

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL DE PLANTILLAS
ORTOPÉDICAS PARA DIABÉTICOS

JIMENA PATIÑO NAVAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2005

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL DE PLANTILLAS
ORTOPÉDICAS PARA DIABÉTICOS

JIMENA PATIÑO NAVAS

Trabajo de grado presentado como requisito
parcial para optar por el título de
DISEÑADOR INDUSTRIAL.

Directora: ISABEL CONSUELO BECERRA
Diseñadora Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FICOMECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2005

AGRADECIMIENTOS

*A mis Padres que con su apoyo hicieron posible que hoy sea
Diseñadora Industrial.*

*A la profesora Isabel Consuelo Becerra por la asesoría prestada
Para el desarrollo de este proyecto.*

*A todos mis amigos diseñadores por su ingenio y creatividad,
a todos los profesionales de la medicina que colaboraron.*

DEDICATORIA

A mi abuelito Lorenzo por haberme hecho entender que vivir con diabetes no es fácil y que necesita del talento humano en diferentes áreas del conocimiento para mejorar la vida de estas personas.

A mi Mamí que su esfuerzo durante estos años permitió que hoy sea Diseñadora Industrial.

A mi Papá, hermanos, familiares y amigos.

JIMENA

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS PARA DIABÉTICOS*

AUTOR: PATIÑO Navas, Jimena**

PALABRAS CLAVES: Diabetes mellitus, pie diabético, plantillas, ortesis plantares, prevención.

RESUMEN:

La diabetes es una enfermedad que afecta al miembro inferior con la aparición del pie diabético, dicha alteración empieza su desarrollo con trastornos de sensibilidad y problemas circulatorios en los pies, cualquier herida o laceración lleva a la aparición de una úlcera y en su etapa final a la amputación del miembro inferior. El presente proyecto está enfocado a la fase preventiva, es decir a postergar la aparición de úlceras plantares, mediante la estimulación de la irrigación sanguínea en la planta del pie por medio de plantillas ortopédicas.

Las plantillas ortopédicas fueron desarrolladas teniendo en cuenta conceptos anatómicos, ergonómicos, biomecánicos, antropométricos y productivos. La propuesta final se caracteriza por una superficie con textura que al realizar contacto con el pie estimula la irrigación sanguínea. Además protege la almohadilla plantar por medio de una superficie blanda y redistribuye cargas con módulos de presión puntual.

La experimentación del proyecto concluyó que las plantillas pueden ser utilizadas por pacientes diabéticos que están en las primeras etapas de desarrollo de la enfermedad y no hayan iniciado la sintomatología del pie diabético.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial; Directora: Isabel Consuelo Becerra

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FUNCTIONAL MODEL OF ORTHOPEDIC INSOLES FOR DIABETICS*

AUTHOR: PATIÑO Navas, Jimena**.

KEY WORDS: Diabetes mellitus, diabetic foot, orthopedist soles, insoles, prevention.

SUMMARY:

The diabetes is an illness that affects the inferior member with the apparition of the diabetic foot; this alteration begins to be developed with sensibility dysfunctions and circulatory problems in the feet, any wound or laceration takes to the apparition of one ulcer and in its final stage to the inferior member's amputation. The present project is focused to the preventive phase, that is to say to defer the appearance of sole ulcer, by means of the stimulation of the sanguine irrigation in the plant of the foot by means of orthopedic insoles.

This orthopedic insoles were developed keeping in mind anatomical, ergonomic, biomechanicals, anthropometrics and productive concepts. The final proposal is characterized by a surface with texture that stimulates the sanguine irrigation when enter in contact with the foot. It also protects the pad of plant by means of a soft surface that redistributes loads with modules of punctual pressure.

The experimentation of the project concludes that the insoles can be used by diabetic patients that are in the first stages of the illness development and have not begun the diabetic foot symptoms.

* Project of Grade.

** Physical-Mechanical Engineerings Faculty. Industrial Design School. Director: Isabel Consuelo Becerra.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. JUSTIFICACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	2
1.4 MARCO TEORICO	3
1.4.1 Aspecto Humano	3
1.4.1.1 Anatomía del Pie	3
1.4.1.2 Biomecánica del Pie	23
1.4.1.3 Fórmula Metatarsal	41
1.4.1.4 Fórmula Digital	42
1.4.1.5 Diabetes Mellitus	43
1.4.1.6 Pie diabético	45
1.4.2 Aspecto Expresivo – Formal	62
1.4.3 Aspecto Formal – Estético	63
1.4.4 Aspecto Técnico	64
1.4.4.1 Materias Primas	64
1.4.4.2 Procesos de fabricación de ortesis	70
1.5 ANÁLISIS DE MERCADO	80
1.5.1 Ortesis plantares	81
1.5.2 Análisis de Estado Actual	91
1.6 ANÁLISIS DE FUNCIONES	101
1.6.1 Función Práctica	101
1.6.2 Función Sensible	113
1.7 CUADRO DE PRINCIPIOS FÍSICOS	114

1.8 NORMAS DE SEGURIDAD	116
1.9 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	118
1.9.1 Requerimientos y Obligaciones	118
1.9.2 Restricciones	120
1.10 ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA	121
 2. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS	 123
2.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	123
2.1.1 Alternativa 1	123
2.1.1.1 Propuesta final de la alternativa 1	143
2.1.1.2 Aspecto formal – estético	144
2.1.2 Alternativa 2	146
2.1.2.1 Propuesta final de la alternativa 2	160
2.1.2.2 Aspecto formal – estético	162
2.1.3 Alternativa 3	162
2.1.3.1 Propuesta final de la alternativa 3	174
2.1.3.2 Aspecto formal – estético	175
2.2 ASPECTO ERGONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS	174
2.2.1 Aspectos Anatomofisiológicos	174
2.2.1.1 Puntos de presión	174
2.2.1.2 Distribución de la estructura ósea	176
2.2.2 Biomecánica	182
2.2.2.1 Distribución de fuerzas	182
2.2.2.2 La marcha	183
2.2.3 Comportamiento del calzado	186
2.2.4 Antropometría	187
2.3 ASPECTO TÉCNICO	191
2.3.1 Construcción de Modelos	191
2.3.2 Pruebas de cargas constantes	192

3. COMPROBACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	194
3.1 SUSTENTACIÓN TEÓRICA DE LA COMPROBACIÓN	195
3.2 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES A COMPROBAR	199
3.3 DESARROLLO DE LA ENCUESTA	199
3.4 MODELOS FUNCIONALES	202
3.5 TRABAJO DE CAMPO: APLICACIÓN DE LA PRIMERA ENCUESTA APOYADA CON LOS MODELOS FUNCIONALES	202
3.6 ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	203
3.6.1 Primera Encuesta	203
3.6.2 Conclusiones	206
3.7 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	207
4. ALTERNATIVA FINAL	209
4.1 EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA FINAL	209
4.1.1 Escalado de medidas	209
4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL	211
4.2.1 Factor Técnico	211
4.2.1.1 Elaboración de matrices	212
4.2.1.2 Material	215
4.2.2 Factor productivo	215
4.2.2.1 Diagrama de Operaciones	220
4.2.2.2 Determinación de costos	223
4.3 EVALUACIÓN DEL MODELO FUNCIONAL	225
4.3.1 Pruebas de Materiales	225
4.3.1.1 Pruebas de resistencia del material	227
4.3.2 Pruebas con pacientes diabéticos	229
4.3.2.1 Desarrollo de la segunda encuesta	230
4.3.2.2 Modelos funcionales	231
4.3.2.3 Análisis de las pruebas realizadas con pacientes	231
4.3.2.3.1 Segunda Encuesta	231

4.3.2.3.2 Conclusiones	234
4.3.2.4 Evaluación del estado de las plantillas de la muestra	236
4.3.2.5 Evaluación del estado de los pies	242
4.4 DEFINICIÓN DEL DISEÑO FORMAL	246
5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FINAL	254
5.1 Secuencia de Uso	254
5.2 Análisis Ergonómico	257
5.3 Innovación del producto	264
5.4 Planos Técnicos	265
6. CONCLUSIONES	266
BIBLIOGRAFÍA	268
ANEXOS	271

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: El pie en la mujer y el hombre
- Figura 2: Clasificación funcional del pie
- Figura 3: Esqueleto del pie
- Figura 4: Líneas articulares
- Figura 5: Músculos de la planta del pie
- Figura 6: Sistema aquileocalcanoplantar (SACP)
- Figura 7: Arterias del dorso del pie.
- Figura 8: Venas y nervios del pie
- Figura 9: Disposición de los cordones fibrosos dermo – faciales que interceptan las formaciones vasculares del plexo venoso de Lèjars
- Figura 10: Plexo Venoso de Lèjars
- Figura 11: Esquema de inervación del pie 1
- Figura 12: Esquema de inervación del pie 2
- Figura 13: Movimientos del pie, aducción y abducción.
- Figura 14: Movimientos del pie, supinación y pronación
- Figura 15: Movimientos del pie, flexión dorsal y plantar
- Figura 16: Movimientos de los dedos
- Figura 17: Valores de movimiento 1
- Figura 18: Valores de movimiento 2
- Figura 19: Desarrollo del apoyo plantar en el transcurso del paso
- Figura 20: Puntos de apoyo óseo
- Figura 21: Huella plantar clásica
- Figura 22: Principales tipos de huella plantar
- Figura 23: Tiempos de la marcha
- Figura 24: La marcha normal
- Figura 25: Dirección del pie en la marcha
- Figura 26: Aspecto del pie en la fase de apoyo como palanca de dos brazos.
- Figura 27: Despegue de los dedos

Figura 28: Contacto o choque del talón

Figura 29: Influencia del tacón en la estática del pie

Figura 30: Fórmula Metatarsal

Figura 31: Alteración de la irrigación sanguínea en el pie

Figura 32: Úlcera Plantar

Figura 33: Pie cúbico: pérdida de los relieves normales

Figura 34: Gangrena de pie

Figura 35: Isquemia del pie

Figura 36: Hiperqueratosis

Figura 37: Hiperqueratosis en la planta y el antepié

Figura 38: Hiperqueratosis en el dorso del pie

Figura 39: Hiperqueratosis en retropié

Figura 40: Hiperqueratosis espacios interdigitales

Figura 41: Áreas de mayor presión sanguínea

Figura 42: Materiales para los sostenes de la plantilla

Figura 43: Toma de impresión de la planta del pie

Figura 44: Vaciado del molde y positivo del pie

Figura 45: Molde en yeso del pie

Figura 46: Inyección, primer ciclo

Figura 47: Inyección, segundo ciclo

Figura 48: Inyección, tercer ciclo

Figura 49: Inyección, cuarto ciclo

Figura 50: Inyección, quinto ciclo

Figura 51: Empresas comercializadoras de productos ortopédicos

Figura 52: Clasificación de las ortesis plantares

Figura 53: Ortesis Fijas

Figura 54: Plantilla

Figura 55: Plantilla rígida

Figura 56: Plantilla rígida metatarsal

Figura 57: Plantilla LECO

Figura 58: Plantilla Denis

Figura 59: Plantillas Blandas

Figura 60: Plantillas de neopreno

Figura 61: Calzado Diabético 1y 2

Figura 62: Plantilla de Neopreno 1

Figura 63: Plantillas de Neopreno 2

Figura 64: Usuario – Plantilla 1

Figura 65: Usuario – Plantilla 2

Figura 66: Plantillas Blandas 1, 2 y 3

Figura 67: Puntos de apoyo 1 y 2

Figura 68: Zona superior de la plantilla

Figura 69: Usuario – plantilla 3

Figura 70: Usuario – plantilla 4

Figura 71: Usuario – plantilla 5

Figura 72: Plantillas de silicona 1 y 2

Figura 73: Plan. de Silicona 3

Figura 74: Usuario – plantilla 6

Figura 75: Usuario – plantilla, realce metatarsiano 1

Figura 76: Usuario – plantilla, realce metatarsiano 2

Figura 77: Radiografía del pie

Figura 78: Relación pie – zapato en la marcha 1

Figura 79: Relación pie – zapato en la marcha 2

Figura 80: Relación pie – zapato en la marcha 3

Figura 81: Forma de Uso 1

Figura 82: Forma de Uso 2, 3 y 4

Figura 83: Forma de Uso 5

Figura 84: Plantilla y pie, segmento del talón

Figura 85: Plantilla y pie, segmento del borde interno del pie

Figura 86: Plantilla y pie, segmento del arco externo del pie

Figura 87: Plantilla y pie, segmento del antepié

Figura 88: Áreas de presión - zapato 1

Figura 89: Áreas de presión - zapato 2

Figura 90: Distinción de los problemas de diseño

Figura 91: Planteamiento de la hipótesis de diseño

Figura 92: Plantilla y pie, zonas de trabajo

Figura 93: Alternativa 1

Figura 94: Alternativa 1 – Descripción General

Figura 95: Alternativa 1- Zonas de presión

Figura 96: Alternativa 1 – Desarrollo Formal

Figura 97: Alternativa 1- Diagrama de fuerzas

Figura 98: Evolución de la Alternativa 1 – Descripción General 1

Figura 99: Evolución de la Alternativa 1 - Zonas de alto y bajo relieve

Figura 100: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo Formal 1

Figura 101: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 1

Figura 102: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 2

Figura 103: Evolución de la Alternativa 1– Descripción General 2

Figura 104: Evolución de la Alternativa 1 - Zonas de presión parcial

Figura 105: Evolución de la Alternativa 1- Zona de realce

Figura 106: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo Formal 2

Figura 107: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas y comportamiento del fluido sanguíneo.

Figura 108: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 3

Figura 109: Evolución de la Alternativa 1 – Descripción General 3

Figura 110: Evolución de la Alternativa 1 – Módulos de presión

Figura 111: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo de la formal

Figura 112: Evolución de la Alternativa 1 – Creación de la forma

Figura 113: Evolución de la Alternativa 1 – Estructura formal

Figura 114: Evolución de la Alternativa 1 – Diseño final

Figuras 115: Evolución de la Alternativa 1 – Comparación funcional

Figura 116: Evolución de la Alternativa 1 - Diagrama de fuerzas, zonas de presión

Figura 117: Alternativa 1 – Propuesta final

Figura 118: Alternativa 1 – Análisis bidimensional

Figura 119: Alternativa 1 – Análisis tridimensional

Figura 120: Alternativa 2

Figura 121: Alternativa 2 – Descripción general

Figura 122: Alternativa 2 – Desarrollo formal

Figura 123: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 1

Figura 124: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción formal

Figura 125: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 2

Figura 126: Evolución de la Alternativa 2 – Ubicación de zonas

Figura 127: Evolución de la Alternativa 2 – Desarrollo Formal 1

Figura 128: Evolución de la Alternativa 2 – Composición

Figura 129: Evolución de la Alternativa 2 – Diagrama de fuerzas 1

Figura 130: Evolución de la Alternativa 2 – Diagrama de fuerzas 2

Figura 131: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 3

Figura 132: Evolución de la Alternativa 2 - Zonas de presión

Figura 133: Evolución de la Alternativa 2 - Desarrollo Formal 2

Figura 134: Evolución de la Alternativa 2 - Planos seriados

Figura 135: Evolución de la Alternativa 2 - Plano superior

Figura 136: Evolución de la Alternativa 2 - Diagrama de fuerzas 2

Figura 137: Idea No. 2 - Diagrama de fuerzas 2

Figura 138: Alternativa 2 – Propuesta final

Figura 139: Alternativa 2 – Análisis bidimensional

Figura 140: Alternativa 2 – Análisis tridimensional

Figura 141: Alternativa 3

Figura 142: Alternativa 3 – Descripción general

Figura 143: Alternativa 3 – Estructura hueca 1

Figura 144: Alternativa 3 - Zonas de presión

Figura 145: Evolución Alternativa 3 – Descripción general 1

Figura 146: Evolución Alternativa 3 – Estructura hueca 2

Figura 147: Evolución Alternativa 3 – Puntos de presión

Figura 148: Evolución de la Alternativa 3 – Proceso de abstracción

Figura 149: Evolución de la Alternativa 3 - Módulo básico

Figura 150: Evolución de la Alternativa 3 - Desarrollo formal

Figura 151: Evolución de la Alternativa 3 - Análisis de fuerzas 1

Figura 152: Análisis de fuerzas 2 – Alternativa 3

Figura 153: Evolución de la Alternativa 3 – Descripción general 2

Figura 154: Evolución de la Alternativa 3 - Puntos de presión

Figura 155: Evolución de la Alternativa 3 - Vista lateral

Figura 156: Evolución de la Alternativa 3 – Desarrollo formal

Figura 157: Evolución de la Alternativa 3 - Diagrama de fuerzas 1

Figura 158: Evolución de la Alternativa 3 - Diagrama de fuerzas 2

Figura 159: Alternativa 3 – Propuesta final

Figura 160: Alternativa 3 – Análisis bidimensional

Figura 161: Alternativa 3 – Análisis tridimensional

Figura 162: Mapa de puntos de presión - Alternativa 1, 2, 3

Figura 163: Vistas – Alternativa 1

Figura 164: Alternativa 1 – Apoyo antepié y talón

Figura 165: Vistas – Alternativa 2

Figura 166: Fotografía Alternativa 2 – Apoyo antepié y talón

Figura 167: Vistas – Alternativa 3

Figura 168: Fotografía Alternativa 3 – Apoyo antepié

Figura 169: Carga corporal

Figura 170: Marcha – Análisis ergonómico

Figura 171: Unidad funcional, Zapato – Plantilla

Figura 172: Comportamiento del calzado en la marcha

Figura 173: Alternativa 1, plantilla dentro del zapato

Figura 174: Alternativa 2, plantilla dentro del zapato

Figura 175: Alternativa 3, plantilla dentro del zapato

Figura 176: Alternativas 1, 2 y 3

Figura 177: Vigas de concreto

Figura 178: Aplicación de carga

Figura 179: Cuadro de desarrollo metodológico de evaluación de alternativas

Figura 180: Modelos de Alternativas

Figura 181: Horma y plantilla de odena

Figura 182: Primera prueba – Modelo funcional

Figura 183: Matriz, macho y hembra

Figura 184: Matrices para la talla 40

Figura 185: Maquinaria empleada en el proceso

Figura 186: Preparación de matrices

Figura 187: Calentamiento del material

Figura 188: Material sobre la matriz

Figura 189: Aplicación de presión al material

Figura 190: Plantilla prehormada

Figura 191: Proceso final

Figura 192: Secuencia de transformación del material

Figura 193: Diagrama de bloques

Figura 194: Prueba con diferentes láminas

Figura 195: Prueba de color

Figura 196: Desarrollo de la comprobación

Figura 197: Modelos propuesta final

Figura 198: Evolución propuesta final

Figura 199: Gradación de tamaño y figura

Figura 200: Gradación de profundidad en la matriz

Figura 201: Plantillas para la comprobación final

Figura 202: Cuerpos de la plantilla

Figura 203: Contraste de colores

Figura 204: Contraste de colores

Figura 205: Alternativa final – forma de la plantilla 1

Figura 206: Alternativa final – forma de la plantilla 2

Figura 207: Alternativa final – plantilla, zapato

Figura 208: Pies con medias

Figura 209: Plantilla dentro del zapato

Figura 210: Pies dentro del zapato

Figura 211: Retirar la plantilla

Figura 212: Lavado de la plantilla

Figura 213: Plantilla y talco

Figura 214: Diagrama de fuerzas – Propuesta final

Figura 215: Módulos de la plantilla dentro del zapato

Figura 216: Distribución de la carga antes y después

Figura 217: Módulos del talón – Propuesta final

Figura 218: Contacto total – Propuesta final

Figura 219: Fase de propulsión – Propuesta final

Figura 220: Manipulación de la plantilla

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Signos y síntomas de enfermedad vascular

Tabla 2: Materiales

Tabla 3: Tipos de calzado para hombre

Tabla 4: Tipos de calzado para dama

Tabla 5: Principios físicos del tratamiento con plantillas

Tabla 6: Principios físicos generales

Tabla 7: Descripción de la muestra

Tabla 8: Parámetros antropométricos población laboral colombiana resumen de medidas para sexo femenino

Tabla 9: Parámetros antropométricos población laboral colombiana resumen de medidas para sexo masculino

Tabla 10: Análisis de resultados

Tabla 11: Cuadro de Evaluación de Alternativas

Tabla 12: Factores de comprobación

Tabla 13: Relación de Materiales y herramientas

Tabla 14: Diagrama de flujo

Tabla 15: Tiempo total de producción

Tabla 16: Costo mano de obra diaria

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Formato de la primera encuesta

Anexo B: Formato de la segunda encuesta

Anexo C: Estadísticas primera encuesta

Anexo D: Estadísticas segunda encuesta

Anexo E: Planos Técnicos

INTRODUCCION

Según el Consenso Internacional del Pie Diabético¹ existen en el mundo 120 millones de personas que padecen de diabetes mellitus. Esta enfermedad se caracteriza principalmente por la ausencia de la secreción de insulina. Cuando a una persona se le diagnostica la enfermedad los cuidados son numerosos y rigurosos, especialmente porque progresivamente desarrolla diferentes patologías que involucran factores circulatorios, renales, sensitivos, etc. Una de las grandes preocupaciones para los servicios médicos, es la aparición y desarrollo del pie diabético.

El pie diabético representa grandes costos en hospitalización, rehabilitación y servicios sociales, además constituye un problema sanitario, pues la enfermedad degenera las capas de la piel, los músculos y los huesos, causando una úlcera que conlleva a una amputación del miembro inferior; entre el 40 – 70% de todas las amputaciones de extremidad inferior están relacionadas con diabetes mellitus².

El cuidado de los pies es de vital importancia para un paciente con diabetes, ya que los pies son propensos a sufrir una Neuropatía, dicha enfermedad afecta los nervios provocando su degeneración, impidiendo o retardando la transmisión de ordenes (estímulos nerviosos) desde el cerebro a los órganos periféricos y de estos a aquel. Esta disminución o abolición de los signos de alarma provoca deformaciones en los pies y también afecta la piel tornándola seca y quebradiza, lo que ocasiona heridas, grietas y erosiones siendo esta la puerta de entrada a microorganismos que producirán infecciones en los pies conllevando al desarrollo de úlceras.

¹ GRUPO DE TRABAJO INTERNACIONAL DEL PIE DIABÉTICO. Consenso internacional sobre el pie diabético. Madrid: Gramar, 1999. p. 7

² Ibid., p.12

Otra de las enfermedades que desarrollan los diabéticos en sus pies, es la Microangiopatía, consiste en el engrosamiento de las paredes de los capilares arteriales (los que llevan a “sangre buena” a los tejidos) que disminuyen su calibre y la consecuencia inmediata es una disminución de la cantidad de sangre que llega al pie y por lo tanto, un déficit de nutrientes y de defensas ante las posibles infecciones ya que tanto los unos como las otras son transportadas por la sangre.

Para resumir, la enfermedad diabética ataca a los nervios (Neuropatía) y a las arterias (Microangiopatía) de los miembros inferiores produciendo trastornos en la sensibilidad del pie y disminución de la circulación.

Se estima que en Colombia el 7% de la población mayor de 30 años padece de diabetes mellitus no insulino dependiente y entre 30% y 40% desconoce estar enfermo. Además el 15% al 20% de los pacientes desarrollan el pie diabético, constituyéndose en un problema sanitario y de los altos costos sociales.

Pero el acceso a los servicios de salud de la mayoría de la población colombiana es restringido, pues las políticas gubernamentales así lo han propiciado. Muchas personas padecen de diabetes pero lo desconocen, y por otro lado existen personas diabéticas que han desarrollado pie diabético y no cuentan con asistencia de servicios de salud desconociendo la gravedad de la enfermedad y las consecuencias a largo plazo.

El diseño industrial puede contribuir a generar productos que ayuden a estas personas a mejorar su calidad de vida, pues es competencia de esta disciplina presentar propuestas viables que contribuyan con el desarrollo social.

1. JUSTIFICACIÓN

1.1 DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA

En la actualidad la prevención de la aparición del pie diabético es realizada por las entidades prestadoras de servicios médicos. En primer lugar, el médico en la consulta orienta al paciente diabético sobre los cuidados de sus pies, esta pequeña charla tiene el objetivo de concienciar al paciente de la responsabilidad individual que se debe tener y de los riesgos que se corren a largo plazo.

Además son realizadas jornadas de conferencias en donde se hacen recomendaciones generales sobre la inspección diaria del pie y el calzado, y también en algunos casos se hace un examen podológico para evaluar el estado de los pies.

Pero el panorama de prevención no depende solamente de una charla, pues los cuidados en su mayoría se realizan con una serie de productos, que van, desde el uso de medias, calzado especializado, talco para pie, cremas, jabones, plantillas, etc.

Actualmente existen plantillas ortopédicas que son recomendadas por especialistas, para que los pacientes diabéticos las utilicen desde los inicios de la enfermedad.

Dichas plantillas cumplen la función de brindar protección a la planta del pie, para que el calzado no produzca ampollas, rozaduras y laceraciones sobre la superficie de la piel, porque de ocurrir el paciente desarrollara úlceras que conllevan a la aparición del pie diabético.

Con el desarrollo de este proyecto no solo se pretende brindar protección al pie, sino además identificar los puntos anatómicos de mayor presión en la planta del pie en los pacientes diabéticos, con el fin de estimular la irrigación sanguínea y de esta manera prolongar la aparición de las úlceras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general: Diseño y construcción de un modelo funcional de plantillas ortopédicas para diabéticos.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Estimular la irrigación sanguínea en la planta del pie.
- Proteger la almohadilla plantar.
- Redistribuir los puntos de presión sobre en la planta del pie ejercidos por el peso del cuerpo.
- Proporcionar al usuario confort al utilizar las plantillas ortopédicas.
- Utilizar datos antropométricos de los pies, principalmente de la población colombiana mayor de 30 años, con la finalidad de estandarizar las medidas para las plantillas ortopédicas.
- Presentar una propuesta viable para que el proyecto sea producido por la industria del calzado santandereana.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto tiene por finalidad realizar un modelo funcional de plantillas ortopédicas para diabéticos, con el fin de estimular la irrigación sanguínea para postergar la aparición de

ulceras en los pies, mediante un diseño que cumpla con especificaciones antropométricas y ergonómicas; desarrollando el proceso de diseño bajo aspectos formales y funcionales sustentados con conceptos básicos de diseño.

El modelo funcional se comprobará con pacientes, esta parte del proceso permitirá la evaluación del mismo.

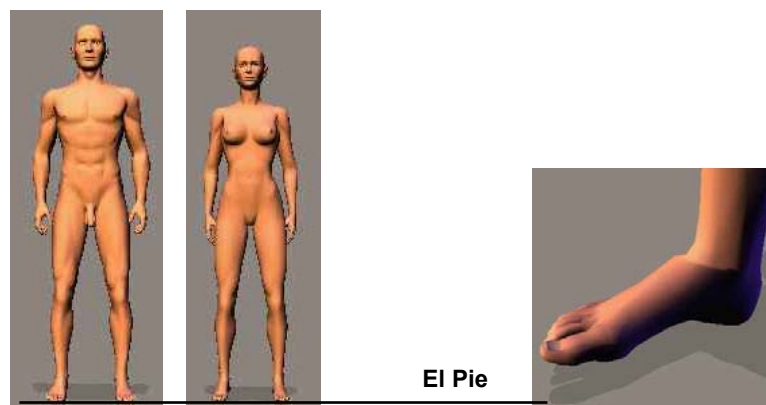
1.4 MARCO TEORICO

1.4.1 Aspecto Humano

1.4.1.1 Anatomía del Pie

El pie es el segmento o parte terminal de la extremidad inferior, que comprende el tarso, el metatarso y los dedos. Pie normal es aquel es aquel que puede desarrollar las funciones que le son propias, independientemente de la morfología que presente.

Figura 1: El pie en la mujer y el hombre



Fuente: El autor

Estas funciones son:

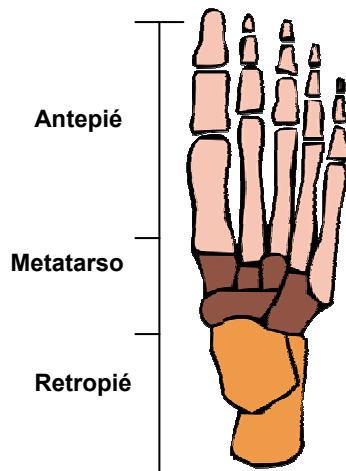
- Configurar la base de sustentación en la posición vertical del hombre, sobre la que se proyecta el centro de gravedad del cuerpo humano.
- Elemento fundamental de la marcha humana.
- Centro de receptores sensoriales que participan en el mantenimiento del equilibrio.

Debemos considerar el pie como una estructura sólida pero flexible, ya que soporta todo el peso del cuerpo y, además, tiene que adaptarse a las diferentes situaciones del individuo a lo largo de su vida, como por ejemplo al caminar descalzo sobre un terreno rocoso, trotar sobre una carretera pavimentada y hasta mantener el equilibrio sobre una cuerda de malabarismo.

✓ Huesos

De los 208 huesos del esqueleto humano, 56 están localizados en el pie, es decir, más de la cuarta parte. El pie está dividido en tres segmentos óseos:

Figura 2: Clasificación funcional del pie



Fuente: Baehler, André³.

³ BAEHLER, André. Ed. Masson.

- Segmento posterior: Corresponde a la zona del retropié o tarso posterior y está configurado por el astrágalo y el calcáneo.
Este aspecto propio del hombre es ciertamente un signo de bipedestación.
- Segmento medio: corresponde a la zona media del pie o tarso anterior, nexo de unión entre el retropié, en ella confluyen los vectores de fuerzas antero-posterior produciendo un conjunto de movimientos de prono-supinación, hasta restablecer el equilibrio estático y dinámico.
- Segmento anterior: corresponde al antepié: zona muy móvil y que adquiere un gran protagonismo en el momento del impulso. Está formado por 5 huesos largos o metatarsianos con sus correspondientes falanges (dedos).

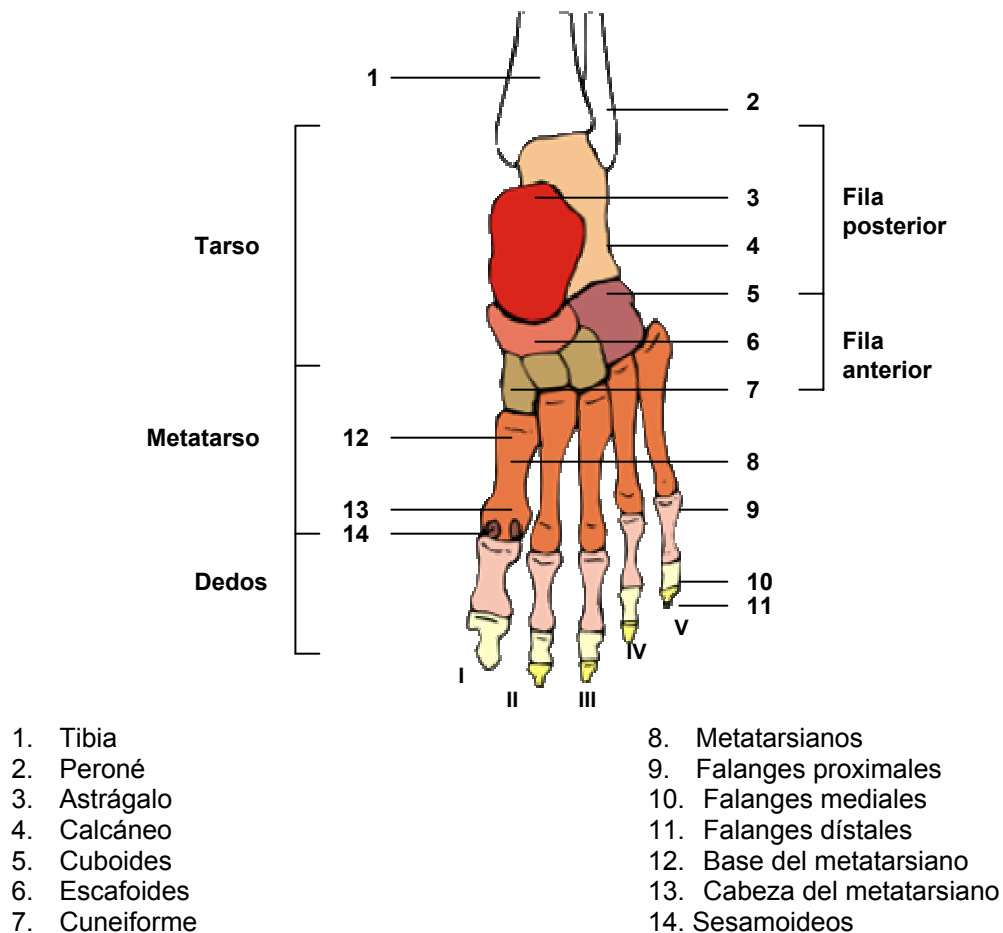
Algunas características de estos elementos óseos son importantes para adquirir un conocimiento profundo de la funcionalidad del pie, por lo que procedemos a efectuar una breve descripción de cada uno de ellos.

Astrágalo: Es el único hueso del pie situado en el tarso posterior que, por su situación, se articula con los huesos de la pierna: tibia y peroné, además no se inserta ningún músculo, sólo está mantenido en su borde interno por ligamentos y tendones. El astrágalo se divide en un cuerpo, una cabeza y una zona más estrecha o cuello situado en medio de ambos. El cuerpo del astrágalo presenta una superficie dorsal o polea astragalina, de forma convexa en sentido longitudinal y cóncava en sentido transversal, que contacta con la superficie distal de la tibia. Lateralmente presenta una superficie articular de forma triangular que contacta con la cara maleolar del peroné y con la cara interna o medial de la polea astragalina, y una pequeña superficie articular en forma de coma que se adapta a la cara maleolar de la tibia. La cara plantar del astrágalo se articula con el calcáneo por medio de tres carillas articulares, configurando la articulación subastragalina, sumamente importante y gran protagonista en todos los movimientos combinados del tarso.

El astrágalo es el hueso que recibe todo el peso de la extremidad inferior a través de la polea astragalina. Desde aquí, los impulsos se distribuyen en tres direcciones:

- a. Dirección posterior, que recibe todo el peso de la extremidad inferior a través de la polea subastragalina y el cuerpo del calcáneo hasta el punto posteroinferior de este último.
- b. Dirección anterointerna, a través del cuello del astrágalo, el escafoides, la primera cuña y el primer metatarsiano.
- c. Dirección anteroexterna, a través de la cabeza del astrágalo, la apófisis mayor del calcáneo, el cuboides y el quinto metatarsiano.

Figura 3: Esqueleto del pie



Fuente: Recopilación del autor

Calcáneo: Hueso del tarso que configura el talón. Es el hueso más prominente del pie y se articula en su superficie con el astrágalo y por delante con el cuboides.

La cara posterior del calcáneo presenta una superficie rugosa en la que se inserta el tendón de Aquiles.

La cara inferior presenta dos prominencias o tuberosidades rugosas, una interna y la otra externa, donde se localizan preferentemente los espolones del calcáneo.

Escafoides: Hueso del tarso anterior que tiene forma navicular. No contacta con el suelo y está situado en el lado medial del pie. Constituye el punto más elevado del arco longitudinal interno. Se articula por su cara posterior con el astrágalo y por la anterior con las tres cuñas.

Cuboides: Hueso cortó en forma de cubo, situado en la segunda fila o tarso anterior y en el lado externo. En algunos pies contacta en el suelo por medio de las partes blandas. Se articula en su cara posterior con el calcáneo, por su lado interno con el escafoides y la tercera cuña y por su cara distal con la base del 4º y 5º metatarsiano.

Cuñas: Son 3 huesos (1ª, 2ª y 3ª) de forma piramidal. Son las piezas más distales del tarso anterior. La segunda cuña representa la prominencia ósea más elevada del dorso del pie. Las cuñas se articulan posteriormente con el escafoides y anteriormente con el 1º, 2º y 3º metatarsianos. Su posición es elevada y no se apoyan en el suelo.

Metatarsianos: Forman parte del metatarso y están constituidos por 5 huesos largos. El primer metatarsiano es el más grueso y su extremo distal o cabeza constituye el primer punto de apoyo del arco interno. Tiene gran movilidad y adquiere un gran protagonismo a lo largo de la marcha.

Para soportar las cargas a las que está sometido, posee 2 pequeños sesamoideos en su cara plantar que actúan como amortiguadores. Desempeñan un papel esencial en la fisiología del dedo gordo.

Otros sesamoideos pueden existir en otras articulaciones (interfalángicas del dedo gordo, metatarsofalángicas del quinto dedo). Son inconstantes, pero siempre se localizan en la cara plantar de los huesos.

El resto de metatarsianos se apoyan en el suelo a través de las epífisis distales o cabezas metatarsales y, como comprobaremos más adelante, constituyen una de las estructuras más frágiles y proclives a sufrir lesiones a causa de sobrecargas.

Conviene destacar la apófisis estiloides, situada en la base del quinto metatarsiano, punto conflictivo que, con frecuencia, sufre microtraumatismos por la acción del calzado o por la aplicación de ortesis inadecuadas.

Cada uno de los metatarsianos se articula con la falange proximal correspondiente.

Falanges: Los dedos están formados por 14 falanges; el primer dedo presenta 2 falanges gruesas (proximal y distal), mientras que los demás dedos tienen 3 (proximal, media y distal). Cada falange está formada por una base, un cuerpo y una cabeza. Las falanges distales terminan en una pequeña tuberosidad que sirve de soporte a la uña.

La articulación mediotarsiana o de Chopart une el astrágalo y el calcáneo con el escafoides y el cuboides; es una articulación quirúrgica y coincide con la línea articular mediotarsiana.

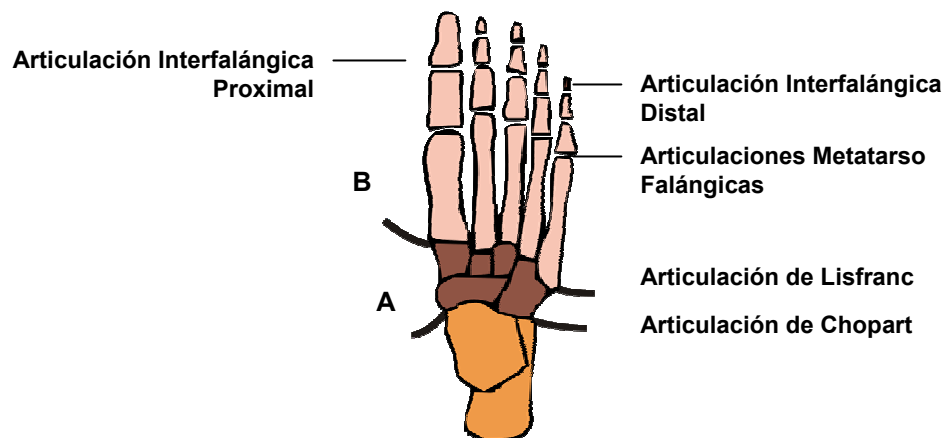
La articulación tarsometatarsiana o de Lisfranc une las tres cuñas y el cuboides con los 5 metatarsianos y también se considera una articulación quirúrgica.

✓ Articulaciones

El pie presenta las siguientes articulaciones:

1. Mediotarsiana o de Chopart: formado entre el astrágalo – calcáneo y el escafoides – cuboides. (**A**)
2. Tarso Metatarsiana o de Lisfranc: entre las cuñas y los metatarsianos. (**B**)
3. Metatarso Falángicas: entre los metatarsianos y las primeras falanges de los dedos.
4. Interfalángicas:
 - Proximal: entre las falanges primera y segunda
 - Distal: entre la segunda y tercera falange

Figura 4: Líneas articulares



Fuente: Baehler, André⁴.

✓ Elementos Musculares y Ligamentosos

Las estructuras óseas del pie soportan las fuerzas de compresión; por su parte, los elementos elásticos (ligamentos y tendones) permiten la movilidad del pie y le confieren elasticidad con el fin de adaptarse a las irregularidades del terreno y a los cambios fisiológicos del ser humano.

⁴ BAEHLER, André. Ed. Masson.

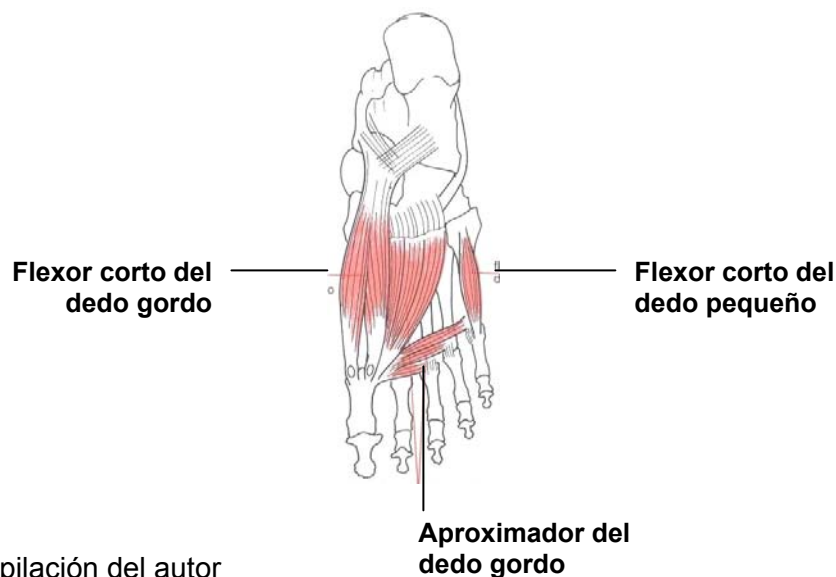
Todos los músculos que mueven las diferencias articulares del pie actúan conjuntamente, generando frenando o modificando los movimientos propios del pie y la marcha. Se distingue dos grandes grupos:

Músculos Intrínsecos: tienen su origen e inserción en los huesos del pie. Se trata de músculos cortos y muy potentes que se distribuyen por el dorso y la planta del pie.

Dorso del pie: Músculo extensor corto de los dedos o pedio que nace en la cara superior y en la externa del calcáneo y se divide en 4 tendones que terminan en los tendones extensores largos de 2º, 3º, 4º y 5º dedos. La acción de este músculo es la flexión dorsal de los dedos reforzando la acción del extensor largo de los dedos.

Planta del pie: Todos ellos contribuyen al mantenimiento de la bóveda plantar. Son los verdaderos tensores de la planta del pie.

Figura 5: Músculos de la planta del pie



Fuente: Recopilación del autor

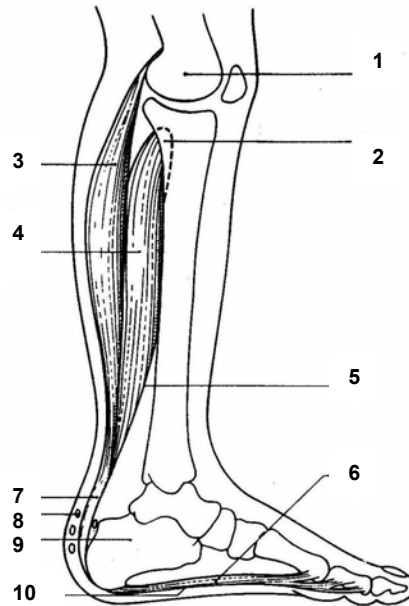
El compartimiento interno o medial comprende el músculo abductor, el abductor y el flexor del primer dedo. El compartimiento medio o central de la planta del pie es el más grueso y comprende el vientre muscular del flexor corto de los dedos, el cuadrado plantar y los lubricales.

En el compartimiento externo o lateral se encuentran los músculos abductor y abductor del quinto dedo y el flexor corto.

Por último, los músculos interóseos del pie se distribuyen en 4 músculos dorsales, abductores débiles de los dedos en relación con el plano medio del segundo dedo, y 3 músculos plantares, abductores más potentes del 3º, 4º y 5º dedos.

Todos los músculos plantares están recubiertos por la aponeurosis plantar: formación fibrosa que se extiende desde la tuberosidad interna del calcáneo hasta la base de los dedos.

Figura 6: Sistema aquileocalcanoplantar (SACP)



Fuente: Recopilación del autor

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Cóndilo femoral | flexor corto del dedo, flexor |
| 2. Cabeza del peroné | corto común de los dedos |
| 3. Gemelos | 7. Tendón de Aquiles |
| 4. Sóleo | 8. Bolsa serosa de Bovis |
| 5. Aponeurosis muscular del sóleo | 9. Calcáneo |
| 6. Músculos Plantares cortos, abductor del dedo gordo, | 10. Aponeurosis plantar media |

Músculos Extrínsecos: Tienen su origen en la tibia, el peroné o el fémur. Todos ellos terminan en los huesos del pie.

Son poliartículados, su acción se ejerce sobre el pie, el tobillo y la rodilla en el caso de los gemelos. Son los máximos protagonistas y responsables de los movimientos del pie, especialmente durante el desarrollo del paso.

✓ Arterias

La vascularización arterial está protegida por la existencia de dos fuentes distintas: la arteria pedía, que irriga la cara dorsal del pie, y la arteria tibial posterior, para la cara plantar. Son las arterias más alejadas del corazón.

Arterias del dorso del pie:

- Arteria Pedía o dorsal del pie

Origen: continuación de la arteria tibial anterior.

Ramas: tarsianas externas e internas, arqueada, primera metatarsiana dorsal y plantar profunda.

Anastomosis: con la plantar lateral para formar el arco arterial plantar.

La palpación del pulso pedio, corresponde a la arteria dorsal del pie, es importante para descartar una claudicación intermitente. La disminución abolición de este pulso sugiere una insuficiencia arterial.

Arterias de la planta del pie:

- Arteria plantar externa:

Origen: tibial posterior

Ramas: calcáneo, muscular y cutánea

Distribución: músculos del pie, piel de los dedos y parte lateral del pie.

- Arteria plantar interna

Origen: tibial posterior

Ramas: profunda y superficial

Distribución: músculo flexor de los dedos del pie, abductor del dedo gordo y piel de la parte interna de la planta del pie.

- Arteria profunda o comunicante

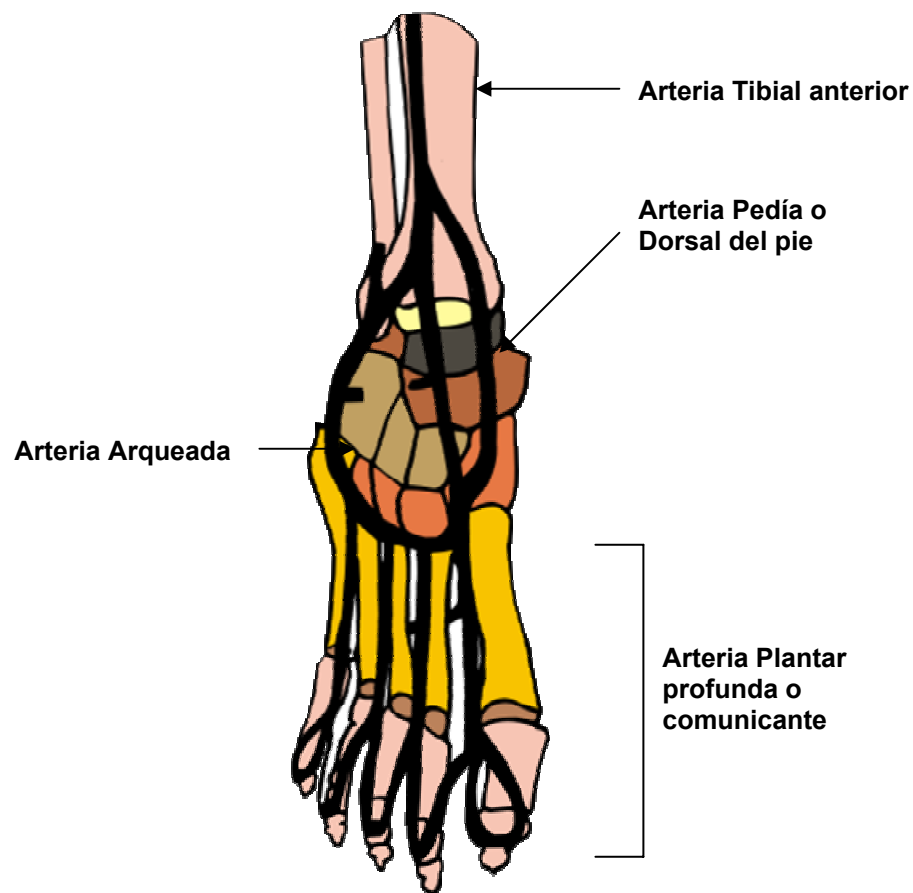
Origen: arteria pedía

Ramas: primera metatarsiana plantar

Distribución: superficie plantar y partes adyacentes del primer y segundo dedo.

La palpación de la arteria tibial posterior a nivel de la zona retromaleolar medial o tibial es importante para descartar una oclusión de las arterias de la pierna. Esta arteria es la rama principal de la arteria poplítea.

Figura 7: Arterias del dorso del pie.



Fuente: Céspedes, Tomás⁵

⁵ CÉSPEDES, Tomás. Ed. Díaz de Santos

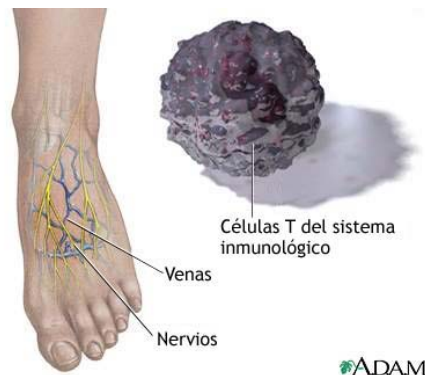
✓ Venas

El sistema venoso está constituido por una red profunda, calcada sobre el sistema arterial, y por una red venosa superficial visible y palpable. El drenaje venoso se efectúa en un 90% por la red profunda, y en un 10% por la red superficial. La red superficial incluye:

- Las venas dorsales de los dedos: desembocan en una arcada donde nacen las venas marginales interna y externa, prolongadas por las venas safenas correspondientes.
- Las venas plantares: tiene una disposición similar pero son drenadas por la vena tibial posterior junto con las venas plantares profundas.

Forman la suela venosa plantar de Lejars.

Figura 8: Venas y nervios del pie



Fuente: Recopilación del autor

✓ El plexo venoso de Lèjars

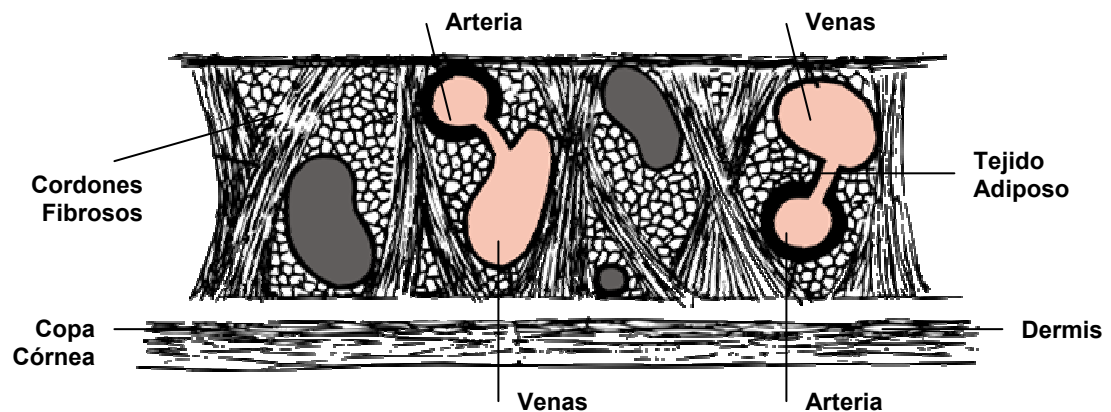
Los tegumentos plantares, robustos y delicados al mismo tiempo, presentan una estructura funcional que no se repite en otras partes del cuerpo. En efecto, la capa basal de la dermis, en lugar de recubrir las formaciones profundas por medio de tejido adiposo subcutáneo, se adhiere a las mismas mediante una apretada red de gruesos cordones

fibrosos que, partiendo de dicha capa basal, van a fijarse a la fascia muscular y a la aponeurosis plantar.

Esta arquitectura, asegurando la adhesión de los tejidos profundos a los tegumentos, evita desplazamientos indeseables de los mismos durante los movimientos del pie en el suelo, garantizando su “adherencia”.

Los cordones fibrosos interceptan una serie de galerías que se entrecruzan apretadamente en todas direcciones, ocupadas en parte por el tejido adiposo subcutáneo y en parte por una compleja estructura vascular, conocida como plexo venoso de Lèjars.

Figura 9: Disposición de los cordones fibrosos dermo – faciales que interceptan las formaciones vasculares del plexo venoso de Lèjars



Fuente: Valentí, Valente⁶

Esta estructura, definida por el autor francés en 1890, está constituida por un entramado de venas cuyas paredes tienen un grosor variable, que a veces se reduce al mero

⁶ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

endotelio, al que la galería hace de adventicia. También el calibre de las venas es muy variable.

