en donde se especifican las operaciones de trabajo y los elementos que se necesitaron para dicha actividad. Este proceso se realizó de manera manual, a tijera y no se presenta ninguna dificultad con el tipo de tela y el molde a seguir.

Para realizar el corte del soporte se hace uso de tijeras, debido a la cantidad de piezas que se fabricaran para el soporte evaluado. No se presenta ninguna dificultad para realizar estas actividades.

**Figura 33.**

*Diagrama de herramienta 1.*

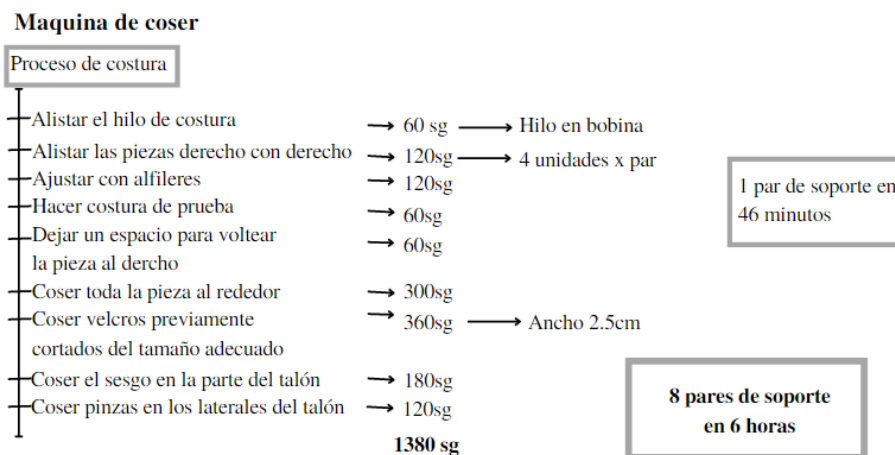


Nota: elaboración propia

Para realizar la costura del soporte se hace uso de una sola maquina plana, la cual brinda la puntada necesaria para unir las piezas, adherir el velcro y añadir el sesgo licrado. No se presenta ninguna dificultad para realizar estas actividades.

**Figura 34.**

*Diagrama de herramienta 2.*

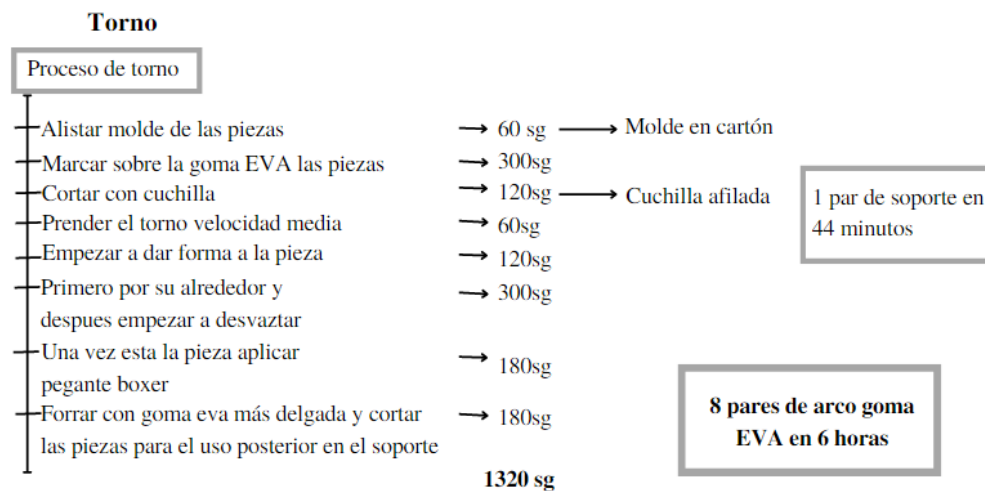


Nota: Elaboración propia

Para la tarea de torno, se reemplazó con un mototull dado que no se contaba con un torno en el momento y este podía reemplazar su función a la perfección ya que se iba a trabajar con piezas pequeñas. Durante este proceso se hace uso de mascarilla facial por el polvo generado.

### Figura 35.

Diagrama de herramienta 3.



Nota: elaboración propia

Al final del proceso se obtiene que, realizando un proceso industrial, con 2 operarios en 6 horas laborales se obtendría un total de 8 pares de soporte plantar. De acuerdo con las medidas y especificaciones determinadas por la talla del soporte.

## 7. VALIDACIÓN DEL SOPORTE

Durante 16 semanas se valida el uso del soporte plantar en 4 niños entre las edades de 6 y 10 años, los cuales son 2 niños y 2 niñas, quienes cuentan con pie plano flexible y desean participar en el tratamiento para la corrección de sus arcos internos, con el objetivo de eliminar los dolores e incomodidad causados por este diagnóstico y lograr a su vez una disminución en la severidad de la huella.

### 7.1 Fabricación

Se realizó el diseño de un kit para el fortalecimiento del arco del pie durante el tratamiento al cual se le denominó ARQUEA2. Este kit está compuesto por un par de medias, un par de arcos en goma eva, un manual de uso con su correspondiente instructivo para la realización de ejercicios y otros complementos para realizarlos desde casa (toalla, canicas, pelota de goma con textura), adicionalmente, se enfatizó en la importancia de realizar la respectiva terapia con el fisioterapeuta cada 15 días con el objetivo de evitar lesiones y estimular los músculos y tendones del pie.

#### Figura 36.

*Kit para terapia de corrección de pie plano.*



Nota: Elaboración propia

## **7.2 Protocolo de validación**

Se elabora un protocolo de validación para la evaluación del soporte plantar media y goma eva con base en criterios de usabilidad, en el que plantea evaluar un soporte plantar con diferente interfaz considerando dimensiones de usabilidad en términos de eficiencia, eficacia y satisfacción percibida por el usuario, esto con el objetivo de encontrar problemas en usabilidad con los cuales cuenta el soporte plantar y el nivel de usabilidad de este, se evaluarán usuarios reales que desarrollen la tarea planteada. Estudio observacional transversal, tomando datos de manera prospectiva. El documento completo se encuentra en el anexo G.

## **7.3 test de Jack y plantigrafía**

Para determinar en qué grado de severidad se encuentra la huella de los niños, se determina visualmente, con la figura ya establecida según (Perice 2000). Se evalúa la planta física de un niño que tiene formado el arco interno del pie en estos rangos de edad, se hace una tabla niveles de referencia de las medidas según cada grado de severidad para así definir el grado en que los participantes inician y terminan el tratamiento.

### ***Figura 37.***

Nivel de referencia planta de pie.



Grado de severidad	Rango en centímetros
<b>I</b>	2.5 – 3.5
<b>II</b>	3.6 – 4.5
<b>III</b>	4.6 – 5.5
<b>IV</b>	5.6 – 6.5 o más

Nota: Elaboración propia

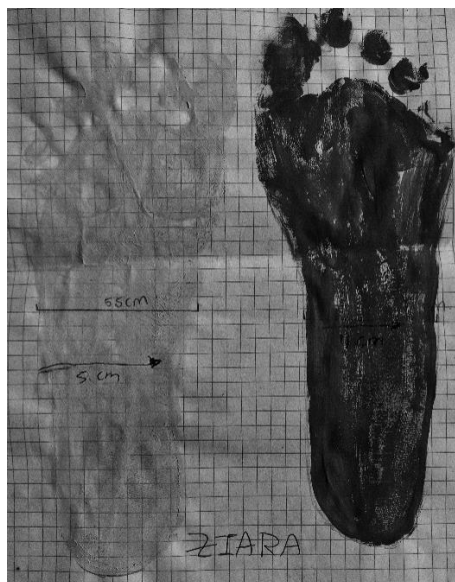
### 7.3.1 Diagnóstico inicial

El fisioterapeuta procede a realizar la prueba de Jack y la plantigráfica a cada uno de los participantes con el objetivo de determinar las medidas de la planta del pie al inicio del tratamiento y así determinar como el uso adecuado del soporte y el tratamiento planteado contribuirá a la corrección y formación del arco interno.