La compleja red venosa confluye anteriormente en una gruesa vena, la vena coronaria plantar, de trayecto transversal arciforme, que ocupa el talón anterior en el origen de los dedos y que, replegándose, rodea toda la periferia de la planta constituyendo el arco venoso plantar.

De la coronaria plantar anterior parten 4 gruesas venas interdigitales y otras 2 que rodean, una la base del dedo gordo y otra la del 5 dedo. Todas ellas desembocan en la vena coronaria dorsal, de la que se desprenden las venas marginales mediales y laterales.

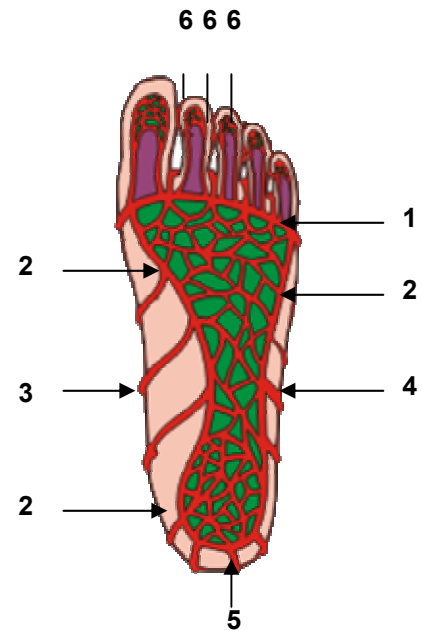
El arco venoso plantar de origen a 10 u 11 venas: 3 mediales, 3 ó 4 laterales y 4 posteriores que confluyen en el arco venoso periaquíleo dando origen, junto a las venas dorsales, a las venas safena externa e interna.

En el interior del arco venoso plantar se encuentra un auténtico muestrario de las posibles anastomosis y derivaciones venosas: divisiones monopódicas, dicotómicas, asa, vasos recurrentes, “reti mirabili”, etc.

Asimismo, se encuentran anastomosis arterio – venosas espontáneas incluso entre vasos de cierto calibre.

Figura 10: Plexo Venoso de Lèjars

1. Vena coronaria plantar
2. Arco venoso plantar
3. Venas mediales
4. Venas laterales
5. Venas posteriores
6. Venas interdigitales



Fuente: Valentí, Valente⁷

Este complejo aparato tiene la función de mantener por debajo de las estructuras de soporte del pie un cojinete hidráulico de presión constante.

La constancia de la presión queda garantizada, además de por las diversas anastomosis que demasiado rápido del plexo sometido a carga, por la ausencia de válvulas venosas que permitan el reflujo, a una zona vaciada, de la carga, así como por las anastomosis con las arterias, que aseguran una presión que las venas serían incapaces de proporcionar y que se restablece rápidamente por el flujo arterial cuando debe disminuir por efecto de la carga.

Ahora bien, una compresión ejercida largo tiempo sobre una superficie restringida, como ocurre en la sobrecarga de una cabeza metatarsiana, provoca una isquemia, primero funcional y más tarde sostenida por la obliteración de algún vaso: se determina así hipoxia y, como respuesta cutánea, hiperqueratosis.

⁷ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

Es así como se forman las callosidades que caracterizan las metatarsalgias por sobrecarga. Cuando, por el contrario, se realizan un éxtasis venoso, las callosidades no se forman, y el pie presenta aspecto blanco, con propensión a edemas y sudoración.

La importancia del plexo de Lejars para el pie sometido a carga puede compararse a la de un juego de neumáticos, cuya presión ha de ser la indicada, para un vehículo.

En consecuencia, es imprescindible que una estructura tan insustituible (e inervada) sea respetada en la medida de lo posible.

El cirujano no ignora que la lesión de esta formación provoca una hemorragia abundante y difícil de cortar, da lugar a cicatrices distróficas y dolorosas que confieren al paso inseguridad y desequilibrio, por todo lo cual se abstiene, salvo en casos de fuerza mayor y siempre excepcionales, de practicar incisiones plantares.

Pero no es el bisturí el único que puede lesionar el plexo: respetarlo consiste en elegir con acierto los materiales, la forma, la consistencia y la altura de las ortesis que vayan a estar en contacto con él.

Una plantilla de metal o de resina acrílica de las que se encuentran en el comercio construidas en serie, aunque por fortuna su forma y altura les impide entrar en contacto con las formaciones que pretenden sostener, puede en algunos casos desafortunados ejercer la contrapresión requerida, de modo que entre ella y los huesos quedarían aplastadas partes blandas y plexo; ello daría lugar a la obliteración de vasos, seguida de distrofias cutáneas, atrofas musculares, callosidades extensas y dolorosas y, en definitiva, antes que corregir la afección, la empeoraría.

✓ Linfáticos

El pie presenta una red de vasos superficiales muy ricos, que nacen del revestimiento cutáneo. Los vasos profundos son satélites de los vasos sanguíneos. Todos los linfáticos convergen hacia ganglios situados en la parte superior de la pierna. No existen ganglios en el pie.

Inervación del pie:

- Nervio plantar medial

Origen: nervio tibial (rama medial y terminal del nervio ciático interno).

Ramas: digital plantares comunes, digitales propias y cutáneo plantar muscular y articular.

Distribución: músculos: lumbricales mediales, el flexor corto del primer dedo, el separador del primer dedo y la piel de la planta del pie hasta llegar a las bases de los metatarsianos, desde donde emergen ramas sensitivas cutáneas que se dirigen a los 3 primeros dedos y a la mitad del cuarto.

- Nervio plantar lateral

Origen: nervio tibial (rama menor del nervio tibial)

Ramas: muscular superficial y profunda

Distribución: la rama superficial se divide en 2 nervios digitales que se dirigen al quinto dedo y a la cara cutánea lateral del cuarto. Las ramas profundas inervan la musculatura profunda de la planta del pie.

- Nervio plantar externo

Ramas: muscular superficial y profunda

Distribución: músculos profundos del pie, piel del quinto dedo y mitad del cuarto.

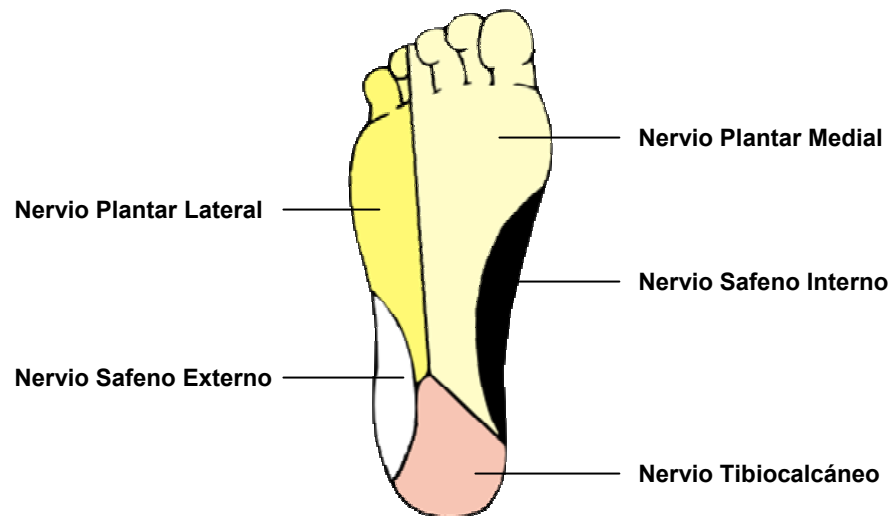
- Nervio safeno externo o sural

Origen: ciático poplíteo externo

Ramas: filamentos

Distribución: inerva la piel de la cara lateral y posterior del tercio inferior de la pierna, penetrando en el pie por detrás del maléolo lateral, por el lado lateral y por la cara lateral del quinto dedo.

Figura 11: Esquema de inervación del pie 1



Fuente: Valentí, Valente⁸

- Nervio Safeno

Origen: rama cutánea más voluminosa del nervio femoral.

Distribución: piel y fascia de la cara anterior y medial de la pierna. Llega al dorso del pie por detrás del maléolo tibial. Inerva la piel del lado medial del pie hasta llegar a la cabeza del quinto metatarsiano.

- Nervio musculocutáneo de la pierna o peroneo superficial

Origen: ciático poplíteo externo.

Distribución: músculo peroneos largos y cortos, piel de la parte inferior de la pierna y cara interna del pie, tobillo, cara interna del primer dedo y piel de las caras adyacentes del segundo, tercero, cuarto y quinto dedos.

- Nervio peroneo profundo o tibial anterior

Origen: ciático poplíteo externo.

Distribución: músculos tibial anterior, extensor largo del primer dedo y extensor largo de los dedos del pie, extensor corto de los dedos del pie, articulación del tobillo, tarso y articulaciones metatarsofalángicas del segundo al cuarto dedo del pie.

- Calcáneo interno

Origen: nervio tibial.

⁸ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

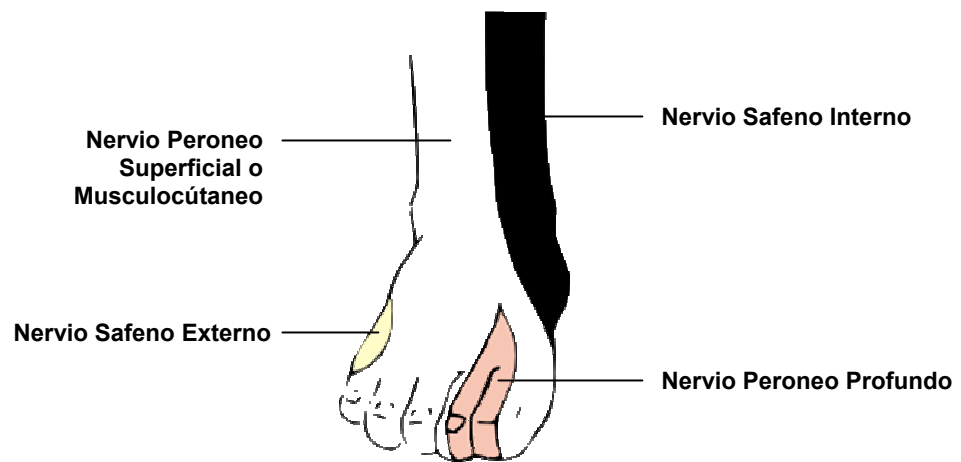
Distribución: perfora el ligamento anular o medial del tobillo, innervando la piel y el lado medial de la planta del pie.

- **Nervio Safeno Interno**

Origen: nervio tibial.

Distribución: piel de la cara interna de la pierna y del pie.

Figura 12: Esquema de innervación del pie 2



Fuente: Valentí, Valente⁹

- ✓ **Tejido subcutáneo, piel y faneras**

En el dorso del pie, la piel es fina y muy móvil en la parte interna, volviéndose más gruesa hacia la parte externa. El tejido subcutáneo es lacio, pobre en células de grasa pero rico en vasos y ramificaciones nerviosas.

La región plantar está recubierta por una piel muy móvil, fina y sensibles bajo el arco plantar, y gruesa y dura bajo las partes externas que soportan el apoyo. El tejido subcutáneo es delgado bajo el arco plantar y muy grueso bajo la superficies de apoyo. Es

⁹ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

rico en células adiposas, en venas y en ramificaciones nerviosas. Constituye un verdadero acolchado amortiguador.

En los dedos, la piel es muy gruesa. Las uñas recubren la parte distal de la cara dorsal de los dedos del pie.

Los folículos pilosos de la cara dorsal de los pies no poseen glándulas sebáceas. Las glándulas sudoríparas son muy numerosas a nivel plantar.

Las nociones anatómicas precedentes tienen un doble interés: mejorar la comprensión de la mecánica podal y recordar todos los tejidos susceptibles de traumatizarse. En efecto, todos los elementos descritos pueden sufrir traumatismos o enfermedades. La patología del pie está relacionada, en parte, con su riqueza, pero también su alejamiento respecto a los centros importantes del organismo (cerebro, corazón) y su papel locomotor. En muchos casos, el zapato desempeña un papel sobreañadido nefasto.

1.4.1.2 Biomecánica del Pie

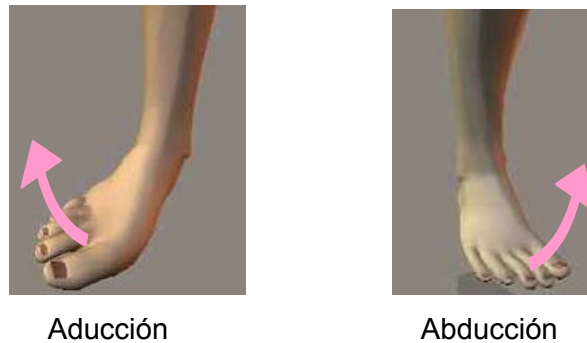
✓ Movimientos del pie

A pesar del gran número de articulaciones y músculos del pie, los movimientos elementales se realizan en torno a tres ejes.

a. Eje longitudinal de la pierna, que es vertical y condiciona los movimientos de:

- Abducción: Movimiento por el cual el pie se aleja del plano medio del cuerpo.
- Aducción: Movimiento por el cual el pie se aproxima al plano medio del cuerpo.

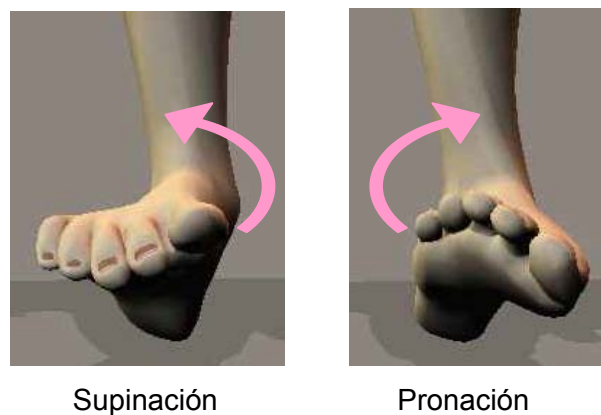
Figura 13: Movimientos del pie, aducción y abducción.



Fuente: El autor

- b. Eje longitudinal anteroposterior del pie, que es horizontal y condiciona los movimientos de:
- Pronación: Movimiento por el cual la planta del pie gira hacia fuera.
 - Supinación: Movimiento por el cual la planta del pie gira hacia dentro.

Figura 14: Movimientos del pie, supinación y pronación

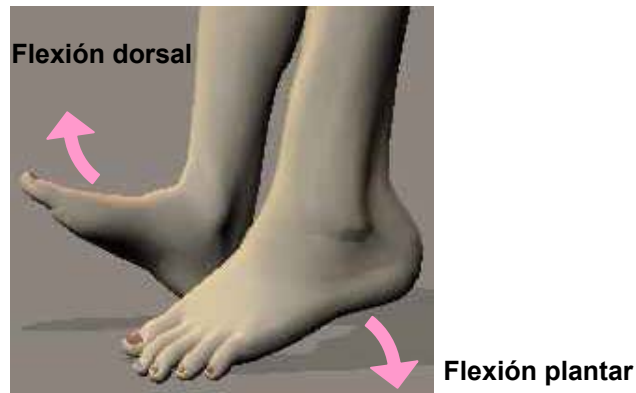


Fuente: El autor

- c. Eje transversal intermaleolar: corresponde al eje de la articulación tibiotarsiana y a través de él se realizan los movimientos de:
- Flexión Dorsal: Movimiento por el cual el dorso del pie se aproxima a la cara anterior de la pierna, llega hasta 20° - 30°.

- Flexión Plantar: Movimiento por el cual el dorso del pie se aleja a la cara anterior de la pierna, su rango de movimiento es de 30° - 50°.

Figura 15: Movimientos del pie, flexión dorsal y plantar



Fuente: El autor

Todos estos movimientos elementales pueden combinarse para efectuar movimientos más complejos:

- El varo asocia una aducción y una supinación.
- El valgo asocia una abducción y una pronación.
- La inversión, especie de rotación interna del pie, asocia un varo y una flexión plantar.
- La eversión, especie de rotación externa del pie, asocia un valgo y una flexión dorsal.

Las estructuras anatómicas no permiten otras asociaciones en un pie normal.

✓ Movimientos de los dedos del pie

Se realiza movimientos de flexión, extensión y lateralidad. Finalmente diremos que la estructura y disposición osteomuscular del pie está hecha para realizar el acto esencial de la marcha, distribuyendo adecuadamente las fuerzas, encaminadas a realizar todos los movimientos, adaptándose a todo tipo de superficies y con menor energía.

Figura 16: Movimientos de los dedos



Flexión



Lateralidad

Fuente: El autor

✓ Fisiología del movimiento

A continuación serán enunciados los valores de los ejes de movimiento.

En la articulación

tibioastragalina (ATA):

extensión / flexión $20^\circ / 30^\circ -$

$0^\circ - 40^\circ / 50^\circ$

α : $20^\circ - 30^\circ$

β : $40^\circ - 50^\circ$

a. Flexión dorsal

b. Flexión plantar

Figura 17: Valores de movimiento 1

Fuente: El autor

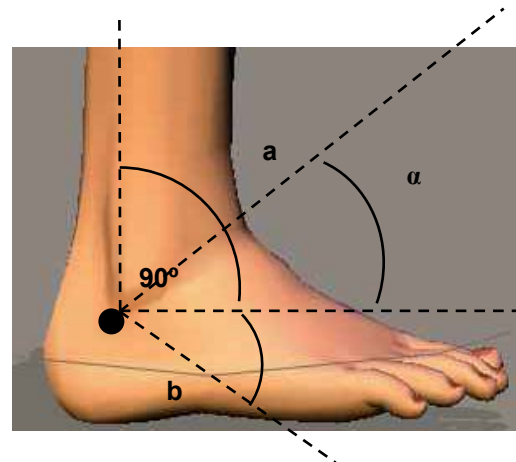
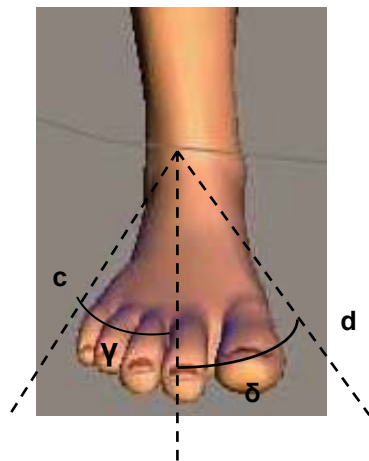


Figura 18: Valores de movimiento 2



En la articulación subastragalina

(AS): eversion / inversión

$30^\circ / 35^\circ - 0^\circ - 30^\circ$.

δ : $30^\circ - 35^\circ$

γ : 30°

c. eversion

d. Inversión

Fuente: El autor

En las articulaciones metatarsofalángicas: $30^\circ / 40^\circ - 0^\circ - 30^\circ / 40^\circ$

✓ Pie estático

En posición bípeda. El pie normal reposa sobre una gran superficie ósea, reflejada por la huella plantar. Los conceptos clásicos de apoyo sobre tres o seis pilares (apoyo calcáneo y cinco cabezas metatarsianas) representan casos particulares, a menudo patológicos, responsables de hiperpresión localizada bien explicada por la aplicación de leyes físicas. La arquitectura del pie puede ser comparada a la solidez de un techo con dos arbotantes óseos y un tensor ligamentoso (aponeurosis plantares); no es una cúpula.

✓ Pie dinámico

La biomecánica del pie en movimiento, tanto en la carrera como en la marcha, es de una extraordinaria complejidad, y varias teorías intentan explicarla:

▪ Huella plantar en movimiento

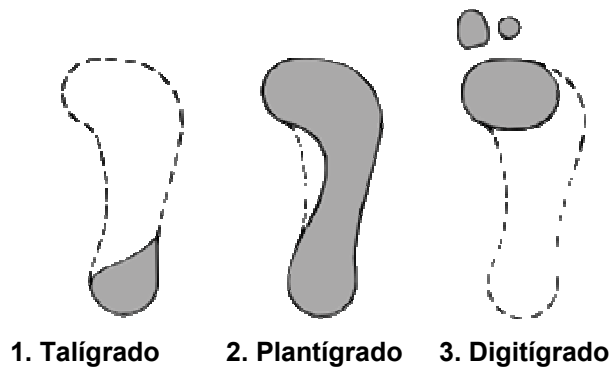
Esquemáticamente, el apoyo plantar pasa por tres fases:

1ª. Ataque del suelo por el talón posterior (tiempo talígrado)

2ª. Apoyo clásico sobre los talones posterior y anterior y sobre el borde externo del pie, sobre el cual hay diferentes concepciones (tiempo plantígrado)

3ª. Apoyo sólo sobre el talón anterior con liberación progresiva del apoyo sobre las cabezas metatarsianas de afuera hacia dentro (tiempo digitígrado).

Figura 19: Desarrollo del apoyo plantar en el transcurso del paso



Fuente: Goldcher, Alain¹⁰

- Biomecánica osteomuscular

Actualmente se admiten diferentes teorías:

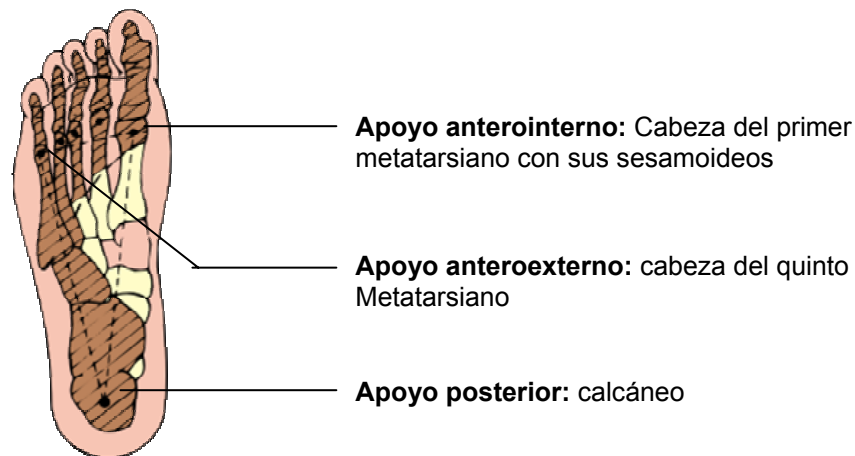
1. Reducción clásica del pie a un triángulo posterior (apoyo, estática), estabilizado transversalmente por la disposición ósea (astrágalo, calcáneo, maléolos) y lateralmente por los músculos (el tibial posterior por el borde interno, los peroneos laterales por el externo), y a un triángulo anterior (propulsión, dinámica) bajo la influencia del sistema sural aquileo – calcáneo – plantar.
2. Paleta medial estática (2º y 3º radios) y paletas laterales estabilizadoras.
3. Pie calcáneo estático y pie astragalino propulsor.

- ✓ Estudio de la Bóveda Plantar

¹⁰ GOLDCHER, Alain. Ed. Masson.

La arquitectura del pie es una bóveda sostenida por 3 arcos. Esta bóveda tiene 3 puntos de apoyo: Dos puntos anteriores, que corresponden a las cabezas del primer y quinto metatarsiano, y un punto posterior que corresponde a la tuberosidad posterior del calcáneo.

Figura 20: Puntos de apoyo óseo



Fuente: Goldcher, Alain¹¹

En las situaciones de bipedestación y de carga, el resto de los metatarsianos también se apoyan en el suelo. Estos puntos se unen por medio de 3 arcos:

1. Arco longitudinal interno: es el más alto y largo. Presenta los siguientes elementos óseos, siguiendo un orden de detrás a delante: calcáneo, astrágalo, escafoides, primera cuña y primer metatarsiano.
2. Arco longitudinal externo: su altura es media y sólo consta de 3 piezas óseas, siguiendo el mismo orden que el anterior. Son: el calcáneo, el cuboide y el quinto metatarsiano.
3. Arco anterior: sólo puede observarse en cadáveres. Es el más corto y bajo y está formado por las cabezas del primer y quinto metatarsiano.

¹¹ GOLDCHER, Alain. Ed. Masson.

El arco longitudinal interno es el más móvil y dinámico, pero también es el que suele presentar más variaciones, tanto morfológicas como funcionales. Así, su hundimiento comportará un pie plano, y su elevación, un pie cavo.

Una de las principales características de la bóveda plantar es que se adapta perfectamente a todas las irregularidades del terreno y que posee una gran capacidad de recuperación, en analogía con una arquitectura perfecta.

La unión de los 3 puntos de apoyo (dos anteriores y uno posterior) configura el triángulo de apoyo del pie. En la bipedestación es necesario mantener el equilibrio para que la proyección del eje gravitatorio se sitúe dentro de esta superficie.

Por su parte anterior, este triángulo queda delimitado por otro, denominado triángulo dinámico o de propulsión, que corresponde a la zona de los dedos y se adquiere su máximo protagonismo en el momento del impulso: cuando se produce el despegue de los dedos.

✓ Huella Plantar

La huella plantar es la señal que imprime la planta del pie sobre un plano horizontal, y sirve para estudiar la disposición estructural del pie. Los puntos de referencia son:

- Base anterior o zona metatarsal, de valor relativo.
- Zona media que corresponde al mediopié con un valor igual a $\frac{1}{2}$ de 1.
- Zona del talón, con un valor igual a $\frac{2}{3}$ de 1.

Figura 21: Huella plantar clásica

La huella plantar tiene internamente una forma cóncava y externamente, convexa. El contacto de los pulpejos de los dedos genera una imagen triangular y ligeramente separada de la zona anterior.

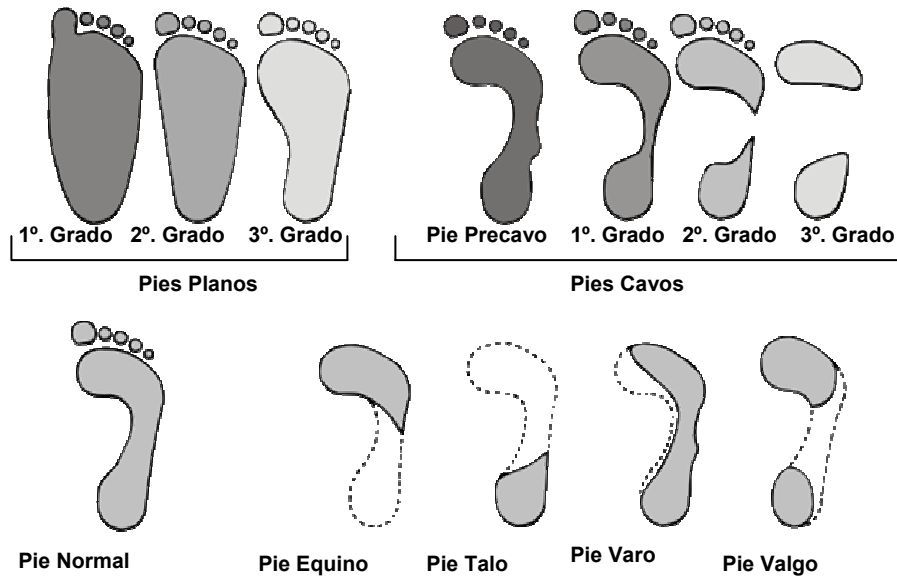
Fuente: Recopilación del autor



Variaciones de la huella plantar

- **Pie Plano:** La ausencia de la concavidad interna y el aumento de la superficie de contacto del medio pie corresponde a un pie aplanado.
- **Pie Cavo:** La ausencia total de la zona que corresponde al mediopié o su disminución.
- **Pie Equino:** Cuando solo contacta la zona metatarsiana, se trata de un pie equino.

Figura 22: Principales tipos de huella plantar



Fuente: Goldcher, Alán¹²

✓ Estudio de la Marcha

La marcha o locomoción es un tema complicado que implica todo el cuerpo. La marcha normal está unida a la eficiencia y la suma de varios factores, de serán citados algunos a continuación:

1. Resistencia del esqueleto de la pierna y el pie.
2. Capacidad de función de las articulaciones del pie, de la articulación del tobillo, de la rodilla, de las caderas, de la columna vertebral y de los brazos.
3. Actividad funcional de la musculatura de las piernas y del resto del cuerpo.
4. Actividad normal del sistema nervioso central, mecanismos reflejos, centros de coordinación del movimiento e influencia voluntaria; en resumen, todo el sistema nervioso.
5. Estado emocional del individuo, su mejor o peor equilibrio y su motivación.

Componentes del ciclo de la marcha

¹² GOLDCHER, Alain. Ed. Masson.

Planos de Movimiento: son planos corporales, definidos por la anatomía, y son:

1. Plano Coronal: El plano vertical que divide al cuerpo en una parte anterior y una posterior.
2. Plano Sagital: El plano vertical que divide al cuerpo en la parte derecha y parte izquierda.
3. Plano Transversal: El plano horizontal que divide al cuerpo en ángulos rectos respecto de los planos coronal y sagital.
4. Línea de Progresión: Línea paralela al sendero por lo cual camina el paciente durante la recolección de datos.

Los términos importantes del ciclo de la marcha son:

Ciclo de la marcha: período desde que ocurre un suceso (por lo general el contacto inicial) en un pie hasta que ocurre nuevamente el mismo suceso con el mismo pie.

Normalización del ciclo de marcha: el lapso entre el contacto inicial de un pie hasta el siguiente contacto inicial del mismo pie es transformado en una unidad y se representa como el 100% del ciclo de la marcha. Esto permite comparar datos provenientes de pacientes cuyo ciclo de marcha puede tener una duración diferente.

Fase de Postura: período durante el cual el pie se encuentra en contacto con el suelo. En una marcha normal este representa cerca del 60% del ciclo de la marcha.

Fase de balanceo: período durante el cual el pie no se encuentra en contacto con el suelo. En la marcha normal este representa cerca de 40% del ciclo de la marcha. En los casos en los que el pie nunca abandona el suelo (el paciente arrastra el pie) puede definirse como la fase durante la cual todas las partes de la extremidad inferior realizan un movimiento hacia adelante.

Fases de ciclo de marcha: las fases de postura y de balanceo pueden ser divididas adicionalmente en subfases. Esta terminología es útil para referirse a partes específicas del ciclo de marcha.

- Respuesta de carga, 0 a 10% apoyo doble
- Postura media, 10 a 30%
- Postura terminal, 30 a 50 %
- Prebalanceo, 50 a 60% apoyo doble
- Balanceo inicial, 60 a 73%
- Balanceo medio, 73 a 87%
- Balanceo terminal, 87 a 100%

Contacto inicial: momento del ciclo de marcha en el cual el pie hace contacto inicial con el suelo; señala el comienzo de la fase de postura.

“Despegue” de los dedos del pie (toe – off): momento del ciclo de marcha en el cual finaliza el contacto con el suelo: señala el comienzo de la fase de balanceo. En la marcha normal habitualmente ocurre al 60% de ciclo de marcha cuando el pie nunca abandona el suelo (pacientes que arrastran los pies) a menudo se considera que el momento en el cual todas las partes de la extremidad inferior se mueve hacia adelante.

Longitud del paso: distancia desde un suceso en un pie hasta la siguiente ocurrencia del mismo suceso en el otro pie. La longitud de paso derecho es la distancia desde el talón izquierdo hasta el talón derecho cuando ambos pies se encuentran en contacto con el suelo.

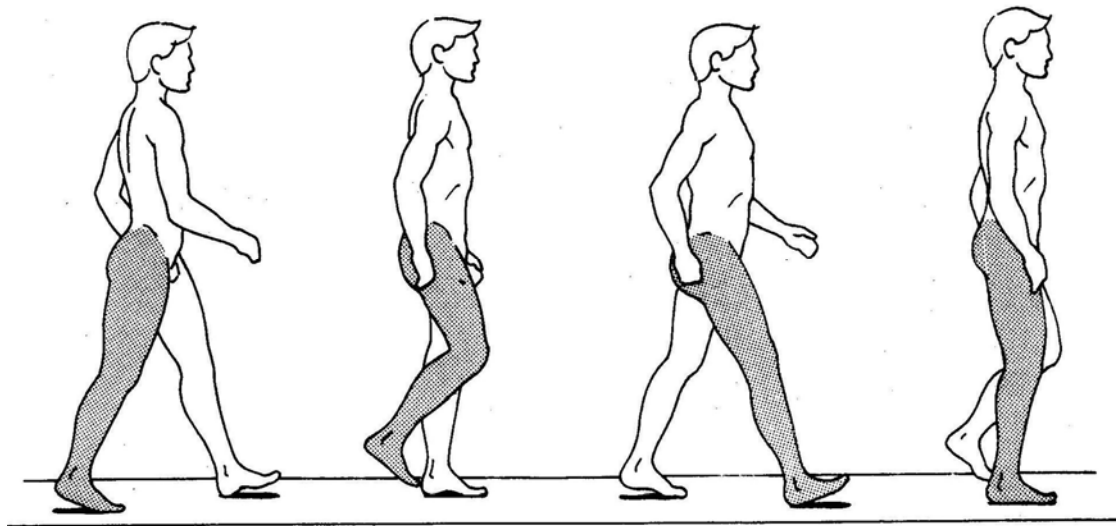
Longitud de la pisada: distancia desde el contacto inicial del pie; a veces se denomina longitud del ciclo.

Velocidad: velocidad horizontal promedio en la dirección de progresión medida a lo largo de una o más pisadas (generalmente expresada en c/s).

Cadencia: Cantidad de pasos por unidad de tiempo.

Tiempos de la marcha

Figura 23: Tiempos de la marcha



Fuente: Viladot, Ramón¹³

Durante la marcha normal podemos distinguir los siguientes tiempos:

1. Primer doble apoyo: Se caracteriza porque los dos pies contactan con el suelo: uno está iniciando el contacto con el talón mientras que el otro, próximo a la fase de despegue, se apoya por la cabeza del primer metatarsiano y el pulpejo del dedo gordo.
2. Primer apoyo unilateral: El pie que en el tiempo anterior sólo se apoyaba por el dedo gordo ha despegado del suelo e inicia su periodo oscilante. El peso del cuerpo, por tanto recae en una sola extremidad. Este periodo es oscilante de la

¹³ VILADOT, A. Ed. Masson

pierna, cuando no contacta con el suelo, se denomina “paso de la vertical” y está dividido en dos fases, según si la pierna péndulo se encuentra por detrás o por delante del eje de gravedad del cuerpo.

3. Segundo doble apoyo: Es simétrico al primer doble apoyo, pero aquí el pie que antes despegaba es el que ahora contacta con el talón finalizando su periodo de oscilación. El otro pie se encuentra apoyado por el dedo gordo, preparándose para el despegue.
4. Segundo apoyo unilateral: Es simétrico al segundo tiempo pero con los pies cambiados: el que antes estaba en periodo de oscilación ahora está en periodo de apoyo y viceversa.

Comportamiento del pie

Con el fin de simplificar el estudio de la deambulación, podemos afirmar que existen 2 fases muy delimitadas:

- Fase activa: cuando el pie se apoya en el suelo.
- Fase pasiva: cuando el pie permanece elevado.

Si analizamos el comportamiento del pie durante la fase activa, observaremos tres momentos:

- a. Recepción del talón en el suelo: contacto inicial del talón, mientras el antepié se mantiene elevado para ir descendiendo progresivamente.
- b. Contacto total de la planta del pie con el suelo: Toda la planta y los dedos contactan con el suelo, mientras la otra extremidad permanece suspendida. Es el momento de máximo equilibrio. Se produce un juego entre la inversión y la eversión del pie hasta que se recupera el equilibrio total. También es el momento en que desciende la bóveda plantar.
- c. Propulsión: Momento en que los dedos y el triángulo de propulsión adquieren su máximo protagonismo. A consecuencia del impulso de toda la extremidad, el pie se prepara para despegar del suelo con el fin de efectuar el paso e iniciar la fase pasiva, es decir, para elevarse.

Figura 24: La marcha normal



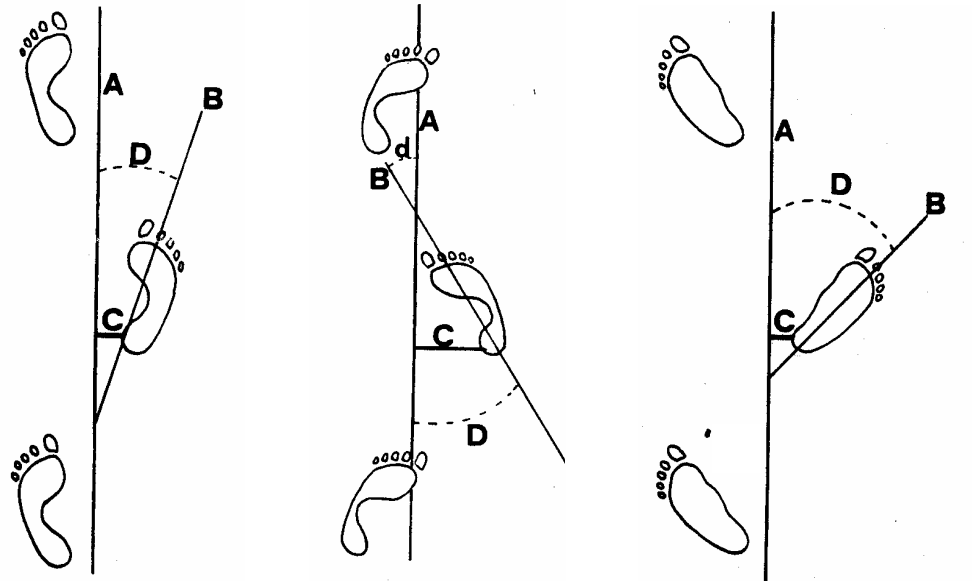
Fuente: El autor

✓ Dirección del paso

Cuando se cubre a pie la distancia entre dos puntos, el paso evoluciona según una línea sorprendentemente recta: el eje de la marcha. Los pies se disponen a un lado y otro de la línea según un esquema más o menos regular: el talón se separa del eje de la marcha en unos 5 ó 6 centímetros (anchura del paso) C, mientras el eje del pie B forma con el eje de la marcha un ángulo de aproximadamente 15° (ángulo del paso) D.

En la marcha “con las puntas hacia dentro” o intraversión, el eje del pie no se cruza con el eje de la marcha por detrás, sino por delante, de manera que el ángulo queda anulado o invertido; la anchura del paso aumenta, pues el talón se separa necesariamente (dado que en caso contrario los pies se entrecruzarían del eje de la marcha).

Figura 25: Dirección del pie en la marcha



Marcha normal

Marcha en intraversión

Marcha en extraversión

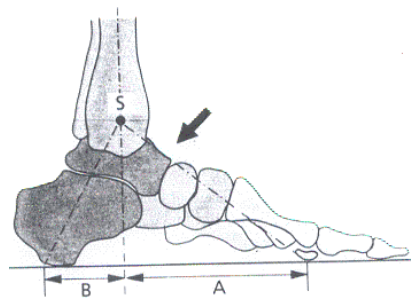
Fuente: Valentí, Valente¹⁴

En la marcha en extraversión, la anchura del paso permanece invariable, porque el talón gira simplemente sobre sí mismo, mientras el ángulo del paso aumenta notablemente hasta alcanzar y superar los 45°.

- ✓ El pie como palanca durante las fases de apoyo
 - Aspecto del pie en la fase de apoyo como palanca de dos brazos: En la posición de reposo la carga oblicua actúa sobre la parte dorsal del pie, generando que el brazo de la palanca anterior sea mayor que el brazo de palanca posterior y la fuerza de gravedad se sitúa en la articulación tibioastragalina.

¹⁴ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

Figura 26: Aspecto del pie en la fase de apoyo como palanca de dos brazos.



S = fuerza de gravedad

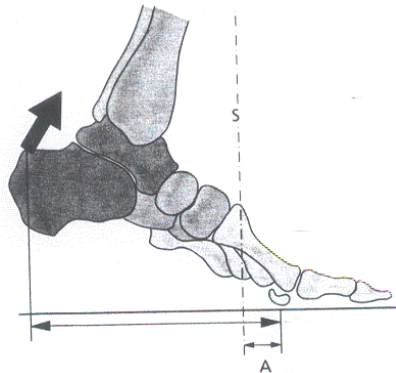
A = brazo de palanca anterior

B = brazo de palanca posterior

Fuente: Baehler, André¹⁵

- Efecto del pie como palanca de un solo brazo durante el desarrollo de la marcha:
Al ocurrir el despegue del pie, en la fase de propulsión, el antepié se convierte en el apoyo principal, generando una disminución considerable del brazo de la palanca anterior, el eje de la fuerza de gravedad se traslada hacia el frente.

Figura 27: Despegue de los dedos

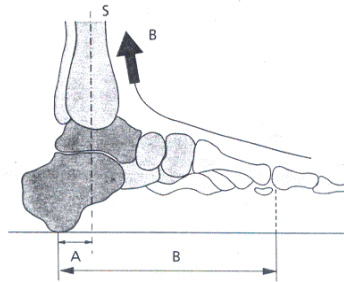


Fuente: Baehler, André¹⁶

¹⁵ BAEHLER, André. Ed. Masson

¹⁶ BAEHLER, André. Ed. Masson

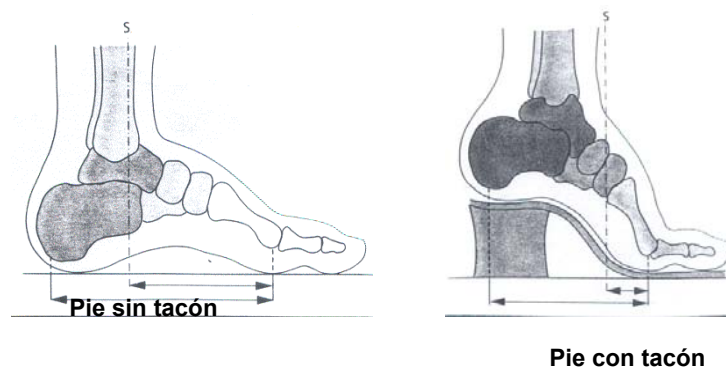
Figura 28: Contacto o choque del talón



Fuente: Baehler, André¹⁷

- En la fase de recepción del talón en el suelo, el brazo de la palanca posterior aumenta considerablemente con respecto al brazo de la palanca anterior, pues la carga toma una dirección contraria.
- Influencia del tacón en la estática del pie: El aumento de la altura del tacón provoca
 - Acortamiento del pie
 - Modificación de la relación de carga tacón – suela
 - Limitación de la movilidad de las articulaciones del pie

Figura 29: Influencia del tacón en la estática del pie



Fuente: Baehler, André¹⁸

¹⁷ BAEHLER, André. Ed. Masson

¹⁸ BAEHLER, André. Ed. Masson

✓ Transmisión de presiones

Las presiones peso que viene de la Tibia, es recibida por la parte superior de la polea astragalina y luego se distribuye siguiendo dos trayectos:

- a. Una parte de la presión va hacia atrás, siguiendo las fibras del cuerpo del astrágalo y pasan al sistema talámico terminando en la tuberosidad inferior del calcáneo.
- b. La otra parte sigue hacia delante por las fibras del cuello del astrágalo y terminan en el talón anterior repartidos en dos sectores:
 - Por las tres cuñas pasan a los tres metatarsianos
 - Por el cuboides pasan a los dos últimos metatarsianos.

✓ Reparto del peso del cuerpo

En la marcha, el peso del cuerpo se duplica en cada paso, en la carrera se triplica y en el salto puede llegar a quintuplicarse.

Cuando el pie se apoya solamente en el talón todo el peso va a éste. En la posición plantígrado se reparte el 56% en el talón posterior y el 44% en el talón anterior. Con 2 cm. de elevación del talón, las presiones se reparte: 50% en ambos sectores. Con una elevación de 8 cm., las presiones se reparten 20% en el talón posterior y 80% en el talón anterior. En el equino todo el peso va en al talón anterior.

1.4.1.3 Fórmula Metatarsal

En función de la longitud de los metatarsianos se distinguen tres tipos de antepié o tres fórmulas metatarsales relacionadas con los diferentes elementos musculares y ligamentosos.

- Index – Plus: el primer metatarsiano es más largo que el segundo, el resto va disminuyendo progresivamente.
- Index – Minus: el primer metatarsiano es más corto que el segundo y éste más largo que el tercero, progresivamente el resto de metatarsianos va disminuyendo en longitud.
- Index – Plus Minus: el primer y segundo metatarsiano son iguales y los restantes disminuyen progresivamente.

En un estudio de Sants y Mestres se demuestra que la proporción es la siguiente:

Index – Plus 16%

Index – Minus 28%

Index – Plus Minus 56%

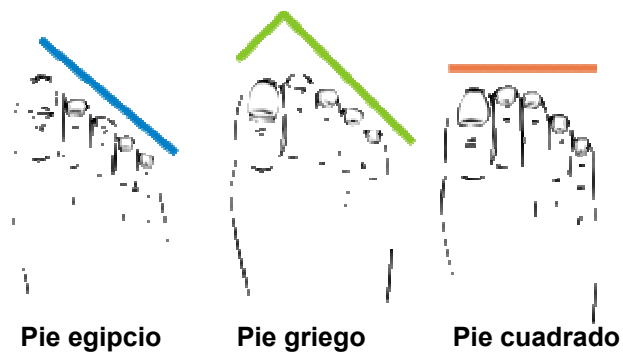
1.4.1.4 Fórmula Digital

Según la longitud de los dedos podemos clasificar el antepié en:

- Pie Egipcio: el primer dedo es más largo que el segundo; éste es más largo que el tercero, y los restantes disminuyen progresivamente.
- Pie Griego: el primer dedo es más corto que el segundo y éste más largo que el tercero, los dedos restantes disminuyen progresivamente.
- Pie Cuadrado: el primer dedo es igual que el segundo y los restantes decrecen progresivamente.

De 1000 pies: Pie Egipcio 22%, Pie Griego 69% y Pie Cuadrado 8,7%.

Figura 30: Fórmula Metatarsal



Fuente: Baehler, André¹⁹

Algunas de las patologías están relacionadas muy directamente con una determinada fórmula digital o Metatarsal; por ejemplo, la aparición de un hallux rigidus es más frecuente en los pies de tipo egipcio.

1.4.1.5 Diabetes Mellitus

Es un síndrome que se caracteriza por el metabolismo alterado, con hiperglucemia inadecuada, debida ya sea deficiencia absoluta de la secreción de insulina a reducción en la actividad biológica de ésta (o ambas).

La diabetes es una enfermedad grave y crónica causada por factores hereditarios y ambientales. Se prevé que la prevalencia global de la diabetes de 120 millones en 1996 se duplique hasta 250 millones para el año 2025 debido al envejecimiento, la obesidad, los hábitos de vida sedentarios y los cambios en la alimentación. Los pacientes con diabetes acuden más al médico, son ingresados con más frecuencia y es menos probable que estén trabajando que los de edad similar que no sufran diabetes. Los estudios

¹⁹ BAEHLER, André. Ed. Masson.

realizados en varios ámbitos sanitarios han mostrado que el 3 – 4% de los pacientes con diabetes usan el 12 – 15% de los recursos sanitarios.²⁰

✓ Diabetes Tipo 1:

Se debe a la destrucción de la célula B de los islotes pancreáticos, que obedece a un proceso autoinmunitario en 95% de los casos, en tanto que en menos de 5% tal destrucción es idiopática. Los pacientes con diabetes Tipo 1, por lo general están propensos a la cetoacidosis y requieren terapéutica de restitución con insulina.

Es más frecuente en jóvenes, pero se presenta ocasionalmente en adultos sin obesidad. Es un trastorno en el que la insulina está prácticamente ausente de la circulación, está elevado el glucagón plasmático y las células B pancreáticas no son capaces de responder a todos los estímulos insuligénicos conocidos.

En ausencia de insulina, los tres principales tejidos blancos de ella (hígado, músculo y grasa) no sólo son incapaces de captar adecuadamente los nutrientes absorbidos, sino que siguen liberando glucosa, aminoácidos y ácidos grasos al torrente sanguíneo a partir de sus respectivos depósitos, además, las alteraciones en el metabolismo de la grasa llevan a la producción y acumulación de cetonas.

Esta persistencia inadecuada de estado de ayuno después de la alimentación puede revertirse con la administración de insulina.

✓ Diabetes Tipo 2:

²⁰ Ibid., p.7

La variante más prevalente, es un trastorno heterogéneo que incluye una diversidad de defectos consistentes, en algunos casos, en fallas sólo en la función de la célula B, pero con mayor frecuencia de resistencia a la insulina con un deterioro concomitante en la secreción compensadora de la hormona.

La diabetes tipo 2, antes considerada como diabetes no insulino dependiente (DMNID), afecta a las personas con resistencia a la insulina que, por lo general, presentan una deficiencia relativa, más que absoluta, de insulina. Estos pacientes por lo general, son adultos mayores de 40 años de edad y con algún grado de obesidad. No necesitan la insulina para sobrevivir, aunque su capacidad para secretar tiende a deteriorarse con el tiempo y pueden necesitar tratamiento con insulina para alcanzar un control óptimo de la glucosa. La cetosis rara vez acontece espontáneamente y en caso de presentarse es una consecuencia del estrés por un traumatismo o infección concomitantes.

1.4.1.6 Pie Diabético

Según la definición de la Organización Mundial de la Salud²¹, el pie diabético es: infección, ulceración y/o destrucción de los tejidos profundos relacionados con alteraciones neurológicas y distintos grados de enfermedad vascular periférica en las extremidades inferiores.

El pie diabético responde al complejo sintomático de las consecuencias que puede producir la diabetes mellitus en el pie, con alteraciones tróficas, infecciosas y del riego sanguíneo.

Con medidas profilácticas bien organizadas y el entrenamiento de los pacientes se pueden frenar cursos difíciles y evitar amputaciones. Junto al control del metabolismo tisular hay que aportar medidas que potencien la irrigación sanguínea y el cuidado del pie, con un tratamiento ortopédico correcto.

²¹ Ibid., p.16

El pie del paciente diabético tiene que considerarse un pie de riesgo, por el peligro que para él supone cualquier lesión de causa intrínseca o extrínseca.

El presente proyecto tiene la intención de situarse en el primer grado de desarrollo del pie diabético, donde la estimulación de la irrigación sanguínea es muy importante.

✓ Factores relacionados con la úlcera de pie

- Úlcera / amputación previa
- Neuropatía: Sensorial - motora
- Traumatismo: Calzado inapropiado
 - Andar descalzo
 - Caídas / accidentes
 - Objetos dentro de los zapatos
- Biomecánica: Movilidad articular limitada
 - Prominencias óseas
 - Deformación / osteoartropatía en el pie
 - Callosidades
- Enfermedad vascular periférica
- Situación socioeconómica: Clase social baja
 - Mal acceso a atención sanitaria
 - Incumplimiento / desidia
 - Poca información

✓ Particularidades del pie diabético

El pie diabético presenta las siguientes patologías:

1. Alteraciones de la irrigación (arterial, venosa y linfática).
2. Neuropatía (sensibilidad superficial y profunda, sistema nervioso vegetativo, sistema motor).

3. Osteoartropatía
4. Alteraciones de las partes blandas y mal perforante plantar.

✓ Alteraciones de la irrigación

En el pie diabético se aprecia tanto macroangiopatía como microangiopatía, están afectadas sobre todo las arterias pequeñas y los capilares. Por eso es posible que el pie se palpe caliente y bien irrigado. De todas formas, el diabético no está exento de oclusiones de arterias mayores, de manera que también pueden estar indicados actos quirúrgicos vasculares.

Figura 31: Alteración de la irrigación sanguínea en el pie



Fuente: Recopilación del autor

Además de la irrigación arterial a menudo también están afectadas las ramas venosas y linfáticas. Debido al edema resultante del pie y la pierna hay riesgo elevado de coagulación debido al enlentamiento del riego sanguíneo, con la consiguiente aparición de trombosis o tromboflebitis. La piel aparece adelgazada y es fácilmente lesionable. Así, con pequeños traumatismos o la presión del calzado (50 mm Hg. son suficientes) pueden

producirse heridas en los dedos y las uñas, y favorecen la micosis interdigital o una infección bacteriana que puede expandirse rápidamente en tejido mal vascularizado, con trombosis simultánea de los pequeños vasos. El cuadro es consecuencia tanto de la enfermedad diabética como de la inmunodeficiencia que la acompaña.

Las medidas terapéuticas deben mejorar la irrigación mediante angioplastia transluminal, endarterectomía, derivaciones vasculares o medicamentos reológicos que activan la circulación.

Además hay que aumentar el riego venoso y linfático, por ejemplo con medidas como compresión externa y rehabilitación física, como medio para activar la bomba muscular y el drenaje linfático y no sólo por movimientos activos. En el tratamiento con calzado ortopédico hay que prestar especial atención a las presiones puntuales que dificultan la circulación. Es conveniente una presión moderada extensa que disminuya el edema y que actúe positivamente sobre la curación de la herida.