#### Participante # 1

**Edad:** 7 años

**Actividad:** Estudiante

**Figura 38.***Estudio inicial participante #1.***Diagnóstico inicial**

La participante # 1 presenta pie plano de grado III (5.5 cm) en el pie izquierdo por lo cual se nota la protuberancia en el medio pie.

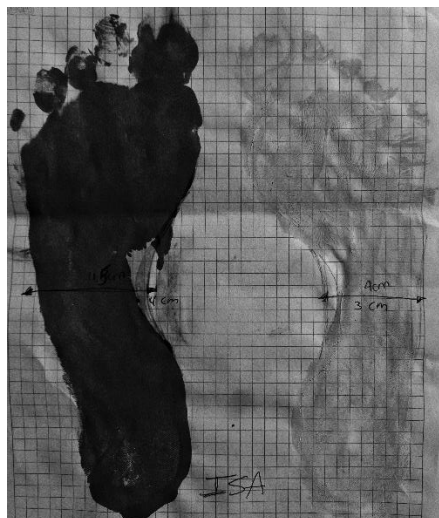
En el pie derecho el pie plano (4.5 cm) es un poco menos pronunciado, se encuentra en grado II.

Nota: plantigrafía inicial participante 1

**Participante # 2**

**Edad:** 10 años

**Actividad:** Estudiante - Deportista

**Figura 39.***Estudio inicial participante #2.***Diagnóstico inicial**

La participante #2 cuenta con un pie plano de grado II en el pie izquierdo (4.5 cm) a igual que en el pie derecho (4.0 cm)

La participante hace un año utilizo por 6 meses plantillas ortopédicas, pero aun presenta dolor en la planta del pie. No continuo con el tratamiento debido a que no podía asistir continuamente.

Nota: Plantigráfica inicial participante 2.

**Participante # 3**

**Edad:** 9 años

**Actividad:** Estudiante

**Figura 40.**

*Estudio inicial participante #3.*

**Diagnóstico inicial**

El participante #3 cuenta con un pie plano de grado IV en el pie izquierdo (6.0 cm) y pie derecho (6.4 cm) por lo cual se nota la protuberancia que se marca en el medio pie.

Nota: Plantigrafía inicial participante 3.

**Participante # 4**

**Edad:** 7 años

**Actividad:** Estudiante – Deportista

**Figura 41.**

*Estudio inicial participante #4.*

**Diagnóstico inicial**

El participante #4 cuenta con un pie plano de grado IV en el pie izquierdo (6.5 cm) por lo cual se nota la protuberancia que se marca en el medio pie.

En el pie derecho (5.2 cm) cuenta con un grado III de severidad.

Nota: Plantigrafía inicial participante 4.

**8.USO DEL SOPORTE EN CONTEXTO REAL**

Una vez realizada la prueba de Jack y la plantigrafía a los usuarios al inicio de tratamiento se procede a explicar el soporte, los componentes, el modo de uso, ejercicios y terapias que contribuyen a que durante el tiempo de tratamiento se obtengan resultados significativos para disminuir la severidad de huella.

Una vez entregados los soportes a los niños y acudientes, se acuerda con el fisioterapeuta las terapias cada 15 días durante 16 semanas de las cuales se espera que asistirán en promedio 8 veces, esto con el objetivo de prevenir lesiones futuras y llevar un control de la corrección del arco y de la compatibilidad con el soporte. Para las terapias se asistirá al centro médico del fisioterapeuta, el cual se encuentra ubicado en el barrio el Carmen de Floridablanca, lugar que queda cercano a todos los usuarios para evitar la inasistencia al tratamiento.

#### **Figura 42.**

*Entrega del kit a los participantes del tratamiento.*



Nota: Niños que hicieron uso del soporte plantar.

Durante el transcurso de las 16 semanas se realizarán masajes, ejercicios y el uso constante del soporte 6 horas la media y otras 6 horas media con el arco de goma EVA. No se evaluará de nuevo la plantigrafía ya que se espera tomar de nuevo al finalizar el tratamiento, así durante este tiempo se podrá hacer un análisis comparativo en cuanto al grado de severidad de la huella con el que iniciaron y con cual finalizan el tratamiento y que mejoras presentaron los niños.

**Figura 43.**

*Terapias.*



Nota: Masajes realizados a los participantes durante las terapias.

**Figura 44.**

*Ejercicios realizados en casa.*



Nota: Participante realizando los ejercicios planteados en el tratamiento desde su casa.

**8.1 Diagnostico final**

Pasadas las 16 semanas de tratamiento se determina que en todos los niños se logró una disminución del grado de la severidad de la huella, en unos más significativos que en otros debido a la constancia aplicada durante el tratamiento. A continuación, se realiza una explicación de los

datos obtenidos mediante la plantigrafía que se tomó al inicio y al final del tratamiento a cada uno de los participantes, y con ello se determina en que porcentaje y grado se puede disminuir la severidad de la huella en cada uno de los pies.

**Figura 45.**

*Diagnóstico final participante #1.*



Presentaba pie plano de grado III en el pie izquierdo y grado II en el pie derecho. Se obtuvo resultados significativos, ya que su constancia durante el tratamiento fue permanente durante los cuatro meses, durante este tiempo de tratamiento logró una corrección del arco favorable disminuyendo entre el 40% y 20%, la planta del pie a grado I (pie derecho 3.5 cm, pie izquierdo 3.0 cm).

**Figura 46.**

*Diagnóstico final participante #2.*



Presentaba pie plano de grado II en ambos pies. Se obtuvo resultados significativos, ya que su constancia durante el tratamiento fue permanente durante los cuatro meses, durante este tiempo de tratamiento se logró una corrección del arco favorable disminuyendo entre el 20%, la planta de ambos pies a grado I (pie derecho 3.5 cm pie izquierdo 3.3 cm).

**Figura 47.**

*Diagnóstico final participante #3.*



Presentaba pie plano de grado IV en ambos pies. Se obtuvo resultados positivos, aunque no los esperados, debido a que su constancia durante el tratamiento fue interrumpida a los tres meses, durante este tiempo de tratamiento se logró una corrección del arco favorable disminuyendo entre el 20%, la planta de los pies a grado III (Pie derecho 5.3 cm, pie izquierdo 5.5cm).

**Figura 48.**

*Diagnóstico final participante #4.*



Presentaba pie plano de grado III en el pie derecho y IV en el izquierdo. Se obtuvo resultados positivos, aunque no los esperados, debido a que su constancia durante el tratamiento fue interrumpida a los tres meses, durante este tiempo de tratamiento se logró una corrección del arco favorable disminuyendo entre el 40%, la planta del pie derecho a grado II (4.5 cm) y el pie izquierdo a grado III (4.6 cm).

## 9. RESULTADOS

Analizadas las plantigrafía tomadas al inicio y final del tratamiento se tabulan las medidas obtenidas del ancho del pie en el arco interno (medio pie) en centímetro obtenidos al inicio del tratamiento y al final del tratamiento. También durante cuánto tiempo usaron correctamente el soporte cada uno de los participantes y asistieron al tratamiento.

**Tabla 16.**

*Resultados de datos iniciales y finales.*

Niños	Inicio 22/05/22		Final 22/09/22		Diferencia en cms		Tiempo de tratamiento
	Pie Der.	Pie Izq.	Pie Der.	Pie Izq.	Pie Der.	Pie Izq.	
<b>P1</b>	4.5	5.5	3.5	3.0	1.0	2.5	4 meses
<b>P2</b>	4.0	4.5	3.5	3.3	0.5	1.2	4 meses
<b>P3</b>	6.4	6.0	5.3	5.5	1.1	0.5	3 meses
<b>P4</b>	5.2	6.5	4.5	4.6	0.7	1.9	3 meses

Grado de severidad	Rango en centímetros
<b>I</b>	2.5 – 3.5
<b>II</b>	3.6 – 4.5
<b>III</b>	4.6 – 5.5
<b>IV</b>	5.6 – 6.5 o más

Niños	Grado de huella inicial		Grado de huella final	
	Pie Derecho	Pie Izquierdo	Pie Derecho	Pie Izquierdo
<b>P1</b>	II	III	I	I
<b>P2</b>	II	II	I	I
<b>P3</b>	IV	IV	III	III
<b>P4</b>	III	IV	II	III

Nota: elaboración propia.