Tabla 1: Signos y síntomas de enfermedad vascular

Signos y síntomas de enfermedad vascular	
1. Claudicación intermitente	10. Baja temperatura (pies fríos)
2. Pulsos en el pie generalmente ausentes	11. Uñas quebradizas
3. Dolor de reposo	12. Rubor o enrojecimiento del pie en posición declive
4. Dolor nocturno que se quita al colgar el pie	13. Atrofia muscular
5. Piel de aspecto brillante y adelgazada	14. Úlcera e infección
6. Alteraciones cutáneas atróficas	15. Gangrena
7. Pérdida de pelo en pies y dedos	
8. Ausencia de mejoría a pesar del tratamiento correcto	Tipo 1: en placas o limitada
9. Palidez del miembro por elevación, hipertermia reactiva o “pie de langosta”	Tipo 2: extensa

Fuente: Recopilación del autor

✓ Neuropatía

Otra consecuencia de la diabetes es la alteración de la conducción nerviosa, denominada neuropatía, que afecta tanto las fibras mielínicas como las amielínicas. Así, la neuropatía diabética produce un florido cuadro neurológico con limitaciones en la zona sensitiva del dolor, del sentido de la temperatura, de la sensibilidad táctil y vibratoria y de las cualidades propioceptivas, con afectación tardía de las fibras motoras, con desequilibrio muscular y atrofia de los músculos cortos del pie y de los elevadores del pie. Las consecuencias son malposiciones y deformidades de los pies, en especial en la zona de los dedos.

En el estudio de los pies destaca que esta zona aparece caliente, encarnada y edematosa si los pulsos del pie son palpables. Se aprecia hiperqueratosis en puntos típicos de la planta del pie y de los dedos. Las callosidades, con invasión bacteriana, son focos de origen de las úlceras diabéticas.

Figura 32: Úlcera Plantar

Bajo la callosidad se forma, por roce y presión, una ampolla; este foco infeccioso se extiende en profundidad al tejido sano, de manera que al levantar la callosidad se puede reconocer la extensión de la úlcera, sólo evitable con controles estrechos y tratamiento precoz.



Fuente: Recopilación del autor

La falta de sensibilidad del paciente respecto a las presiones del calzado, el ajuste y la comodidad, condiciona al médico y al técnico ortopédico. Por ello es indispensable inspeccionar los zapatos que ha llevado o controlar las nuevas modificaciones con pruebas de la marcha. Hay que examinar el pie desnudo después de haber llevado el zapato durante unos minutos, buscando puntos de presión, enrojecimiento de la piel, etc. Además hay que instruir al paciente o a sus cuidadores para que realicen esta tarea en el futuro.

✓ Osteoartropatía

La osteoartropatía en la diabetes mellitus tiene una frecuencia del 1 – 10%. Por reglas generales sólo se afectan zonas del esqueleto del pie.

Las causas de la osteoartropatía diabética todavía no están claras, si bien parece deberse a la isquemia pero con una carga neurógena primaria, quizá debido a una traumatización

crónica como consecuencia de la sobrecarga relativa cuando faltan los mecanismos de defensa.

El curso de la osteoartropatía diabética puede dividirse en tres estadios:

- Estadio I: alteraciones de los huesos. El pie aparece clínicamente edematoso y demasiado caliente, con lo que las partes blancas muestran una tumefacción difusa e indolora.
- Estadio II: fase de transformación. El hueso se transforma inarmónicamente mediante varios procesos reabsortivos. Las subluxaciones y las luxaciones espontáneas deforman el pie y muestran radiológicamente el cuadro típico del pie de Charcot.
- Estadio III: fase de neoformación ósea. La construcción ósea se estabiliza, con lo que junto a las zonas osteolíticas se pueden observar neoformaciones óseas con zonas escleróticas y osificación de los ligamentos.
- Topográficamente se puede clasificar la osteoartropatía del pie según afecte el antepié, el metatarso o el retropié.

En el antepié, la osteoartropatía comporta reabsorciones en las cabezas metatarsianas y las falanges. Las puntas de los metatarsianos aparecen como barras de caramelo chupadas, que se clavan en la fase de despegue en la suela y provocan el mal perforante plantar.

En el metatarso se destruye el arco longitudinal y se forma el pie bailante diabético. Los fragmentos que sobresalen plantarmente pueden perforar la suela.

El retropié se inclina en varo con luxación medial porque el peroné se mantiene intacto. Para volver el pie a la vertical son necesarias artroplastias de resección.

Figura 33: Pie cúbico: pérdida de los relieves normales

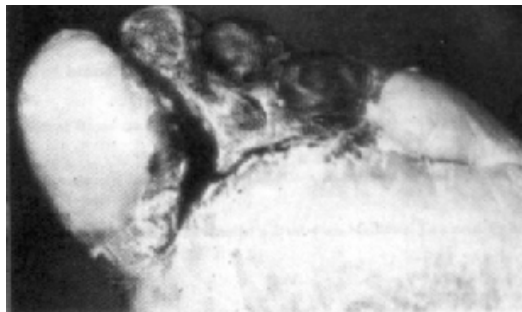


Fuente: Recopilación del autor

✓ Partes blandas y mal perforante plantar

La disminución de la irrigación y la alteración neurógena suponen la atrofia de las partes blandas. La piel se hace delgada, dura y quebradiza; la capa grasa, en especial en la planta del pie, disminuye hasta hacerse mínima, junto con la musculatura plantar del pie.

Figura 34: Gangrena de pie



Fuente: Recopilación del autor

Sólo el esqueleto del pie mantiene su forma mientras no haya osteoartropatía. Sólo las partes blandas están muy atrofiadas, y los huesos quedan directamente bajo la piel delgada. Debido a que las fuerzas de cizallamiento ya no pueden ser absorbidas por las

partes blandas, se originan callosidades con invasión bacteriana y necrosis de partes debido a la mala vascularización. La extensión del foco de infección en profundidad origina el mal perforante plantar, que puede derivar en una osteomielitis. Aquí a pesar del tratamiento conservador, la úlcera sólo puede curar con la retirada del hueso afectado, lo que obliga a extremar las medidas profilácticas.

Figura 35: Isquemia del pie



Fuente: Recopilación del autor

✓ Clasificación de Grados de riesgo

El pie diabético tiene diferentes grados de desarrollo.

Grado 0: Diabetes sin trastornos de la sensibilidad. El diagnóstico de ausencia de lesión neurológica debe ser realizado por un médico.

- Evitar zapatos muy apretados. Cambiar de calzado a mitad del día y por la tarde.
- Estimular la irrigación sanguínea en la planta del pie.
- Evitar sequedad de la piel con crema hidratante
- Tratamiento de micosis en caso de existir
- Control de la diabetes, dieta y evitar factores agravantes como el tabaco, etc.

Grado I: Trastornos de la sensibilidad del pie (anestesia o disminución de la misma, Neuropatía) sin úlceras o lesiones de la piel. Los pacientes deben tener información sobre los problemas más comunes (callos, enrojecimiento, grietas, etc.) que pueden preceder a lesiones graves. Es importante vigilar del estado del pie y el calzado adecuado cada 6 meses. Lógicamente todo diabético debe ser controlado periódicamente para el control metabólico de su enfermedad.

Grado II: Trastornos de la sensibilidad y antecedentes de úlceras en los miembros.

Se trata de pacientes en un estadio más avanzado ya que presentan recidivas, generalmente ubicadas en la misma localización que las anteriores.

- Control de diabetes y neuropatía con complejos vitamínicos
- Control cada 3 meses del estado de los pies y el calzado
- Plantillas que distribuyan los puntos de presión del pie
- Zapatos especialmente diseñados para cambiar estos sitios de presión

Grado III: Trastornos de la sensibilidad + deformidad del pie

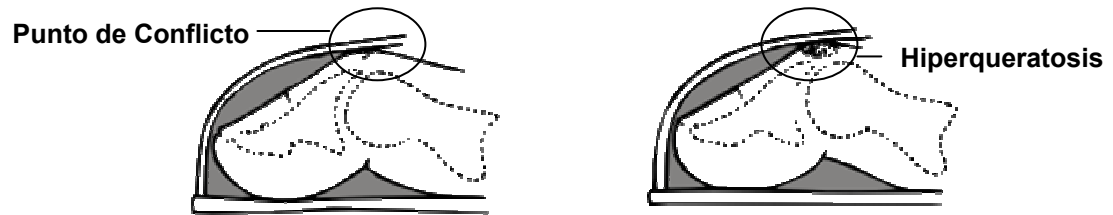
Los pacientes presenta un pésimo apoyo con puntos de máximo stress que seguramente iniciaran las lesiones ulcerosas

- Control estricto de su diabetes
- Consulta cada 1 o 2 meses para controlar el estado del pie y el calzado

✓ Presencia de hiperqueratosis

La hiperqueratosis es una alteración epidérmica de origen traumático. Se trata de un engarzamiento de la epidermis, con la aparición de un sobrecapa córnea hiperplástica y ortoqueratósica. Siempre coincide con una zona de sobrecarga, como consecuencia de una alteración funcional del pie.

Figura 36: Hiperqueratosis



Fuente: Céspedes, Tomás²²

La compensación de las partes blandas provoca una queratodermia reactiva. El mayor engrosamiento se produce en la zona de mayor compresión, de manera que creciendo en profundidad aparece el heloma o callo, que puede complicarse con una bursitis, periostitis, osteítis u osteomielitis.

Algunos factores agravan la aparición y la presencia de las hiperqueratosis, como:

- Diabetes: neuropatía, vasculopatía
- Traumatismo
- Malformación congénitas
- Alcohol – tabaco
- Hemiplejías
- Poliomiелitis

Si la hiperqueratosis es plantar, los pacientes con sensibilidad normal, presentaran dolor cuando apoyen el pie en el suelo y cuando deambulen, ya que la propia hiperqueratosis actúa como agente agresivo, causando la desaparición del efecto amortiguador de la aponeurosis plantar.

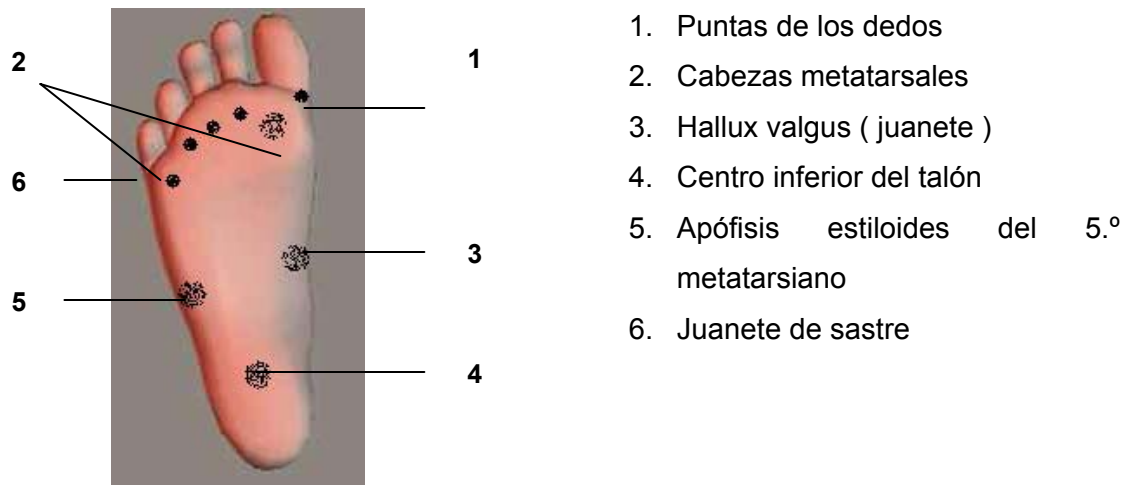
²² CÉSPEDES, Tomás. Ed. Santos Díaz

La piel aparecerá blanquecida y engrosada. A nivel de un espacio interdigital estará macerada y, por falta de ventilación y por la presencia de micosis, existirá una hipertrofia cutánea en forma de coliflor.

La hiperqueratosis aparece siempre en un punto de apoyo coincidiendo con una “prominencia ósea “. Es importante localizar las posibles zonas de riesgo para evitar la aparición de úlceras. Las zonas más comprometidas son las referidas a continuación:

Planta y antepié

Figura 37: Hiperqueratosis en la planta y el antepié.



Fuente: El autor

La experiencia demuestra que las zonas de mayor riesgo en el diabético se localizan en la planta del pie.

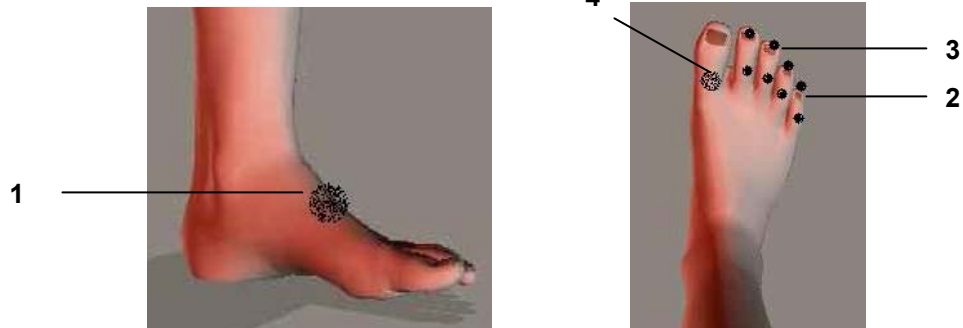
Dorso del pie

1. Empeine del pie (a nivel de la 2.ª cuña).

2. Dorso de los dedos
3. Puntas de los dedos
4. Zona correspondiente al tendón del extensor del primer dedo.

La mayoría de estas lesiones se debe a la compresión que ejerce el calzado sobre el dorso del pie.

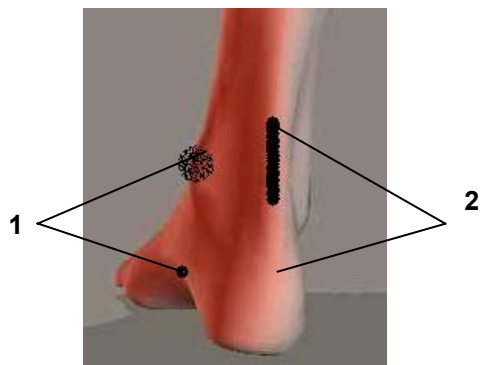
Figura 38: Hiperqueratosis en el dorso del pie



Fuente: El autor

Retropié

Figura 39: Hiperqueratosis en retropié



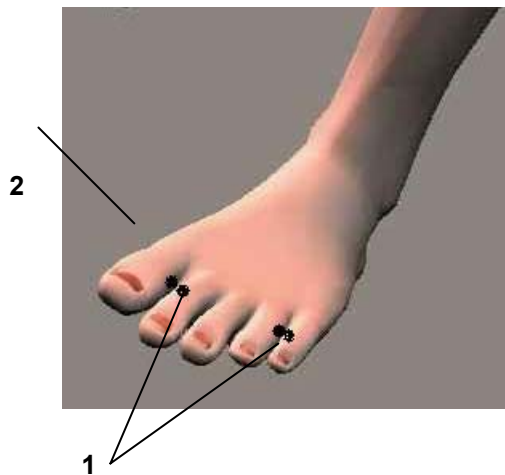
1. Zona póstero inferior del calcáneo o de la inserción del tendón de Aquiles.
2. Lateralmente, las prominencias maleolares y la tuberosidad del escafoides

Fuente: El autor

Espacios interdigitales

1. Especialmente entre el 1.º y el 4.º espacios.
2. Zona medial de la articulación interfalángica del 1er dedo. Tanto lateralmente como plantarmente.

Figura 40: Hiperqueratosis espacios interdigitales



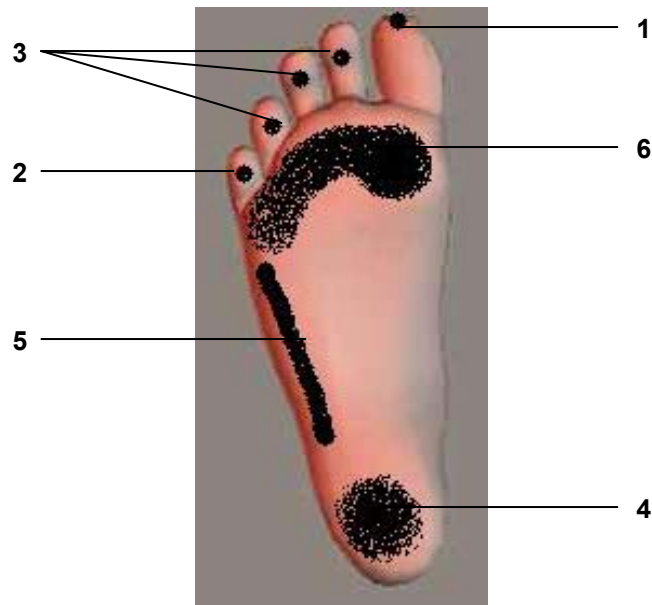
Fuente: El autor

Áreas de mayor presión sanguínea y enrojecimiento

Son seis localizaciones principales de presión en la planta del pie:

1. Punta del dedo gordo
2. Base del dedo pequeño
3. Bases de los dedos centrales
4. Talón
5. Borde externo del pie
6. A lo largo de la redondez del antepié (cabeza metatarsianas).

Figura 41: Áreas de mayor presión sanguínea



Fuente: El autor

✓ Cómo evitar los problemas en el pie de un paciente diabético

Varios estudios han demostrado que los programas generales de cuidado del pie, incluida la educación, examen periódico del pie y clasificación de riesgos pueden reducir la aparición de lesiones en el pie hasta el 50% de los pacientes. Hay cinco pilares fundamentales para la prevención:

1. Inspección periódica y examen del pie y el calzado
2. Identificación del paciente de alto riesgo
3. Educación del paciente, familia y cuidadores
4. Calzado apropiado
5. Tratamiento de la patología no ulcerativa.

1. Inspección periódica

Los expertos recomiendan que se examine a todos los pacientes en cuanto a posibles problemas en el pie al menos una vez al año, mientras que debe examinarse con mayor frecuencia a los pacientes con factor(es) de riesgo demostrando(s).

2. Identificación del paciente de alto riesgo

En los estudios de intervención y observación se han descrito una serie de factores de riesgo que pueden detectarse fácilmente a través de la anamnesis y un examen clínico.

- | | |
|---|-------------------------------------|
| ▪ Úlcera previa / amputación | ▪ Sin reflejo del tendón de Aquiles |
| ▪ Falta de contacto social | ▪ Callosidad |
| ▪ Falta de formación | ▪ Deformaciones del pie |
| ▪ Alteración de la percepción de la protección (monofilamentos) | ▪ Calzado inapropiado |
| ▪ Alteración de la percepción de la vibración | ▪ Ausencia de pulsos pedíos |

3. Educación del paciente, familia y cuidadores

Algunos estudios demuestran que la educación bien dirigida por los servicios de salud redujo dio lugar a la reducción de las úlceras y las amputaciones. Pero en realidad son muy pocas las estadísticas que se aportan sobre el tema.

Es importante que los organismos de salud, elaboren campañas para propiciar un adecuado cuidado de los pies.

- A quién se debe educar: se recomienda que, como partes de un programa general de cuidado del pie, la educación se dirija a las categorías de riesgo elevado, sobre todo cuando los recursos sean escasos. La educación debe dirigirse a los

profesionales y a los pacientes. El reconocimiento del pie de riesgo y las primeras lesiones es la responsabilidad más importante de los profesionales de la salud.

- Cómo educar y quién debe hacerlo: El objetivo de la educación es cambiar la conducta de autocuidado del paciente y mejorar el cumplimiento de las recomendaciones para el cuidado del pie. Además, el paciente debe reconocer los posibles problemas del pie y luego tomar las medidas apropiadas (es decir, buscar ayuda profesional). La educación debe ser sencilla, pertinente, uniforme y repetitiva. Además, los médicos y otros profesionales de la salud deben recibir una formación periódica y refuerzo para el tratamiento de la diabetes para mejorar los cuidados proporcionados a los pacientes de riesgo elevado.

4. Calzado adecuado

El zapato protege al pie diabético contra el traumatismo, las temperaturas extremas y la contaminación. Los pacientes sin pérdida de la percepción de protección pueden elegir ellos mismos el calzado probándose los. Para los pacientes con neuropatía, isquemia, o ambas, hay que satisfacer otras necesidades de adaptación del calzado, sobre todo cuando el pie presenta deformidades. Los zapatos y las plantillas deben inspeccionarse con frecuencia y sustituirse cuando sea necesario.

5. Tratamiento de la patología no ulcerativa

Lesiones aparentemente menores pueden causar una úlcera y servir como punto de entrada adicional para una infección de evolución rápida; nunca deben infravalorarse. Los pacientes considerados de alto riesgo deben ser tratados periódicamente por un especialista en el cuidado del pie. Sobre todo, deben tratarse las callosidades, patologías de las uñas y patologías de la piel. Cuando el paciente no puede cortarse las uñas por sí sólo de forma segura, esto debe realizarlo un especialista del cuidado del pie. Es fundamental que los pacientes tengan acceso a un cuidado del pie preventivo y adecuado, independientemente de su situación socioeconómica. Los expertos consideran que es importante ocuparse de las siguientes cuestiones.

1.4.2 Aspecto Expresivo – Formal

Los objetos médico, y en especial los ortopédicos, son en general formalmente sobrios y austeros en su diseño. Las plantillas no se escapan a esta concepción, pues los materiales que se utilizan son los que permiten darle un toque expresivo.

Uno de los conceptos de diseño que prima, es la analogía de forma, entre la planta del pie y la superficie de la plantilla, el usuario percibe que efectivamente la plantilla se utiliza en los pies y no en otra parte del cuerpo.

Es importante resaltar la coherencia formal que existe entre el calzado y la plantilla, estos dos componentes forman una familia inseparable de protección a la parte terminal de la extremidad inferior.

En algunas plantillas el contraste entre la forma, las texturas y tonalidades de los materiales permiten un manejo expresivo diferente, las superficies son resaltadas con la intención de hacer distinción en la zona de la planta del pie en que se actúa.

Este análisis es válido para tener en cuenta en la fase de diseño de alternativas.

Los pies son una parte importante de nuestro “lenguaje corporal”, y si nos fijamos en ellos, veremos como son un buen indicativo de nuestro estado de ánimo. Se dice que el lenguaje de cada una de las partes de nuestro cuerpo es más “sincero”, cuando más alejada esté de la cara, cuya expresión es la que podemos camuflar mejor. Resulta muy interesante fijarse en una persona que está siendo entrevistada, cómo mueve o coloca los pies ante preguntas comprometidas, mientras su cara expresa otra actitud o estado de ánimo. Los golpecitos de impaciencia contra el suelo, la extensión y reflexión de los

dedos, el levantamiento de los talones, balanceos.... indican distintos estados de ánimo, desde el aburrimiento hasta los deseos de esfumarse, pasando por la impaciencia o la ira, que de forma tan patente muestran los niños pequeños con su pataleo.

Si decimos que los pies poseen un lenguaje en donde a través de signos transmitimos ideas que dan cuenta de nuestro estado de animo, también los objetos industriales poseen un lenguaje implícito que el diseñador se encarga de crear. Este lenguaje esta constituido por signos, símbolos y señales que manifiestan un sin numero de ideas, como por ejemplo, la forma de utilización del objeto, si necesitamos repararlo o almacenarlo, se darán los instrucciones respectivas.

En el caso del diseño de plantillas ortopédicas para diabéticos, la creación de este lenguaje debe tener en cuenta principalmente los usuarios a quien va dirigido el producto, en este caso, los usuarios directos son todas las personas adultas mayores de 30 años que estén en el nivel 0 de diabetes, y los usuarios indirectos, el personal medico que se encarga del diagnostico y tratamiento de la enfermedad. A partir de este momento, el diseño empieza a vislumbrarse y es a través de la forma del objeto donde se inicia la creación del lenguaje sin olvidar la función. Es así como la pareja indisoluble Forma – Función comienza un proceso de significación logrando que el diseño sea efectivo.

1.4.3 Aspecto Formal – Estético

En las últimas décadas la experiencia estética que percibe el usuario al ir a comprar zapatos, es notable, las empresas compiten por lograr atraer a los compradores con variados diseños. Para esto los grandes diseñadores de calzado se inspiran en la naturaleza, en el trajín diario de la vida en la ciudad y hasta en el espacio exterior con diseños intergalácticos. Las suelas de formas variadas, los materiales con texturas suaves, opacas y brillantes, y hasta luces de colores son incorporadas a los zapatos.

Es así como la armonía de formas, texturas y colores, llegan a la retina y nuestro poder de decisión tiene que elegir entre muchas posibilidades.

Pero esto no ocurre en los productos ortopédicos, pues su sobriedad es una tendencia. La experiencia estética es casi nula, pues prima la funcionalidad del objeto.

Para el diseño de las plantillas es importante darle un cambio al carácter formal. Utilizando los conceptos anteriormente mencionados, estos convierten en la clave para lograr que el objeto sea más vistoso y llamativo, pero sin olvidar lógicamente la función que es la clave de este estudio.

1.4.4 Aspecto Técnico

1.4.4.1 Materias primas

Para la fabricación de plantillas se dispone de materias primas orgánicas y de materiales sintéticos. Las materias primas orgánicas, como el cuero, corcho, fieltro y goma, son flexibles, elásticas, capaces de aislar del calor y el frío y absorber bien el sudor. Su inconveniente es el rápido desgaste y la frecuente falta de estabilidad de la forma. Hoy día también están disponibles diversos materiales sintéticos, entre ellos los laminados de resina fibras de carbono, materiales termoplásticos, espumas blandas y silicona, que se presentan en diferentes durezas y diferente elasticidad.

A menudo se utilizan una combinación de materiales orgánicos y sintéticos para aprovechar las propiedades de ambos tipos.

Las materias primas pueden clasificarse en rígidas: son materias rígidas el metal, los materiales termoplásticos, las resinas reforzadas con fibras de carbono o fibra de vidrio y los acrílicos.

También se clasifican en semirígidas (semielástica): las materiales semirígidas suponen una combinación de madera y cuero, corcho y cuero, corcho y materiales sintéticos termoplásticos o espumas semirígidas.

Y por último en blandas: como materias blandas están disponibles materiales sintéticos blancos, espumas y siliconas.

✓ Clasificación de los materiales utilizados en ortopodología

a. Materiales termoplásticos:

Formados principalmente por resinas artificiales y derivados de la celulosa que son fácilmente deformables y moldeables bajo la influencia de una presión, del calor y de los dos a la vez. Características generales de estos termoplásticos:

- No producen irritaciones en la piel del paciente.
- Pueden producir hiperhidrosis.
- Permiten el paso de los RX.
- Son materiales resistentes y de larga duración.
- Cuando se trabajan se pueden modificar con facilidad.
- Pueden adaptarse bien al calzado.
- Con pequeños grosores podemos realizar buenas correcciones.
- Pueden ser combinados con otros materiales.
- Requieren práctica para su manipulación.

Existen, básicamente, tres tipos de materiales termoplásticos: metacrilatos, polietilenos y polipropileno.

b. Materiales Termoformables:

Son materiales más blandos que los materiales plásticos. Tienen el mismo origen, son derivados de resinas artificiales, de la celulosa y del petróleo.

Tienen menos resistentes que los materiales termoplásticos aunque poseen una mayor capacidad elástica.

Son más laboriosos a la hora de trabajarlos y, normalmente, se deberán combinar entre ellos para confeccionar una ortesis plantar.

La característica específica de los materiales Termoformables es que se trabajan a una temperatura menor que los termoplásticos, entre 90° y 120° centígrados.

En general tienen una mayor capacidad amortiguadora porque tienen una mayor memoria elástica aunque, también, tienen una mayor fatiga (se rompen con mayor facilidad que los termoplásticos y se deforman antes).

El tiempo de trabajo es muy corto, la mayoría de las veces no supera el minuto, ya que si no el material se quema y pierde sus características.

En ortopedia se utilizan tres tipos básicos de Termoformables: Espumas de polietileno, los E.V.A (Etilvinilacetato) y las resinas.

Figura 42: Materiales para los sostenes de la plantilla



a. Plancha de goma
"cojín"deprimible



b. Poroten deprimible al 20
– 30 % al 10 – 20 %



c. Goma espuma
amarilla deprimible al 40
– 50 %

Fuente: Valentí, Valente²³

Tabla 2: Materiales

MATERIALES		
Material	Constitución del material	Características
Flexokord	Partículas de corcho pegadas con neopreno para formar placas	Ligero, flexible, elevada elasticidad.
Pryx	Polietileno de elevada densidad, termoplásticamente moldeable a 120 – 140°C	Elástico, mantiene la forma, flexibilidad, ligero, bien tolerado por la piel.
Tepefom tipo 20 (duro)	Polietileno de elevada densidad, termoplásticamente moldeable a 140°C (la resistencia puede modificarse por calentamiento y presión)	Elástico, mantiene la forma, flexible, ligero, bien tolerado por la piel.
Multiform, Galaxon duro, Frelen duro	Parecido al Tepefom	Elástico, mantiene la forma, flexible, ligero, bien tolerado por la piel.
Conticell 80	Espuma de poliuretano – formaldehído, peso específico 80 Kg./m ³ , termoplásticamente moldeable a 140°C.	Extremadamente ligero, mantiene bien la forma; grandes propiedades de aislamiento frente al calor.
Materiales de refuerzo	Constitución del material	Características
RX - Thermit	Tejido de tela enriquecido con resina termoplástica, termoplásticamente moldeable a 140 – 160°C, estratificado con cola.	
Erkoflex	Acetato de etilenvinilo	Gran duración de la elasticidad, se puede pegar muy bien.

²³ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

Acryl 74	Tejidos de poliamida y de fibra de vidrio junto con resinas acrílicas.	Termoplásticamente moldeable, mantiene la forma, mínimo riesgo de rotura, puede pegarse y limarse bien.
Fibras de carbono	Fibras acrílicas carbonizadas junto con resina epóxica – araldit.	Elevada resistencia con grosor mínimo de material, ligero.
Polipropileno	Moldeable a 180°C.	Poco elástico, resistente, ligero, difícil de manipular.
Ortolén	Polietileno de baja presión, moldeable mecánica y termoplásticamente.	Poco elástico, no hay peligro de rotura.
Plexidur - 0	Material laminado transparente de resinas acrílicas, moldeable termoplásticamente.	Poco elástico, fácil de trabajar, riesgo de rotura.
Kevlar	Fibras extremadamente resistentes, mezcla de material sintético y caucho.	Gran resistencia, sin peligro de rotura.
Tepp 2	Tejido de tela enriquecido con polietileno, moldeable termoplásticamente a 120 – 140 °C.	Material de refuerzo permanente elástico, elevada resistencia a la rotura, permite la transpiración del pie.
Materiales sintéticos espumosos	Constitución del material	Características
Asti / OP – HSV 2	Espuma de poliuretano con dos componentes (básico y en red).	Muy ligero, de manipulación rápida sobre moldes prefabricados.
Materiales acolchantes	Constitución del material	Características
Tepefom 4 (blando)	Espuma de polietileno de elevada densidad, moldeable termoplásticamente a 140°C.	Flexible, ligero, bien tolerado por la piel. El calor de la piel y la presión de carga moldean automáticamente los puntos de presión. También puede usarse directamente sin un forro adicional.
Zellvulkollan	Espuma de elevada densidad y porosa.	Optima adaptación y elasticidad permanente, resistencia al uso diario.
PPT	Espuma porosa y que permite la transpiración, mezcla de caucho, silicona y etileno.	Gran capacidad de adaptación, permanentemente elástica, ligera y blanda.
OVA - Speed	Espuma de poliuretano (PUR) integral.	Muy buena capacidad de adaptación, elasticidad permanente, buena

		amortiguación.
Materiales amortiguadores	Constitución del material	Características
Sorbothane	Goma compacta de silicona.	Excelentes propiedades amortiguadoras viscoelásticas, adaptación lenta, resistencia, relativamente pesada.
Materiales de origen vegetal	Constitución del material	Características
Corcho	Material laminado	Es el más utilizado. Se elaboran alzas cuando hay una asimetría de extremidades inferiores. Es duro, ligero y pierde sus propiedades con la carga y con la humedad (sudor). Con el tiempo se seca y pierde flexibilidad.
Cornaylon	Material laminado	Es un compuesto de corcho al 90% y nylon al 10%. Es termoformable, flexible y pesado. Se puede unir o trabajar con cualquier otro tipo de material. Es útil, básicamente, para la confección de refuerzo de arcos.
Leche de látex	La proporción es de 6-7 gr. de amoníaco + 1 litro de leche de látex.	Se hace con caucho al 90% y amoníaco al 10%. La mezcla en contacto con el aire se endurece. En desuso para las ortesis plantares pero su metodología de confección es similar a la de las espumas de poliuretano.
Materiales de origen animal	Constitución del material	Características
Cuero	Pieles	Son pieles curtidas de mamíferos mayores (vaca y caballo). Tienen un grosor considerable y se utilizan, sobre todo, para la confección de calzado.

Fuente: Recopilación del autor

1.4.4.2 Procesos de fabricación de ortesis

En ortopedia se puede realizar tratamientos con ortesis fabricadas de manera individual para cada paciente o con ortesis fabricadas en serie, con proceso industriales.

✓ Tratamiento Individual

Para poder realizar un tratamiento individual con plantillas se dispone de diferentes procesos de medición y moldeado.

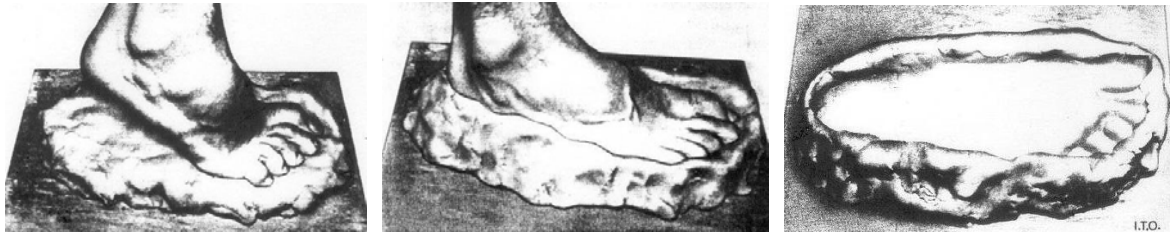
La huella de la pisada es un dibujo del perímetro del pie con la que se pueden registrar con tinta azul las zonas de carga de la suela del pie. La huella del pie siempre se toma como información básica.

El molde de yeso ofrece, como envoltorio tridimensional del pie, informaciones adicionales. A continuación se efectúan el molde de las correcciones deseadas, así como un registro de carga. En casos graves y muy graves se recomienda confeccionar las plantillas según un molde de yeso.

Una tercera forma de fabricar un modelo consiste en tomar el molde de la suela, con lo que el pie se introduce en una masa blanda, como por ejemplo plastilina.

Este tipo de modelo ofrece más información que la simple huella, pero más información que la simple huella, pero menos que el molde de yeso individualmente moldeado con la mano.

Figura 43: Toma de impresión de la planta del pie



Fuente: Viladot, Ramón²⁴

El proceso de tomar las medidas y fabricar el molde de yeso debe ser muy cuidadoso, ya que todos los pequeños errores se transmiten al producto final.

- Moldeado del pie

Materiales que se utilizan para realizar los moldes:

- o Separador: sustancia que se utiliza para separar el molde de la piel. Especialmente para un molde cerrado. El separador es agua jabonosa, que nos permitirá la extracción del molde.
- o Lápiz copiativo: Se marca en la piel y luego queda marcado en el molde
- o Bol de goma
- o Espátula
- o Papel Film o transparente
- o Tijeras
- o Guantes de látex
- o Cinta métrica

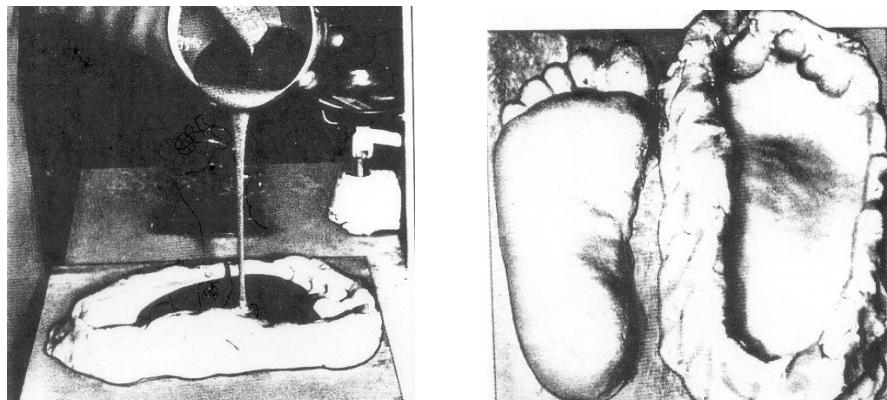
- Técnicas de moldeado del pie

²⁴ VILADOT, Ramón. Ed. Masson.

Molde: Objeto vacío que al llenarlo de una materia pastosa que solidifica toma la forma original del patrón. La reproducción exacta del pie o una parte de éste, se realiza con materiales distintos. Se Utilizan dos tipos de molde:

Molde positivo: Es el resultado obtenido al solidificar una materia pastosa con la que se hace un llenado del negativo. Generalmente se utiliza yeso líquido o resinas que, al fraguar, reproducen exactamente el molde negativo.

Figura 44: Vaciado del molde y positivo del pie



Fuente: Viladot, Ramón²⁵

Molde negativo: Es el resultado de aplicar al pie o una zona de éste cualquier material que nos sirva para obtener inversamente la zona moldeada. Será un objeto vacío que se puede rellenar o no. Las vendas de yeso son el material más utilizado. Los moldes negativos pueden ser totales o parciales de las diferentes partes del pie que nos interese.

²⁵ VILADOT, Ramón. Ed. Masson.

Figura 45: Molde en yeso del pie



Fuente: Recopilación del autor

- Materiales de impresión
 - o Vendas de yeso: Se utilizan vendas de 15 y 20 cms de ancho (5 capas).
 - o Espumas fenólicas: Se utilizan para obtener moldes negativos en carga. Esta espuma es deformable e irreversible. Las manipulaciones y correcciones se hacen a través de la articulación de la rodilla.
 - o Alginato: Material de impresión utilizado en odontología. Se producen reproducciones muy exactas pero es muy caro. No lo utilizan en podología.
 - o Siliconas: Tipo de silicona llamada Ortesine. La utilizan para ortesis plantares tipo Denis.

- Introducción a la metodología de los moldes

Materiales de vacío: Son los materiales con los cuales se van a llenar los moldes negativos. Será yeso en polvo y resina. Lo que más se utiliza es el yeso escayola.

Componentes del yeso:

El sulfato cálcico hemihidratado es la sustancia base 75-85%.

El sulfato cálcico olihidratado forma los núcleos o focos de cristalización. 5-8%.

El sulfato cálcico soluble se encarga de aumentar el tiempo de fraguado. 5-8%.

El sulfato potásico hace que no aumente de volumen al hacer la mezcla.

Se utilizan vendas de yeso para hacer los negativos y yeso en polvo para los positivos. Hay que tener en cuenta que la mezcla desprende calor. El tiempo de fraguado varía según el tipo de yeso y si el agua está caliente o fría. A mayor cantidad de agua mayor tiempo de fraguado. La relación de agua y yeso será de aproximadamente un 50%.

El tiempo de mezcla será el tiempo necesario para conseguir una mezcla homogénea. Si sale una mezcla demasiado húmeda el molde será menos resistente.

- Molde plantar

El molde negativo plantar es el se utiliza en muchas ocasiones para realizar la adaptación de las ortesis plantares de distintos materiales.

Es un molde de la cara plantar del pie que podremos hacer, como mínimo, de cuatro formas distintas:

En decúbito supino

En decúbito prono

En carga

En semicarga (el menos utilizado)

- ✓ Fabricación de plantillas mediante procesos industriales

- Moldeo por compresión

Es el procedimiento más común de para el conformado de los materiales termofraguables, como lo son las resinas Fenólicas, Ureicas, y las melamínicas, y muy raramente se aplican a los materiales termoplásticos.

Fue y es el método mas usado para trabajar los materiales poliméricos a partir del descubrimiento del Celuloide, así como en la industria del caucho natural.

El principio es muy sencillo, consiste en que balanceando adecuadamente la presión y el calor se comprime el material polimérico, ya sea en polvo o ya sea en pasta, dentro de un molde provocando una reacción irreversible de la resina para obtener un producto acabado indeformable.

El equipo mecánico es una prensa vertical compuesta por dos platos que sirven para soportar los moldes, uno de ellos es fijo y el otro es móvil. Los cuales se acercan y / o se alejan alternativamente determinando el cierre y la apertura del molde.

La presión que la prensa debe ejercitar sobre el material, algunas veces es muy alta, pero siempre ésta se la trasmite de manera gradual debido a que si se aplica una presión inicial fuerte se comprometerá el éxito del proceso de moldeo.

De igual manera la temperatura del molde también debe ser uniforme y debidamente ajustada en función de las características propias de cada material utilizado.

El ciclo del modelo por Compresión se divide en las siguientes fases:

- o Empastillado que consiste en comprimir, generalmente en frío, el material colocado en la cavidad de un molde hasta conseguir que salgan pastillas con la forma de la horma; obteniéndose así la eliminación del aire contenido en los gramos de la resina, lo que permite un mejor acabado superficial del objeto manufacturado, abreviando el ciclo de moldeo dando origen a un menor desperdicio de la resina.

- o Procedimiento que facilita el endurecimiento uniforme entre las zonas superficiales e internas del objeto manufacturado en un tiempo muy breve, variando la duración con oscilaciones del precalentamiento según la formulación del material utilizado con oscilaciones entre 15 y 30 mt a temperatura entre 30 y 120 °C.
- o Carga del material en el molde, aplicación del material polimérico en la cavidad del molde.
- o Cierre lento del molde, a presión y temperatura preestablecidas.
- o Después del moldeo se procede a la eliminación de las rebabas de la manufactura, mediante limadura, o por tratamiento con arena, o haciendo rodar las piezas en tambores giratorios especiales.

✓ Moldeo por Inyección

El proceso de inyección de termoplásticos se fundamenta en fundir un material plástico y hacerlo fluir hacia un molde, a través de una boquilla en la máquina de inyección, en donde llena una cavidad que le da una forma determinada permitiendo obtener una amplia variedad de productos. El moldeo por inyección es la técnica de procesamiento de mayor utilización para la transformación de plásticos. Su popularidad radica en la versatilidad para obtener productos de variadas geometrías y para diversos usos.

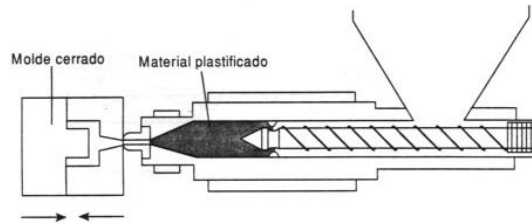
En la actualidad, la mayoría de las máquinas inyectoras utilizan el principio del tornillo de Arquímedes para plastificar y bombear el material. En un tornillo de inyección se produce el fenómeno de plastificación debido al calor generado por la fricción del material con las paredes del barril y por el aporte de calor de las resistencias eléctricas alrededor del barril.

La inyección es un proceso secuencial que está conformado por un conjunto de etapas que se denomina ciclo de inyección. El parámetro más importante, desde el punto de vista económico, es la duración o el tiempo de ciclo, pues finalmente de este dependen la productividad y el costo del proceso.

El ciclo de inyección se puede dividir en las seis siguientes etapas:

a. Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido para inyectar dentro del barril. El molde se cierra en tres pasos: primero con alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad y se mantiene la baja presión hasta que las dos partes del molde hacen contacto, finalmente se aplica la presión necesaria para alcanzar la fuerza de cierre requerida.

Figura 46: Inyección, primer ciclo

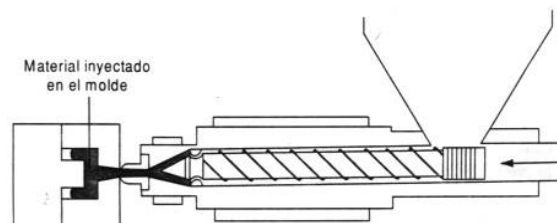


Cierre del molde e inicio de la inyección

Fuente: Recopilación del autor

b. El tornillo inyectora el material, actuando como pistón, sin girar, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada presión de inyección.

Figura 47: Inyección, segundo ciclo

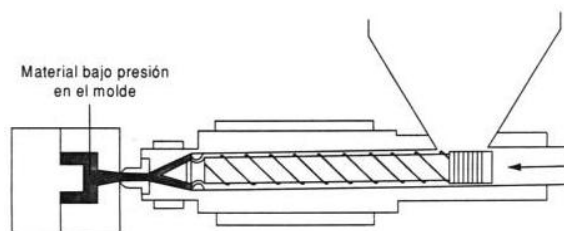


Aplicación de la presión de sostenimiento

Fuente: Recopilación del autor

c. Al terminar de inyectar el material, se mantiene el tornillo adelante aplicando una presión de sostenimiento antes de que se solidifique, con el fin de contrarrestar la contracción de la pieza durante el enfriamiento. La presión de sostenimiento, usualmente, es menor que la de inyección y se mantiene hasta que la pieza comienza a solidificarse.

Figura 48: Inyección, Tercer ciclo

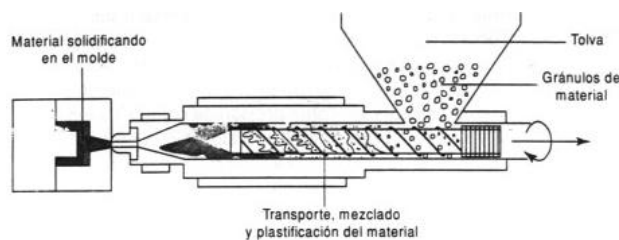


Aplicación de la presión de sostenimiento

Fuente: Recopilación del autor

d. El tornillo gira haciendo circular los gránulos de plástico desde la tolva y plastificándolos. El material fundido es suministrado hacia la parte delantera del tornillo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, obligando al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección.

Figura 49: Inyección, cuarto ciclo

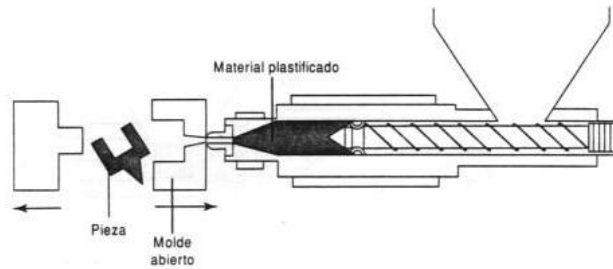


Plastificación del material

Fuente: Recopilación del autor

e. El material dentro del molde se continúa enfriando en donde el calor es disipado por el fluido refrigerante. Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída.

Figura 50: Inyección, quinto ciclo



Enfriamiento y extracción de la pieza

Fuente: Recopilación del autor

✓ Termoformado

El proceso de termoformado consiste en calentar una lámina de plástico (PVC, PET, HIPS, HDPE, etc.) a una cierta temperatura.

Se presiona la lámina contra el molde y se aplica un vacío a éste para mover el plástico contra el molde y se forme respecto a su contorno.

En la mayoría de las ocasiones se utiliza un molde inferior (macho o hembra), y para formas muy complicadas, se puede utilizar un contra molde superior.

- Molde y contramolde: utilizados para conformar piezas a partir de polímeros relativamente rígidos, como la espuma de PS.

Puede aplicarse vacío al molde hembra para ayudar al conformado. Aunque las presiones de cierre son de alrededor de 0,35 MPa, si se aplican fuerzas del orden de 1 MPa puede producirse además un cierto movimiento del material.

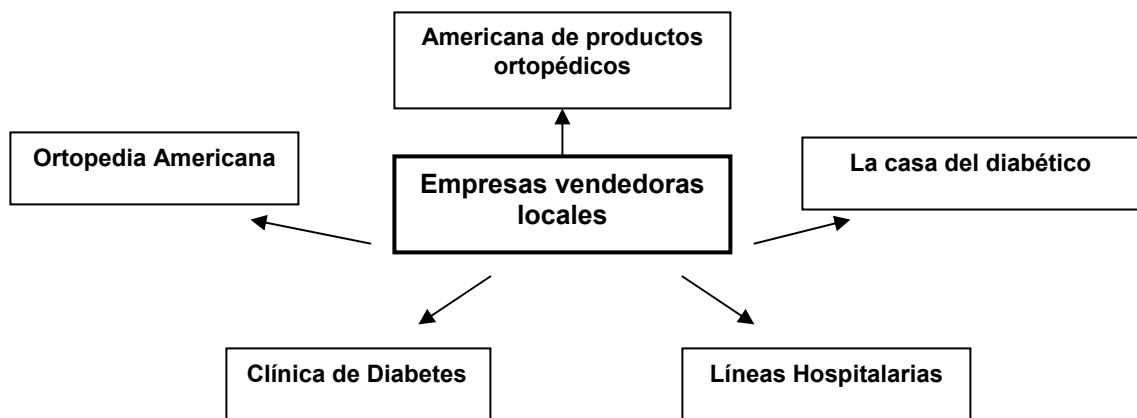
1.5 ANÁLISIS DE MERCADO

✓ Usuarios

- Usuarios finales: Las plantillas ortopédicas para diabéticos van dirigidas a todas las personas adultas, que están en el Grado I del desarrollo del desarrollo de la enfermedad.
- Usuarios indirectos: El personal médico que se encarga del diagnóstico y tratamiento de la diabetes, como es el caso de médicos generales, médicos internistas y médicos ortopedistas.

✓ Empresas comercializadoras

Figura 51: Empresas comercializadoras de productos ortopédicos



Fuente: El autor

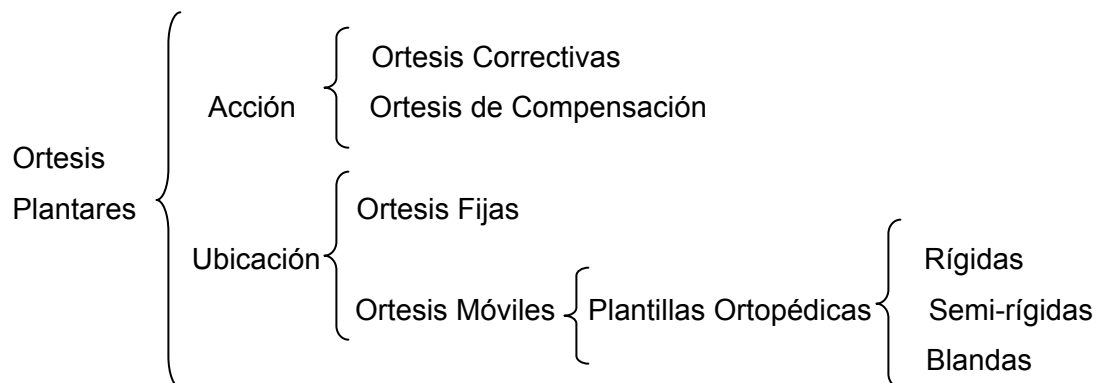
- Líneas Hospitalarias: Empresa vendedora, distribuidora y productora de equipos ortopédicos. Ofrece una gran variedad de plantillas, especialmente de silicona formulada para distintas afecciones del pie, entre ellas para diabéticos. También fabrican plantillas sobre medidas. Ubicada en la ciudad de Bucaramanga.

- Productos de Kamex Internacional: Distribuidora nacional que ofrece productos ortopédicos, entre ellos están las ortesis de pie, que comprende, taloneras, plantillas, realces y correctores de juanetes. Sus oficinas se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá, donde los distribuye a nivel nacional.
- Organizaciones de diabéticos: Una de las organizaciones más importantes a nivel nacional es la Federación Diabetológica Colombiana, con su sede principal en la ciudad de Bogotá. Esta organización esta apoyada por un equipo de profesionales muy experimentado, que cumple una gran labor en la educación de los pacientes con diabetes. Realiza eventos anualmente, tanto para profesionales en la medicina, como también para pacientes con diabetes y el público en general.

1.5.1 Ortesis Plantares

Las ortesis plantares son todos aquellos artificios vinculados al calzado que son capaces de modificar el asentamiento del pie, aislar los apoyos doloroso, la forma del paso y compensar las lesiones fijas y corregir todos los desequilibrios estáticos y dinámicos del individuo con alteraciones morfológicas o patológicas del pie. Por lo que respecta a su acción, las ortesis se dividen en correctivas y de compensación. En lo que toca a su ubicación en el calzado, distinguimos ortesis fijas y ortesis móviles.

Figura 52: Clasificación de las ortesis plantares



Fuente: El autor

✓ Ortesis correctivas

Se habla de Ortesis correctivas cuando su cometido consiste en modificar de manera estable y definitiva una situación patológica, ya se trate de una malformación anatómica o de un desequilibrio funcional. El uso de las ortesis correctivas se entiende, pues, que es limitado en el tiempo.

Salvo raras excepciones, las ortesis correctivas cumplen su función en la infancia, pues sólo un esqueleto en crecimiento puede garantizar la modificación consistente de un dismorfismo o un desequilibrio funcional.