## 10. CONCLUSIONES

En la investigación llevada a cabo se desarrolló el diseño de un soporte plantar que está compuesto por dos elementos, unas medias y un arco en goma los cuales tienen la función de disminuir la severidad de la huella plantar, corregir el pie plano flexible en niños de 6 a 10 años y contribuir a la formación del arco interno del pie. Alrededor de este diseño se maneja un tratamiento el cual consta de ejercicios para realizar en casa con elementos sencillos y de fácil acceso, además, se trabajó junto a un profesional en el área de la fisioterapia para realizar terapias cada 15 días con el fin de rehabilitar adecuadamente el arco, los músculos y tendones del usuario, mediante masajes para evitar posibles lesiones.

Este soporte se evaluó durante 16 semanas en dos niñas en las cuales se evidenció que, bajo el uso constante y el seguimiento adecuado, el tratamiento logró disminuir la severidad de su huella en ambos pies al grado I, el cual es fisiológico y se encuentra entre los parámetros de normalidad, comparados con un niño que ya tiene a esta edad el arco formado. También se obtiene como resultado que su postura y actividades en la vida cotidiana se ven mejoradas gracias a la corrección del arco interno del pie, se evidencia en el diagnóstico emitido por el fisioterapeuta que la presencia del dolor en las partes inferiores del cuerpo y caídas relacionadas con el equilibrio fueron disminuyendo hasta dejar de estar presentes en su cotidianidad. También se realizan entrevistas a los padres y niños con respecto al producto como se sintieron con relación al producto.

Por otra parte, en el caso de los niños debido a causas familiares se suspendió el tratamiento a las 12 semanas, no obstante, sin completar el tiempo esperado de uso se obtuvieron resultados

favorables, ya que en ambos niños se presentó la disminución de 1 grado de severidad en sus huellas plantares, con lo cual se puede determinar que de haber terminado el tiempo planteado para el tratamiento posiblemente se hubieran logrado resultados aún más evidentes.

Como resultados finales se obtiene un diseño de producto que en comparación con los productos que existen actualmente en el mercado está claramente enfocado hacia la corrección del pie plano flexible en niños de 6 a 10 años de edad, esto, debido a que este diseño está determinado por tallas y sexo de cada usuario, a partir de una medición determinada por los percentiles de cada uno de los niños. Por lo anterior, se elaboraron 4 tallas, en la talla 6 se maneja el mismo tamaño para niñas y niños (talla 26) ya que su diferencia en medidas percentiles es menor a 0.3cm, a diferencia de la talla 8 donde se manejan diferentes medidas en el soporte ya que su diferencia redondeaba los 0.5cm siendo necesaria la diferencia en una talla más, por ello se determinó para las niñas (talla 28) y para los niños (talla 29). En cuanto a la talla 10 se maneja el mismo tamaño para niñas y niños (talla 32) ya que su diferencia en medidas percentiles es menor a 0.3cm.

## **11. RECOMENDACIONES**

Para finalizar, se recomienda la elaboración del soporte en otro tipo de tela que permita más elasticidad y sea más delgada, ya que su uso permitirá que los puntos de apoyo se mantengan fijos. También el uso de un hilo para las costuras más licrado permitiendo que al momento de estirar el producto no se revienten sus fibras.

En cuanto al color aplicado el estudio arrojó el uso de colores neutros los niños recomiendan que el uso de estampados como dibujos de moda, incentivaría más el uso del soporte.

## REFERENCIAS

Alarcón, J. Llorens, A. Ormeño, G. (2017). Ingeniería Kansei aplicada a un estudio referido a cinco maderas comerciales de Chile. <https://www.redalyc.org/journal/617/61760317001/html/>

BiocorpEurpa. (2019). El kinesiotaping combinado con ejercicios de fortalecimiento obtiene mejores resultados en el tratamiento de los pies planos funcionales. <http://temtex.es/efecto-del-kinesiotaping-tratamiento-del-pie-plano-funcional/>. TEMTEX.

Blandford, A. (2013). Semi-structured qualitative studies. En *IDF, The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed*

Congreso de la República de Colombia. (2007). Ley 1145 de 2007 Por medio de la cual se organiza el Sistema Nacional de Discapacidad y se dictan otras disposiciones. Colombia. [https://oig.cepal.org/sites/default/files/2007\\_ley1145\\_col.pdf](https://oig.cepal.org/sites/default/files/2007_ley1145_col.pdf)

Mañero, I. (2012). Sistema ergonómico de amortiguación en muletas. <https://docplayer.es/25134391-Sistema-ergonomico-de-amortiguacion-en-muletas.html>. Doc player

Congreso de la República de Colombia. (2013). Ley estatutaria 1618 de 2013, por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. Colombia.

<https://discapacidadcolombia.com/phocadownloadpap/LEGISLACION/LEY%20ESTATUTARIA%201618%20DE%202013.pdf>

Cordero, A. Augusto, X. (2019). Desarrollo de ortesis (férula) de tobillo y pie obtenido mediante técnica de escaneo, análisis CAD/CAE y prototipo rápido en 3D. (trabajo de titulación para maestría en manufactura y diseño asistidos por computador). Universidad de las fuerzas armadas. Ecuador.

Costa, M. Los avances tecnológicos. 10(2). 76. Revista argentina de artroscopia. [https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/images/artroscopia/volumen-10-nro-2/10\\_02\\_editorial.pdf](https://www.revistaartroscopia.com/ediciones-anteriores/images/artroscopia/volumen-10-nro-2/10_02_editorial.pdf)

DHgate. <https://www.dhgate.com/product/correct-flat-foot-arch-support-orthopedic/410290270.html>.

Dorca, A., Céspedes, T., Concustell, J. y Sacristán, S. (1999). Avances en ortopodología. 79. 596-601. Revista española de podología. Madrid. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/21140/1/199979596.pdf>

Duarte, C. Villamizar, H. (2006, junio). Diseño de una ortesis para la rehabilitación del tobillo con esguince tipo III por inversión. Vol. 5 Núm. 1. Revista UIS ingenierías. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/1768/2150>

De la rubia, A. Estudio biomecánico de la pisada. Dr. Ángel de la rubia. <https://www.angeldelarubia.es/estudio-de-la-pisada/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010). *Censo General 2005*.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). *Censo Nacional de Población y*

*Vivienda* 2018. (Visitado en agosto de 2021).

<https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-presentacion-funcionamiento-humano.pdf>

Daza, J. (Ed.). (2007). Evaluación clínico-funcional del movimiento corporal humano. Editorial medica panamericana.

Echarri, JJ. y Forriol, F. (2003). The development in footprint morphology in 1851 Congolese children from urban and rural areas, and the relationship between this and wearing shoes. *J Pediatr Orthop B*. 12(2), 141-6. doi: 10.1097/01.bpb.0000049569.52224.57. PMID: 12584500.

Filardi, V. (2018, septiembre). Pie plano y pie normal un análisis comparativo de la protección contra el estrés. 15(3), 820-825. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2018.08.002>

García, CG. (2017, enero). Pies planos. *Traumatología infantil*. <https://www.traumatologiainfantil.com/es/pie/pies-planos>

Gonzales, D. (2015). El pie, su estructura, sus arcos y los tipos de pies según estos arcos. <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/el-pie-su-estructura-sus-arcos-y-los-tipos-de-pies-segun-estos-arcos>

Gutiérrez de rosas, P. (2013, febrero). Una visión histórica de la cirugía ortopédica y traumatológica a través del desarrollo de los bioimplantes. (tesis grado de enfermería). Universidad de Cantabria. España.

Galeano, R. (2008). Diseño centrado en el usuario. *Revista educación, comunicación y tecnología*. Vol 2, N° 4. Medellín, Colombia.

<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6524/Dise%C3%B1o%20centrado%20en%20el%20usuario.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hertel, J. (2002). Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Tren J Athl*; 37 (4): 364–375.