✓ Ortesis de compensación

Las ortesis de compensación tienen la función de reequilibrar el asentamiento del pie aquejado de malformaciones anatómicas o disarmonías funcionales de carácter irreversible. Por tanto, su uso es permanente, desde el momento en que, en ausencia de la ortesis, el trastorno del pie o del paso se reproduce de inmediato.

✓ Ortesis Fijas

Ortesis Fijas son aquellas que van unidas al calzado de manera inamovible. Precisan una estructura sólida a la que arraigarse, de modo que su acción no experimente variaciones debidas a la flexibilidad del material que las sostiene. Las ortesis fijas se aplican a la suela y al tacón directamente, y a la pala por medio de su estructuras más resistentes (contrafuertes, capellada, plantilla, etc.). A la suela se aplican: cuñas con función pronadora o supinadora, barras centrales (tacón anterior), etc.

Figura 53: Ortesis Fijas



Fuente: El autor

✓ Ortesis móviles

Las ortesis móviles son los artefactos extrínsecos al calzado que se introducen y pueden luego suprimirse y sustituirse a voluntad. Están constituidas en esencia por las plantillas y las taloneras.

✓ La plantilla

La plantilla es el instrumento principal de la corrección y la compensación ortésica de las afecciones del pie.

Como su propio nombre indica, es una pieza que se pone contacto con la planta en el interior del calzado, a fin de modificar la disposición recíproca de las estructuras del pie, en apoyo y durante la carga.

La principal aplicación de las plantillas se refiere al asentamiento de las articulaciones plásticas (subastragalina, intertarsiana, tarsometatarsiana), mientras que las articulaciones dinámicas no son influidas por ella.

Sin embargo, ciertas concepciones modernas permiten el empleo de plantillas también para influir, por ejemplo, en la articulación metatarso – digital, modificando su excursión e intensidad de acción.

Figura 54: Plantilla



Fuente: Recopilación del autor

Las plantillas pueden ser: rígidas, semi – rígidas y blandas.

- Rígidas:

Son usualmente diseñadas para buscar una correcta posición del talón, respecto a la pierna como a la parte anterior del pie. Se realizan tomando un molde de yeso.

Generalmente se fabrican en polipropileno, claro está que hay una gran gama de materiales para la fabricación de éstas, donde encontramos otros tipos de plásticos, fibra de carbón, entre otros.

Figura 55: Plantilla rígida



Fuente: El autor

Entre las ventajas de este tipo de ortosis se destacan la durabilidad y el poco espacio que ocupan dentro del zapato, ya que llegan hasta por debajo de las cabezas metatarsales, por eso también se les denomina $\frac{3}{4}$.

o Plantilla rígida metatarsal de $\frac{3}{4}$

Figura 56: Plantilla rígida metatarsal

Material: Polipropileno

Precio: \$60.000

Tamaños: Todas las tallas

Empresa: Summer Sale



Fuente: El autor

Entre sus características esta su durabilidad y resistencia.

Apoya principalmente las zonas del retropié y el metatarso. Deja libre el antepié, pues por la dureza del material impide el movimiento de los dedos en la marcha.

- Semi – rígidas:

Tienen características muy similares a las rígidas en cuanto al objetivo y proceso de fabricación. En éstas, los materiales, como su nombre lo indica, son algo menos rígidas, pero resistentes. También, se pueden usar materiales rígidos en combinación con materiales blandos. Las ortesis semi – rígidas son muy recomendadas para el deporte, sin que ello quiera decir que no son aptas para la vida diaria.

- o Plantilla de micromasajes LECO

Plantilla científicamente estudiada, provista de un trenzado de material textil e hilos de nylon que al andar o simplemente al estar de pie, produce un micromasaje muy beneficioso en la planta del pie reactivando la circulación sanguínea y proporcionando bienestar general. Utilizar en zapatos amplios, para una mayor comodidad y eficacia.

Figura 57: Plantilla LECO



Fuente: www.ortoweb.com

Material: Micromasaje tynex, Nylon no deformable

Precio: \$ 39.000 ó € 13

Tamaños: Talla 36 a 46

Empresa: Ortoweb

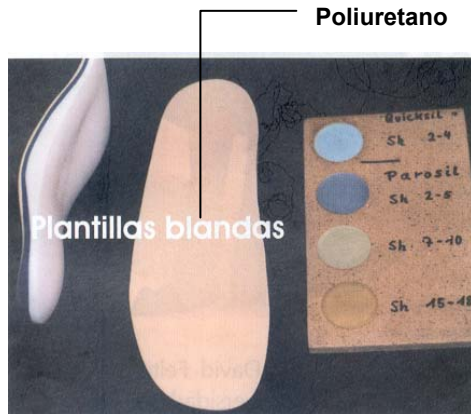
- Blandas:

Tienen funciones básicas como disminuir el impacto y brindar confort. El proceso de fabricación se puede llevar a cabo mediante la toma del molde de yeso o con la huella del pie. Estas, al igual que las anteriores, se les pueden añadir diferentes soportes, dependiendo que otro objetivo se persiga. Dentro de esta clasificación encontramos las

plantillas y taloneras en silicona, donde hay varios diseños; cada uno con un objetivo específico, por tanto, la recomendación de cuál es la más adecuada para usted la debe tomar el médico ortopedista, fisiatra o podólogo.

o Plantilla Denis

Figura 58: Plantilla Denis



Material: Neopreno y

Poliuretano

Precio: Entre \$110.000 - \$25.000

Tamaño: Todas las tallas

Empresa: La tienda del diabético

Fuente: Recopilación del autor

Recomendadas especialmente para pacientes diabéticos. Esta plantilla es un ortesis blanda para adultos, y cuya misión es aliviar el dolor. Actúa ampliando la superficie de carga y de contacto para disminuir la presión en los puntos dolorosos. Esto se consigue gracias al material elástico que compone la plantilla. Se suaviza así el choque del pie con el suelo; y aunque esto da lugar a una deformación del material, éste vuelve rápidamente a su forma inicial.

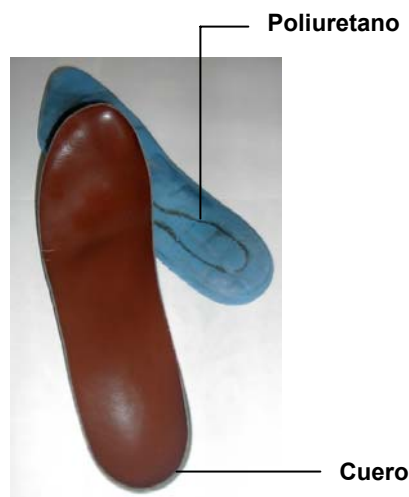
Dichas plantillas han experimentado una evolución en el transcurso de los años. Al principio eran blandas y pegajosas y por este motivo resulta muy difícil efectuar correcciones: se adherían al interior del zapato y era incómodo cambiarlas de calzado.

Actualmente, gracias a las modificaciones que han ido experimentando las resinas que las componen, ya que no son pegajosas, son menos blandas, lo que nos permite efectuar algunas correcciones.

o Plantillas Blandas

Casos en los que se indica esta plantilla: De una manera general se puede decir que son adecuadas para todos los pacientes que precisen una ortesis plantar blanda. Pero donde nos ha dado mayores resultados es en: Metatarsalgias, pies reumáticos, mal perforante plantar, pies postraumáticos, pies posquirurgicos y espolones calcáneos.

Figura 59: Plantillas Blandas



Material: Cuero y
Poliuretano flexible
Precio: \$ 200.000 ú \$80 dólares
Tamaño: Todas las tallas
Hechas a la medida
Empresa: Summer Sale

Fuente: El autor

o Plantilla de Neopreno

Características funcionales

- Proporcionan la máxima distribución del peso corporal

- Reducen el estrés y la tensión en pié, tobillo, rodilla, cadera y columna vertebral, absorbiendo parte de las cargas de reacción del impacto sobre el suelo.
- Proporcionan alivio inmediato en las zonas sensibles y dolorosas (atrofia, escaras, callos y zonas ulceradas).
- Compensan posiciones anormales.
- Reducen las presiones e irritaciones causadas por factores externos (zapatos) o internos (prominencias óseas).

Figura 60: Plantillas de neopreno



Material: Neopreno y poliuretano flexible

Precio: \$25.000

Tamaño: Todas las tallas

Hechas sobre medidas

Empresa: Líneas Hospitalarias

Fuente: El autor

o Calzado Diabético

El mercado también ofrece calzado especial para diabéticos.

Figura 61: Calzado Diabético 1y 2



Fuente: Recopilación del autor

Características:

- Material: Cuerpo de cuero y suela plástica.
- Precio: \$300.000
- Tamaño: Todas las tallas.
- Para los niveles avanzados de diabetes, o donde se requiera mayor comodidad con el menor malestar posible.
- Bullón completo acojinado.
- Piel termo – moldeable

Científicamente estudiado, el calzado Piedical, ancho y espacioso, mantiene el pie en la posición y apoyo adecuados, evitando la fatiga de los músculos de piernas y espalda. Su forma anatómica impide el deslizamiento del pie hacia delante y evita la deformación de las falanges o dedos. El relieve central, bien estudiado, sostiene el arco del pie para que el peso del cuerpo repose en la mayor superficie posible. Horma profunda y amplia que da máxima adaptabilidad y suficiente espacio para colocar cualquier tipo de plantillas u ortesis. Planta de porón y suelas extralivianas de poliuretano con dibujo antiderrapante. Piel en flor entera ultrasuave y forro de res; además de plantillas en látex, acojinadas y removibles, para alojar nuevas plantillas ortopédicas o adaptarlas ortopédicamente. La

parte frontal o del antepié se ajusta completamente con características únicas e individuales. En construcción California $\frac{3}{4}$ para ofrecer estabilidad y comodidad adicionales.

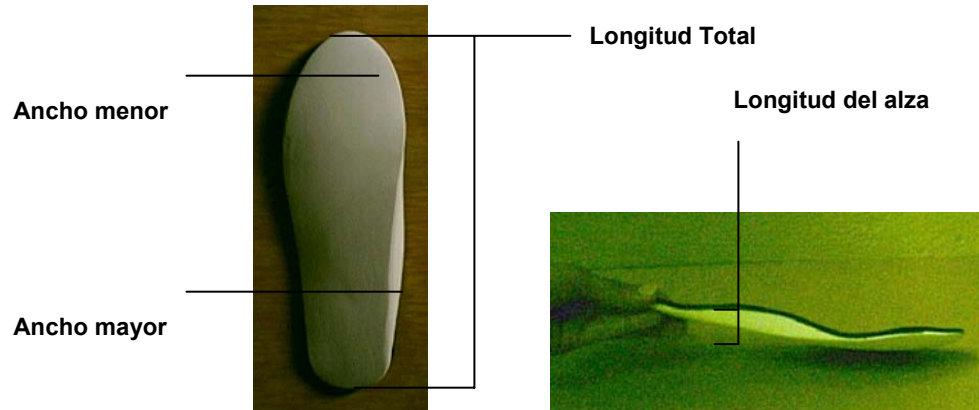
1.5.2 Análisis del estado actual

A continuación serán analizadas unas de las diferentes plantillas que fueron expuestas anteriormente, definiendo las ventajas y desventajas.

o Plantillas de Neopreno

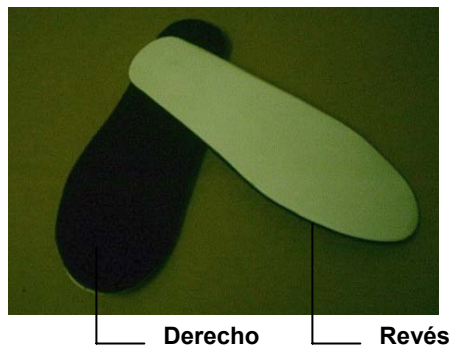
Características estructurales

Figura 62: Plantilla de Neopreno 1



Fuente: El autor

Figura 63: Plantillas de Neopreno 2



Dimensiones

Longitud total: 24 cm

Ancho mayor: 8.5 cm

Ancho menor: 5 cm

Longitud del alza: 2 cm

Talla 34

Fuente: El autor

Aspecto Usuario – Plantilla

La plantilla se ajusta a las dimensiones del pie del usuario. Para su elaboración el fabricante tomo las medidas respectivas y no utilizo medidas estándar, es decir tallas.

Figura 64: Usuario – Plantilla 1



Fuente: El autor

Neopreno es un material que tiene la superficie superior recubierta con una lona sintética antideslizante, permitiendo que el pie permanezca estable dentro del zapato, la mayor parte del tiempo.

Figura 65: Usuario – Plantilla 2



Fuente: El autor

Estas plantillas buscan proteger toda la superficie del pie de forma pareja, sin acentuar su efecto en determinadas zonas de la planta del pie.

Ventajas

- La fuerza de su estructura garantiza la estabilidad dimensional.
- Fueron fabricadas a la medida del paciente.
- El Neopreno y la espuma de poliuretano ayudan a amortiguar el paso durante la marcha, provocando sensación de alivio al usuario con los pies enfermos.
- Su precio de \$25.000 pesos se ajusta al bolsillo de muchos usuarios, con respecto a otras plantillas que por su elevada suma no son accesibles al presupuesto de muchas personas.
- La tecnología de fabricación se encuentra ubicada en Colombia, específicamente en la ciudad de Bucaramanga

Desventajas

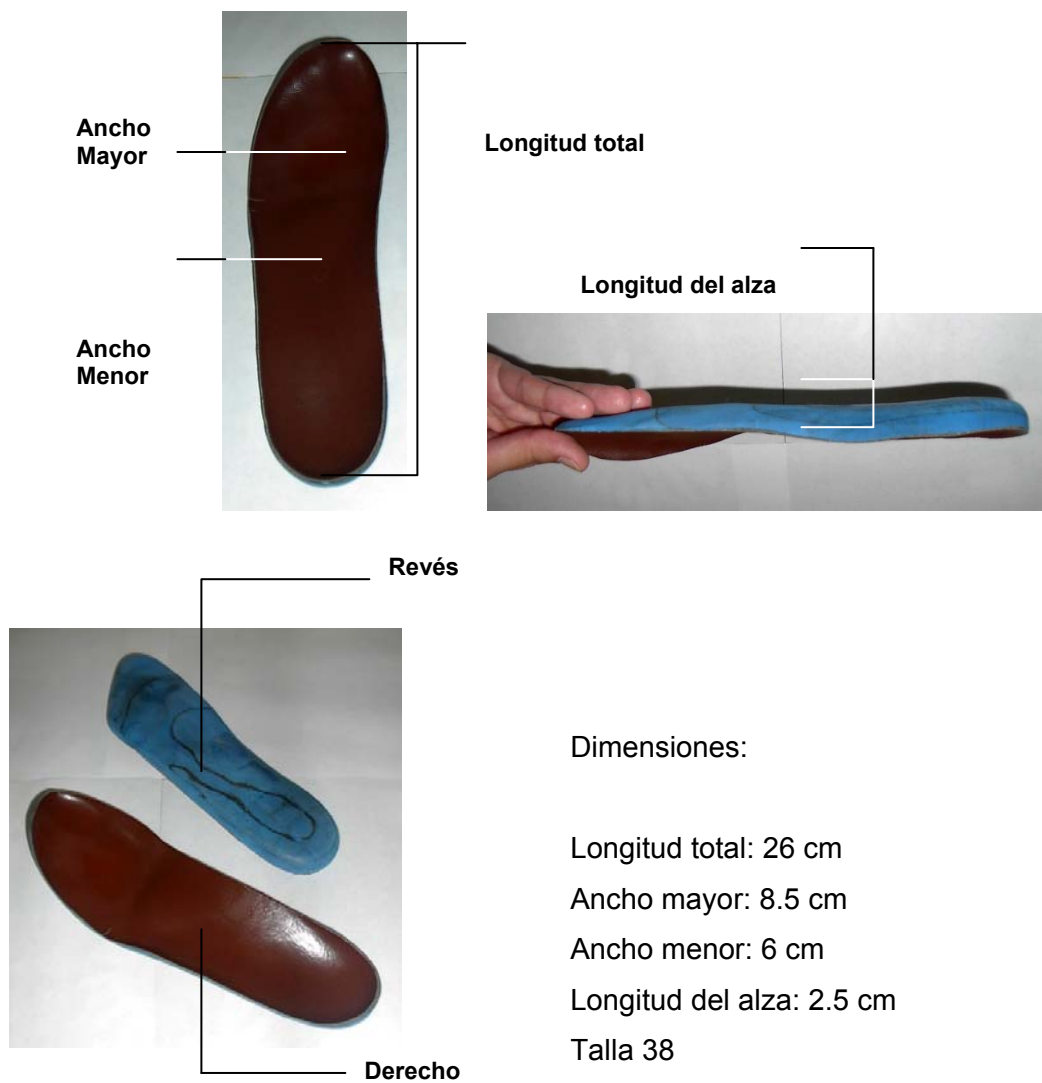
- Su grosor requiere que sean utilizados zapatos con dos tallas más.
- El Neopreno en la zona superior de la plantilla provoca un calentamiento plantar, pues sumado el calzado y las medias, el pie sufre este cambio térmico durante la marcha.

- Los acabados superficiales de las plantillas son muy bruscos lo que requiere una mejor supervisión en la fabricación.

o Plantillas Blandas

Características estructurales

Figura 66: Plantillas Blandas 1, 2 y 3

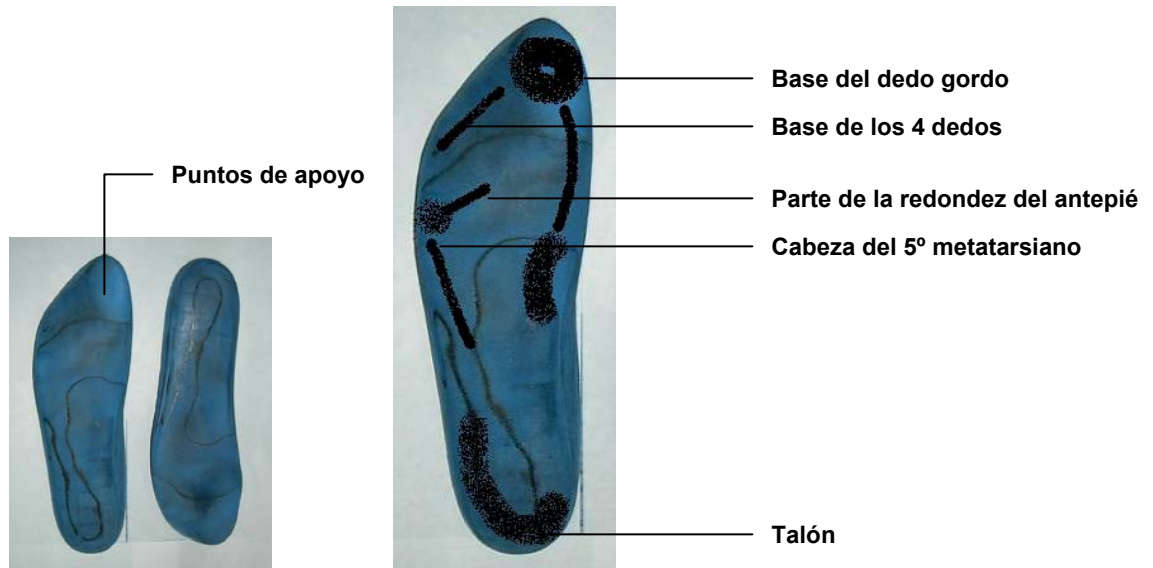


Fuente: El autor

Aspecto Usuario – Plantilla

El revés de la plantillas nos ayuda a vislumbrar cuales son los puntos de apoyo mas notables del pie en este usuario.

Figura 67: Puntos de apoyo 1 y 2



Fuente: El autor

Figura 68: Zona superior de la plantilla



El contacto superior del pie del usuario lo realiza sobre una superficie de cuero, la cual le brinda un buen deslizamiento del pie dentro del zapato y también le garantiza durabilidad.

Fuente: El autor

Figura 69: Usuario – plantilla 3



Fuente: El autor

Estas plantillas fueron elaboradas a la medida del pie del usuario, para ello el fabricante tomo la impresión del pie sobre espuma de poliuretano.

Figura 70: Usuario – plantilla 4



Fuente: El autor

Las plantillas buscan aliviar las dolencias del pie del usuario, amortiguando el paso durante la marcha.

Figura 71: Usuario – plantilla 5



Fuente: El autor

El ajuste al calzado es importante para evitar deslizamientos al caminar.

Ventajas

- Su grosor de 4 mm permite un excelente ajuste al calzado, sin elevar en más de dos números la talla de los zapatos.
- Al realizar las plantillas a la medida del pie, ya sea con los métodos de moldeo que son: molde positivo y molde negativo o vaciado, se garantiza que queden a la medida del usuario y que sean corregidos los problemas fisiológicos del pie.
- La combinación de cuero y poliuretano flexible, dan la suavidad y el confort que necesita el usuario para amortiguar la marcha.

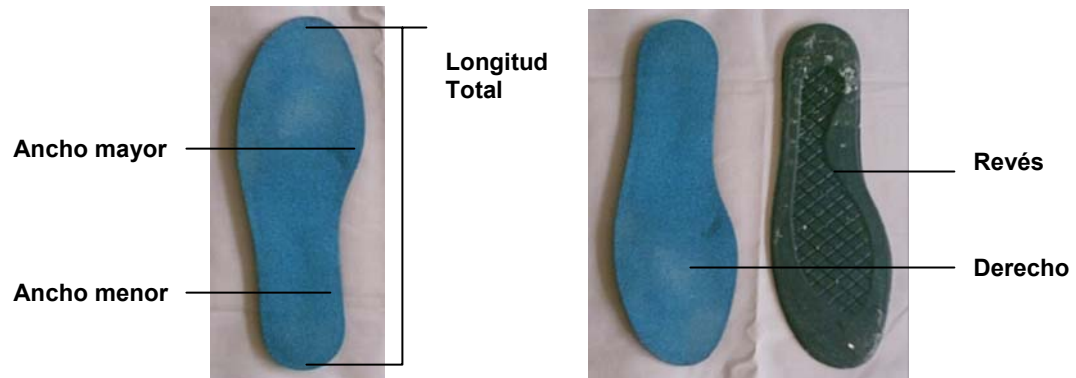
Desventajas

- Estructuralmente le falta mas fuerza, pues después de haberlas usado durante mucho tiempo los extremos se encorvan.
- La tecnología de fabricación se encuentra ubicada en los Estados Unidos.
- Su costo de \$80 dólares, aproximadamente unos \$200.000 pesos colombianos, es muy elevado para gran parte de los usuarios.

- o Plantillas Blandas de Silicona para diabéticos

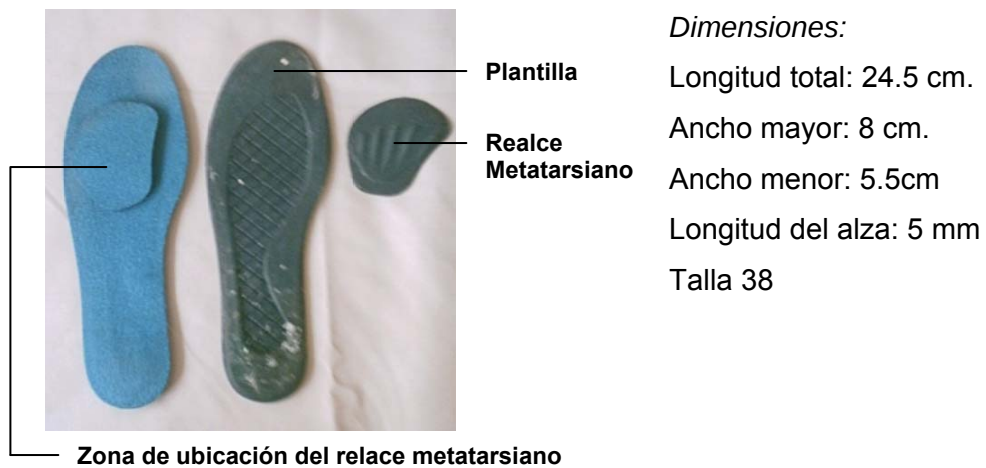
Características estructurales

Figura 72: Plantillas de silicona 1 y 2



Fuente: El autor

Figura 73: Plan. de Silicona 3



Fuente: El autor

Estas plantillas son elaboradas por el proceso industrial de inyección.

Aspecto Usuario - plantilla

Figura 74: Usuario – plantilla 6

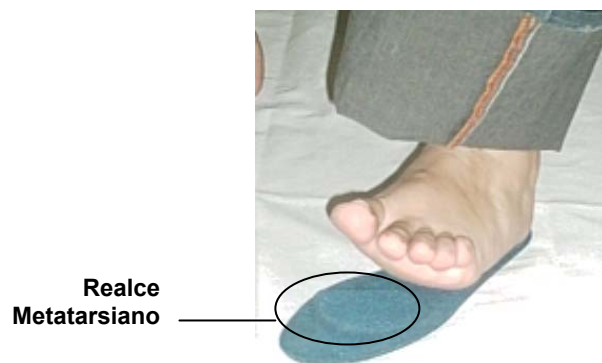


Fuente: El autor

La parte superior de la plantilla esta cubierta con una tela sintética, que suaviza el contacto con el pie, ya sea que este con medias o sin ellas.

El realce metatarsiano es un accesorio adicional que se coloca sobre la plantilla para apoyar y amortiguar esta zona del antepié.

Figura 75: Usuario – plantilla, realce metatarsiano 1



Fuente: El autor

Este accesorio también está recubierto con tela sintética para suavizar la planta del pie. En su parte inferior tiene una superficie estriada.

Figura 76: Usuario – plantilla, realce metatarsiano 2



Fuente: El autor

Ventajas

- El material de que están hechas, la silicona, brinda el amortiguamiento del paso durante la marcha, permitiendo que el pie se sienta aliviado de cargas.
- La zona inferior de la plantilla tiene una superficie estriada que permite la adherencia a la planta del zapato, gracias a su forma y a la franja pegajosa que la recubre.
- La zona superior está recubierta con lona sintética, que permite un suave contacto entre la plantilla, la media y el pie.

Desventajas

- El realce metatarsiano debería estar incorporado al diseño de la plantilla, y no como un accesorio adicional, pues sobre dimensiona la zona del antepié y crea

incomodidad en el calzado, además cuando el usuario se calza el realce se desliza y no se adhiere a la lona que cubre la plantilla, ya que las estrías y la franja pegajosa de la parte inferior del realce, rechaza dicha lona.

- Estas plantillas son formuladas para diabéticos, cumplen la función de almohadillas, amortiguar y proteger el pie, pero no ayudan a repartir normalmente las presiones plantares, causantes de la rotura de piel y la aparición de úlceras plantares.

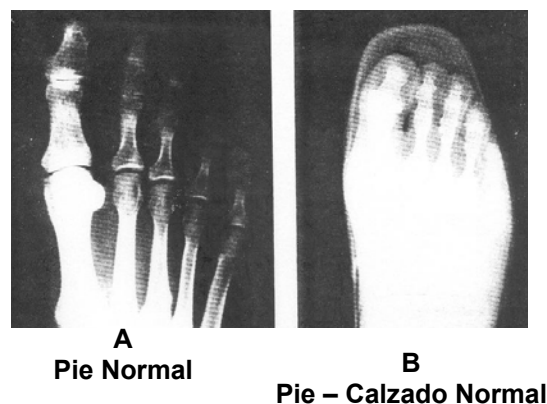
1.6 ANÁLISIS DE FUNCIONES

1.6.1 Función Práctica

- ✓ Cómo actúa el pie en el calzado

El uso del calzado, que a través de los siglos ha sido cómodo, racional, absurdo, etc., induce alteraciones de la morfología del pie y de la forma de la marcha; tanto es así que se puede afirmar que el verdadero paso y el verdadero pie en nuestra civilización son los calzados.

Figura 77: Radiografía del pie



Fuente: Valentí, Valente²⁶

²⁶ VALENTÍ, Valente. Ed. Medicina Panamericana

Durante la marcha el pie no permanece inmóvil en el zapato ni lo ocupa constantemente del mismo modo: al término de la oscilación, al apoyarse el calcáneo en el suelo, la tuberosidad posterior oprime fuertemente el talón de la suela y los contrafuertes: el pie retrocede en el zapato unos 7 – 10 mm, a veces más; el arco plantar está más acentuado, el dedo gordo en extensión y el talón tiende al valgo.

Figura 78: Relación pie – zapato en la marcha 1



Fuente: Recopilación del autor

Durante el apoyo total en el suelo (en zapatos con tacón), las partes blandas subcalcáneas, menos oprimidas se expanden, y el talón se separa más de la suela, el arco plantar se distiende, mientras las cabezas metatarsianas y, por tanto, los dedos avanzan algunos mm.

Figura 79: Relación pie – zapato en la marcha 2



Fuente: Recopilación del autor

En la fase de carga, poco del arranque, el talón se tuerce hacia dentro y se levanta notablemente de la suela, el arco plantar se comprime de nuevo y todas las formaciones se separan del plano de la suela, menos las cabezas metatarsianas y los dedos; el pie avanza en el zapato cerca de 5 mm.

Figura 80: Relación pie – zapato en la marcha 3



Fuente: Recopilación del autor

Resumiendo, mientras el calzado sigue pasivamente los momentos del paso, el pie se comporta del modo siguiente: el talón, al llegar al suelo, oprime con fuerza sobre el talón del zapato y sobre los contrafuertes, sobre todo el exterior según un ligero valgo, se levanta levemente en el apoyo total y luego de manera mucho más notable, avanzando al mismo tiempo que se tuerce hacia dentro, en la carga y en el arranque.

Las estructuras plásticas acentúan el arco a la llegada al suelo y en la carga, y lo disminuyen en el apoyo total.

Los dedos se disponen en extensión al llegar al suelo, se relajan durante el apoyo total y se extienden pasivamente en la carga y en el arranque, mientras la contracción de los flexores los aplica con fuerza al suelo.

Los dedos externos, flexionando las interfalángicas, mientras el dedo gordo extiende un tanto la metatarso – falángicas, mientras el dedo gordo extiende todas sus articulaciones y nunca adopta posiciones de flexión, que por tanto se consideran patológicas.

Las cabezas metatarsianas se deslizan de atrás (en el apoyo sobre el calcáneo) adelante (en el apoyo total). En la carga, las cabezas externas se mueven hacia delante, mientras la del dedo gordo se dirige levemente hacia atrás y en dirección plantar. Todo el pie retrocede al llegar al suelo, y avanza durante la carga unos 7 –10 mm.

Estas nociones serán indispensables a la hora de proyectar ortesis, en especial en caso de metatarsalgias, como veremos más adelante.

✓ Tipos de Calzado

El calzado es conocido como un aditamento o prenda de vestir, al que también se la denomina zapato, el cual se utiliza para proteger el pie de los elementos adversos de la naturaleza y de la vida cotidiana.

Por el desarrollo alcanzado en la actualidad este aditamento acumula innumerables funciones, lo cual ha permitido el surgimiento de diferentes modelos o categorías según sus funciones a desempeñar, como por ejemplo:

- Normal: Es el más común, pues se utiliza en casi todas las ramas de la vida cotidiana, el deporte, el trabajo (físico e intelectual) y en las actividades sociales.
- Especializado: Es el conocido calzado terapéutico u ortopédico que se utiliza fundamentalmente para corregir, paliar o detener deformidades del sistema osteomioarticular del miembro inferior y fundamentalmente del pie.

- **Anatómico:** Es el más moderno en confección, en él se han aplicado todos los adelantos biomecánicos de la técnica para hacer de él un artículo que cumpla con todos los requerimientos de confort y distribución ergonómica, logrando con esto una marcha cada vez más higiénica. Es aplicable a cualquier esfera de la vida social y esta muy relacionado con el deporte y con él se ha experimentado en el cosmos.

El calzado normal se clasifican en diferentes tipos, que se subdividen en Caballero, Dama e Infantil. Para el análisis se debe tendrá en cuenta el calzado para adultos.

Tabla 3: Tipos de calzado para hombre

Calzado para Hombre		
Tipo	Descripción	Muestra de calzado
Calzado Clásico	Elegante	
Calzado Deportivo	Se divide en dos, calzado para uso específico en una actividad deportiva y el calzado deportivo informal o casual.	
Calzado Sport	Este tipo de calzado es formal pero se diferencia del clásico en su diseño y materiales.	

		
Sandalia	Calzado compuesto de una suela que se asegura con correas o cintas, para hombre hay una gran gama de modelos entre formales e informales.	

Fuente: Recopilación del autor

Tabla 4: Tipos de calzado para dama

Calzado para Dama		
Tipo	Descripción	Muestra de calzado
Zapatilla	Las zapatillas son el calzado elegante para dama, en la que su principal característica es la altura del tacón que esta entre 6½ y 7½.	
Sandalia	Tipo de calzado informal en donde su altura esta entre 2½ a 5½.	
Valeta	Es un tipo de sandalia, en donde su principal característica es la de que su suela es de poca altura y esta entre 1½ y 2½.	

Calzado Clásico	Este tipo se caracterizar por ser calzado cerrado con una altura por lo general de 5½.	
Calzado Deportivos	Al igual que en el calzado de caballero se divide en dos, calzado para uso específico en una actividad deportiva y el calzado deportivo informal o casual.	

Fuente: Recopilación del autor

- ✓ Forma de uso de las plantillas
 - a. El usuario introduce las plantillas en el interior del calzado; un material flexible permite su fácil manipulación.

Figura 81: Forma de Uso 1



**Se introduce la plantilla
dentro del zapato**

Fuente: El autor

- b. Una vez se introduce la plantilla el usuario procede a calzarse.

Figura 82: Forma de Uso 2, 3 y 4



Introduce el pie en el zapato



Apoyo el zapato en el piso para terminar de introducir el pie



Se levanta para empezar la marcha

Fuente: El autor

Se recomienda que el zapato que se utiliza sea un número más grande para que el pie pueda estar cómodo acompañado por la plantilla.

- c. El zapato y la plantilla se convierten en una unidad funcional durante la marcha.

Figura 83: Forma de Uso 5



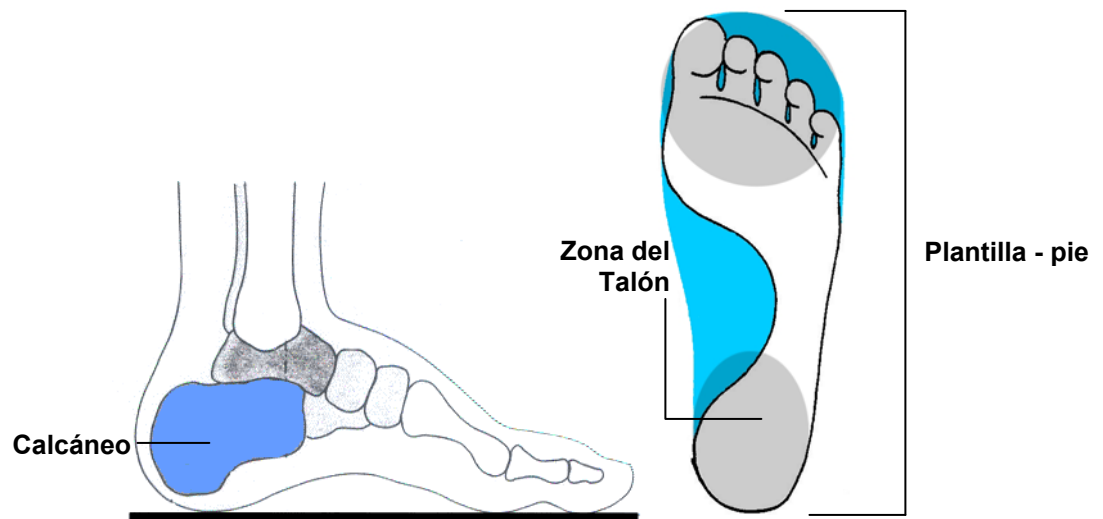
Fuente: El autor

✓ Consideraciones para el diseño

Se dividirá el soporte plantar en cuatro segmentos básicos:

Talón: Donde se aloja el calcáneo. Siempre tiene forma de semicircunferencia y va a alojarlo normalmente, salvo excepciones.

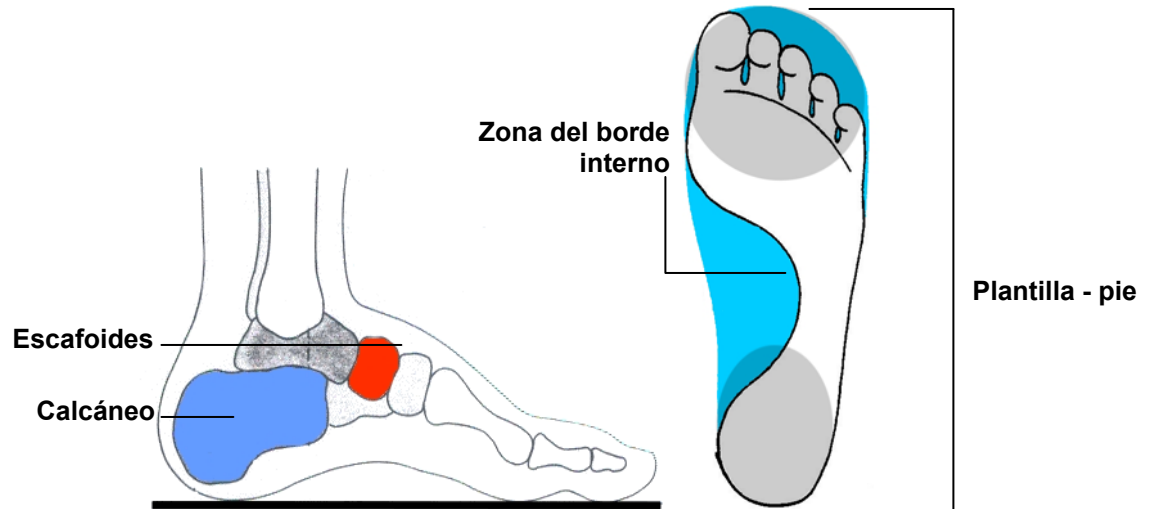
Figura 84: Plantilla y pie, segmento del talón



Fuente: El autor

Borde interno o arco longitudinal interno: El punto clave de esta zona corresponde al escafoides. Será, además, retroescafoideo. El ascenso o descenso de este arco longitudinal interno, será progresivo, es decir, no brusco sino suave. La verticalización desmesurada de la aleta supondrá en la mayoría de los casos hipercorrecciones innecesarias, aunque habrá ocasiones en las que sí se necesita hacer una aleta lateral. Siempre hay que tener en cuenta las estructuras vecinas.

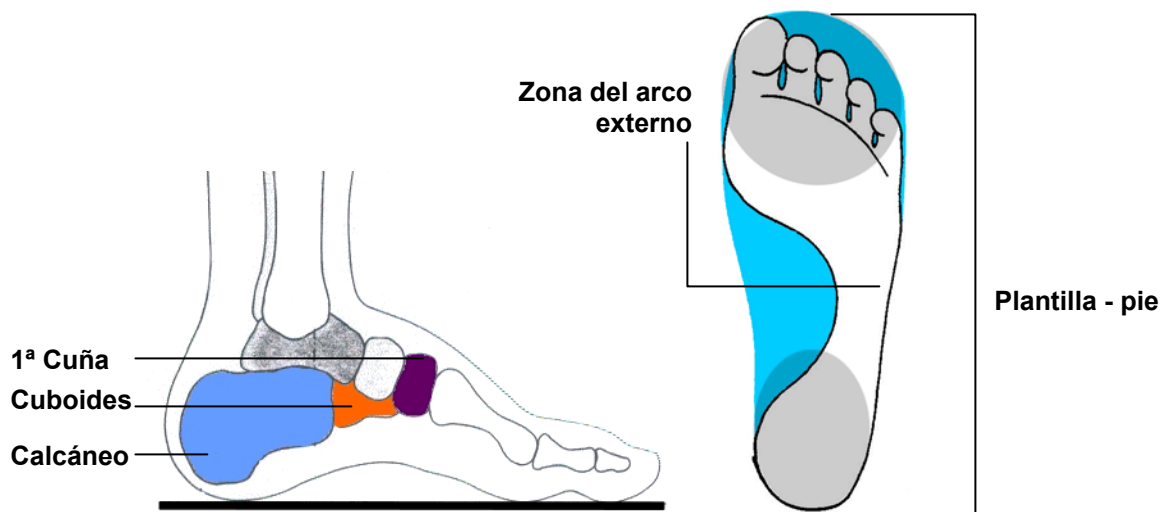
Figura 85: Plantilla y pie, segmento del borde interno del pie



Fuente: El autor

Arco externo: Lo fisiológico es que contacte con el suelo. Los puntos a tener en cuenta en este arco externo son: apófisis estiloides, articulación calcáneo-cuboides y el punto clave de este arco será la apófisis mayor del calcáneo.

Figura 86: Plantilla y pie, segmento del arco externo del pie



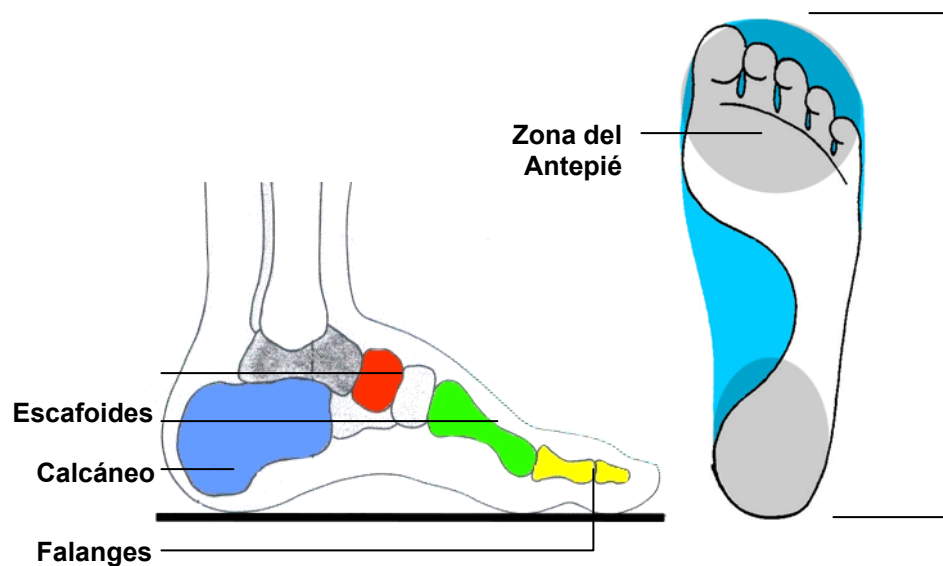
Fuente: El autor

Zona anterior ó antepié: Es el final de la ortesis y está situada a nivel de las articulaciones metatarso-falángeas.

Por regla general y cuando sean utilizados materiales rígidos, no serán sobrepasadas las cabezas metatarsales ya que las se ferulizarían y privarían de su movimiento fisiológico; aunque, en algunos casos, en los que existe una rigidez articular o una artrodesis de la articulación, sí que las sobrepasaremos precisamente para imprimir movimiento configurando un balancín. En el caso de materiales blandos sí se puede sobrepasar las cabezas metatarsales sin ningún tipo de problema.

Se tiene más dificultad para llegar a controlar la zona del antepié con estos soportes plantares, es decir, se actúa mucho mejor a nivel del calcáneo que a nivel del antepié. Para llegar a la zona del antepié se utiliza una mezcla de los dos materiales, rígido retropié y blando antepié.

Figura 87: Plantilla y pie, segmento del antepié



Fuente: El autor

1.6.2 Función Sensible

Plantillas y zapatos forman una unidad funcional, al calzarse el usuario lo primero que piensa es proteger el pie.

Quien utiliza plantillas lo pueden hacer por diferentes razones: la primera, porque quiere compensar la longitud de sus zapatos para que le queden a la medidas, en segundo lugar, utiliza plantillas porque esta bajo tratamiento medico, y por ultimo, para sentir comodidad al caminar.

Bajo este panorama se puede vislumbrar que el principal objetivo al utilizar plantillas, es la comodidad. Esta comodidad se percibe gracias a la manejo de colores, formas, texturas y tamaños, en el diseño.

Las plantillas son objetos que van dentro del calzado, por tal razón, el tamaño de estas es importante, ya sea en grosor, longitud y material. Siempre que se utilizan plantillas se recomienda usar un número más en el calzado, además, que sea amplio pero no muy grande, ya que si el pie se desplaza pueden aparecer lesiones por fricción. También que sea, flexible y sólido.

Las texturas y formas tienen gran influencia en la superficie plantar, ya que ellas colaboran para que el efecto ortopédico perseguido, sea positivo. Además dichos elementos brindan la posibilidad de lograr una gran expresión estética.

Los colores van de la mano con los materiales utilizados. También nos permiten colaborar para que el objeto se vea agradable; además se utilizan con la finalidad de comunicar,

expresando determinados mensajes que se deben manifestar para la utilización del objeto.

La limpieza de las plantillas depende del material que se utilice en el diseño, pues el permite que se puedan lavar. La higiene del usuario también interviene, pero es un factor que depende a los hábitos que el tenga.

Los productos industriales forman una unidad en la medida en que se diseñe el producto, el empaque, el embalaje y hasta la imagen del mismo. Cada uno de estos elementos hacen parte de una familia que es construida bajo conceptos estéticos y funcionales, en donde la coherencia en todas las parte es vital.

1.7 CUADRO DE PRINCIPIOS FÍSICOS

Tabla 5: Principios físicos del tratamiento con plantillas

PRINCIPIOS DEL TRATAMIENTO CON PLANTILLAS	
Principio	Definición
Descarga	Mediante la redistribución de las fuerzas que actúan sobre el pie, a través de un tratamiento con plantillas, puede corregirse.
Corrección	Una plantilla sólo puede corregir posiciones alteradas cuando estas correcciones pueden lograrse con la mano sin utilizar grandes fuerzas.
Colocación en reposo	Mediante una plataforma y un acolchado especial puede alcanzar una posición de reposo, por ejemplo de las articulaciones del pie.
Compensaciones de longitud del pie y de las piernas	En el calzado de serie, debajo de las plantillas pueden colocarse piezas que compensen la longitud de las piernas de hasta 1 cm., y es posible la compensación de la longitud del pie hasta en 2 cm.
Amortiguación axial de golpes	Mediante la utilización de materiales blandos y elásticos en el área del retropié pueden amortiguarse de forma efectiva los golpes axiales durante el apoyo del talón.

Presión	Presión = Fuerza / Superficie Con las plantillas, se va rellenar la zona correspondiente a los arcos plantares interno y externo, consiguiendo un aumento de la superficie de apoyo y por tanto una disminución de la presión parcial soportada por cada cm² de la piel plantar.
---------	---

Fuente: Recopilación del autor

Los siguientes principios físicos corresponden a los Aspectos Técnicos relacionados con el material:

Tabla 6: Principios físicos generales

PRINCIPIOS FISICOS	
PRINCIPIO	DESCRIPCIÓN
Compresión	En las ortesis plantares generalmente trabajan a compresión y el calzado con sus refuerzos se opone a esta compresión y tracción a la que somete el propio peso del cuerpo a la ortesis. El calzado opondrá resistencia a estas fuerzas de compresión y tracción que provoca el peso del cuerpo en la ortesis.
Deformación	Es un cambio en la dimensión de un cuerpo como resultado de la aplicación de una fuerza externa. La magnitud del cambio dependerá de las fuerzas externas aplicadas y de las propiedades o características mecánicas del material.
Tensión	En principio, al aplicar una carga o fuerza a un material, se generarán tres tipos de tensión que luego, además, se combinarán entre ellos. La carga producirá una deformación mecánica sobre el material, una tensión y una resistencia. <i>Tensión por compresión:</i> Son fuerzas aplicadas sobre el mismo material en la misma dirección pero en sentido contrario que tienden a acercarse. <i>Tensión por tracción:</i> Son fuerzas en la misma dirección y en sentido contrario que tienden a separarse. La tensión por compresión y la tensión por tracción siempre se combinarán. <i>Tensión tangencial:</i> Generada por dos fuerzas de direcciones paralelas, muy próximas una de la otra y en sentido contrario, que

	provocan un desplazamiento del material (por ejemplo: unas tijeras). Estas tres tensiones nunca son puras, sino que son una mezcla de las tres. Al aplicar compresión a un material esta misma compresión provocará tracción.
Deformidad	Será igual a incremento de longitud dividido por longitud original. $D = \Delta L / L$ Así obtendremos el % de la deformación de un material, que es el resultado de las características mecánicas del material, junto con la temperatura.
Dureza	Es la resistencia que un cuerpo ofrece a la deformación bajo una carga, es decir, la suma de deformaciones permanentes y elásticas. La dureza de un material es el resultado de la interacción de diferentes propiedades como son la resistencia, la elasticidad y la ductilidad.
Resistencia al impacto	Es la capacidad del material para absorber energía. Un material que puede absorber una gran cantidad de energía mecánica será capaz de resistir una fuerza aplicada de una forma súbita.
Fatiga	Si un material es sometido a tensiones repetidas, puede ser fracturado con una tensión más baja que la resistencia traccional final. Esto se produce porque las grietas y defectos pueden abrirse en los sitios de concentración de tensiones.

Fuente: Recopilación del autor

1.8 NORMAS DE SEGURIDAD

✓ Medidas profilácticas

El objetivo del tratamiento actual de la diabetes mellitus atiende principalmente a la prevención. Así, hay que enseñar a los pacientes cómo examinarse los pies, lavarlos y tratarlos con una crema grasa. Las uñas, origen frecuente de infecciones, deben ser bien atendidas. Las medidas preventivas deben incluir el cuidado del pie y el calzado, sea ortopédico o de serie.

Instrucciones generales para el uso de las plantillas

- La plantilla deberá utilizarse acompañada de medias o calcetines, de materiales transpirables y de tejidos naturales (lino, lana, hilo). Sin costuras no elásticos que comprimen.
- Deberá adoptarse una actitud prudente con las medias elásticas, ya que la compresión que ejerce sobre los pies puede causar la aparición de helomas interdigitales, uñas hipertróficas o exostosis.
- El usuario debe manipular las plantillas por su cuerpo principal evitando hacerlo por las zonas interdigitales.
- Antes de calzarse el usuario deberá comprobar con el tacto encima de las medias o calcetines que la plantilla este en la posición correcta.
- Aconsejar al usuario revisiones periódicas de las plantillas para valorar el estado y su eficacia.
- La plantilla debe sacarse diariamente de los zapatos para airearla, y cuando es utilizada se recomienda la aplicación de talco para pies.

Recomendaciones generales para el calzado

- El calzado tiene que ser flexible y sólido.
- Sin costuras
- Amplio, pero no grande, ya que si el pie desliza pueden aparecer lesiones por fricción.
- Cuando exista una vasculopatía diabética, se irá a comprar los zapatos con los pies cansados y congestionados.
- Deslizamiento para la descarga de la zona metatarsofalángica

Para reducir otras fuerzas que actúan sobre el pie la suela del zapato debe ser rígida.

Para permitir al paciente una marcha fisiológica y reducir las fuerzas que influyen sobre el pie el zapato dispone de un tacón con cuña blanda posterior o en bisel y un balancín metatarsiano.

Figura 88: Áreas de presión - zapato 1

Una suela blanda en la fase de despegue produce puntos de presión.

Fuente: Recopilación del autor

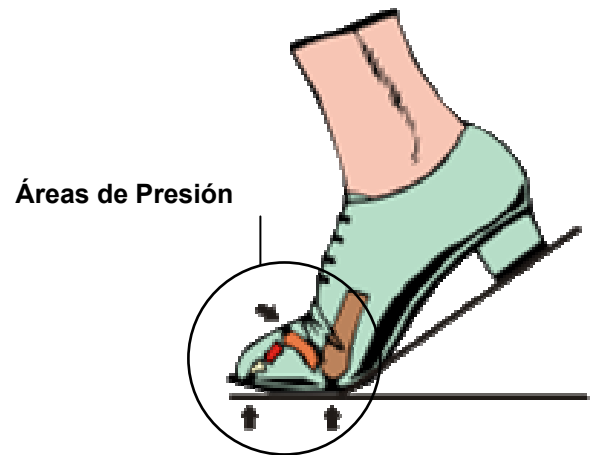
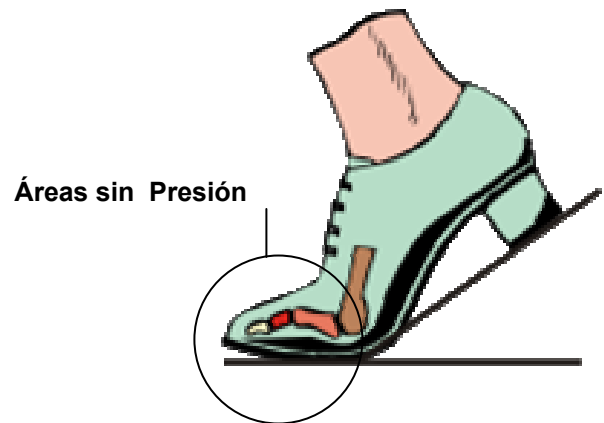


Figura 89: Áreas de presión - zapato 2

Una plantilla no es suficiente. La suela en balancín y rígida, así como suficiente espacios para los dedos deformados, consiguen una descarga. Tacón blando adicional.