Jane, MacKenzie., Rome, K. y Evans, AM. (2012, diciembre). The efficacy of nonsurgical interventions for pediatric flexible flat foot: a critical review. *J Pediatr Orthop*. 32(8), 830-4. [https://journals.lww.com/pedorthopaedics/Abstract/2012/12000/The\\_Efficacy\\_of\\_Nonsurgical\\_Interventions\\_for.17.aspx](https://journals.lww.com/pedorthopaedics/Abstract/2012/12000/The_Efficacy_of_Nonsurgical_Interventions_for.17.aspx)

López, M. (2017, abril). Características del tratamiento pasivo y del activo. Vitónica. <https://www.vitonica.com/fisioterapia/tratamiento-pasivo-o-tratamiento-activo-en-fisioterapia>

Medina, M., Almoril, P., Alfaro, M., y Dominguez, G. (2016). Pruebas clínicas para la valoración del pie plano adquirido en el adulto por disfunción del tendón del tibial posterior. 17(3), 88-93.

Najarro, M. (2016). Diseño Emocional — Ingeniería Kansei. Blog interactius. <https://blog.interactius.com/dise%C3%B1o-emocional-ingenier%C3%ADa-kansei-90ddf280e273>

Nogueras, A., Arenillas, L., Orejuela, J., Barbero, J. y Sánchez, C. (1999, enero). Fases de la marcha humana. 2(1), 44-49. Revista iberoamericana de fisioterapia y kinesiología. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-iberoamericana-fisioterapia-kinesiologia-176-articulo-fases-marcha-humana-13012714>

Napolitano, C., Walsh, S., Mahoney, L. y McCrea, J. (2000, julio). Risk factors that may adversely modify the natural history of the pediatric pronated foot. *Clin Podiatr Med Surg.* 17(3), 397-417. PMID: 10943496.

Para pupas. (2020). Diccionario de ortopedia. <https://parapupas.com/diccionario-de-ortopedia/>

Parra, J. y Bueno, A. (2011). El pie plano: las recomendaciones del traumatólogo infantil al pediatra. *Pediatría Atención Primaria*, 13(49), 113-125. Recuperado en 11 de agosto de 2021, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322011000100012&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322011000100012&lng=es&tlng=es).

Rojas, C. (2007). Rehabilitación y tratamiento ortésico en pacientes con pie plano. <https://www.efisioterapia.net/articulos/rehabilitación-y-tratamiento-ortésico-pacientes-pie-plano>.

Saldívar, H., Garmendia, A., Rocha, M. y Pérez, P. (2015). Obesidad infantil: factor de riesgo para desarrollar pie plano. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 72(1), 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.bmhix.2015.02.003>

Salazar, C. (2007, abril). Pie plano, como origen de alteraciones biomecánicas en cadena ascendente. 29(2), 80-89. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(07\)74418-8](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(07)74418-8)

Shopee. <https://shopee.com.co/Plantilla-Ortop%C3%A9dica-De-Apoyo-De-Arco-De-Pie-Plano-EVA-Accesorios-De-Deportiva-Para-Hombres-Y-Mujeres-i.441009245.11812316633>

Úbeda, V. La biomecánica del pie y su relación con la técnica de carrera. Técnica de carrera. <http://www.tecnicadecarrera.com/la-biomecanica-del-pie-y-su-relacion-con-la-tecnica-de-carrera/>

Vergara, E. (2012). Prevalencia de pie plano en escolares entre 3 y 10 años. Estudio de 2 poblaciones diferentes geográfica y socialmente. Colombia médica. 43(2). 141-146. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-95342012000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342012000200006&lng=en&nrm=iso). ISSN 1657-9534.

VITHAS NEURORHB. (2017, diciembre). Ejercicios para niños con pie plano y afectación neurológica. Neurorrehabilitación de Hospitales Vithas. <https://neurorhb.com/blog-dano-cerebral/ejercicios-para-ninos-con-pie-plano-y-afectacion-neurologica/>

Viladot, A. (Ed.). (2000). Quince lecciones sobre patología del pie. Springer-Verlag Ibérica, Barcelona

Viladot, A. (2003, noviembre). Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. 30(9), 469-477. Revista española de reumatología. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-articulo-anatomia-funcional-biomecanica-del-tobillo-13055077>