Fuente: Recopilación del autor



1.9 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.9.1 Requerimientos y Obligaciones

Aspecto Humano

- Debe mantenerse la estabilidad del pie.
- Deben emplearse los conceptos teóricos de ergonomía correctiva.
- Se deben utilizar criterios biomecánicos para el desarrollo de la marcha.
- Se deben utilizar tablas antropométricas para la estandarización de medidas.
- Deben tenerse en cuenta las normas de seguridad entre el usuario, el calzado y la plantilla para evitar posibles traumatismo plantares.
- No se deben producir heridas, ni laceraciones en los pies del usuario.
- Deben facilitarse los movimientos de pronación y supinación del pie durante la marcha.
- Debe protegerse las partes blandas del pie logrando un buen almohadillado plantar.

Aspecto Técnico

- Se debe proponer al usuario que calce un número más de la talla real de su zapato.
- Debe utilizarse un material blando para almohadillar el apoyo plantar y amortiguar los puntos de carga durante la marcha.
- Se debe utilizar un material que permita la limpieza con agua y jabón de las plantillas.
- El peso total de las plantillas debe estar entre 50 y 150 gramos.
- El espesor de las plantillas debe estar en un rango de 4 y a 10 mm.
- Se debe lograr adherencia de la plantilla en el interior del zapato para evitar deslizamientos.
- Se debe lograr flexibilidad estructural de la plantilla, que unida a la suela del zapato, mantenga la libertad de movimientos de las articulaciones metatarso – digitales.
- Deben emplearse materiales y procesos de producción que se utilicen en la ciudad de Bucaramanga.
- Debe emplearse el sistema de medidas utilizado por la industria del calzado, en lo referente al escalado de plantillas.

- La vida útil del producto debe estar en un periodo 5 a 7 meses.

Aspecto expresivo formal

- Se debe despertar la sensación de confort y confianza en el usuario antes y después de utilizar las plantillas.
- El usuario debe identificar claramente la unidad funcional que existe entre el calzado y la plantilla.
- Debe sugerirse al usuario la forma de uso de las plantillas, que contenga recomendaciones sobre el calzado a utilizar y el mantenimiento de las mismas.

Aspecto formal estético

- Deben emplearse conceptos de diseño básico para la construcción de la forma logrando la armonía en la composición.
- Se deben utilizar de los conceptos de Biónica Funcional para proponer cada una de las alternativas.
- Se debe lograr el contraste de formas, colores y texturas para dar equilibrio en la composición y generar un producto atractivo para el usuario.
- Debe conseguirse buenos acabados superficiales de la plantilla para darle calidad al producto.

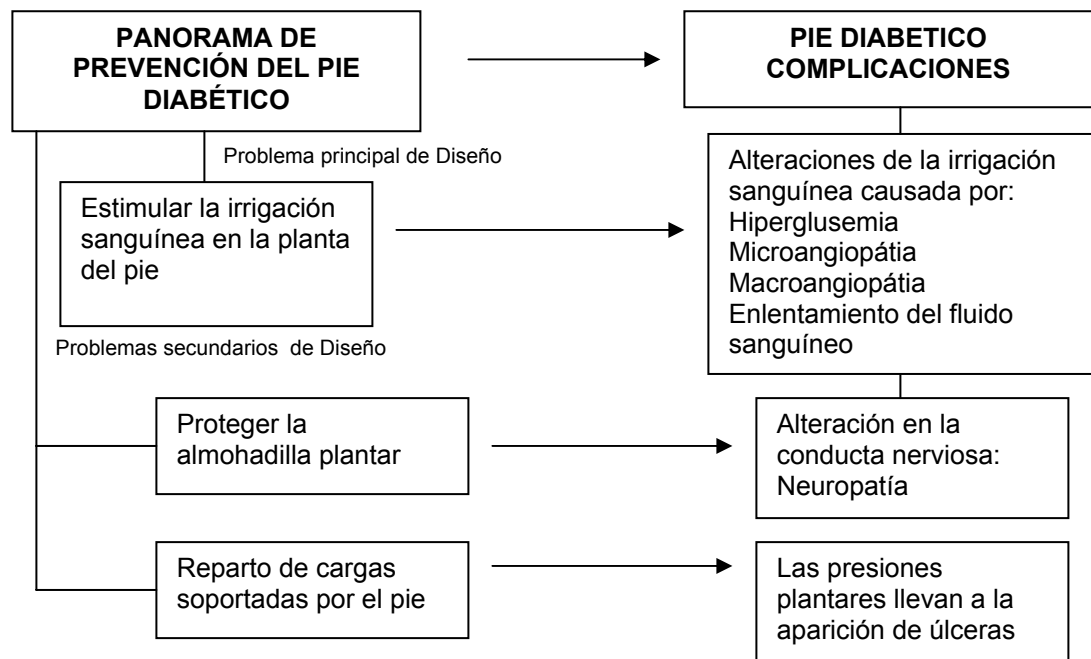
1.9.2 Restricciones

- Debe existir indiferencia bioquímica y electrostática de los materiales a utilizar.
- Debe evitarse el recalentamiento plantar, que podría ocasionar hiperhidrosis y puntos de conflicto cutáneo propiciando la aparición de úlceras.
- Se debe reconocer los materiales que por su dureza puedan afectar la almohadilla plantar.

1.10 ESTRUCTURACIÓN DEL PROBLEMA

- ✓ Resumen teórico de la problemática del pie diabético

Figura 90: Distinción de los problemas de diseño

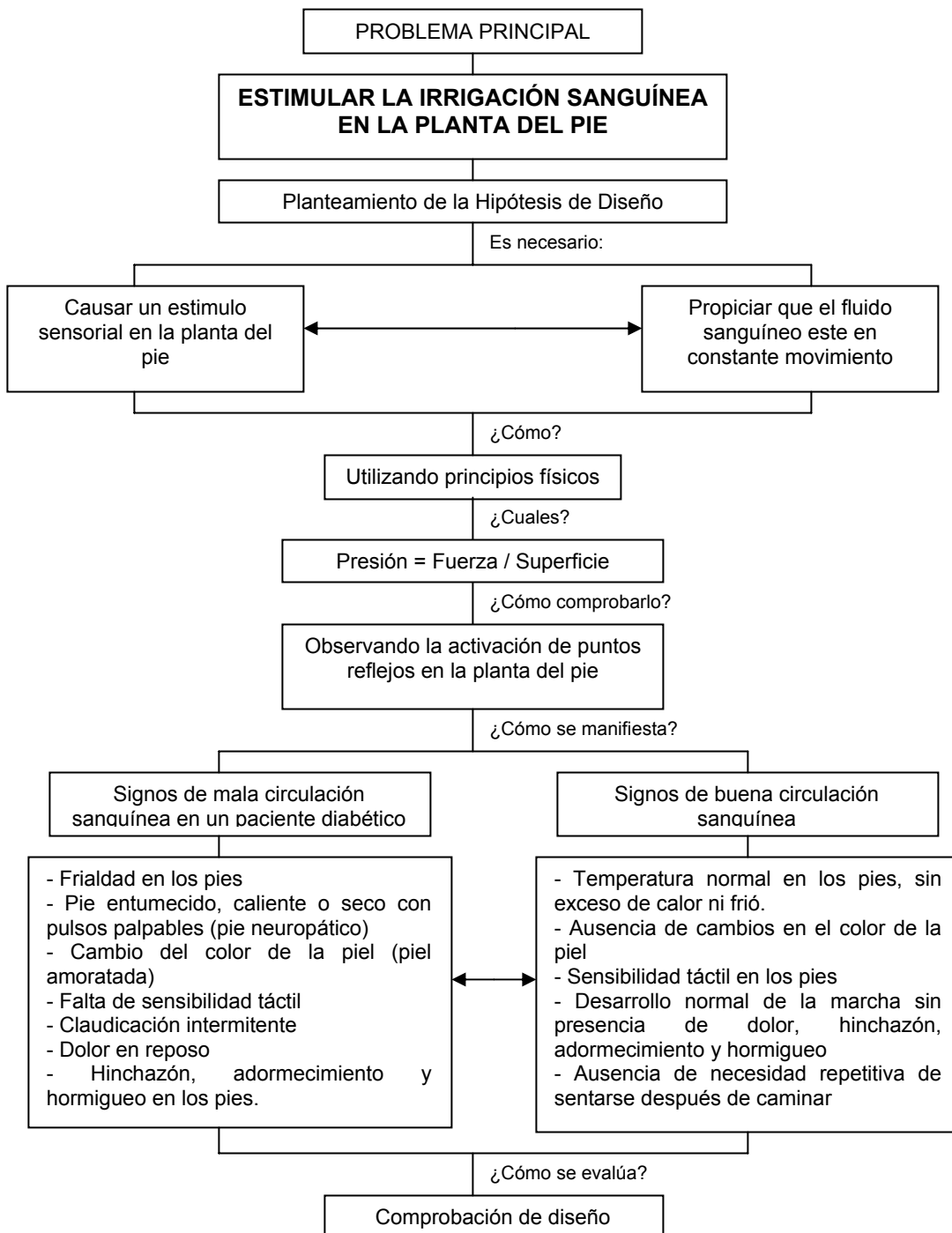


Fuente: El autor

Para la prevención de la aparición del pie diabético el problema principal de diseño, es la estimulación de la irrigación sanguínea. Si el objetivo del proyecto fuese diseñar plantillas ortopédicas para Pie Diabético, el panorama cambia, pues un paciente ya presenta diferentes traumatismo y el problema principal en ese caso sería, el almohadillado plantar y el reparto de cargas soportadas por el pie. Esta claro que la intención principal del presente proyecto esta enfocado a la fase preventiva para postergar la aparición de la sintomatología del pie diabético.

✓ Planteamiento de la Hipótesis de Diseño:

Figura 91: Planteamiento de la hipótesis de diseño

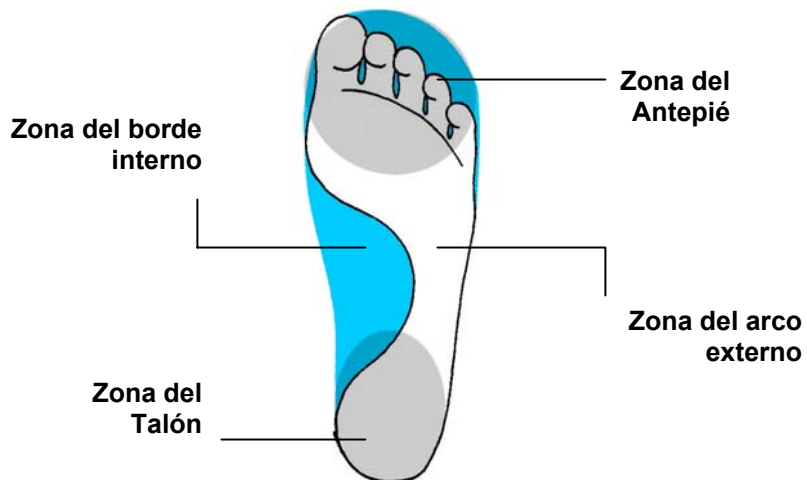


Fuente: El autor

2. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

Vale recordar que anteriormente fueron determinadas algunas consideraciones para el diseño, en donde se establecieron cuatro zonas básicas de trabajo, pues se llegó a la conclusión que teniendo en cuenta la anatomía del pie, la función que cumplen cada una de estas partes, y las recomendaciones profesionales de podólogos, era conveniente subdividirlas, para distinguirlas como zonas de trabajo.

Figura 92: Plantilla y pie, zonas de trabajo



Fuente: El autor

2.1 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

2.1.1 Alternativa 1

- Descripción General

La idea principal de esta alternativa radica en ejercer presión parcial en la planta del pie, para estimular la irrigación sanguínea en las zonas propensas a la aparición de úlceras,

que se ubican en las prominencias óseas, como es el caso de la apófisis mayor del calcáneo y las cabezas de los metatarsianos.

El principio físico que se utilizó es la Redistribución de Cargas, que se logra mediante el uso de altorrelieves y bajos relieves.

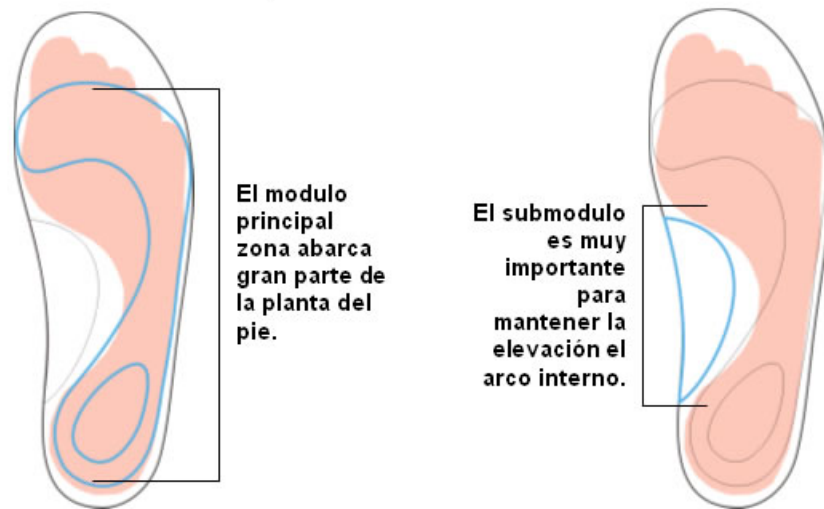
Figura 93: Alternativa 1



Fuente: El autor

Esta Alternativa es el primer acercamiento a la solución del problema. Conformado por un modulo que abarca las zonas de: antepié, arco externo y talón, y un submodulo que corresponde a la zona del arco interno del pie.

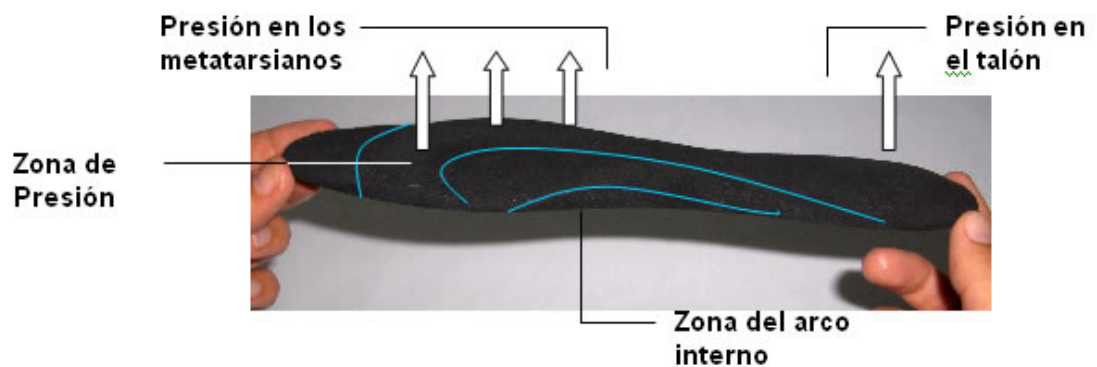
Figura 94: Alternativa 1 – Descripción General



Fuente: El autor

Tanto las zonas del antepié, como el arco interno y externo, junto con el talón, fueron diseñadas en altorelieve para realizar presión principalmente en la cabeza de los metatarsianos y en el talón que son las zonas mas propensas a la aparición de úlceras.

Figura 95: Alternativa 1- Zonas de presión

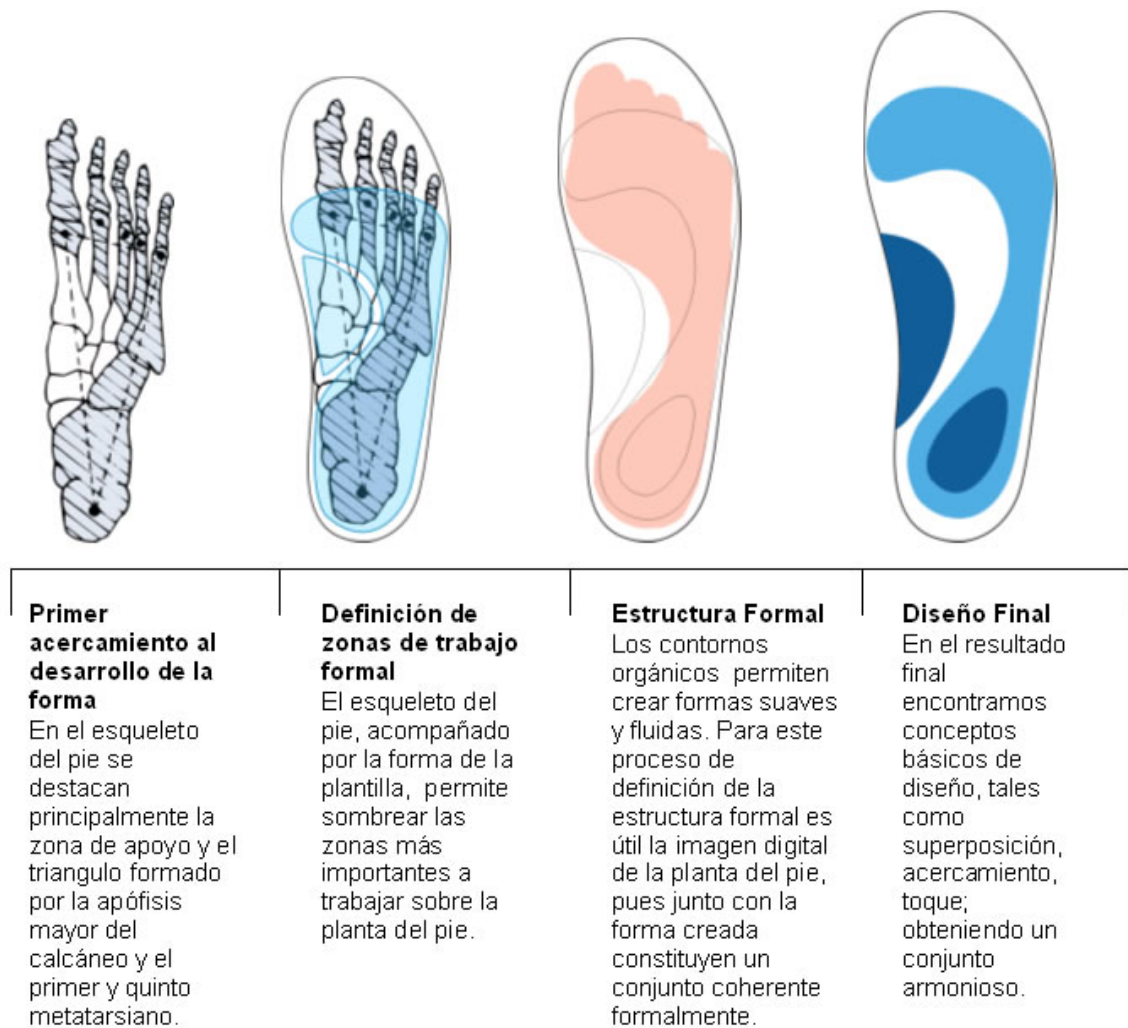


Fuente: El autor

Aspecto Formal – Estético: Alternativa 1

La forma parte principalmente del esqueleto del pie, ubicando las zonas más importantes involucradas con la enfermedad.

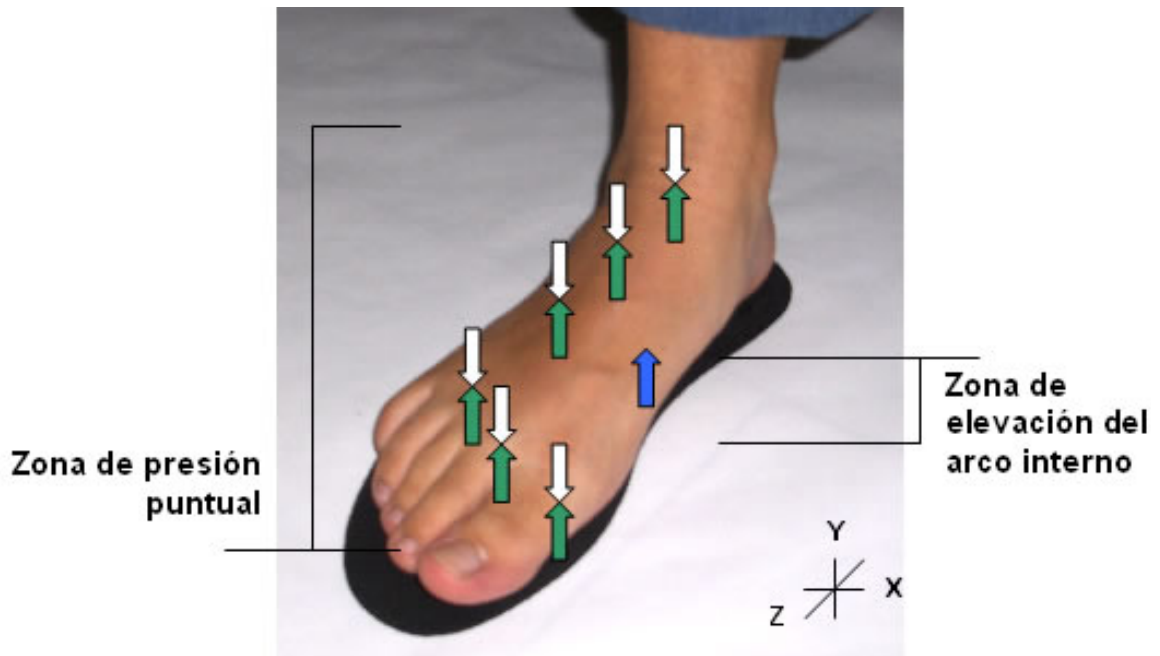
Figura 96: Alternativa 1 – Desarrollo Formal



Fuente: Recopilación del autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 97: Alternativa 1- Diagrama de fuerzas



Fuente: El autor

- ↑ El altoprelieve de esta zona de la plantilla origina presión en sentido (+) Y, sobre la planta del pie (Fuerzas de reacción).
- ↓ La planta del pie se manifiesta con fuerzas de acción causadas principalmente por el peso el cuerpo (-) Y.
- ↑ El arco interno experimenta una elevación en dirección Y.

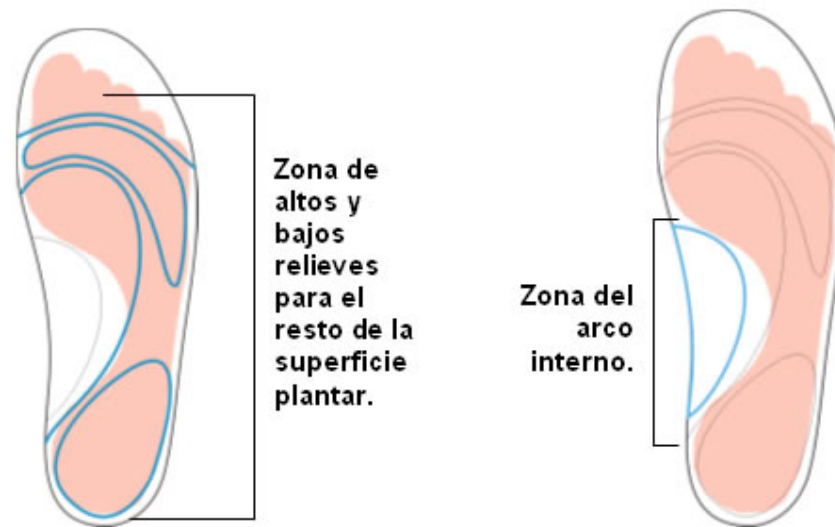
✓ Evolución de la Alternativa 1

A continuación se presenta la evolución de la Alternativa 1.

▪ Descripción General

En esta propuesta se tuvo en cuenta principalmente el trabajo sobre toda la planta del pie.

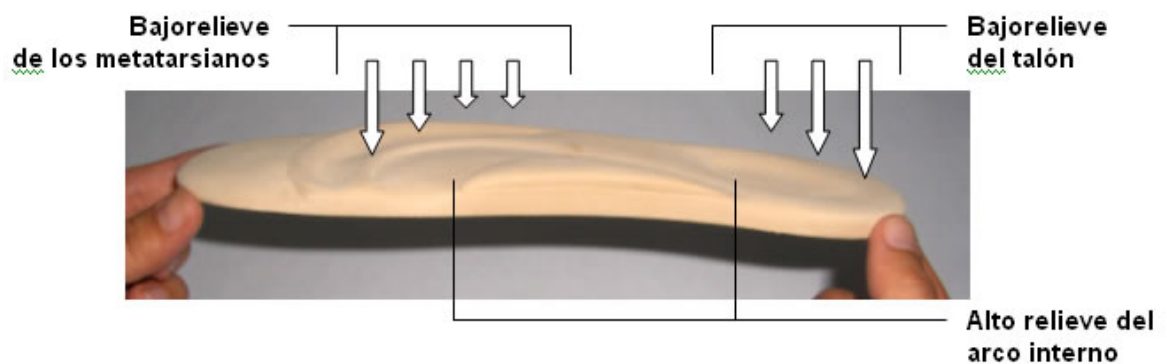
Figura 98: Evolución de la Alternativa 1 – Descripción General 1



Fuente: El autor

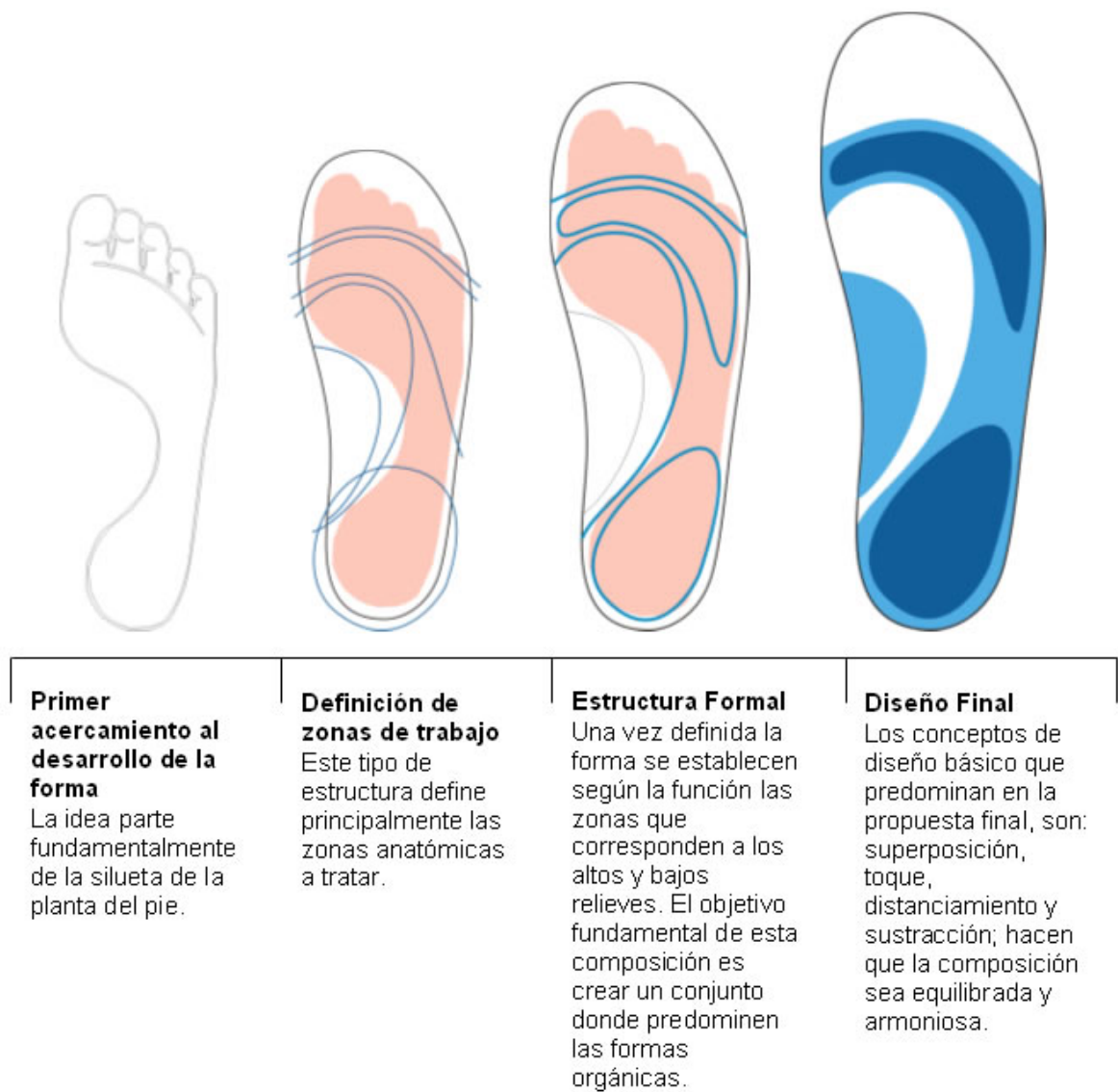
En las prominencias óseas, como es el caso de las cabezas de los metatarsianos y el talón, fueron creadas unas cavidades en bajo relieve. Para el arco interno y el resto de la superficie plantar fueron desarrollados altorelieves teniendo en cuenta la anatomía del pie.

Figura 99: Evolución de la Alternativa 1 - Zonas de alto y bajo relieve



Fuente: El autor

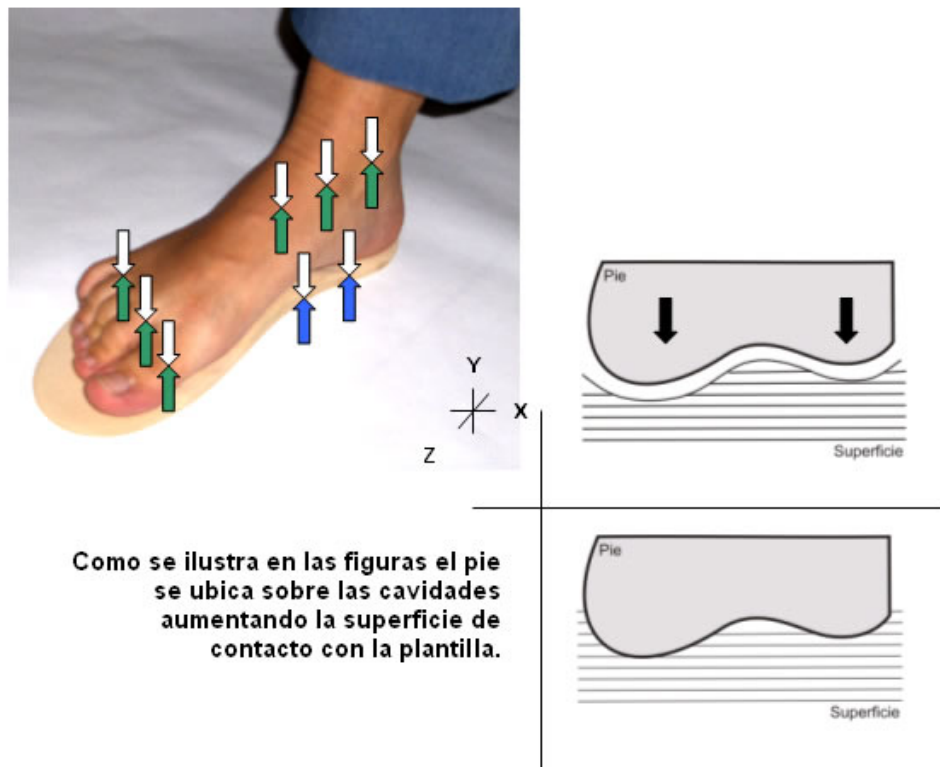
Figura 100: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo Formal 1



Fuente: Recopilación del autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 101: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 1



Fuente: El autor

- ↓ El pie desarrolla fuerzas de acción en dirección (-) Y, el pie se acomoda en la superficie de la plantilla.
- ↑ La superficie de la plantilla desarrolla fuerzas de reacción en dirección (+) Y.
- ↑ El arco interno experimenta una elevación en dirección Y.

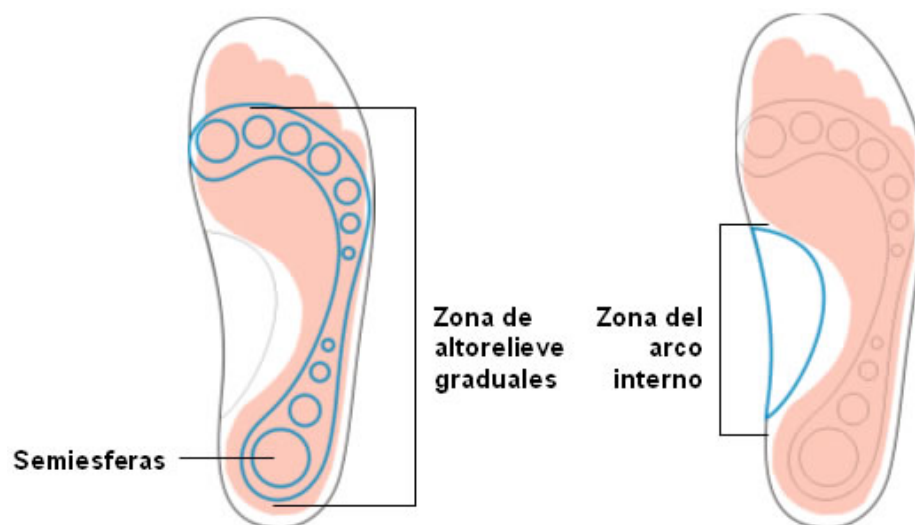
Figura 102: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 2



Fuente: El autor

Continuando con el proceso de evolución de la Alternativa 1 se presenta la siguiente propuesta que nace principalmente de la aplicación de presión en ciertos puntos de la superficie plantar, con la finalidad de estimular la circulación sanguínea en dichas zonas.

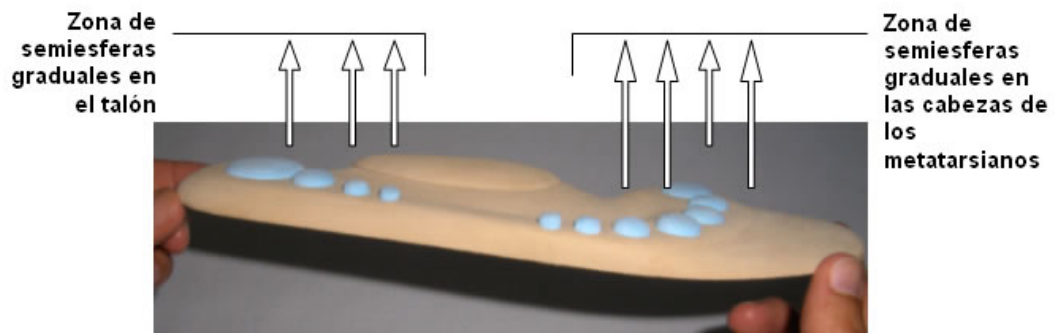
Figura 103: Evolución de la Alternativa 1– Descripción General 2



Fuente: El autor

Para esto se utilizaron semiesferas en altoprelieve para producir este efecto. Los puntos de la superficie plantar son: el talón y las cabezas de los metatarsianos.

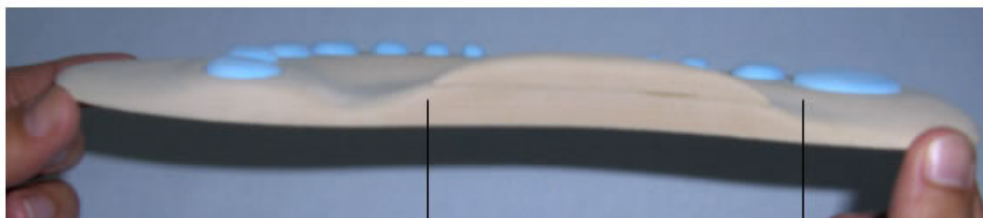
Figura 104: Evolución de la Alternativa 1 - Zonas de presión parcial



Fuente: El autor

Con las semiesferas se busca la utilización de semiesferas de busca que estimular la irrigación sanguínea en las zonas propensas a la aparición de úlceras.

Figura 105: Evolución de la Alternativa 1- Zona de realce

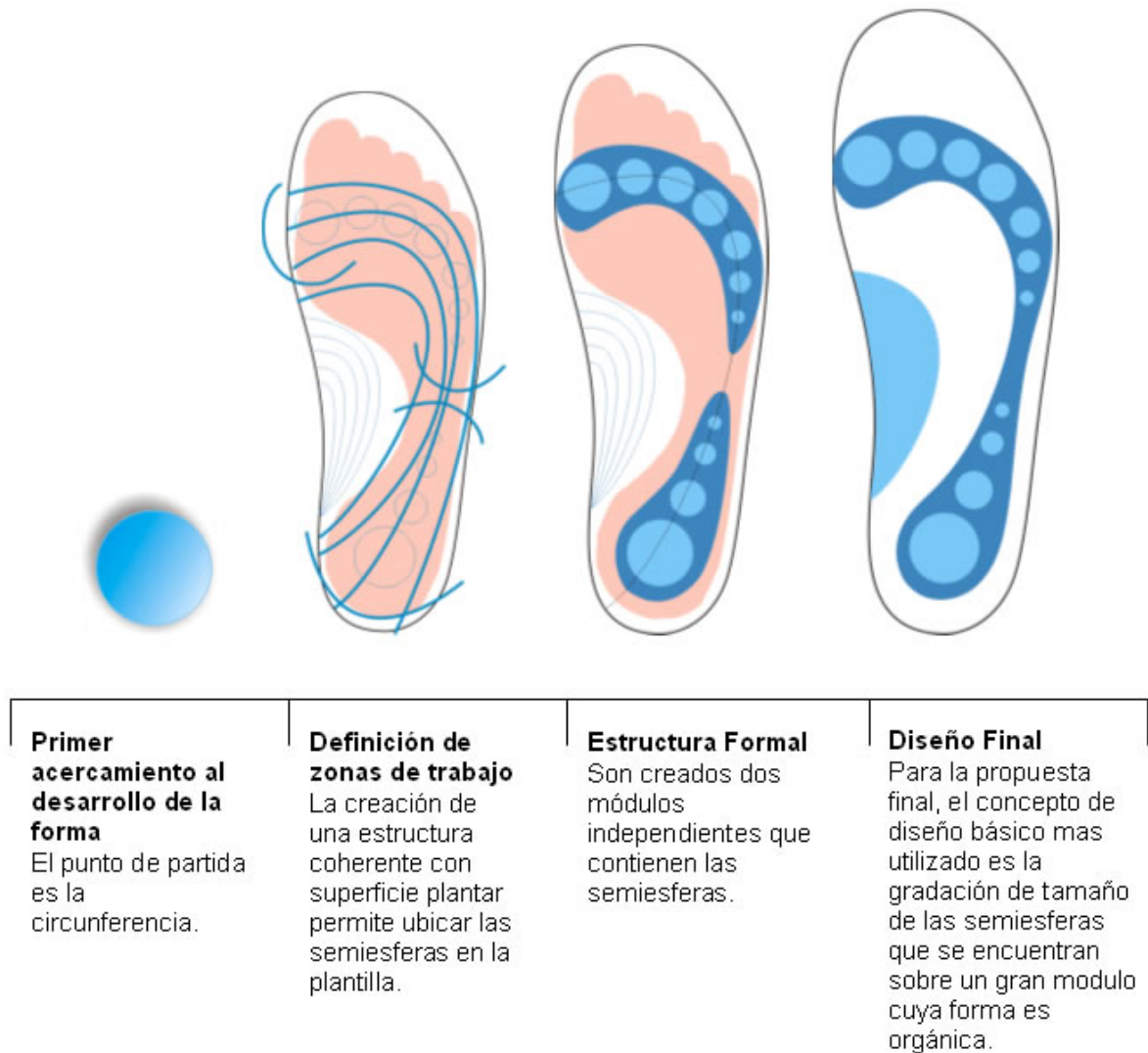


La superficie de la plantilla tiene altos y bajos relieves entre los que se destaca el arco interno.

Fuente: El autor

Aspecto Formal – Estético: Evolución de la Alternativa 1

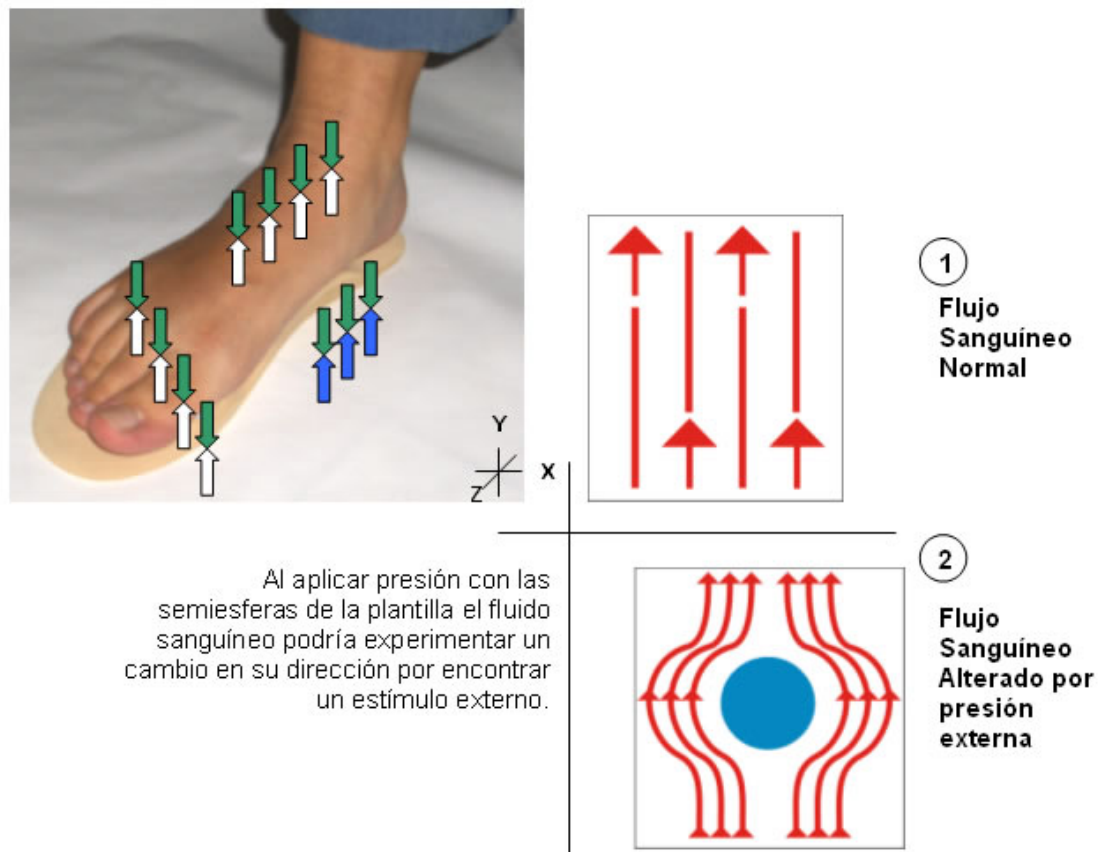
Figura 106: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo Formal 2



Fuente: Recopilación del autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 107: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas y comportamiento del fluido sanguíneo.



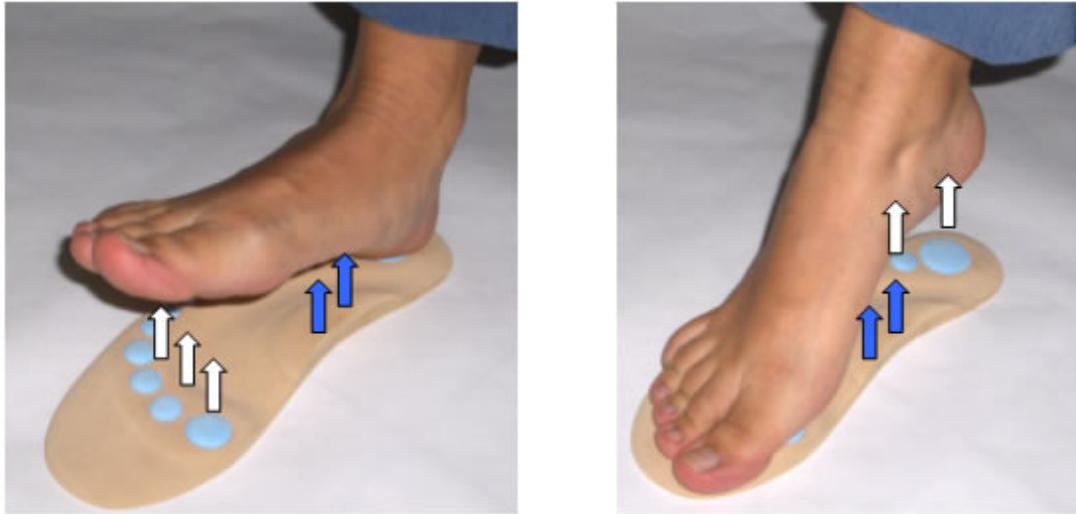
Fuente: El autor

↑ Las semiesferas provocan fuerzas de reacción presionando en dirección (+) Y la planta del pie.

↓ El pie por la acción del peso corporal experimenta fuerzas en dirección (-) Y.

↑ El arco interno experimenta una elevación en dirección Y.

Figura 108: Evolución de la Alternativa 1- Diagrama de fuerzas 3

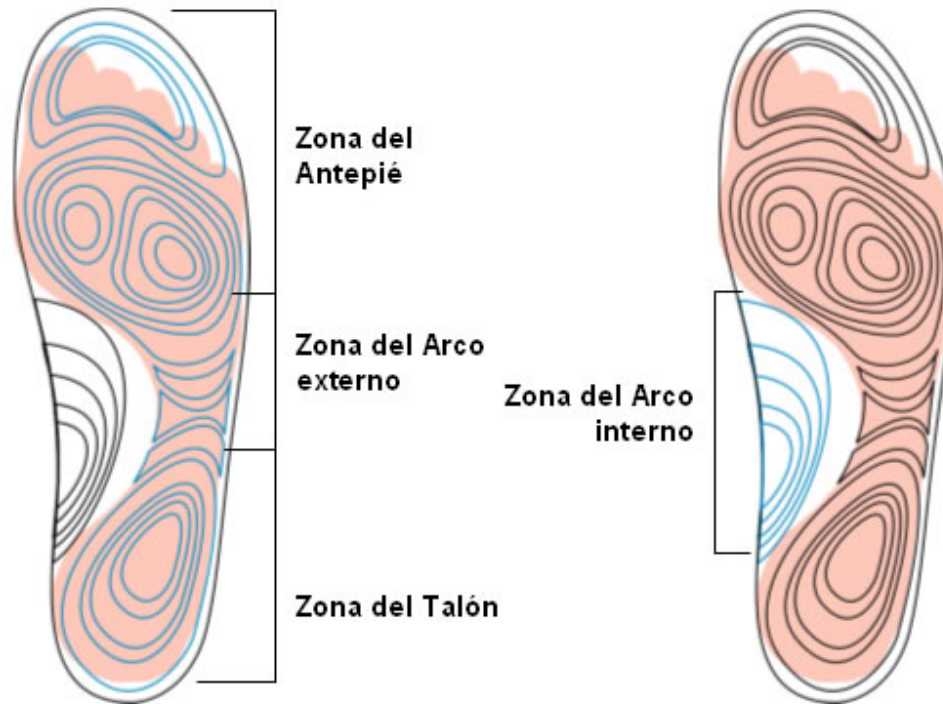


Fuente: El autor

El proceso de evolución de la Alternativa 1 continua con la siguiente propuesta que es una combinación de las ideas anteriores, pues para estimular la irrigación sanguínea del pie se debe abarcase toda la superficie plantar.

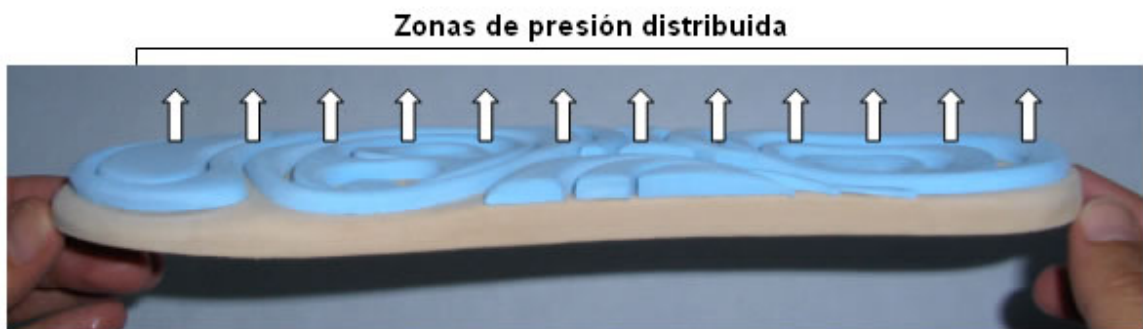
Esta compuesta por una zona muy amplia de módulos que cubren las zonas del talón, el arco externo, arco interno y el antepié.

Figura 109: Evolución de la Alternativa 1 – Descripción General 3



Fuente: El autor

Figura 110: Evolución de la Alternativa 1 – Módulos de presión



Fuente: El autor

A nivel tridimensional la plantilla posee ondulaciones que se adaptan a la anatomía del pie. La zona de presión esta compuesta por diferentes anillos, contenidos unos a otros. El

objetivo de esta idea es crear en la superficie de la plantilla zonas de altos y bajos relieves, acompañadas por módulos de presión que se distribuya en la planta del pie.

Aspecto Formal – Estético

Esta propuesta esta inspirada en las imágenes digitales que produce el podograma cuando se realiza un examen de pie, en el cual se destacan las curvas de nivel producidas por la presión en las diferentes zonas de la planta.

- o Primer acercamiento al desarrollo de la forma

Figura 111: Evolución de la Alternativa 1 – Desarrollo de la formal



Fuente: El autor

Teniendo en cuenta el plexo sanguíneo y la imagen digitalizada del pie, se inicia la creación de la forma de la plantilla.

El objetivo de esta idea es reunir las ventajas de los análisis anteriores, para así integrarlo en la propuesta final.

o Creación y estructura formal

Figura 112: Evolución de la Alternativa 1 – Creación de la forma

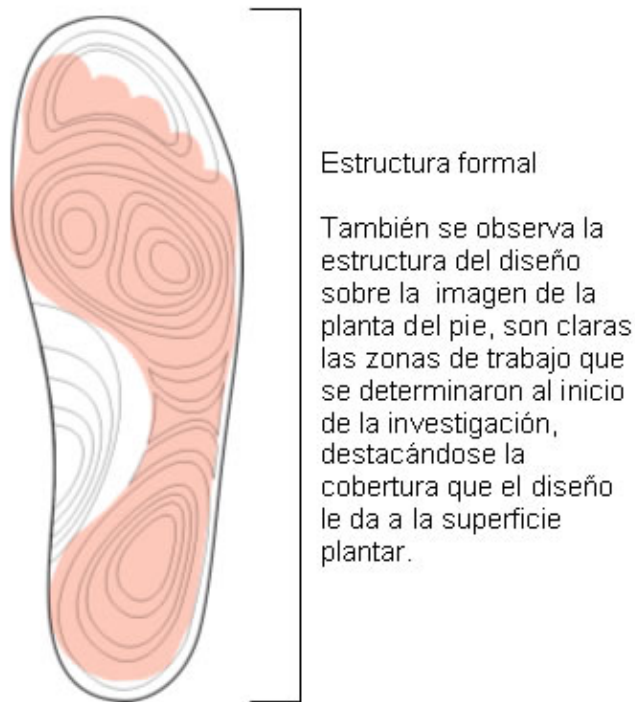


Fuente: Recopilación del autor

o Estructura Formal

En el antepié se realizó una modificación, ya no aparecen las superficies de nivel de los cinco dedos, se cambió por dos módulos.

Figura 113: Evolución de la Alternativa 1 – Estructura formal



Fuente: El autor

o Diseño Final

En la propuesta final se destaca la composición del diseño, donde se evocan conceptos de diseño como: sustracción, toque y gradación. Las formas orgánicas proyectan armonía en el conjunto.

Figura 114: Evolución de la Alternativa 1 – Diseño final



Fuente: El autor

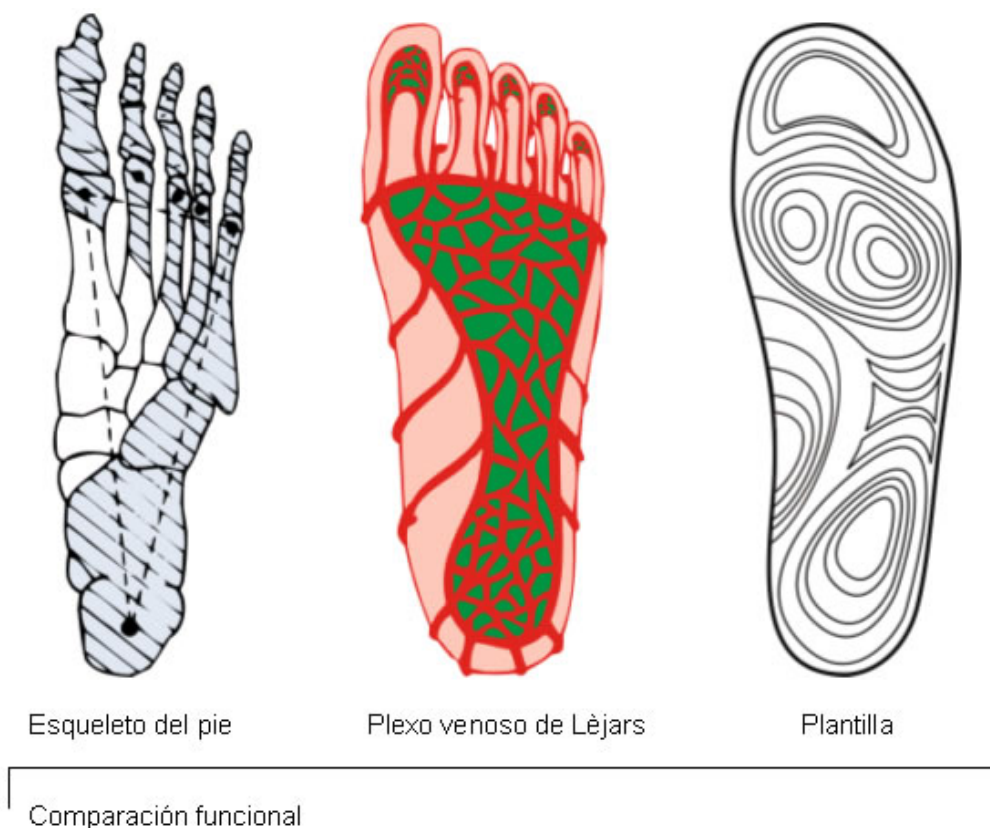
o Biónica funcional

Anteriormente se había tratado el tema relacionado con el Plexo venoso de Lèjars, que hace relación a la estructura constituida por un entramado de venas cuyas paredes tienen un grosor variable.

Este complejo aparato tiene la función de mantener por debajo de las estructuras de soporte del pie un cojinete hidráulico de presión constante.

Basado en estos principios anatómicos, nace la creación de esta propuesta, cuyo objetivo fundamental es estimular con presión distribuida toda la superficie plantar, pues el Plexo venoso de Lèjars nos muestra la completa red venosa y arterial del pie. Las prominencias óseas deben ser estimuladas con presión, pero también albergadas mediante bajos relieves, que le proporcionen el espacio necesario para mayor comodidad del usuario.

Figuras 115: Evolución de la Alternativa 1 – Comparación funcional

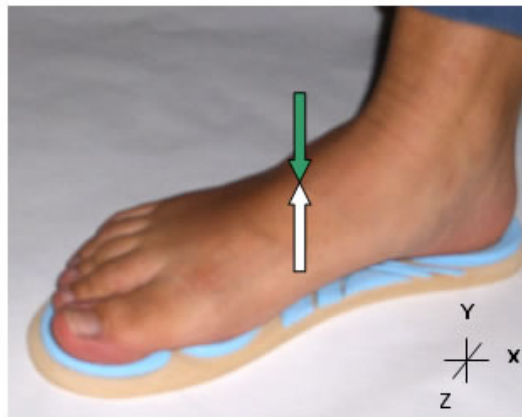


La plantilla con su diseño estimula las regiones del Plexo venoso de Lèjars aplicando presión distribuida en la planta del pie, pero además protege las prominencias óseas más vulnerables a la aparición de úlceras.

Fuente: Recopilación del autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 116: Evolución de la Alternativa 1 - Diagrama de fuerzas, zonas de presión

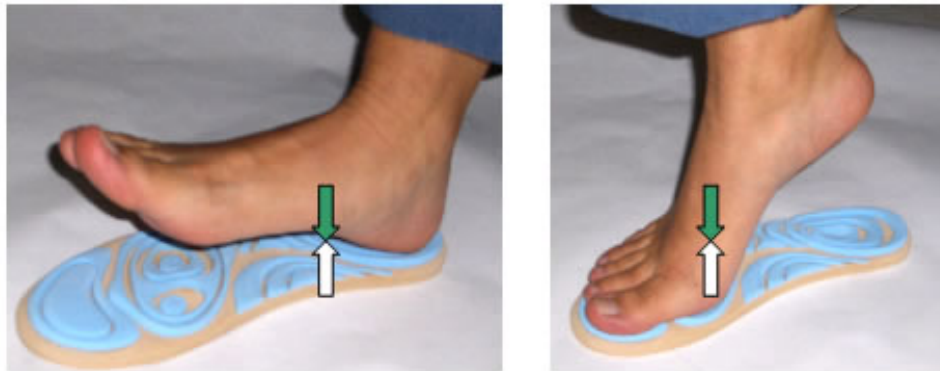


El pie descansa sobre la plantilla. Vale anotar que los módulos abarcan toda la superficie plantar, produciendo presión de la punta de los dedos hasta el talón.

Fuente: El autor

↑↓ Fuerzas de acción y reacción entre el pie y la plantilla.

Figura: Evolución de la Alternativa 1 - Diagrama de fuerzas 4



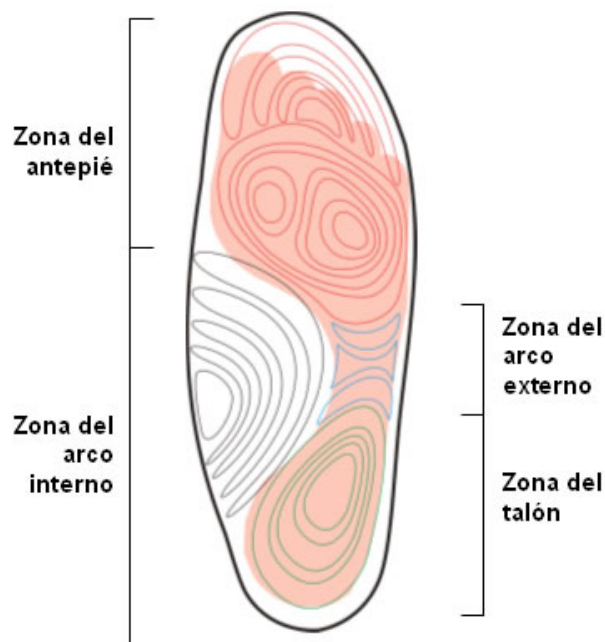
Fuente: Fotografía Digital

En las fotografías se observa la concordancia formal y funcional que tiene la superficie de la plantilla con el pie. En conclusión las fuerzas resultantes que actúan pertenecen al principio físico de acción y reacción. El pie produce fuerzas de compresión ayudada por el peso del cuerpo, dicha fuerza tiende a disminuir el volumen del material de la plantilla; la plantilla responde en sentido opuesto proporcionando presión por los módulos que la componen.

2.1.1.1 Propuesta final de la alternativa 1

La propuesta final de la Alternativa 1 es el resultado de un proceso de evolución, donde los análisis de todas las ideas anteriormente descritas se consolidan.

Figura 117: Alternativa 1 – Propuesta final

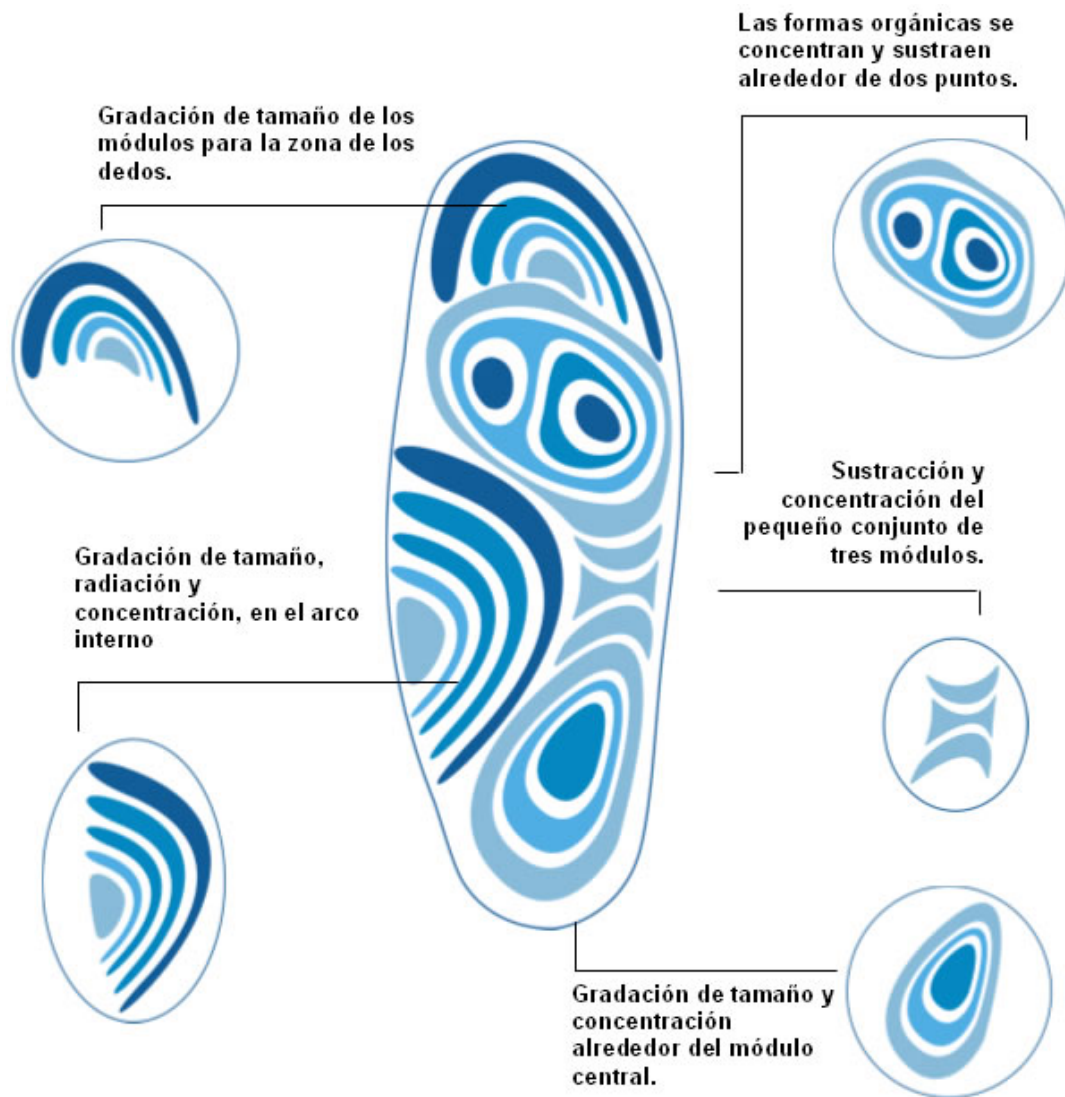


Fuente: El autor

2.1.1.2 Aspecto formal – estético

- Análisis de Diseño Básico - Bidimensional

Figura 118: Alternativa 1 – Análisis bidimensional



Fuente: El autor

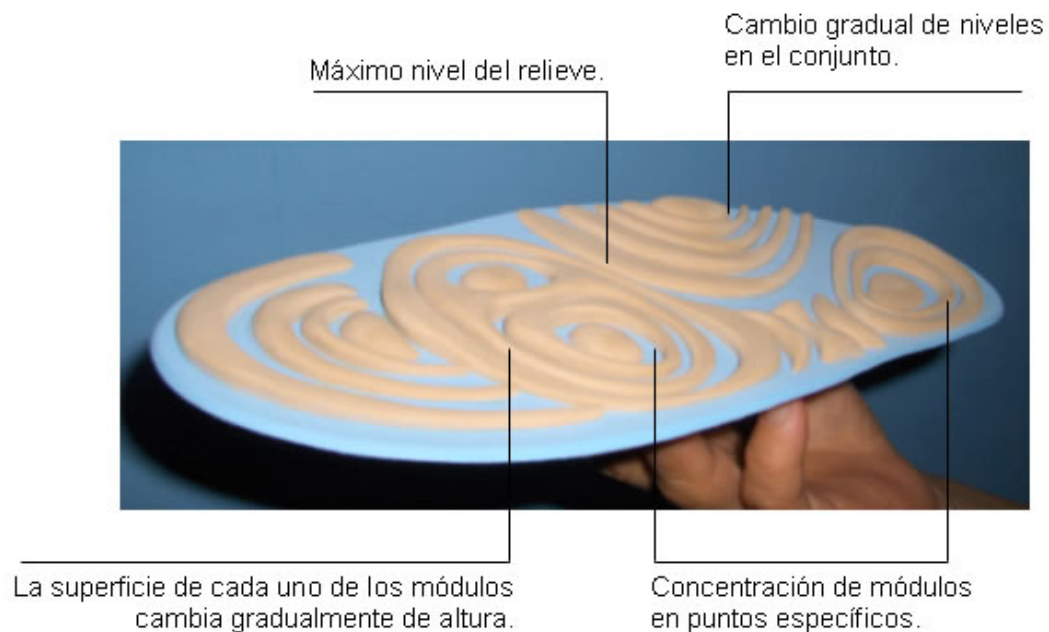
La escala de color de la plantilla representa las zonas de mayor profundidad con la utilización del azul oscuro, gradualmente el color cambia a un azul grisáceo que representa las zonas de menor profundidad.

En síntesis, la forma de la plantilla evoca el pie, cada zona comunica el sitio donde se deben alojar las partes del pie.

- Análisis de Diseño Básico -Tridimensional

El relieve se genera con la disposición de los módulos, el cambio gradual de tamaño y las formas redondeadas, brindan a la propuesta la armonía y el equilibrio en la composición.

Figura 119: Alternativa 1 – Análisis tridimensional



Fuente: El autor

2.1.2 Alternativa 2

- Descripción General

Esta alternativa nace de la utilización de los principios físicos de la Mecánica de Fluidos buscando realizar una analogía formal de algunos de sus conceptos, para esto fue tenido en cuenta el análisis los diferentes tipos de flujos, el flujo laminar y el flujo turbulento.

El flujo laminar se caracteriza por líneas de corriente uniformes, y la velocidad en cualquier punto está fija en el tiempo o varía regularmente. En el flujo turbulento las partículas del fluido se mezclan violentamente. En este tipo de flujo la velocidad de una partícula varía aleatoriamente con el tiempo. Se produce cuando la velocidad del fluido es muy grande, o el flujo pasa por un obstáculo, formándose remolinos.

En los fluidos que fluyen por tubos, la transición del movimiento laminar al turbulento depende del diámetro del tubo y de la velocidad, densidad y viscosidad del fluido. Cuanto mayor es el diámetro, la velocidad y la densidad, y cuanto menor es la viscosidad, más probable es que el flujo sea turbulento.

Según la Ley de Poiseuille, el movimiento del flujo sanguíneo en un individuo, es de la siguiente manera:

1. El flujo de sangre por los vasos capilares es generado por el corazón y no por supuestos movimientos espontáneos e intrínsecos a los glóbulos.
2. El carácter laminar del flujo explica los movimientos curiosos observados en los glóbulos circulantes: rotación de los glóbulos más próximos a las fronteras entre dos capas del fluido en virtud de que su masa está sujeta a diferentes velocidades entre una y otra lámina del mismo fluido y distanciamiento o aproximación entre uno y otros glóbulos en cuanto a su posición respecto al eje central del flujo.

Para el diseño formal de la Alternativa 2 se han tenido en cuenta los remolinos que se forman en los fluidos turbulentos, es decir, en lenguaje de diseño básico las espirales concéntricas se hacen importantes en el capítulo.

A continuación se presenta la Alternativa 2.

Figura 120: Alternativa 2



Fuente: El autor

La Alternativa 2 se encamina en la búsqueda de una forma en espiral que abarque toda la superficie plantar.

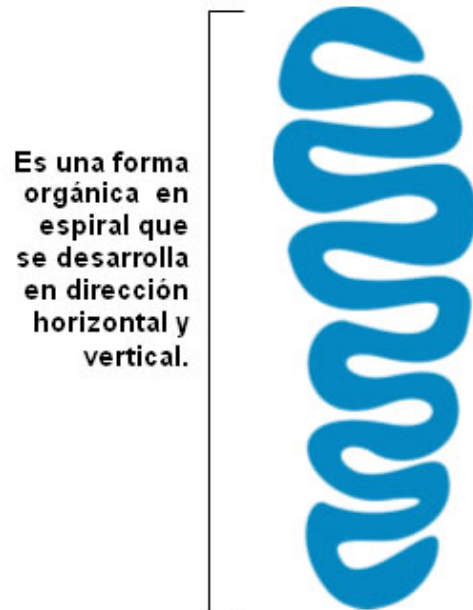
Figura 121: Alternativa 2 – Descripción general



Fuente: El autor

- Descripción formal

Figura 122: Alternativa 2 – Desarrollo formal



Fuente: El autor

✓ Evolución de la Alternativa 2

A partir del planteamiento de la Alternativa 2 el camino evolutivo apenas comienza.

▪ Descripción General

La propuesta parte del mismo principio descrito anteriormente, la búsqueda de una forma en espiral. A diferencia de la anterior la forma inicia en puntos de conflicto para la aparición de futuras úlceras en un pie diabético, como es el caso de la cabezas del primer metatarsiano y el talón.

Figura 123: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 1



Fuente: El autor

A nivel formal las espirales se desarrollan en sentido horario. Es una forma orgánica continua que aumenta progresivamente.

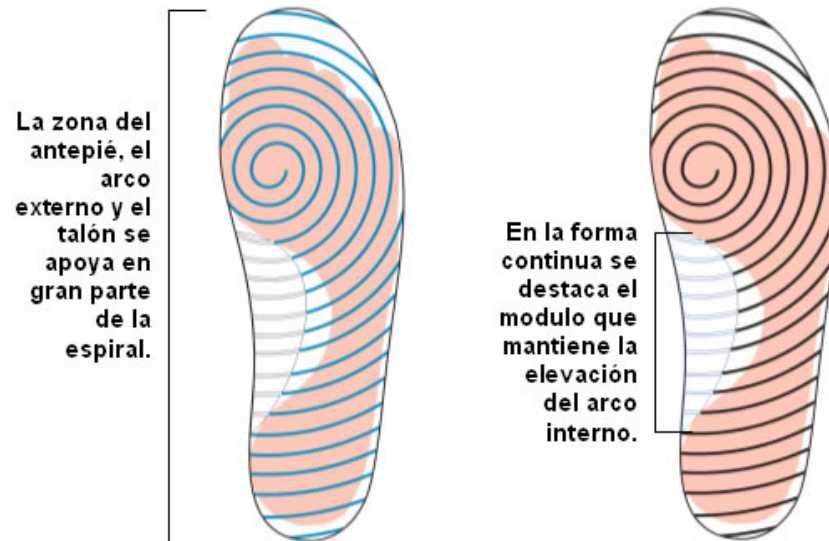
Figura 124: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción formal



Fuente: El autor

Continuando con la evolución de la Alternativa 2, la siguiente idea surge de la necesidad de utilizar una espiral mejor estructurada formalmente. Además es importante incorporar una superficie que le de cuerpo a la plantilla y permita un contacto uniforme con la plantilla del zapato.

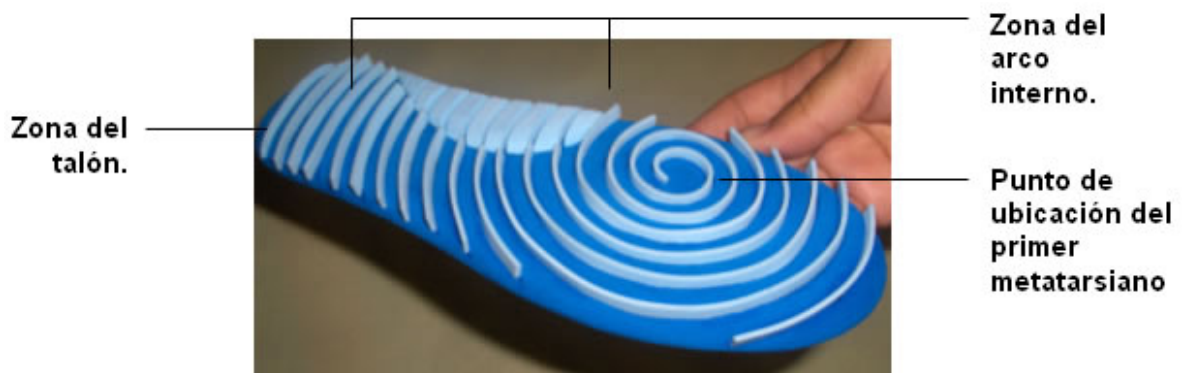
Figura 125: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 2



Fuente: El autor

La espiral se desarrolla principalmente en la cabeza del primer metatarsiano, lugar propenso a la aparición y desarrollo de úlceras.

Figura 126: Evolución de la Alternativa 2 – Ubicación de zonas

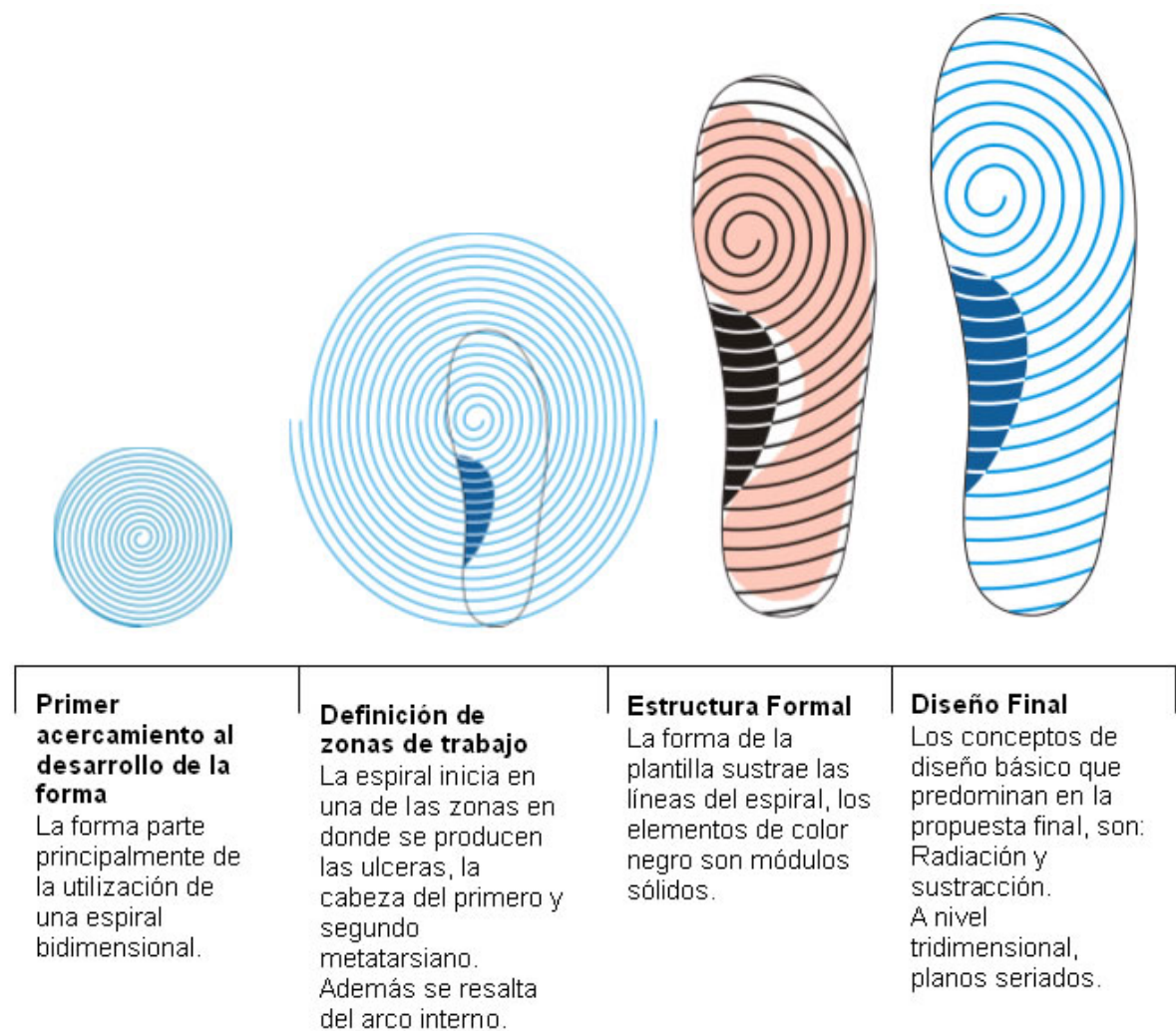


Fuente: El autor

El efecto visual de la forma en espiral es acompañado de la presión que ejerce cada una de las líneas concéntricas.

Aspecto Formal – Estético

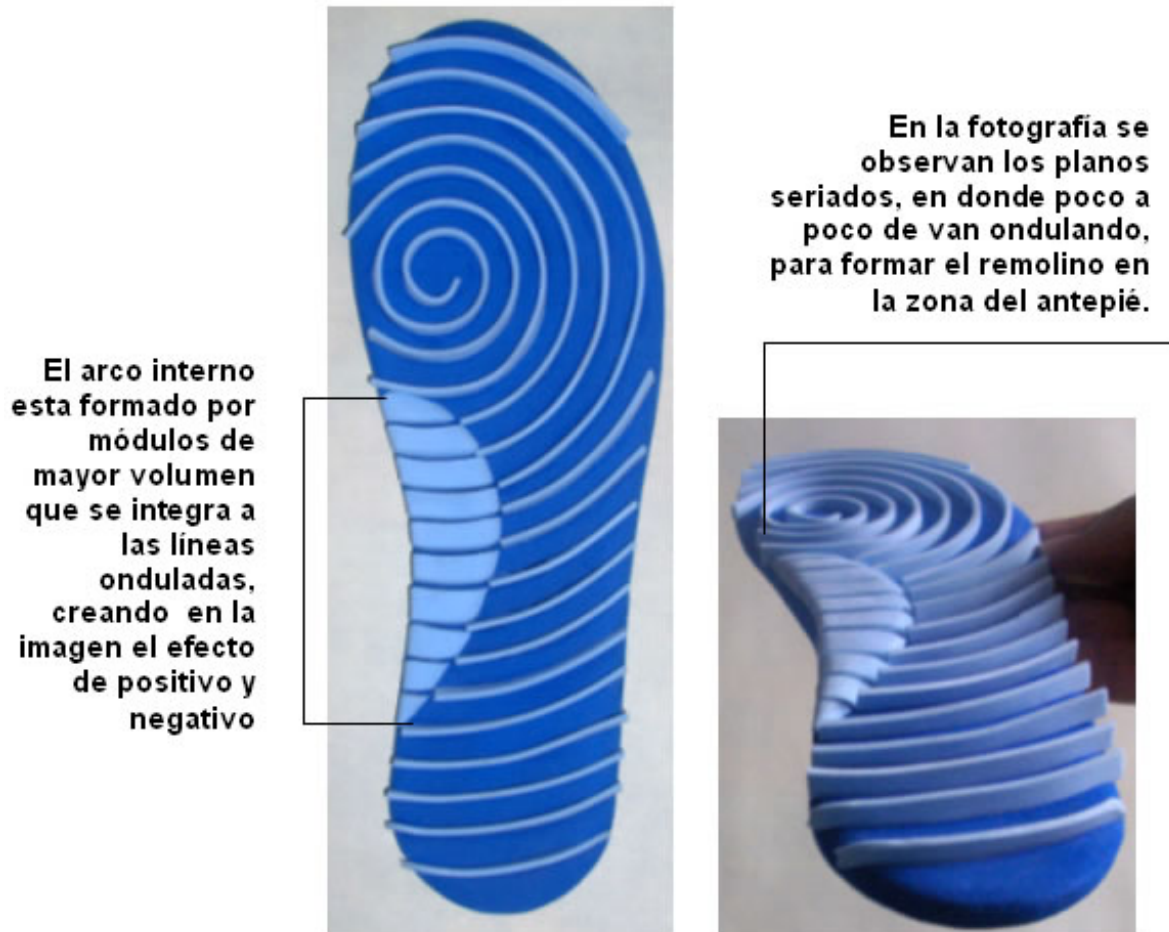
Figura 127: Evolución de la Alternativa 2 – Desarrollo Formal 1



Fuente: Recopilación del autor

A nivel tridimensional es utilizado los planos seriados, por medio de secciones transversales, en donde la forma aparece cortada en intervalos regulares.

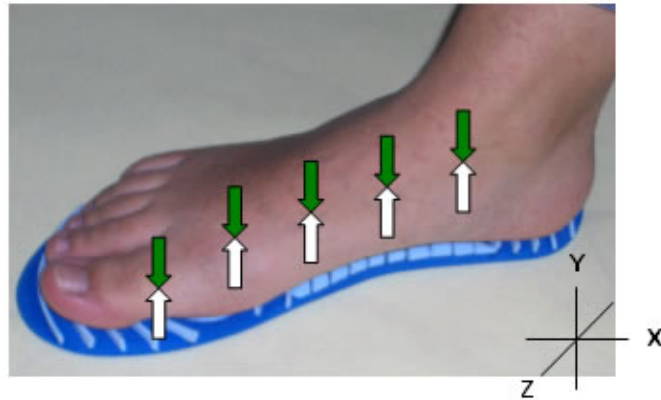
Figura 128: Evolución de la Alternativa 2 – Composición



Fuente: El autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 129: Evolución de la Alternativa 2 – Diagrama de fuerzas 1



Fuente: El autor

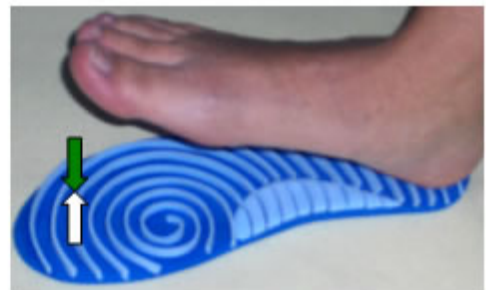
↓↑ Fuerzas de acción y reacción entre la superficie de la plantilla y el peso del cuerpo.

Cada una de las líneas de la espiral tiene un grosor de 3 mm, esta dimensión causa mayor presión sobre la planta del pie, pues la presión es inversamente proporcional a la superficie, entonces a menor superficie de contacto mayor presión ejercida.

Figura 130: Evolución de la Alternativa 2 – Diagrama de fuerzas 2



El espiral abarca el talón con la proyección de las líneas.

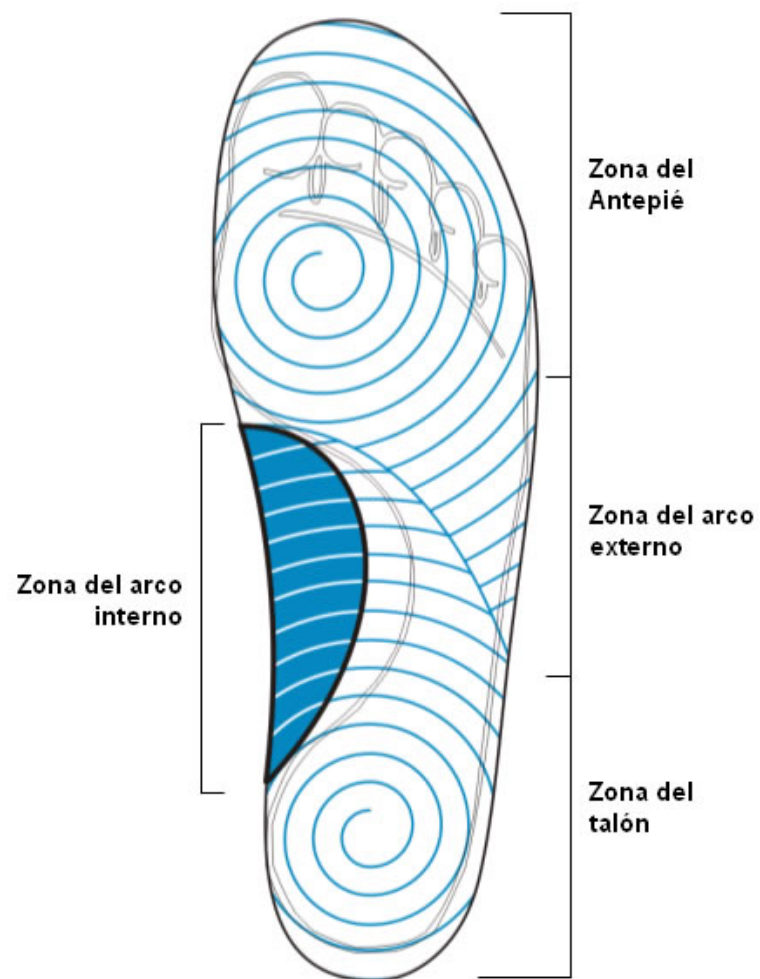


El espiral empieza en una de las zonas más vulnerables, las cabezas del primer y segundo metatarsiano.

Fuente: El autor

El camino de evolución de la Alternativa 2 continua con esta idea, que se caracteriza por la superposición de dos espirales independientes, que tiene origen en la zona del antepié y el talón.

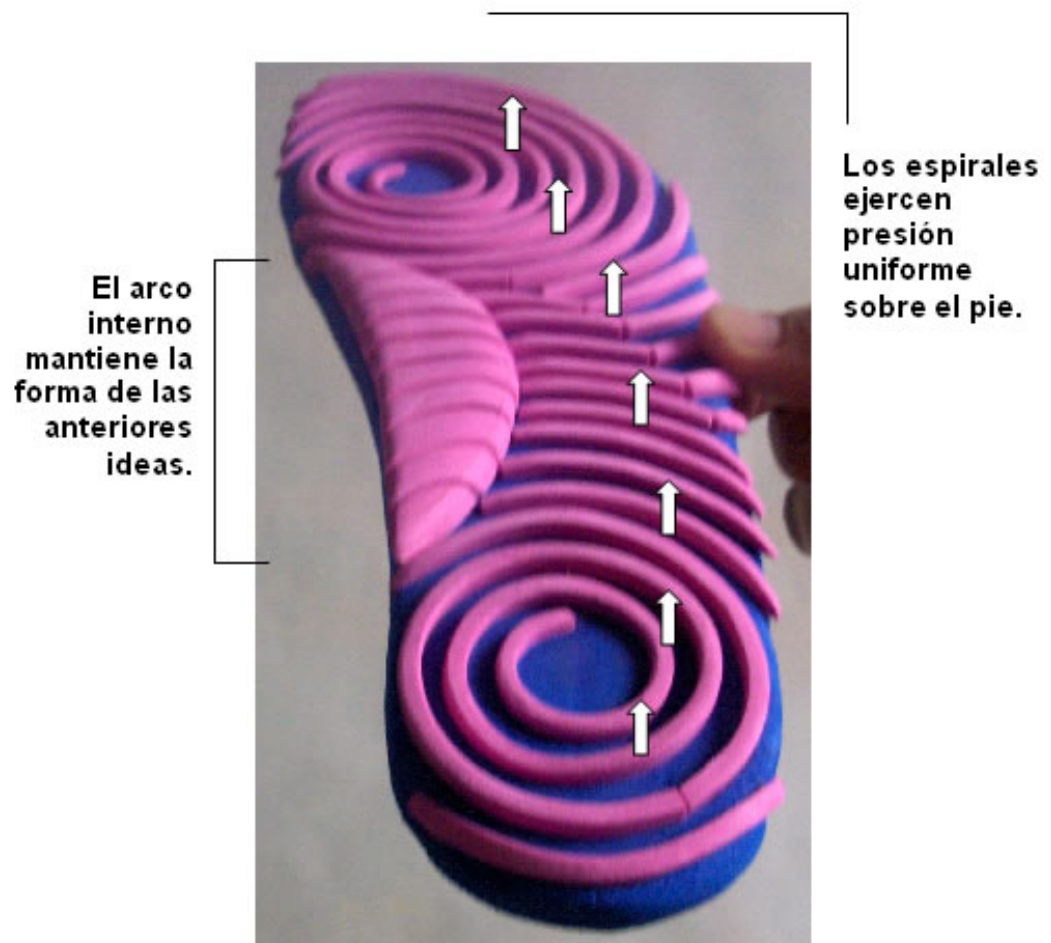
Figura 131: Evolución de la Alternativa 2 – Descripción general 3



Fuente: El autor

La superficie de la plantilla esta cubierta con un relieve formado por líneas de un grosor de 4 milímetros. Las espirales se observan sólidas, para soportar el peso de una persona y no deformarse con facilidad.

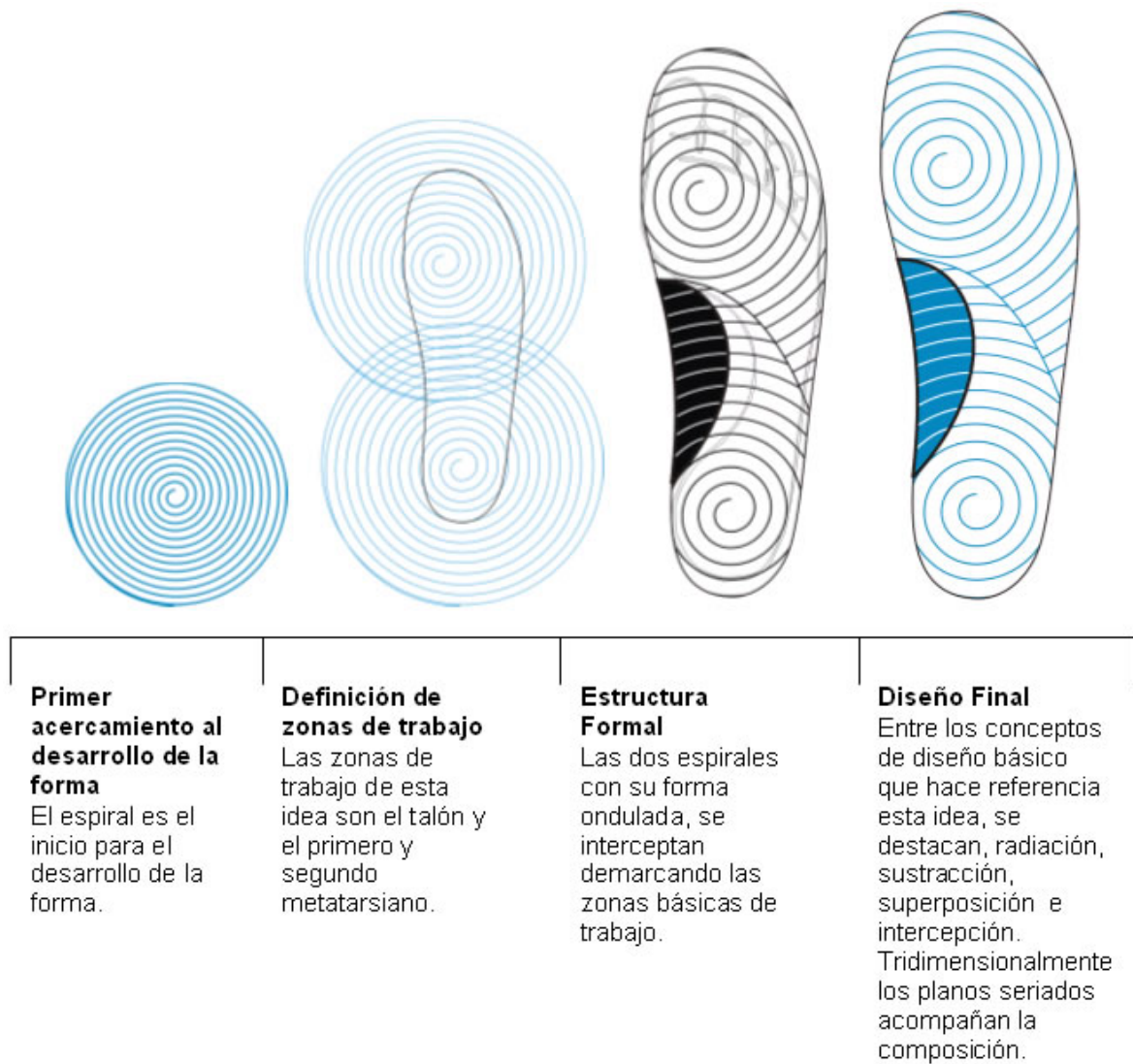
Figura 132: Evolución de la Alternativa 2 - Zonas de presión



Fuente: El autor

Aspecto Formal – Estético

Figura 133: Evolución de la Alternativa 2 - Desarrollo Formal 2



Fuente: Recopilación del autor

Las ondulaciones de las líneas y los intervalos de separación hacen que la composición sea equilibrada. Los planos seriados se destacan aunque las líneas sean de mayor grosor.

Figura 134: Evolución de la Alternativa 2 - Planos seriados



Fuente: El autor

Figura 135: Evolución de la Alternativa 2 - Plano superior

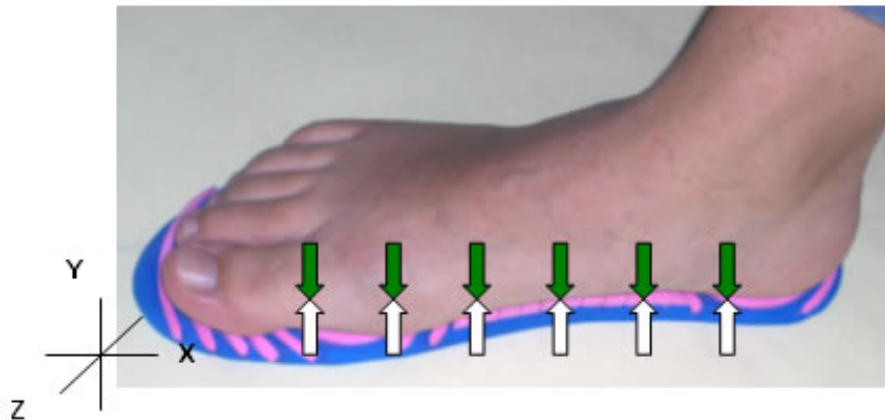


Los puntos iniciales de las espirales demuestran los lugares de la anatomía del pie que ocupan al utilizar las plantillas.

Fuente: El autor

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 136: Evolución de la Alternativa 2 - Diagrama de fuerzas 2

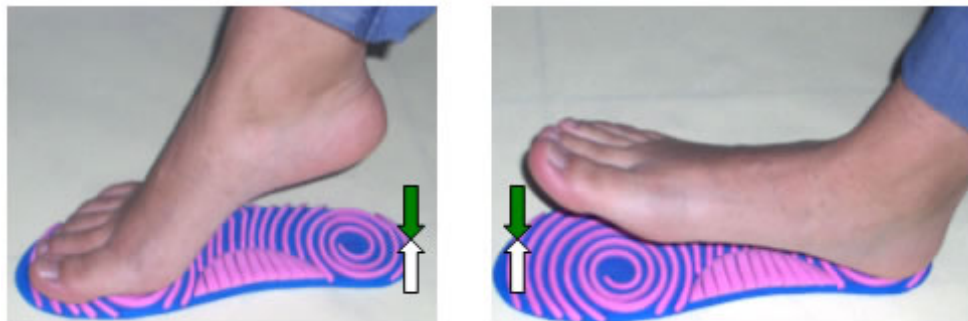


Fuente: El autor

- ↑ Fuerzas de reacción que provocan las líneas concéntricas de las espirales.
- ↓ Las fuerzas de acción corresponden a la sumatoria del peso del cuerpo del paciente.

En las fotografías se observa la posición del pie del paciente en cada uno de los remolinos.

Figura 137: Idea No. 2 - Diagrama de fuerzas 2

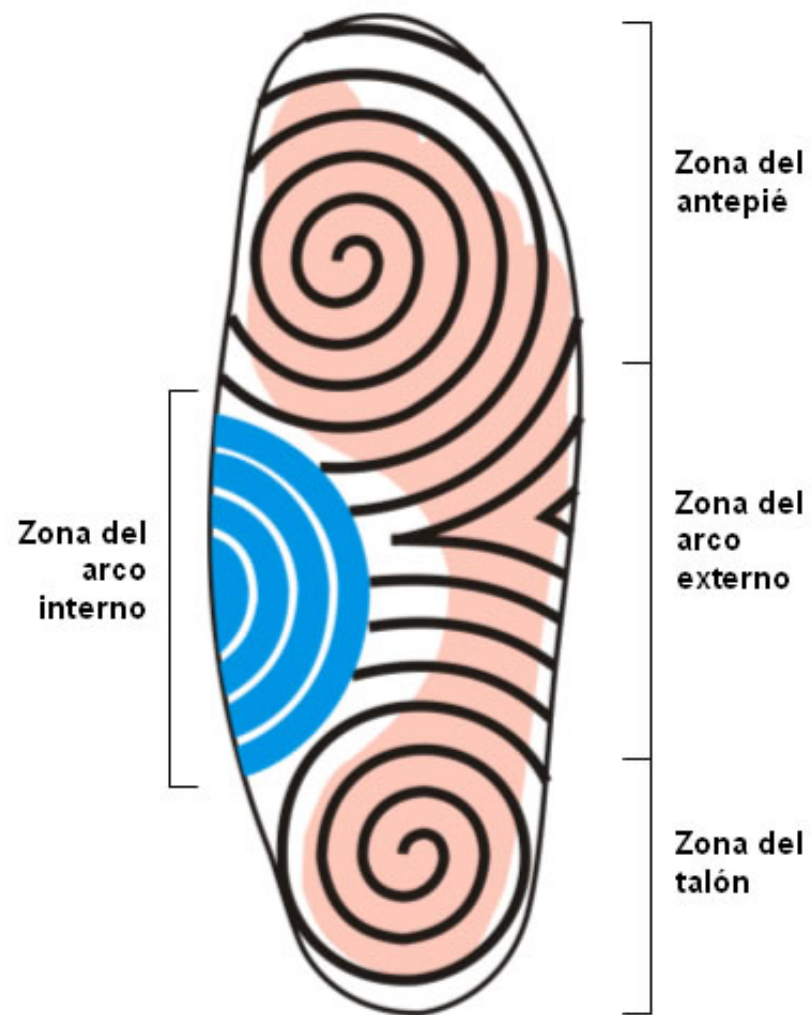


Fuente: El autor

2.1.2.1 Propuesta final de la alternativa 2

El estudio formal y funcional consolida de la idea para la Alternativa 2.

Figura 138: Alternativa 2 – Propuesta final



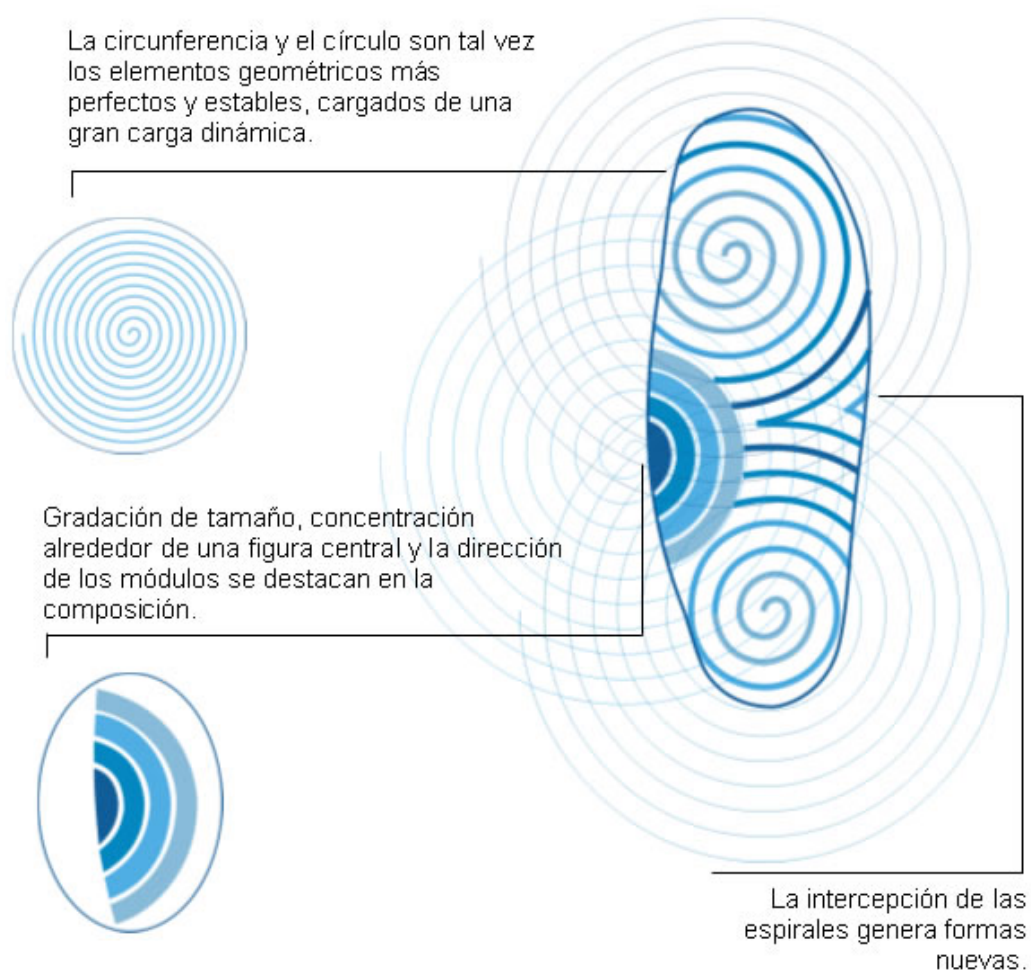
Fuente: El autor

2.1.2.2 Aspecto formal - estético

- Análisis de Diseño Básico - Bidimensional

En la Alternativa 2, el cambio gradual de color obedece a los diferentes niveles del relieve.

Figura 139: Alternativa 2 – Análisis bidimensional



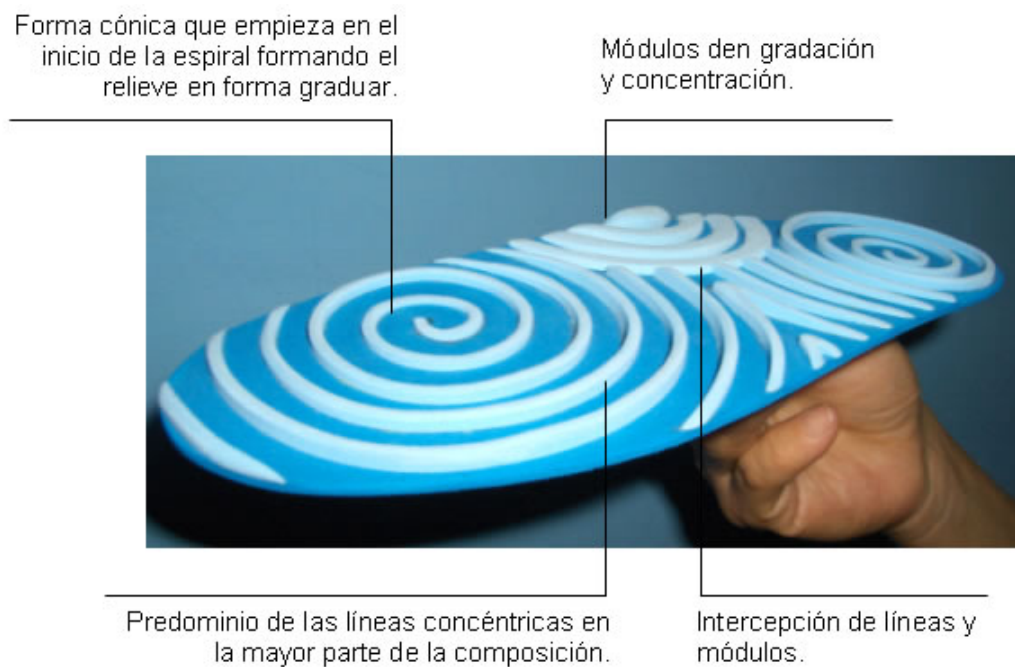
Fuente: El autor

Las tres espirales se entrelazan formando un diseño sintético, su disposición en el espacio esta relacionado con la funcionalidad para cada zona del pie. Su orientación es en la dirección de las manecillas del reloj, para la plantilla del pie derecho, mientras que la plantilla del pie izquierdo es un reflejo del derecho.

- Análisis de Diseño Básico -Tridimensional

En el relieve predominan las formas semicirculares, concentradas en tres diferentes puntos.

Figura 140: Alternativa 2 – Análisis tridimensional



Fuente: El autor

2.1.3 Alternativa 3

Para el desarrollo de esta Alternativa en primer lugar, se explora en la búsqueda de una estructura en forma de red, que a nivel tridimensional forme bajo y alto relieve para producir presión sobre la planta del pie. En segundo lugar, en la Alternativa 3 se utilizan los conceptos y principios básicos desarrollados en las anteriores alternativas. Y por último se presenta la propuesta final.

A continuación se presenta la Alternativa 3.

Figura 141: Alternativa 3

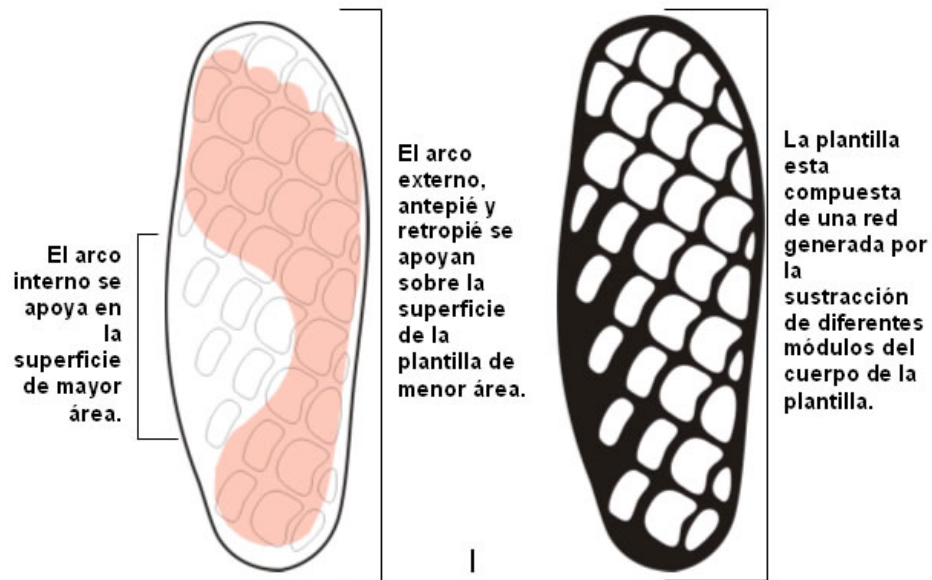


Fuente: El autor

Descripción general

La Alternativa 3 tiene por objetivo encontrar una estructura flexible en forma de red que produzca presión sobre la planta.

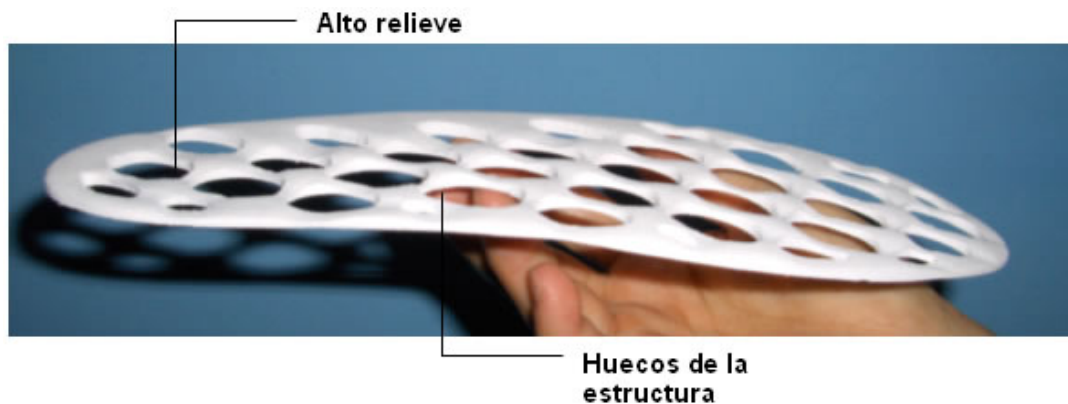
Figura 142: Alternativa 3 – Descripción general



Fuente: El autor

El conjunto de módulos huecos realizan un cambio gradual de tamaño, extendidos a lo largo de toda la planta. La estructura hueca le da flexibilidad y hace más liviana la plantilla.

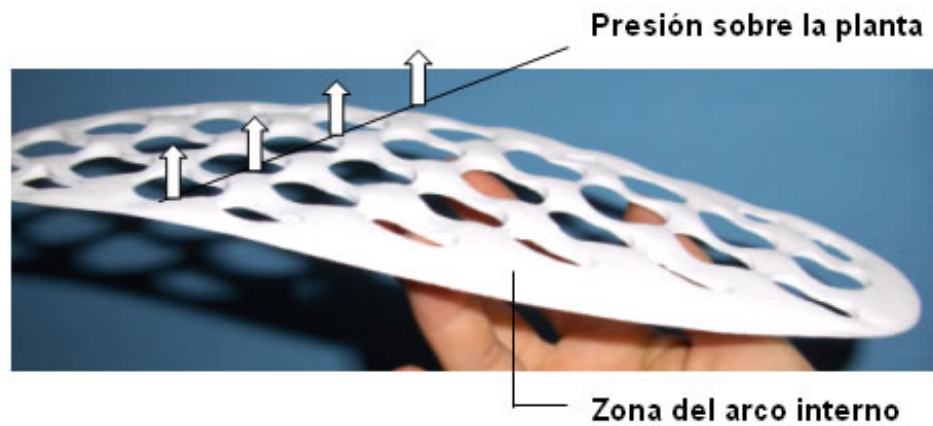
Figura 143: Alternativa 3 – Estructura hueca 1



Fuente: El autor

A nivel tridimensional, se observa el alto relieve generado en la estructura, cuya función es producir presión.

Figura 144: Alternativa 3 - Zonas de presión

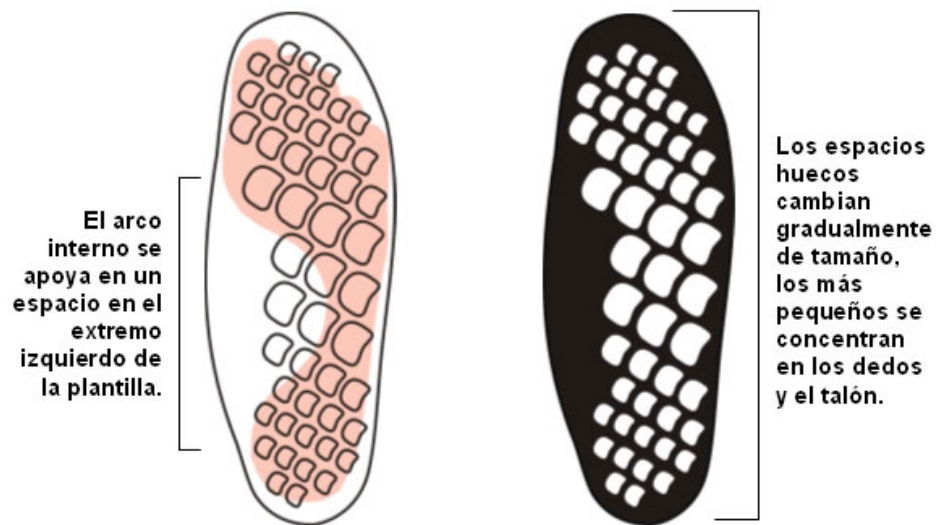


Fuente: El autor

✓ Evolución de la Alternativa 3

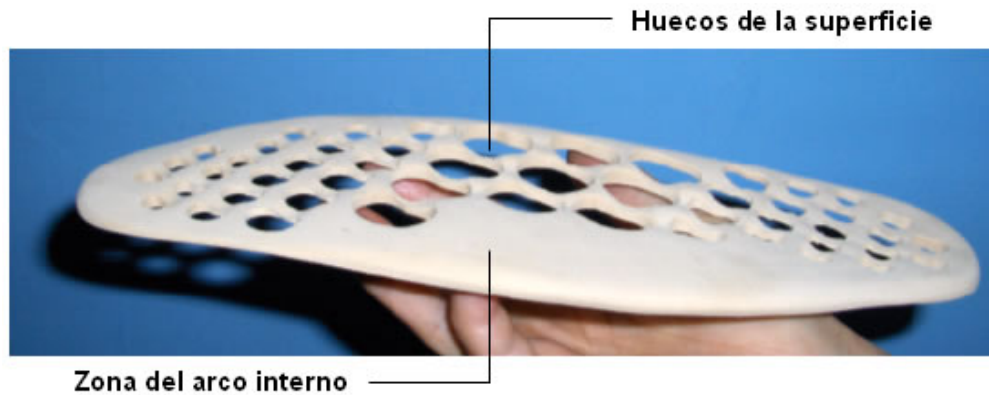
El proceso de evolución de la propuesta se inicia con una pequeña variación, en la disposición y tamaño de los espacios huecos.

Figura 145: Evolución Alternativa 3 – Descripción general 1



Fuente: El autor

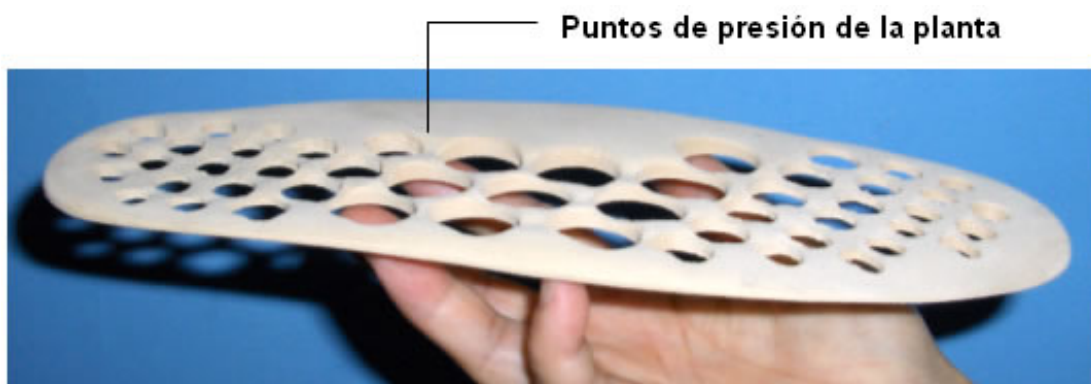
Figura 146: Evolución Alternativa 3 – Estructura hueca 2



Fuente: El autor

La función principal de los huecos de la superficie es aligerar el peso de la plantilla y permitir un cambio de relieve de la plantilla, para que así los puntos de presión se destaquen y actúen sobre la planta.

Figura 147: Evolución Alternativa 3 – Puntos de presión

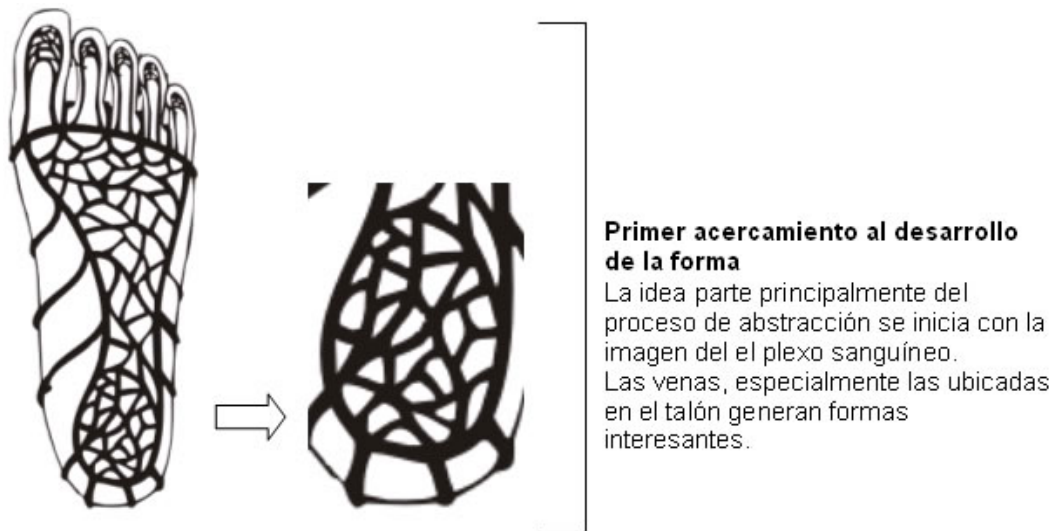


Fuente: El autor

La red formada por los espacios huecos, cambia de altura, y genera puntos que son los encargados de ejercer presión sobre la planta.

Aspecto Formal – Estético: Proceso de Abstracción

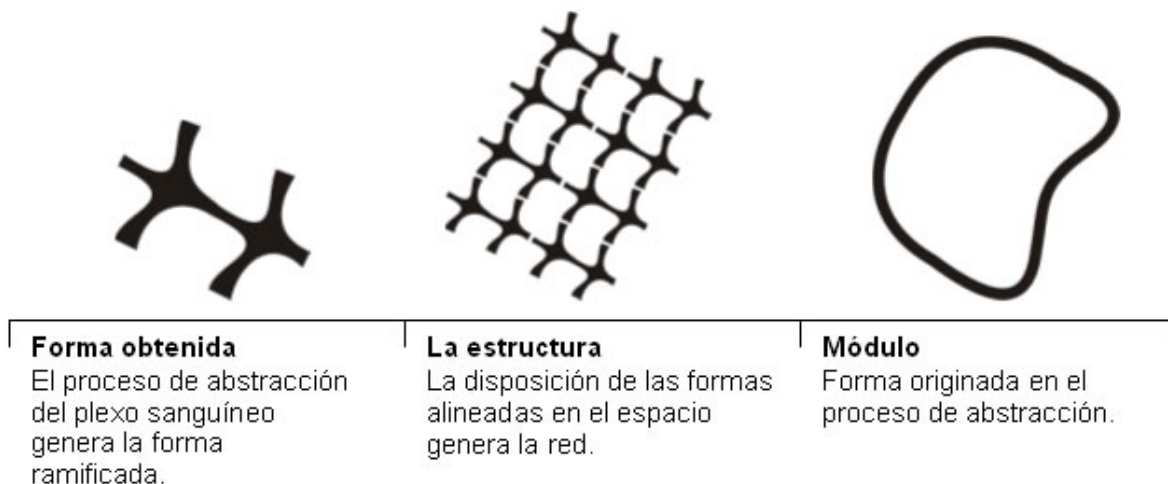
Figura 148: Evolución de la Alternativa 3 – Proceso de abstracción



Fuente: Recopilación del autor

Creación y estructura de la forma

Figura 149: Evolución de la Alternativa 3 - Módulo básico

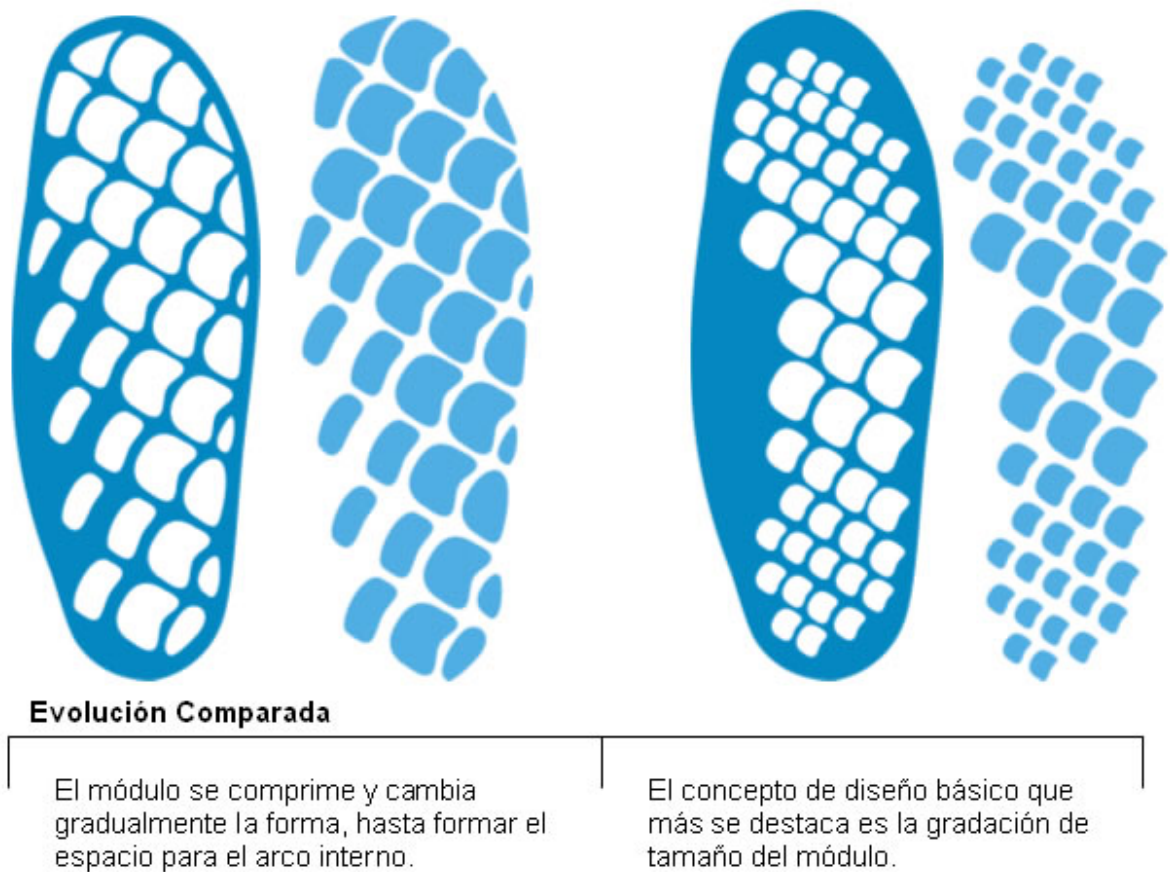


Fuente: El autor

Estructura formal

En la Alternativa 3 se destaca principalmente por la búsqueda de una red. Partiendo del módulo básico se generan espacios en positivo – negativo, y se determina el área y forma de la superficie a sustraer.

Figura 150: Evolución de la Alternativa 3 - Desarrollo formal

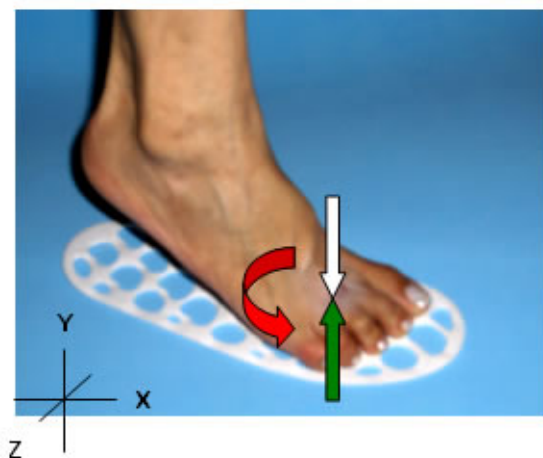


Fuente: El autor

En las propuestas finales se destaca el trabajo formal realizado en la composición final. La dirección de los módulos obedece a la analogía funcional que se hace por disposición escalonada de los huesos en la fórmula metatarsal, donde se encuentran tres tipos de terminación de los metatarsianos: index plus minus, index minus e index plus.

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 151: Evolución de la Alternativa 3 - Análisis de fuerzas 1



El pie puede experimentar fuerzas de torsión, pues la flexibilidad de la estructura que se genera por la sustracción de la superficie, conlleva a que el pie experimente dicha fuerza, al introducirse dentro del zapato lo que perjudica el equilibrio de la persona.

Fuente: El autor

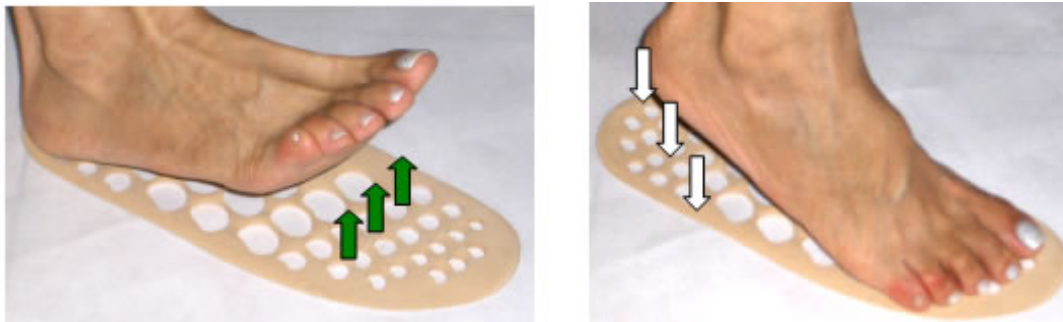
El pie experimenta fuerzas de acción y reacción.

-  La fuerza de reacción en dirección (-) Y que corresponden al peso corporal.
-  La fuerza de acción en dirección Y producidas por los puntos de presión.
-  Fuerza de torsión

Ante la posibilidad de que el pie experimente fuerzas de torsión por una estructura inestable, se llega a la conclusión que es necesario mantener el cuerpo uniforme de

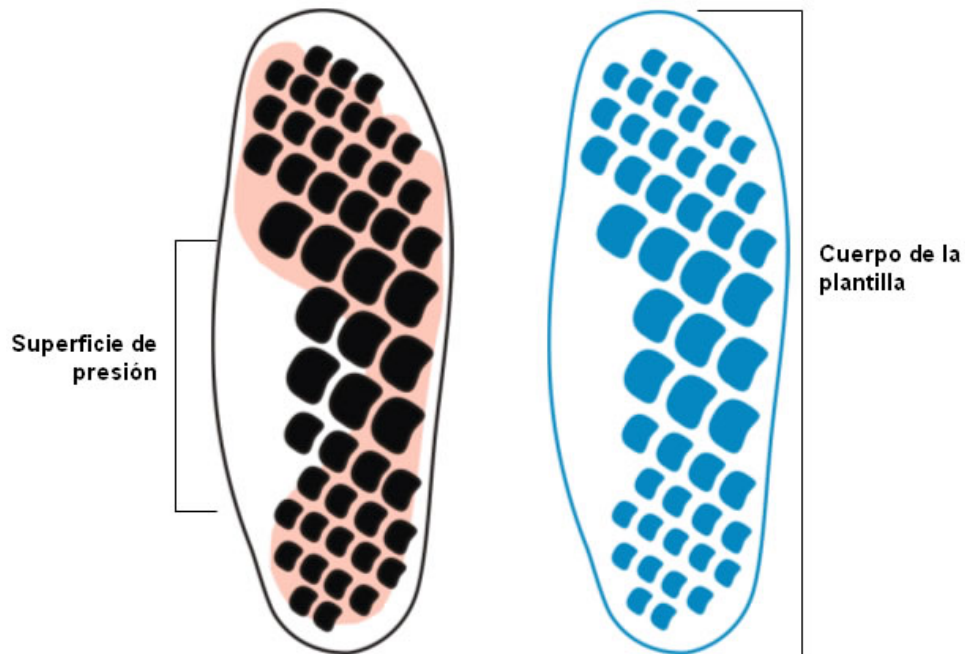
la plantilla para que este en contacto con el zapato. La siguiente propuesta utiliza uno de los diseños formales anteriores, pero esta compuesta por un cuerpo y una superficie de presión.

Figura 152: Análisis de fuerzas 2 – Alternativa 3



Fuente: El autor

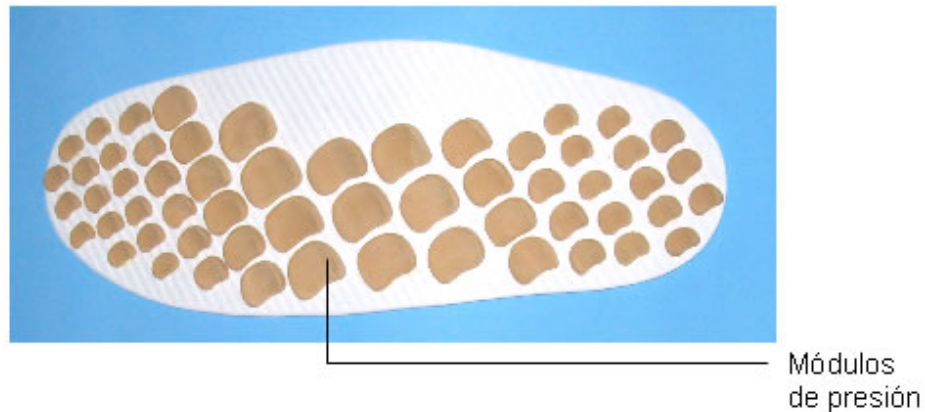
Figura 153: Evolución de la Alternativa 3 – Descripción general 2



Fuente: El autor

Los módulos sustraídos anteriormente ahora forman la superficie de presión, también cumplen la función de brindar apoyo a las partes blandas del pie.

Figura 154: Evolución de la Alternativa 3 - Puntos de presión



Fuente: El autor

En total son 57 módulos de presión que varían de tamaño gradualmente. Además en su vista lateral tienen una forma cóncava.

Figura 155: Evolución de la Alternativa 3 - Vista lateral



Fuente: El autor

La sensación que producen los módulos en la planta del pie es de un hormigueo constante.

El arco interno no posee apoyo por parte de los módulos, para las posteriores ideas es necesario brindar apoyo en esta zona, para conservar la elevación en un pie normal o producirla en un pie plano.

Aspecto Formal – Estético

El cambio gradual de color es útil para diferenciar los diferentes tamaños de los módulos.

Figura 156: Evolución de la Alternativa 3 – Desarrollo formal

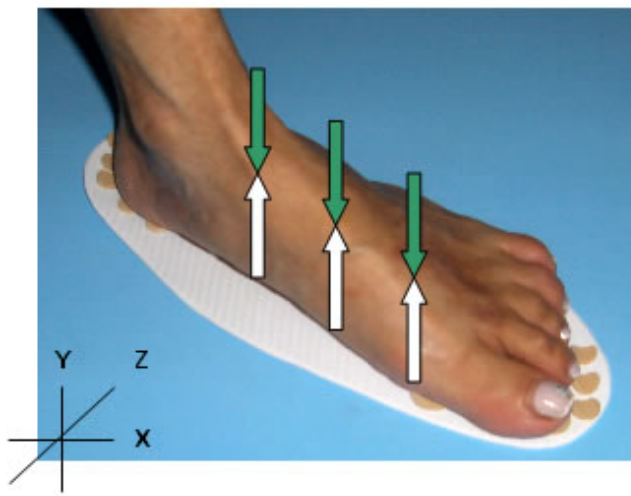


Fuente: El autor

La diferencia de tamaño de los módulos hacen que la estructura de la plantilla sea mas flexible y no una estructura compacta como en la Alternativa 1 y la Alternativa 2.

Interacción hombre – plantilla: análisis de fuerzas

Figura 157: Evolución de la Alternativa 3 - Diagrama de fuerzas 1



En la fotografía se observa la importancia de la elevación del arco interno. Esta Idea no aborda esa posibilidad que se convierte en su principal desventaja.

Fuente: El autor



Fuerzas de acción y reacción que se manifiestan entre la plantilla y el peso del cuerpo.

Figura 158: Evolución de la Alternativa 3 - Diagrama de fuerzas 2

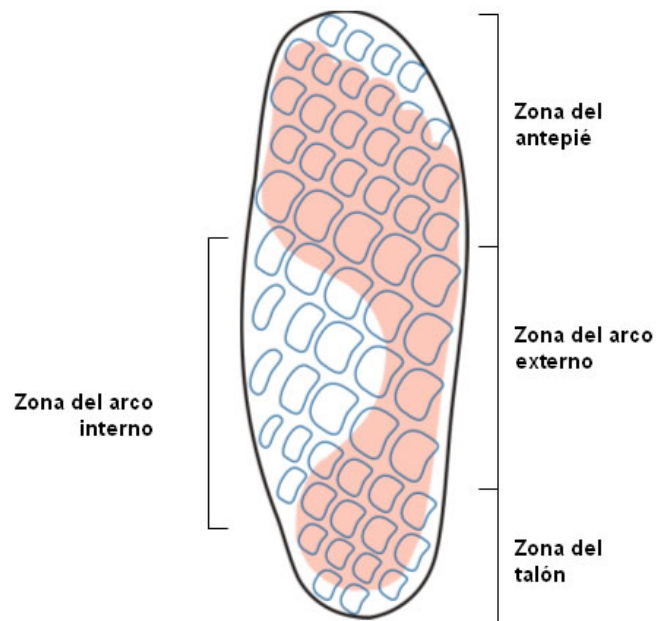


Fuente: El autor

2.1.3.1 Propuesta final de la alternativa 3

La propuesta final de la Alternativa 3 es la suma de los diferentes análisis obtenidos anteriormente.

Figura 159: Alternativa 3 – Propuesta final



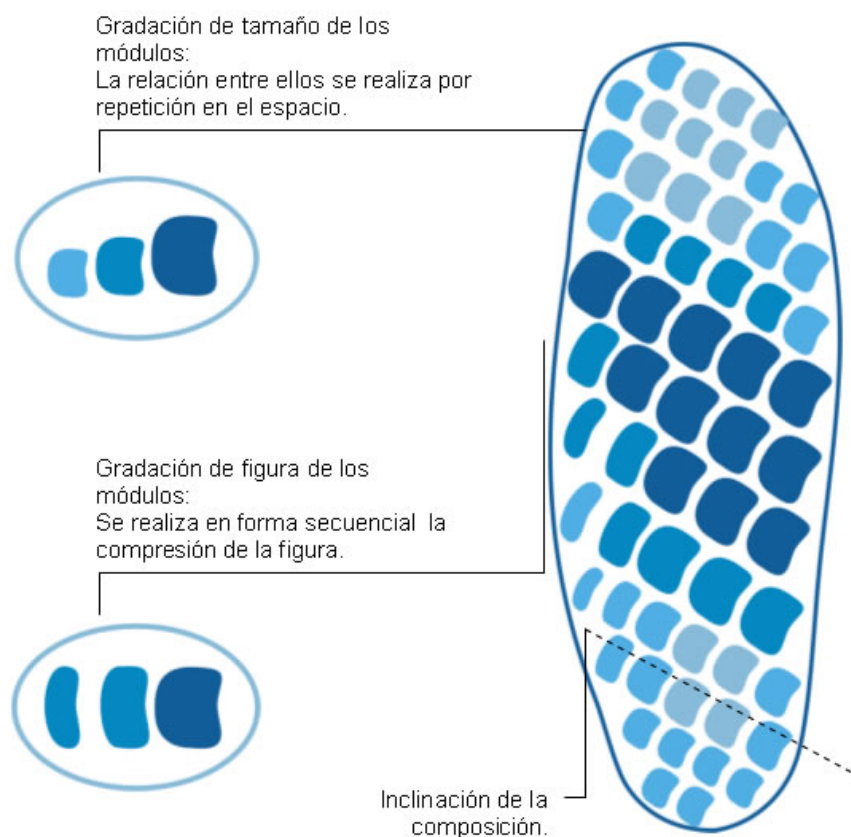
Fuente: El autor

2.1.3.2 Aspecto formal – estético

- **Análisis de Diseño Básico - Bidimensional**

El concepto de diseño básico que predomina en la composición, es la gradación. El cambio en la proporción de los módulos obedece a razones puramente funcionales. La dirección inclinada esta relacionada con la línea que se traza para la unión de los puntos más sobresalientes del primer y quinto metatarsiano.

Figura 160: Alternativa 3 – Análisis bidimensional

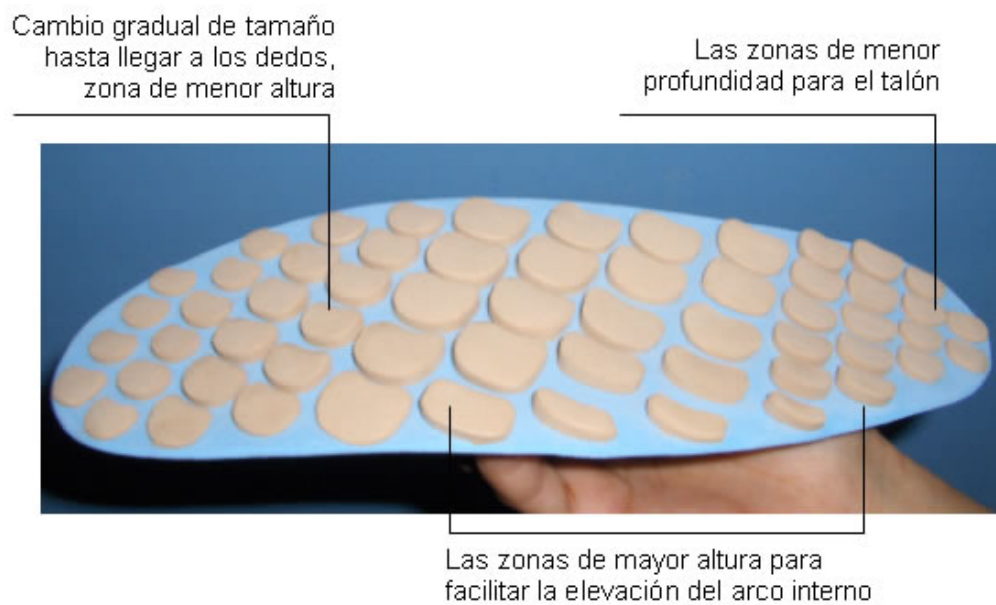


Fuente: El autor

- Análisis de Diseño Básico -Tridimensional

El relieve se genera por gradación de altura de los módulos. La estructura es flexible y el tamaño de los módulos ayuda a realizar presión de forma puntual en los puntos donde más se necesita, como es el caso del talón y los metatarsianos.

Figura 161: Alternativa 3 – Análisis tridimensional



Fuente: El autor

Las zonas de mayor altura brindan sostén a la almohadilla plantar.

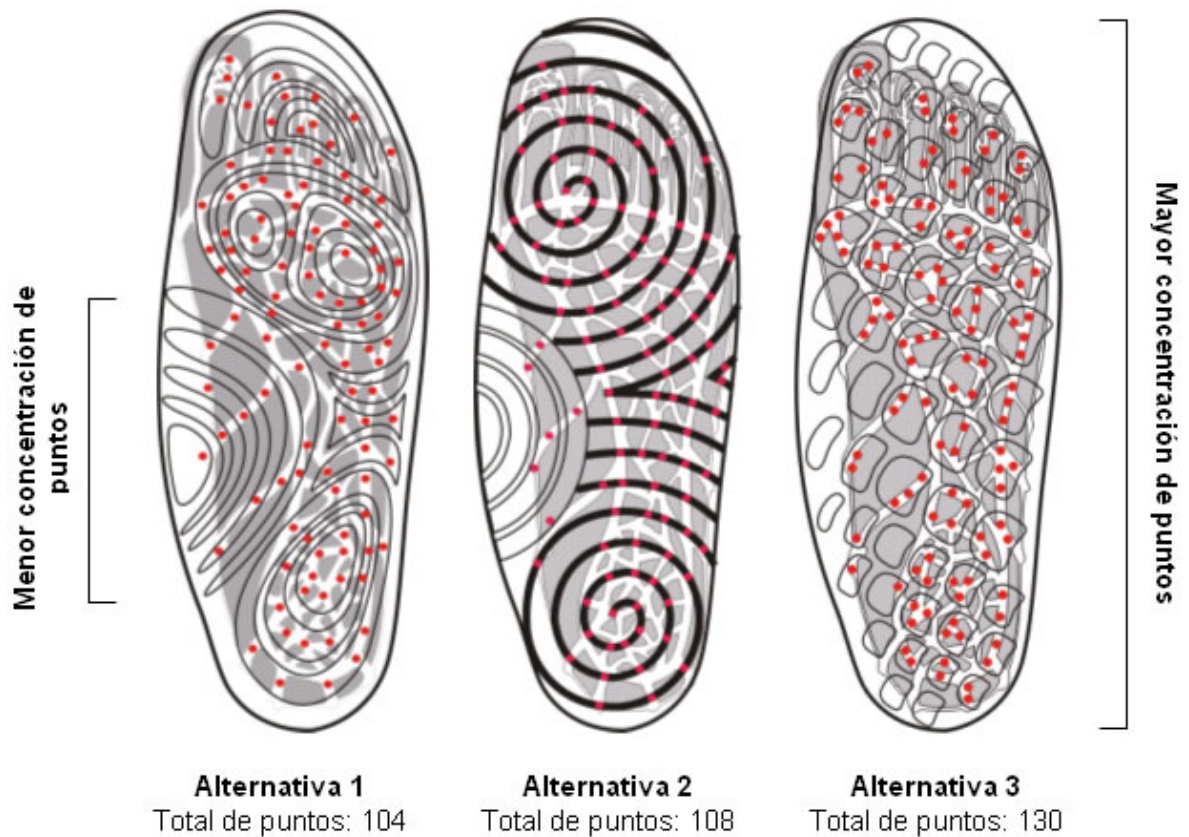
2.2 ASPECTO ERGONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS

2.2.1 Aspectos Anatomofisiológicos

2.2.1.1 Puntos de presión

El dibujo del plexo sanguíneo sobre la plantilla, ayuda a identificar las zonas de mayor concentración de puntos y la incidencia de cada uno de los módulos y líneas del diseño sobre la planta del pie.

Figura 162: Mapa de puntos de presión - Alternativa 1, 2, 3



● Representan los puntos de contacto

Fuente: Recopilación del autor

Se observa que las zonas de mayor concentración se presentan en el antepié, arco interno y talón, en el arco externo disminuye el número de puntos. Las venas que se estimulan en la mayor concentración de puntos son: la vena coronaria, el arco venoso plantar y las venas posteriores. Mientras que venas mediales registran la menor concentración de puntos.

Alternativa 1: La incidencia real se localiza parcialmente alrededor del conjunto de módulos, el distanciamiento de cada uno de ellos y cambio de relieve ayudan a realizar la presión total en la planta.

Alternativa 2: Las espirales comienzan en las zonas más vulnerables, el barrido concéntrico que realizan permite la cobertura de mayor número de puntos a estimular del plexo sanguíneo.

Alternativa 3: El relieve somete a presión un total de 130 puntos, pues la estructura hace contacto con toda la superficie plantar sometida a presión.

2.2.1.2 Distribución de la estructura ósea

Para facilitar el análisis se realiza una proyección de las vistas lateral y superior del pie y la plantilla, con el objetivo de observar la ubicación de la estructura ósea del pie sobre la superficie de la plantilla.

Con respecto al análisis se tiene:

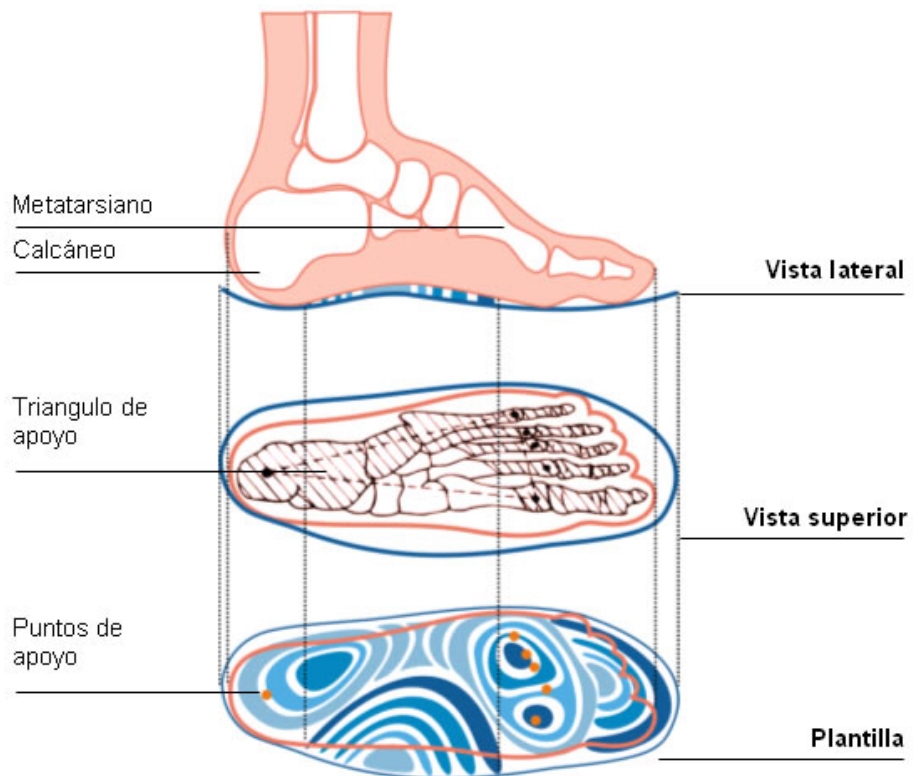
- En la vista lateral se observa los huesos del pie y las partes blandas más próximas a la plantilla, siendo los lugares de mayor contacto el talón, los dedos y las cabezas de los metatarsianos.

- En la vista superior se encuentran ubicadas las siluetas del plantilla, el pie y el esqueleto del pie. Se observa claramente el triangulo de apoyo del pie.
- En la plantilla se encuentran proyectados los puntos más sobresalientes de las cabezas de los metatarsianos y la apófisis mayor del calcáneo.

Alternativa 1

Es de vital importancia la correcta ubicación de los puntos de apoyo más sobresalientes en la plantilla, pues en la marcha pueden causar traumatismos y desequilibrios, en la Alternativa 1 estos puntos se concentran en las zonas en donde converge el mayor número de módulos.

Figura 163: Vistas – Alternativa 1



Fuente: Recopilación del autor

El calcáneo es uno de los huesos más importantes, su acción es determinante en la fase de recepción del talón que se desarrolla durante la marcha. La vista lateral y superior brindan una visión general con respecto a la plantilla. Se apoya en los tres módulos concéntricos de la zona del talón.

Figura 164: Alternativa 1 – Apoyo antepié y talón



Fuente: El autor

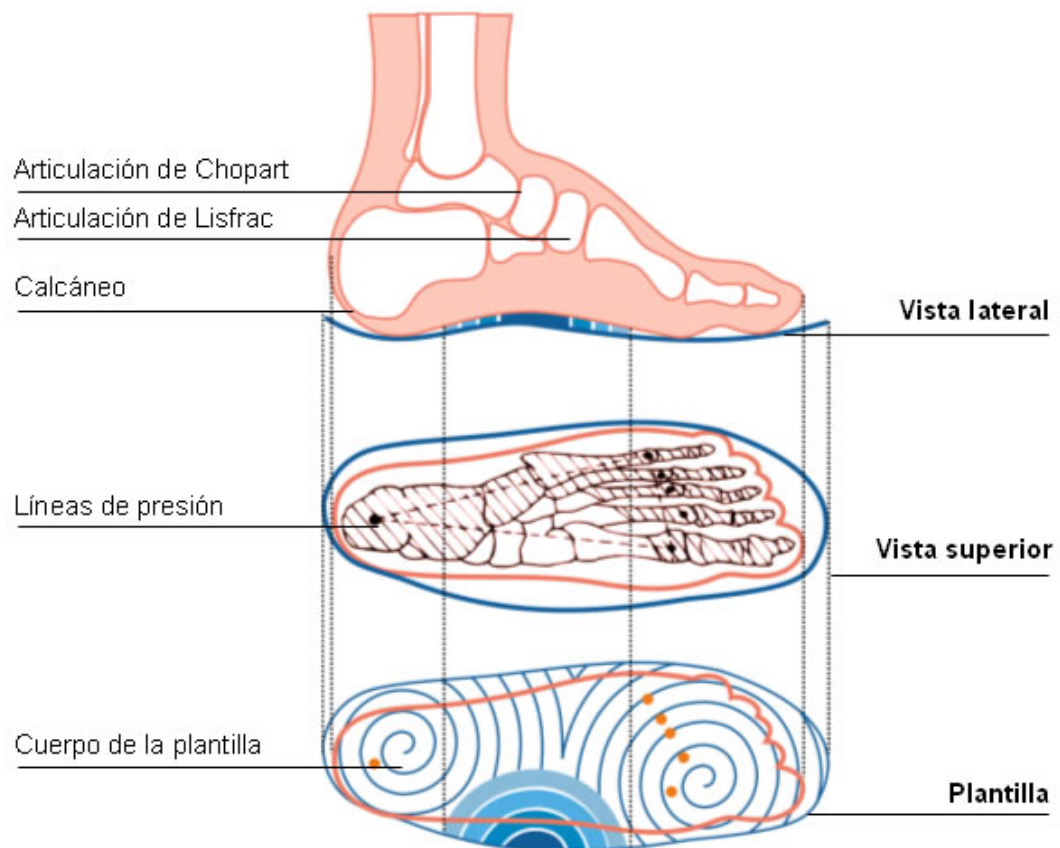
El antepié, esta constituido por los metatarsianos, siendo el I y el V los que cobran protagonismo en la marcha, en la fase de propulsión. El antepié incide notablemente en el diseño de la plantilla, pues su movilidad y composición determinan la forma, 1/3 de la plantilla corresponde a dicha zona del pie.

Alternativa 2

A diferencia de la Alternativa 1 que en su diseño formal evoca la forma del pie, y que tiene módulos de mayor tamaño, la Alternativa 2 cuenta con líneas concéntricas que convergen en ciertos puntos. La superficie que se genera es mas libre de formas, pues los contornos son líneas estructurales; esto favorece que el pie tenga mayor libertad de movimientos dentro del zapato.

En el pie definimos dos tipos de articulaciones: unas, el tobillo y las de los dedos, cuya misión fundamental es facilitar el movimiento del pie para la marcha y el salto; y otras, las tarsianas y las tarsometatarsianas, cuya función es servir de amortiguador al chocar el pie contra el suelo y adaptarlo a los terrenos irregulares. Para el diseño de plantillas es importante tener en cuenta las articulaciones, como es el caso de la articulación de Chopart y la articulación de Lisfrac, pues ellas facilitan la pronación y supinación del pie durante la marcha. El impedir que sus movimientos se desarrollen correctamente traería consecuencias perjudiciales para el usuario.

Figura 165: Vistas – Alternativa 2



Fuente: Recopilación del autor

El antepié es de vital importancia, pues la mayor concentración de semicírculos se ubicados allí. El centro de la espiral del antepié constituye un apoyo para el primer metatarsiano. A igual que el antepié, el calcáneo se aloja en el centro de la espiral de esta zona, la conicidad de la superficie favorece la posición del talón. El cuerpo de la plantilla sirve de apoyo a las partes blandas, pues el relieve no supera los 5 milímetros de altura.

Figura 166: Fotografía Alternativa 2 – Apoyo antepié y talón



Fuente: El autor

Alternativa 3

En la Alternativa 3 el pie se apoya por un conjunto de módulos que cambian gradualmente de tamaño dependiendo de la zona en que se ubican.

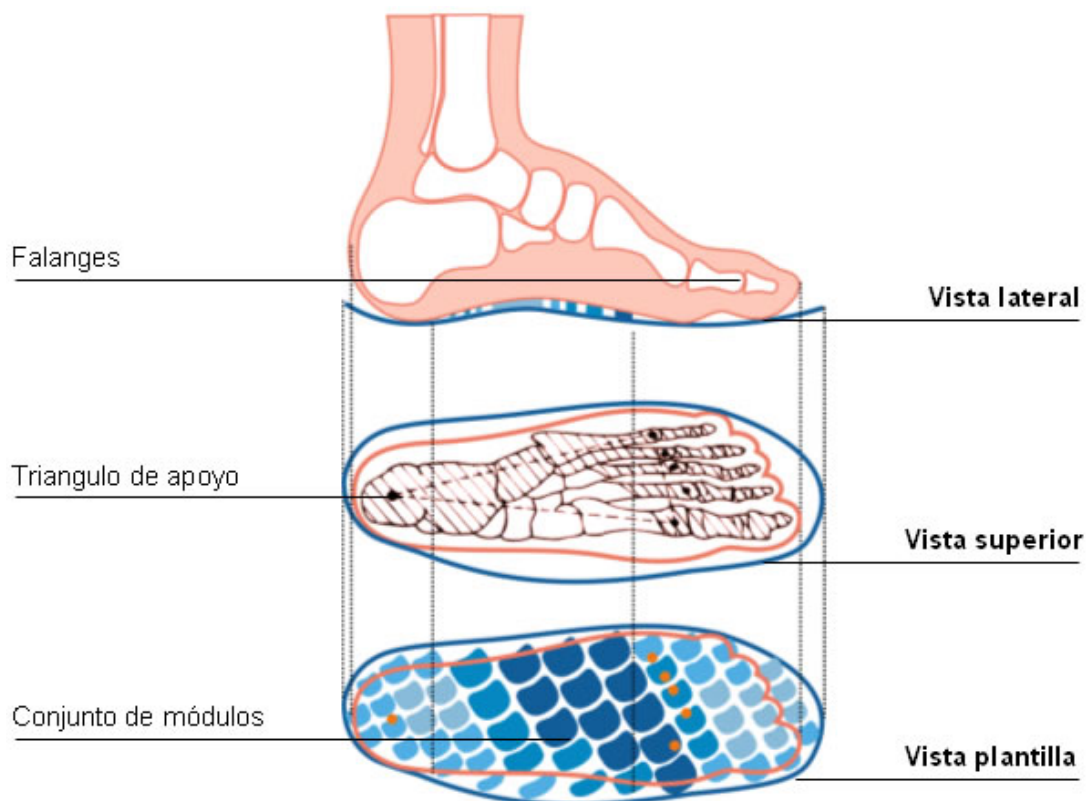
El calcáneo se apoya en los módulos de menor tamaño que se ubican en el talón, la disminución de tamaño facilita su posición estable.

En el arco interno y externo los módulos son los más grandes para brindar apoyo a la planta del pie durante la marcha.

La posición de los puntos de apoyo se encuentra ubicada en zonas específicas de módulos, donde es el soporte para las cabezas de los metatarsianos. El recorrido finaliza con módulos pequeños para las falanges de los dedos.

Esta estructura hace un recorrido por toda la planta del pie, no solo produciendo presión sino también brindando apoyo y estabilidad a la estructura ósea del pie. Así como los huesos necesitan apoyo, las partes blandas necesitan almohadillado, para generar Confort en el pie. Las partes blandas están compuestas por los músculos del pie, que permiten la movilidad y la adaptación del pie al terreno.

Figura 167: Vistas – Alternativa 3



Fuente: Recopilación del autor

Figura 168: Fotografía Alternativa 3 – Apoyo antepié



Fuente: El autor

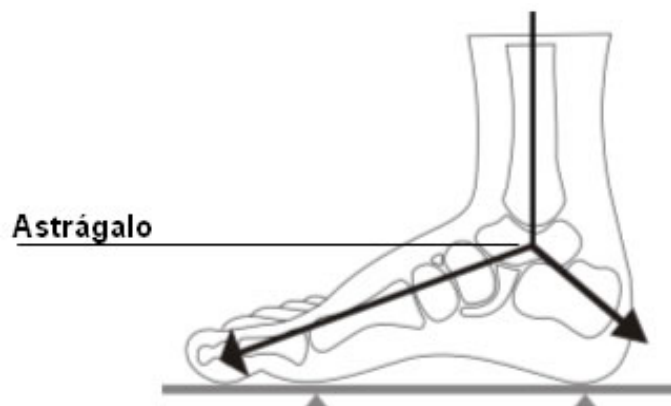
2.2.2 Biomecánica

2.2.2.1 Distribución de fuerzas

Sobre un pie bien equilibrado, el peso del cuerpo se distribuye sobre toda la superficie de apoyo plantar de una manera armoniosa y uniforme.

En la bipedestación el astrágalo recibe una carga vertical de arriba abajo, y la reparte por atrás hacia el calcáneo y por delante hacia los metatarsianos.

Figura 169: Carga corporal



Fuente: Baehler, André

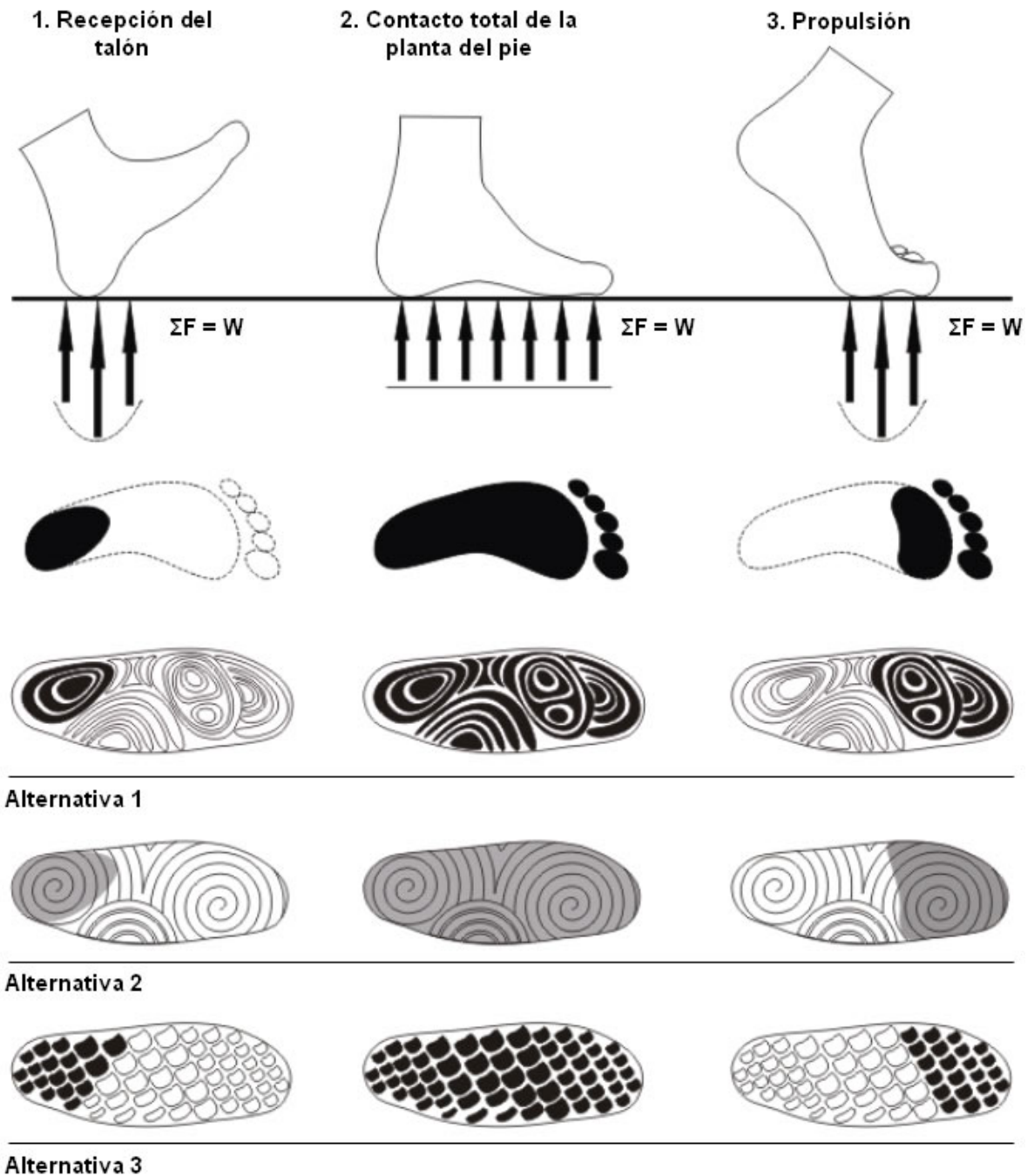
2.2.2.2 La marcha

La marcha es resultado de la alternancia de los ciclos del paso derecho – izquierdo; es un desplazamiento del centro de la masa corporal a través del espacio a lo largo de una curva que garantiza el mínimo consumo de energía.

Durante la marcha normal podemos distinguir en la fase de apoyo los siguientes momentos: La fuerza resultante es: $F = W$, donde W es el peso del cuerpo.

1. Recepción del talón: En este momento la fuerza resultante presenta una curva, donde habrá un punto máximo de desempeño de la fuerza.
Alternativa 1: Los módulos concéntricos del talón son los que reciben la carga por compresión.
Alternativa 2: En la figura se observa la zona correspondiente a este momento de la marcha, que corresponde a $\frac{1}{3}$ del área total de la plantilla.
Alternativa 3: Para este momento los módulos de menor tamaño son sometidos a compresión por la planta del pie.
2. Contacto total de la planta del pie: La carga se distribuye totalmente en la planta del pie. Por lo tanto el relieve de la plantilla actúa sobre toda la planta, realizando presión sobre ella.
Alternativa 1: Todos los módulos de la plantilla intervienen en este momento.
Alternativa 2: En el momento de contacto total la superficie de la platilla soporta toda la carga distribuida sobre la planta. El arco interno se apoya en los módulos concéntricos.
Alternativa 3: El contacto total permite actuar a los módulos que tienen mayor altura y brindan sostén a la planta.

Figura 170: Marcha – Análisis ergonómico



Fuente: Recopilación del autor

3. Propulsión: Momento en que los dedos y el triángulo de propulsión adquieren su máximo protagonismo. La fuerza recae sobre esta zona y la resultante tendrá un máximo valor.

Alternativa 1: Se distingue claramente la zona del antepié con el conjunto de módulos que reciben la carga por compresión.

Alternativa 2: Todos los metatarsianos soportan fuerza. El primero, en posición estática, soporta el doble de cada uno de los restantes. Durante el momento de propulsión de la marcha, casi todo el trabajo se efectúa a través del primer radio.

Alternativa 3: El antepié se apoya sobre esta zona de la plantilla y los módulos pequeños reciben la carga equivalente al peso del cuerpo.

Según la fórmula: $\text{Presión} = \text{Fuerza} / \text{Superficie}$, se puede concluir:

- Para que haya mayor presión sobre la planta del pie, tendrá que haber menor área de contacto, pues estos factores son inversamente proporcionales.
- Las fuerzas de compresión que el pie realiza sobre la plantilla son críticas en los momentos de recepción del talón y propulsión.
- La Alternativa 2, por la longitud de sus líneas de presión, presenta la posibilidad de sufrir aplastamiento por carga en un período muy corto de tiempo.
- La Alternativa 1 y 3, su estructura también estará sometida a carga por compresión, pero la forma, disposición y longitud de los módulos harán resistencia a esta fuerza y aplicaran la respectiva fuerza de reacción, en sentido contrario pero con igual magnitud.
- El primer metatarsiano adquiere protagonismo en el momento de propulsión, pues la mayor parte de la carga recae sobre él.

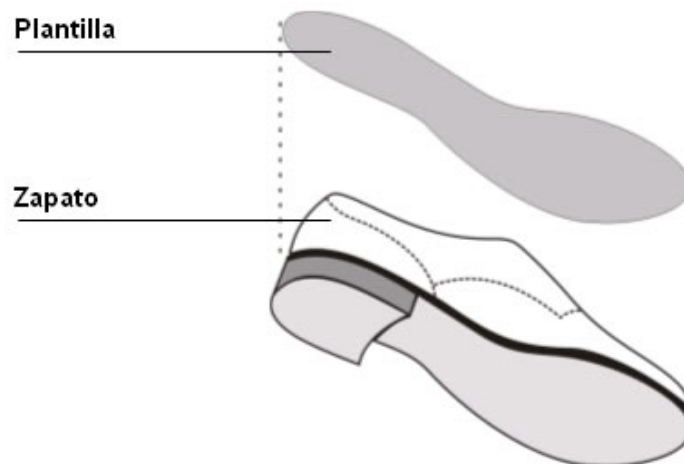
2.2.3 Comportamiento del calzado

El calzado es conocido como un aditamento o prenda de vestir, al que también se la denomina zapato, el cual se utiliza para proteger el pie de los elementos adversos de la naturaleza y de la vida cotidiana.

Las plantillas forman una unidad funcional con el calzado. Por tal razón es importante estudiar el comportamiento, para obtener buenos resultados teniendo en cuenta el confort, la seguridad y la salud.

Al realizar los diferentes momentos de la marcha el pie calzado experimenta gran movilidad especialmente de la metatarsofalángica.

Figura 171: Unidad funcional, Zapato – Plantilla

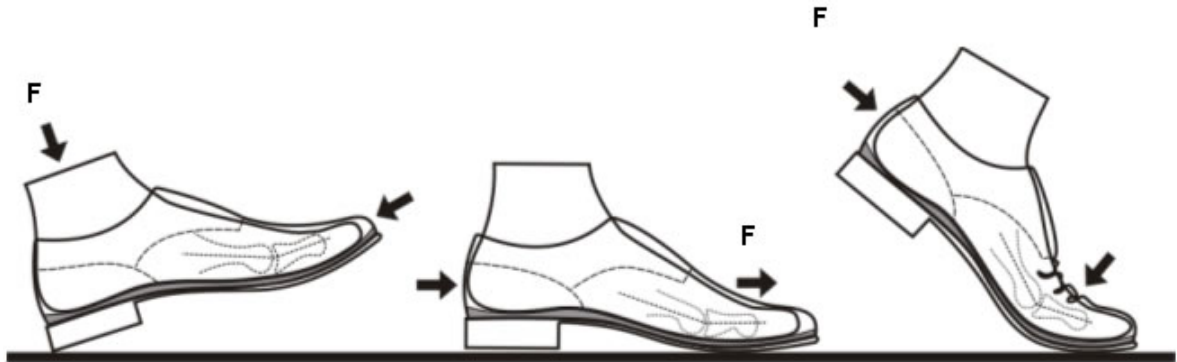


Fuente: Recopilación del autor

Las fuerzas de impacto son de muy corta duración, ocurren al caer desde cierta altura, por muy pequeña que sea. El impacto varía según se corra o se camine, o por el peso del cuerpo, o por el movimiento que se realice, o por la superficie de contacto ya sea

pavimento o asfalto (crece) o superficies naturales (se suaviza). Al nivel y duración de estas variaciones se les llama picos de impacto³¹.

Figura 172: Comportamiento del calzado en la marcha



Fuente: Recopilación del autor

1. Recepción del talón: Las fuerzas actúan sobre el talón. El pie dentro del zapato se desliza hacia la caña, formando una palanca anterior.
2. Contacto total de la planta del pie: Se relaja el arco longitudinal, se carga sobre el dedo gordo y se distribuyen las fuerzas sobre todo el pie.
3. Propulsión: Al elevarse el arco longitudinal, las fuerzas se desplazan hacia el quinto dedo, el antepié es el apoyo principal, desplazando el eje de gravedad hacia adelante.

En la interacción del calzado y la superficie, durante la marcha, aparece la fuerza de rozamiento o fricción. En dicha fuerza influyen factores como el tipo de materiales, la fuerza perpendicular entre las superficies de contacto, la velocidad del movimiento de las superficies y las condiciones ambientales (humedad, temperatura).

³¹ SARMIENTO, Patricia. Hacia un diseño responsable: del cuero. En: Acto: diseño industrial y valor agregado. No. 3, (dic. 2003); p. 20-27

- Alternativa 1

Figura 173: Alternativa 1, plantilla dentro del zapato



La plantilla dentro del zapato, brinda la posibilidad de observar cada uno de los conjuntos de módulos, que componen el diseño. Además de producir presión sobre la planta, la superficie de la plantilla debe amortiguar las fuerzas de impacto que se producen en la marcha.

Fuente: El autor

- Alternativa 2

Figura 174: Alternativa 2, plantilla dentro del zapato

En la fotografía se muestra claramente la posición de la espiral del talón dentro del zapato. Los módulos concéntricos del arco interno suben gradualmente, pues la base de la plantilla se apoya en la base del zapato.



Fuente: El autor

- Alternativa 3

Figura 175: Alternativa 3, plantilla dentro del zapato



Se observa la gradación de tamaño de los módulos de la plantilla, los de menor tamaño corresponden al talón y en antepié y los mas grandes dan apoyo a los arcos plantares.

Fuente: El autor

2.2.4 Antropometría

En la Universidad de Antioquia, en el año de 1995, se realizo un estudio de los Parámetros Antropométricos de la Población Laboral Colombiana, donde fueron medidas 69 variables antropométricas, con una muestra total de 2100 trabajadores. El objetivo del estudio fue caracterizar la población laboral de acuerdo a su antropometría y generar una base de datos antropométrica.

Tabla 7: Descripción de la muestra

Edad Sexo	Hombres	Mujeres	Total
20 - 29	479	319	799 (38%)
30 - 39	353	235	588 (28%)
40 - 49	252	168	420 (20%)
50 - 59	176	118	294 (14%)
Total	1260 (60%)	840 (40%)	2100

Fuente: Universidad de Antioquia

Percentiles: 1, 2.5, 3, 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90, 95, 97, 97.5 y 99.

Para el desarrollo de este proyecto las variables antropométricas que se tendrán en cuenta son:

Tabla 8: Parámetros antropométricos población laboral colombiana resumen de medidas para sexo femenino (Unidades: cm.)

NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
ANCHURA DEL PIE	8.2	8.3	8.6	9.0	9.3	9.7	10.0
ANCHURA DEL TOBILLO	6.0	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	7.1
ANCHURA DEL TALON	5.4	5.6	5.9	6.2	6.5	6.9	7.0
LARGURA DEL PIE	21.3	21.6	22.2	22.9	23.7	24.3	24.7
LARGURA PLANTA DEL PIE	17.2	17.5	18.0	18.5	19.1	19.6	20.0
PERIMETRO METATARSIAL	20.5	20.9	21.6	22.3	23.2	24.0	24.5
INDICE DE MASA CORPORAL	19.3	20.2	22.0	24.2	26.8	29.9	31.4

Fuente: Universidad de Antioquia

Tabla 9: Parámetros antropométricos población laboral colombiana resumen de medidas para sexo masculino (Unidades: cm.)

NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
ANCHURA DEL PIE	9.0	9.2	9.5	9.9	10.3	10.6	10.9
ANCHURA DEL TOBILLO	6.8	6.9	7.1	7.4	7.6	7.9	8.0
ANCHURA DEL TALON	6.0	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.6
LARGURA DEL PIE	23.2	23.6	24.4	25.2	26.1	26.8	27.3
LARGURA PLANTA DEL PIE	18.7	19.1	19.7	20.3	21.0	21.6	22.0
PERIMETRO METATARSIAL	22.8	23.2	23.9	24.7	25.6	26.5	26.9
INDICE DE MASA CORPORAL	19.5	20.5	22.1	24.4	26.6	28.5	29.8

Fuente: Universidad de Antioquia

Las tablas son útiles para definir las tallas a comercializar según nuestra población, que son del 32 al 41, las cuales corresponden desde el P5 hasta el P95 en las mujeres y los hombres.

2.3 ASPECTO TÉCNICO

2.3.1 Construcción de Modelos

Para la fabricación de los modelos se utilizaron:

- ✓ Modelos digitales: Diseños bidimensionales elaborados en CorelDRAW 12
- ✓ Herramienta: Motor Toll y piedras para lijar
- ✓ Materiales: Lámina de promueva, calibre 2, 4 y 6. Colores celeste, azul y piel.
- ✓ Dimensiones: Talla 36

Figura 176: Alternativas 1, 2 y 3



Fuente: El autor

Estos modelos aun tienen algunos problemas dimensionales, pues fueron fabricados especialmente para una la exploración puramente formal. Los modelos son de gran utilidad para la primera fase de la comprobación.

2.3.2 Pruebas de cargas constantes

El objetivo principal de las pruebas de resistencia, es la aplicación de una carga constante, para comprobar la resistencia del material y determinar la deformación de los patrones de texturas utilizados en el diseño.

Figura 177: Vigas de concreto



Fuente: El autor

Figura 178: Aplicación de carga



Fuente: El autor

Tabla 10: Análisis de resultados

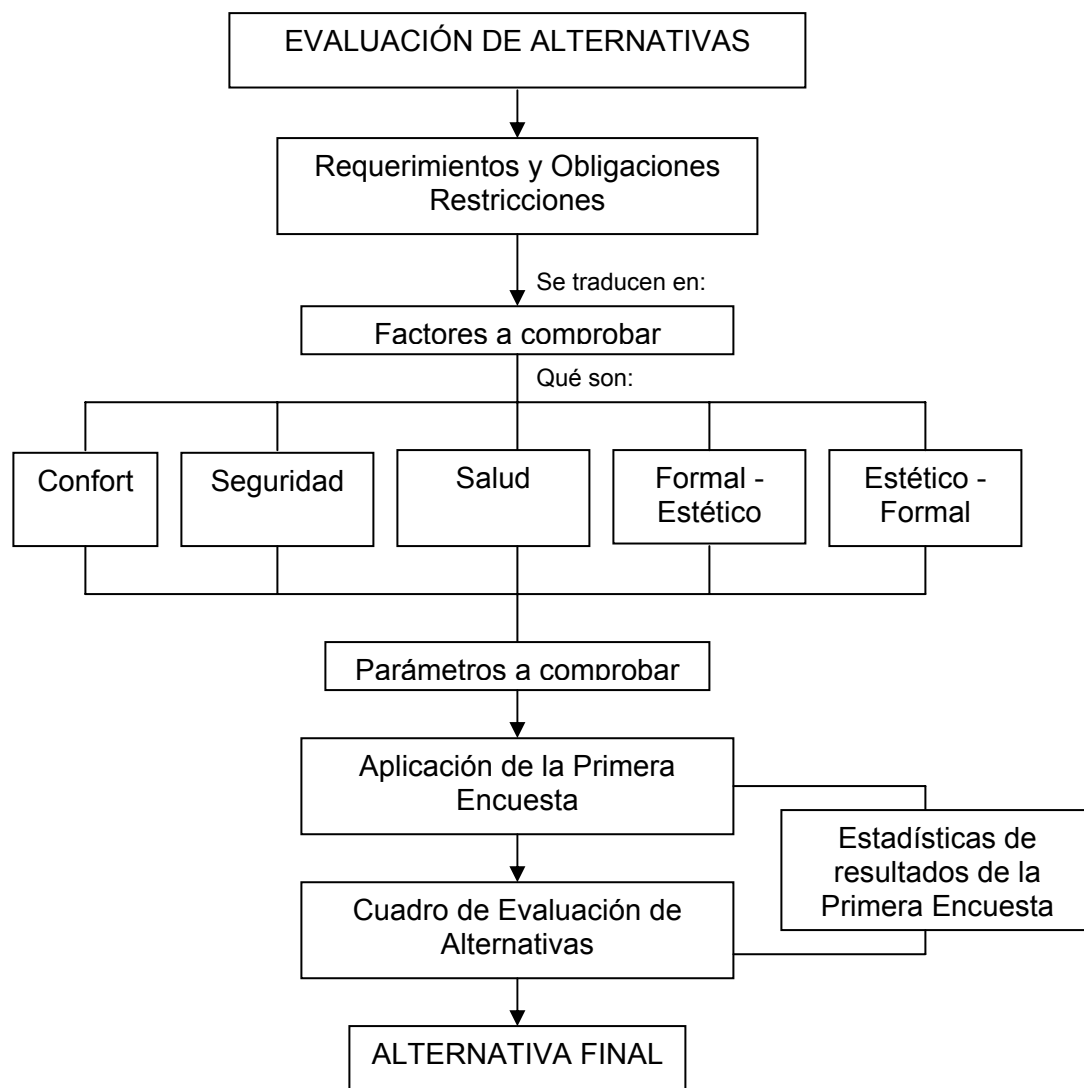
Alternativa	Carga Aplicada	Tiempo	Descripción de la prueba	Conclusiones finales
1	52 Kilogramos	59 horas	Aplicación de la carga constante de 52 Kg. de peso con vigas de concreto.	La estructura de la plantilla no se deforma.
2	52 Kilogramos	59 horas	Aplicación de la carga constante de 52 Kg. de peso con vigas de concreto.	Las líneas estructurales de la plantilla sufren aplastamiento por la carga ejercida.
3	52 Kilogramos	59 horas	Aplicación de la carga constante de 52 Kg. de peso con vigas de concreto.	La estructura de la plantilla no se deforma.

Fuente: El autor

La aplicación de carga constante involucrando como variable del factor tiempo, permite determinar el grado de deformación de la estructura de la plantilla. Cuando los módulos sufren aplastamiento por la carga ejercida, el material después de retirada la carga trata de retomar su forma original. La estructura y la forma de los módulos de la Alternativa 1 y la Alternativa 3 no sufrieron deformaciones considerables, mientras que las líneas estructurales de la Alternativa 2, se aplastado por la carga.

3. COMPROBACIÓN DE ALTERNATIVAS

Figura 179: Cuadro de desarrollo metodológico de evaluación de alternativas



Fuente: El autor

✓ Desarrollo de la comprobación

En todo proceso de diseño es importante realizar la comprobación de las alternativas propuestas, ya que los resultados que se obtengan arrojarán la propuesta final de diseño.

Para la comprobación de este proyecto se desarrollarán diferentes etapas:

1. Sustentación teórica de la comprobación
2. Determinación de los factores de la comprobación de diseño
3. Desarrollo de las encuestas para Evaluación de Alternativas: Determinación de objetivos, diseño de la encuesta, tamaño de la muestra, horizonte temporal y requisitos del paciente.
4. Modelos funcionales
5. Trabajo de campo: Aplicación de la primera encuesta apoyada con los modelos funcionales.
6. Estadística de los resultados obtenidos
7. Conclusiones

Es claro que la comprobación debe apoyarse en los requerimientos y obligaciones formulados anteriormente y de los factores que surgen de la sustentación teórica de la comprobación.

3.1 SUSTENTACIÓN TEÓRICA DE LA COMPROBACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En el artículo denominado, Hacia un diseño responsable, escrito por la D.I. Patricia Sarmiento, Especialista en Análisis del Factor Humano en Diseño Industrial²⁸, se establecen diferentes criterios con respecto al análisis de la relación calzado – pie, entre los factores que se tienen en cuenta están, confort, seguridad y salud.

²⁸ Ibid., p. 20.

✓ El concepto de Confort:

Nivel de satisfacción que experimenta una persona en el desarrollo de una actividad. La satisfacción esta asociada a la capacidad comunicativa del objeto con respecto a su finalidad, a la forma en que cumple su función, a su nivel de complejidad y a la confiabilidad, es decir, a la ausencia de riesgos implícitos en la acción que es ejecutada.

Índice morfológico: correspondencia formal entre los elementos del calzado y las partes del pie.

Problemas generados en la relación zapato – pie:

- Cuando el pie esta calzado, el talón queda aprisionado por la talonera, haciendo que cualquier acomodación del pie se dé en la región del antepié y que cualquier deformación del zapato se dé en la pala, una no correspondencia de la curvatura del zapato agravará la molestia en la región metatarsofalángica.
- Cuando la presión entre el zapato y el pie no es la adecuada también se experimenta incomodidad, si el zapato es suelto puede no ser tan incómodo pero entonces no habrá adecuación funcional.
- La alineación neutral del pie puede verse afectada por un zapato o muy recto o muy curvado, y al alinear los dos contornos en el talón podemos ver si el del pie está dentro de los límites del contorno del zapato o no.

Índice antropométrico: grado de adecuación entre las dimensiones del zapato y las dimensiones (estructurales o funcionales) del pie.

✓ El concepto de seguridad:

Se define como “el conjunto de medidas adoptadas para evitar o reducir los riesgos de una determinada actividad”.

Seguridad es control del riesgo de lesión o accidente.

Entre los factores asociados a la seguridad están: el equilibrio, la propulsión, la amortiguación y el pivote.

Cuando el pie está en contacto con el terreno hay fuerzas que actúan desde el terreno hacia el pie y viceversa. Estas fuerzas se pueden dividir en tres componentes ortogonales: uno vertical, uno anteroposterior y otro mediolateral; estas fuerzas son las resultantes que corresponden al movimiento de masa y gravedad, se habla de fuerzas de impacto y de fuerzas activas.

Fuerzas de Impacto, en la locomoción humana son fuerzas que resultan de la colisión del pie y la superficie, están relacionadas con el confort, por tanto una buena amortiguación repercute en una disminución de la fatiga durante la locomoción.

Fuerzas activas, en la locomoción humana, son fuerzas generadas por el movimiento controlado por la actividad muscular.

El pie es un conjunto anatómico coherente, con partes que desde un punto de vista mecánico, desempeñan un papel diferenciado: equilibrio y propulsión, amortiguación y pivote.

- Función Amortiguadora: la absorción del impacto en el momento de contacto del talón es una actividad del pie.
- Función de equilibrio y propulsión: asociado con el índice biomecánico.

Índice biomecánico: relación que existe entre la demanda de esfuerzo y la postura que exige una actividad determinada con respecto a los rangos posturales y las capacidades de ejecución de fuerza.

- Función de apoyo: representa el conjunto de procesos que garantizan el control y dominio postural – espacial, facilitando y promoviendo el movimiento y las capacidades del hombre.
- Función de pivote: para cambiar de dirección, el individuo debe reducir la superficie de contacto con el suelo. El pivote se realiza por rotación sobre la parte subyacente a la articulación metatarsofalángica del primer dedo.

✓ Salud

Fuerza de Troqué, es una de las fuerzas mas peligrosas a las que el cuerpo está expuesto. En una actividad deportiva, el agarre de un zapato a la superficie está diseñado para optimizar la tracción y así poder lograr un desempeño más eficiente, pero puede también contribuir a una carga rotacional. La cantidad, la longitud y el patrón de los taches, así como el material de la suela y de la plantilla, tienen influencia en la tracción.

- Índice fisiológico: correspondencia entre el calzado y el adecuado funcionamiento de los diferentes y sistemas que componen el cuerpo humano.
- Índice sensorial: grado de adecuación entre las características físicas de los elementos del zapato y las condiciones físicas de la percepción.

3.2 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES A COMPROBAR

Tabla 12: Factores de comprobación

Factor	Parámetros
Confort	Nivel de satisfacción en el desarrollo de la marcha*
	Grado de confiabilidad en el uso
	Objetivo de la plantilla para diabético
	Grado de presión entre el zapato y la plantilla
	Alineación neutral del pie*
	Dimensiones de la plantilla con respecto a la talla del zapato*
Seguridad	Función amortiguadora de impactos
	Equilibrio y propulsión durante la marcha
	Función de apoyo, para el control y dominio de la postura
	Función de pivote del pie
	Valoración del calzado adecuado para el uso de las plantillas
Salud	Evaluación de posibles lesiones, tanto del tejido blando, como de los componentes esqueléticos.
	Índice sensorial en la percepción de estímulos sobre la piel, teniendo en cuenta la cantidad, longitud y el patrón de las texturas propias de cada alternativa.
Formal Estético	Evaluación de formas, colores y texturas empleadas en las alternativas, teniendo en cuenta conceptos de diseño básico.
Estético Formal	Evaluación de la Usabilidad del objeto: posibilidades de uso, potencial del objeto, rendimiento, efectividad y satisfacción del usuario.

Fuente: El autor

3.3 DESARROLLO DE LA ENCUESTA

- ✓ Determinación de objetivos

Objetivo General: Obtención de datos para el avance de la investigación que permitan la evaluación de las Alternativas propuestas y con los resultados obtenidos determinar la Alternativa Final.

Objetivos Específicos para la Evaluación de Alternativas:

- Establecer un marco personal que permita recolectar información básica del usuario.
- Conocer si el usuario ha usado, usa o uso plantillas con el fin de obtener los datos referentes a las propuestas actuales.
- Evaluar los factores de diseño a comprobar previamente determinados.
- Obtener datos de los usuarios que permitan la toma decisiones con respecto a las Alternativas presentadas.
- Establecer ideas que permitan la comercialización de las Alternativas propuesta.

✓ Metodología de Trabajo

Para la aplicación de la primera encuesta, se tendrá en cuenta la siguiente metodología:

1. Selección del grupo de personas diabéticas.
2. Realización de la encuesta en forma personal apoyada por los modelos funcionales.
3. Tabulación de datos

✓ Diseño del Cuestionario

- Primera Encuesta (Ver Anexo A)

El formulario esta dividido en cinco capítulos:

El primer capítulo contiene el perfil personal, cuyo objetivo es establecer datos referentes a los pies y el calzado que utiliza el paciente.

El segundo capítulo comprende aspectos generales sobre si el usuario ha usado, usa o uso plantillas, con el fin de determinar cualidades de las propuestas actuales y factores de comercialización que emplean las soluciones existentes.

El tercer capítulo tiene por objetivo dar información cuantitativa y cualitativa de las Alternativas propuestas, apoyada por los modelos de la Alternativa 1, Alternativa 2 y Alternativa 3.

El cuarto capítulo evalúa algunos factores de uso importantes para la investigación.

El quinto capítulo ahonda sobre algunos factores de comercialización del producto.

✓ Muestreo

Población Objetivo: Pacientes diabéticos, hombres y mujeres, que cumplan los siguientes requisitos:

- No hayan desarrollado úlceras plantares
- Buena movilidad articular
- Sin pérdida de percepción sensorial
- No hayan desarrollado la enfermedad vascular periférica
- Que calcen: Mujeres entre 36 – 37 y Hombres entre 40 - 41
- Desarrollen diferentes actividades físicas como, caminar, correr y ejercicio aeróbico.
- Adultos

Tamaño de la muestra: 30 usuarios

Horizonte temporal: Período comprendido entre el 1 al 6 de Septiembre de 2005.

3.4 MODELOS FUNCIONALES

Para la aplicación de la primera encuesta se utilizan los modelos de la Alternativa 1, Alternativa 2 y Alternativa 3.

Figura 180: Modelos de Alternativas



Fuente: El autor

Una vez sean obtenido los datos de la Alternativa final, de inicia la construcción del modelo funcional para la realización de la segunda fase de la comprobación.

3.5 TRABAJO DE CAMPO: APLICACIÓN DE LA PRIMERA ENCUESTA APOYADA CON LOS MODELOS FUNCIONALES

La encuesta se realiza de manera personal. Como materiales de trabajo se cuenta con los modelos de las Alternativas propuestas (un por cada una), el cuestionario (primera encuesta) y una formato de datos básicos de identificación del usuario.

El sitio y la hora se acuerdan con la persona. Es importante mencionar el carácter de la investigación, para establecer datos fidedignos.

3.6 ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.6.1 Primera Encuesta (Anexo C)

La muestra estuvo conformada por 30 pacientes diabéticos, de la cual se concluye:

Capítulo I: Datos personales

- El 41% de los encuestados padecen de diabetes tipo I, mientras que el 59% tiene diabetes tipo II.
- El tipo de pie que predomina en la muestra fue el pie egipcio con un 59%, mientras que el pie griego tuvo un 36% y el cuadrado un 5% de la muestra.

Capítulo II: Aspectos generales

- De las 30 personas encuestadas, 20 personas han utilizado o utilizan actualmente plantillas y 10 personas no han utilizado plantillas.
- Para los diabéticos de la muestra que han usado plantillas, se puede concluir:
 - o El 71% utilizan plantillas tipo blandas, el 14% semiduras y el 14% restantes usan duras.
 - o Se destaca que el 43% de los encuestados ha comprado plantillas en tiendas ortopédicas, el 29% en ventas callejeras y el 28% en almacenes.
 - o El rango de precios oscila entre \$5.000 y \$50.000 para un par de plantillas.
- Para los diabéticos de la muestra que usan actualmente plantillas, se puede concluir:
 - o El 88% usa plantillas blandas y el 12% utiliza plantillas semiduras.

- o Para la mayoría de los encuestados se encuentran totalmente satisfechos con la facilidad para introducirlas dentro del zapato, la comodidad que experimentan y el equilibrio al caminar.
 - o Entre los resultados cualitativos de la encuesta a la pregunta, ¿qué aspectos considera positivos de sus actuales plantillas?, las personas contestaron, que el factor más importante es la comodidad, seguido de el equilibrio, la suavidad, la adaptabilidad al zapato y el carácter desechable de la plantilla.
 - o Al realizar la limpieza de las plantillas la mitad de los encuestados respondió que las lava con agua y jabón, y para la otra mitad, no las limpia.
 - o En este grupo de encuestados se concluye que han comprado plantillas en almacenes, seguido de tiendas ortopédicas, tiendas para diabéticos y ventas callejeras.
 - o Predomina en el rango de precios con el 63% el valor de menos de \$5.000 seguido de los valores entre \$10.000 y \$50.000.
 - o El 63% de los encuestados respondieron que las plantillas las usan hace más de un año.
 - o El 100% de los encuestados respondió que las plantillas no le han ocasionado heridas ni laceraciones en los pies.
- Para los diabéticos de la muestra que no han usado plantillas argumentan que:
 - o El 29% no le han medicado plantillas
 - o El 29% las considera innecesarias
 - o El 28% argumentan que falta dinero para comprarlas
 - o El 14% consideran que tienen poca orientación sobre los cuidados del pie.

Capítulo III: Análisis de alternativas

- El 50% de los encuestados concluyo que la alternativa más cómoda es la No. 3.
- El 57% concluyo que la más suave es la Alternativa 3.

- El 41% dijo que la alternativa que ejercería mayor presión sobre la planta de su pie es la No. 3.
- El 46% concluyo que la más flexible es la Alternativa 3.
- La más fácil de usar fue la Alternativa 3 con el 50%, seguida de la Alternativa 2 con el 32% y el 18% para la Alternativa 1.
- Los encuestados respondieron que se sentirían más seguros al caminar con la Alternativa 3.
- La más fácil de limpiar es la Alternativa 3 con el 45%.
- La lateralidad que es evaluada en la pregunta 12, tiene un resultado positivo correspondiente al 100% para la Alternativa 1 y 2, pero para la Alternativa 3 hay un porcentaje de error del 5%.
- La Alternativa que más le gusto al grupo de encuestados es la Alternativa 3 que equivale al 50%.
- Las razones por las cuales las personas seleccionaron la Alternativa 3 son:
 - o Llamativa 32%
 - o Anatómica 30%
 - o Considera los puntos de irrigación 10%
 - o Es interesante 10%
 - o Brinda equilibrio 8%
 - o Aplica puntos de acupuntura / reflexoterapia 5%
 - o Tiene buena presentación 5%
- Al preguntar: ¿Qué le cambiaría al modelo que escogió?, 50% de los entrevistados respondió que nada, seguido del color con 18%, la disminución de rigidez 14%, un relieve más uniforme 8%, cambio de dimensiones 5% y hacer más claro la lateralidad del objeto 5%.
- El 100% de los entrevistados están dispuestos a utilizar la alternativa que escogió.
- Para la Alternativa 3 respondieron que les gusta 45%, de igual forma desean probar si funcionan y se ven cómodas el 23% cada una, y por ultimo la salud con un 9%.

Capítulo IV: Factores de diseño a evaluar

- El 55% de los entrevistados respondió que la forma que más les gusta es la estructura en alto y bajo relieve, seguido por la forma simplificada del pie con el 31% y la espiral con el 14%.
- Los diabéticos opinan que las plantillas deben ser cómodas con un 45%.
- Se estima que el tiempo deseable para la duración de un par de plantillas oscila entre 1 y 6 meses, con un 56%.
- La forma adecuada para realizar la limpieza de las plantillas es lavarlas con agua y jabón con un 80%.

Capítulo V: Comercialización

- Los entrevistados respondieron que los factores a la hora de comprar unas plantillas son:
 - o Comodidad 30%
 - o Precio 21%
 - o Calidad 18%
 - o Material 17%
 - o Salud 9%
 - o Diseño 5%
- El 50% estarían dispuestos a pagar por un par de plantillas de la alternativa escogida entre \$5.000 y \$10.000.
- Los lugares apropiados para vender las plantillas son en primer lugar las droguerías, seguido de los almacenes de cadena, las tiendas para diabéticos y por último las tiendas ortopédicas.

3.6.2 Conclusiones

A partir de la muestra se puede concluir que:

Alternativa escogida: Alternativa 3

- La comodidad, suavidad, seguridad y confiabilidad al usar las plantillas es importante para los pacientes diabéticos.
- La limpieza de las plantillas debe realizarse con agua y jabón principalmente.
- Las soluciones existentes no producen heridas en los pies.
- Se concluye que la vida útil de una plantilla debe estar en un rango de 1 a 6 meses.
- La lateralidad de las alternativas propuestas tuvo resultados positivos, pues el 95% de las personas distinguieron con claridad la plantilla de pie derecho y la del pie izquierdo.
- Las alternativas propuestas gozaron de buena aceptación entre los entrevistados por la calidad del modelo presentado, el diseño formal de la plantilla, las combinaciones de colores y la claridad del lenguaje utilizado.
- Las plantillas deben ser de un material blando, como es el caso de la goma Eva y todos sus derivados, además este material es económico y se puede manipular bajo procesos industriales. Posee una amplia gama de colores y se puede lavar con agua y jabón.
- La producción industrial de las plantillas debe ser económica, pues el precio de venta ya tiene un rango establecido.
- Se indago sobre el canal de ventas directas, y se llego a la conclusión que las plantillas se pueden comercializar principalmente en droguerías, almacenes de cadena y tiendas para diabéticos.
- Las personas estarían dispuesto a pagar un precio de venta que oscilar en un rango de \$5.000 y \$50.000.

3.7 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Tabla 11: Cuadro de Evaluación de Alternativas

Factor	Parámetro	Estadísticas Primera Encuesta	Evaluación		
			A1	A2	A3
Confort	Grado de confiabilidad en el uso	Alt. 3 Seguridad al caminar 45%	4	3	5
	Objetivo de la plantilla para diabético	Comodidad 45%	3	4	5
	Grado de presión entre el zapato y la plantilla	Alt. 3 Mayor presión en la planta del pie	3	4	5
Seguridad	Función amortiguadora de impactos	Alt. 3 Flexibilidad 46%	3	2	5
	Equilibrio y propulsión durante la marcha	Alt. 3 Seguridad al caminar 45%	4	2	5
	Función de apoyo, para el control y dominio de la postura	Alt. 3 Seguridad al caminar 45%	4	2	5
	Función de pivote del pie	Alt. 3 Seguridad al caminar 45%	3	1	4
Salud	Evaluación de posibles lesiones, tanto del tejido blando, como de los componentes esqueléticos.	Alt. 3 Suavidad 57%	2	1	4
	Índice sensorial en la percepción de estímulos sobre la piel, teniendo en cuenta la cantidad, longitud y el patrón de las texturas propias de cada alternativa.	Alt. 3 Mejor forma 55% Suavidad 57% Gusto 50% Alt. 1 y 2 Lateralidad correcta 100%	3	2	4
Formal Estético	Evaluación de formas, colores y texturas empleadas en las alternativas, teniendo en cuenta conceptos de diseño básico.	Alt. 3 Mejor forma 55% Colores: azul 35% Celeste 30%	2	4	5
Estético Formal	Evaluación de la Usabilidad del objeto: posibilidades de uso, potencial del objeto, rendimiento, efectividad y satisfacción del usuario.	Alt. 3 Fácil limpieza 45% Fácil de usar 50% Flexibilidad 46%	4	2	5
SUMA TOTAL		Alternativa 3	35	27	52

Fuente: El autor

- Alternativa final: Alternativa 3

4. ALTERNATIVA FINAL

4.1 EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA FINAL

A partir de los criterios evaluados en la comprobación se concluye que la Alternativa 3 es la propuesta final, ya que los resultados estadísticos así lo demuestran. Para la evolución y desarrollo de la Alternativa 3 es importante abordar factores que permitan construir y producir los modelos que se necesitan para la comprobación final, además, presentar la propuesta productiva que este acorde a las posibilidades de la industria del calzado santandereana.

4.1.1 Escalado de medidas

La unidad funcional que existe entre el calzado y la plantilla conducen a la búsqueda de la un sistema de medidas.

La industria del calzado cuenta con sus propios sistemas de medidas, determinar la longitud y volumen de los pies y de las hormas.

Existen varios sistemas de medidas, pero los más conocidos son:

- Sistema francés
- Sistema americano

El sistema francés tiene como base, el punto francés y el sistema americano tiene como base, el punto americano; pero estos dos puntos tienen su equivalencia en el sistema métrico decimal.

Para el sistema francés, tres de sus puntos, equivalen a dos centímetros. La relación es la siguiente:

2 / 3 Centímetros / puntos franceses, entonces:

$$2 / 3 = 0.666 \text{ centímetros} = 6.66 \text{ milímetros}$$

Cada punto francés es igual a 6.66 milímetros. Para hallar la medida en centímetros de la distancia de un zapato No. 38, se realiza la siguiente operación:

$$38 \times 6.66 = 253 \text{ mm ó } 25.3 \text{ cm.}$$

La numeración francesa se clasifica en tres grupos a saber:

Para hombre se mide del número 36 al 43

Para dama se mide del número 33 al 39

Para niños se mide del número 18 al 35.

Nuestra industria del calzado utiliza la escala francesa.

✓ Método Tradicional

El método tradicional de escalado de plantillas consiste en enmascarar la planta de una horma, copiar la forma de la plantilla en cartulina y después odena.

Figura 181: Horma y plantilla de odena



Fuente: El autor

Una vez se tiene la plantilla, se procede a digitalizar la imagen para trabajar el diseño por computador, en el programa CorelDRAW 12.

El tipo de horma utilizada es para calzado sport. Esta horma sirve para el montaje de calzado de hombre, como también para mujer. La numeración corresponde el No. 36 y el No. 40.

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FUNCIONAL

4.2.1 Factor Técnico

Previamente fue analizada la forma de producción de plantillas en el sector del calzado en la ciudad de Bucaramanga, y se concluyo que el proceso mas adecuado por su sencillez y economía, es el repujado.

El repujado se emplea en materiales como el cuero natural, cuero sintético y gran variedad de polímeros, especialmente las microporosas.

Consiste en introducir una lámina de material previamente calentado en un molde o matriz, inmediatamente se aplica presión al molde por medio de una maquina repujadora.

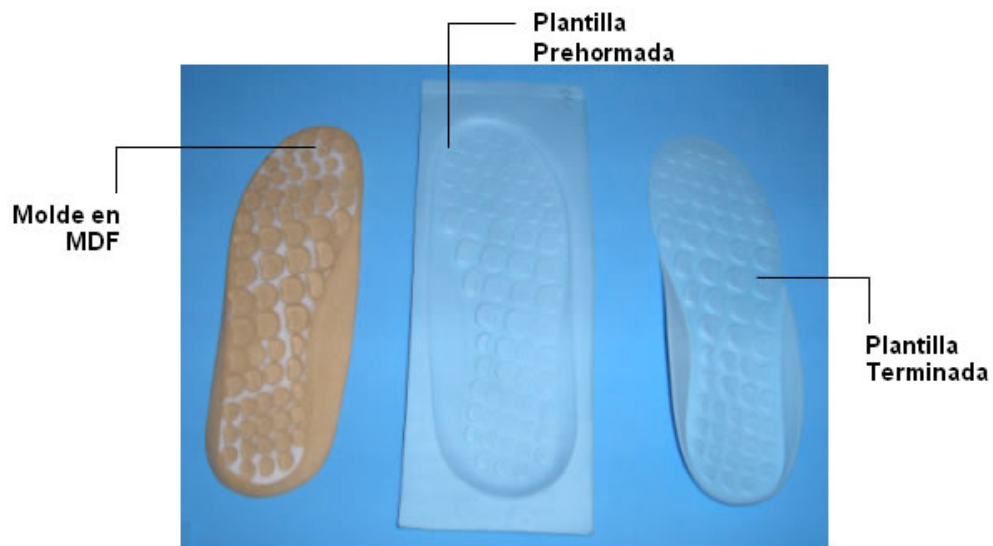
El diseño del molde queda repujado en el material. Tradicionalmente el molde o matriz es de aluminio.

4.2.1.1 Elaboración de matrices

✓ Primera prueba

Para saber la viabilidad del procedimiento fue elaborada una primera prueba. El molde se elaboro en MDF y el material utilizado para la plantilla fue produeva de 2 mm. Después de la aplicación de presión la plantilla prehormada solo necesita ser recortada o troquelada.

Figura 182: Primera prueba – Modelo funcional



Fuente: Fotografía digital

El molde de caracteriza por ser en bajo relieve, el diseño de la plantilla terminada queda en alto relieve.

✓ Fabricación de matrices

Para la elaboración de las matrices es necesario contar con el diseño bidimensional escalado de la plantilla. Las tallas de plantillas son: 36 y 40.

El procedimiento consta en cortar y desbastar el MDF de 1.8 mm hasta lograr obtener la forma y dimensiones previamente establecidas, tanto del macho, como de la hembra.

Una vez terminada esta labor se procede a elaborar las cavidades en bajo relieve que conforma la estructura de módulos. Para esta tarea se utiliza el motor tool con las piedras respectivas.

Para terminar es colocado el modelo sobre la tabla de triplex asegurándolo con tornillos.

Figura 183: Matriz, macho y hembra



Fuente: El autor

Tabla 13: Relación de Materiales y herramientas

Materiales	Cantidad	Dimensiones
MDF de 1.8 mm	8 tablas	28 x 15 x 1.8
Triples de 1.8 mm	8 tablas	28 x 15 x 1.8
Tonillos	16 unidades	3 / 4 de pulgada

Herramientas	Operación
Sierra de tableros	Corte de tablas
Trompo	Desbaste
Motor tool con piedras de pulir	Desbaste
Taladro	Perforación

Fuente: El autor

Se elabora la matriz tanto del pie derecho, como la del pie izquierdo.

Figura 184: Matrices para la talla 40



Fuente: El autor

4.2.1.2 Material

Para la fabricación de los modelos funcionales se utilizó lámina de produeva. Son láminas elaboradas con mezclas de Eva y resinas especiales, con superficies lisas o de diferentes gravados, en una amplia variedad de colores.

Con este material de fabrican suelas para calzado, entresuelas, sandalias, plantillas, juegos didácticos, fines publicitarios y de promoción, láminas para termoformar.

Características técnicas:

- Gran resistencia al desgarre
- Alto porcentaje de elongación
- Diversos tamaños, espesores (calibres) y durezas
- No son tóxicas
- No son deformables
- Excelente pegado
- Extensa gama de colores y tonalidades

Esta lámina esta diseñada especialmente para plantillas de calzado, posee la suavidad y dureza adecuada, su presentación más común es en rollos de 50 mts y calibres de 2, 4 y 6, viene en diversos colores.

4.2.2 Factor Productivo

Para la producción de una plantilla se emplea la siguiente secuencia de operaciones.

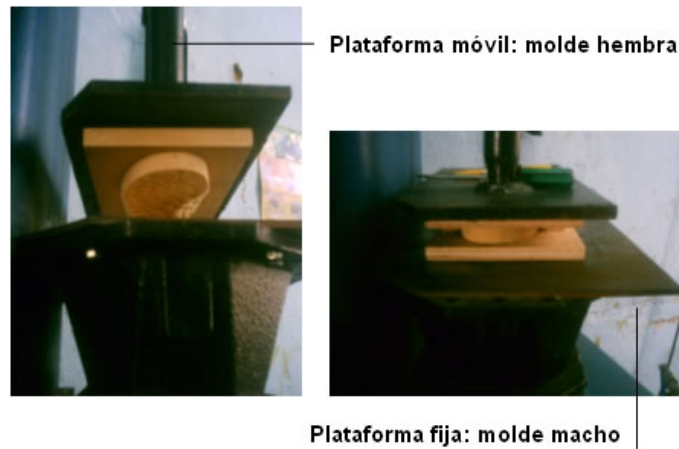
Figura 185: Maquinaria empleada en al proceso



Fuente: El autor

1. Corte del material: Sobre la lámina traza y cortan las secciones de material que se necesitan para la elaboración de las plantillas.
2. Matrices en la maquina: El operario procede a acomodar y pegar las matrices en la maquina de repujar. También ajusta la presión de la maquina y el tiempo de repujado. Para este caso la presión será igual a 55 libras y el tiempo de repujado serán 12 segundos.

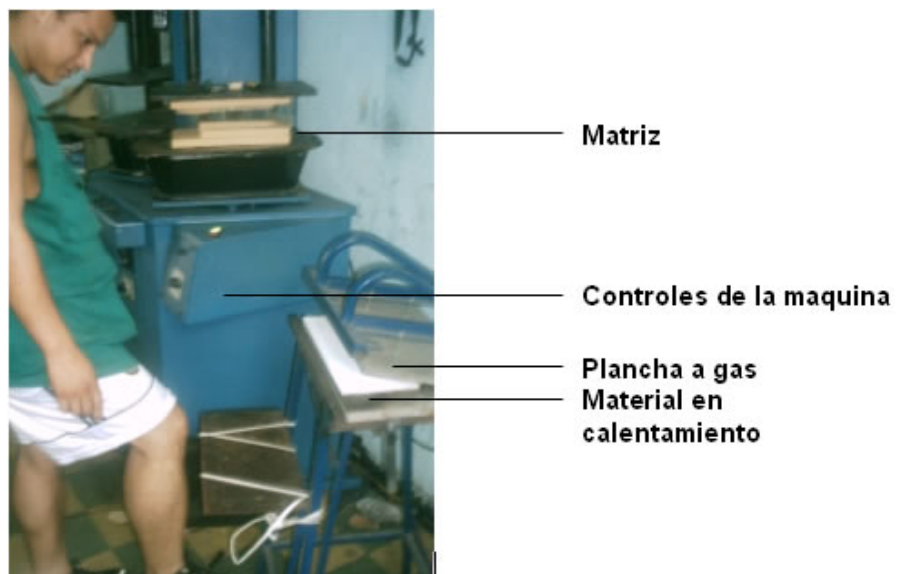
Figura 186: Preparación de matrices



Fuente: El autor

3. Calentamiento del material: El operario coloca el material sobre una lámina metálica calentada a gas. Espera a que se torne blando con una temperatura de 75°C.

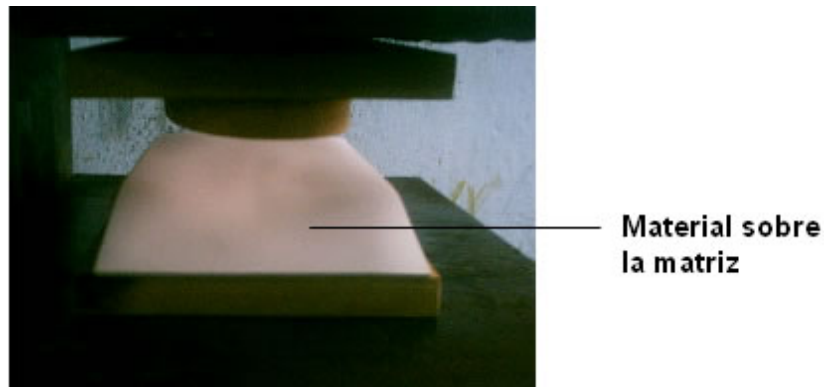
Figura 187: Calentamiento del material



Fuente: El autor

4. Repujado del material: El material es colocado en sobre el macho de la matriz. Se acciona la maquina y se aplica la presión en el tiempo establecido. El material se comprime y toma la forma de la matriz.

Figura 188: Material sobre la matriz



Fuente: El autor

Figura 189: Aplicación de presión al material



Fuente: El autor

5. Retiro de la plantilla prehormada: La plataforma móvil de la maquina se levanta y se procede a retirar la plantilla de la matriz. El material a medida que se enfría se endurece y conserva la forma.

Figura 190: Plantilla prehormada

**Plantilla
prehormada**



Fuente: El autor

6. Recorte de la plantilla: Generalmente para este procedimiento se emplea un proceso de troquelado para eliminar el material sobrante, pero en este caso se realiza con tijeras.

Si se desea realizar el repujado de una plantilla de dos colores de lámina, previamente hay que pegarlas una sobre la otra y el procedimiento de repujado es igual al anteriormente descrito.

Figura 191: Proceso final

Matrices



**Plantillas de
dos colores**

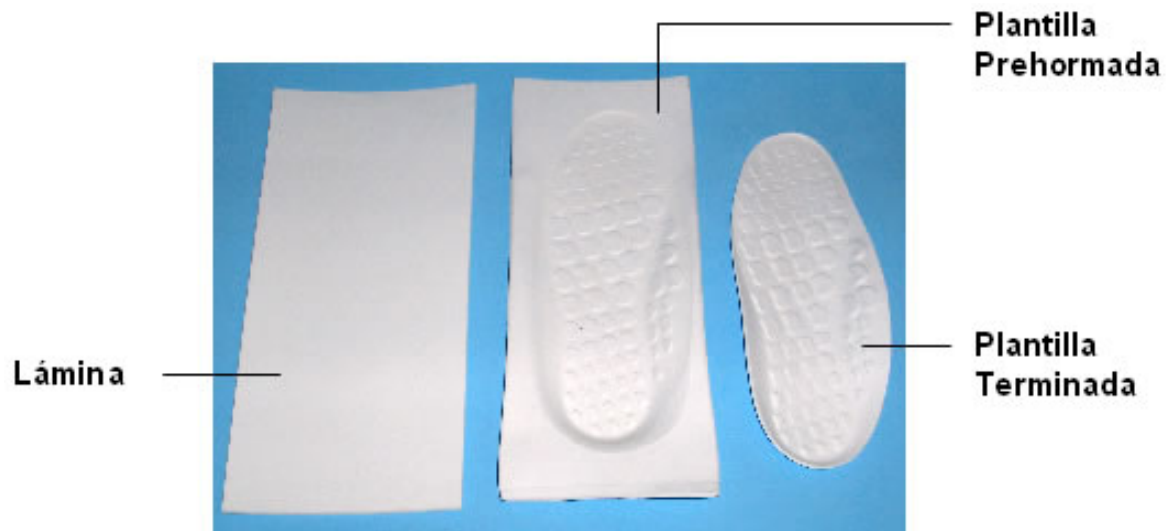
Fuente: El autor

Este material también posee buena capacidad para la impresión, lo que permite variar la presentación del diseño de las plantillas.

Si una plantilla no queda bien repujada, el material se calienta de nuevo en la plancha, toma su forma de lámina original y se repuja una nueva plantilla.

El procedimiento de repujado permite sacar el cuerpo completo de una plantilla de una pequeña lámina.

Figura 192: Secuencia de transformación del material

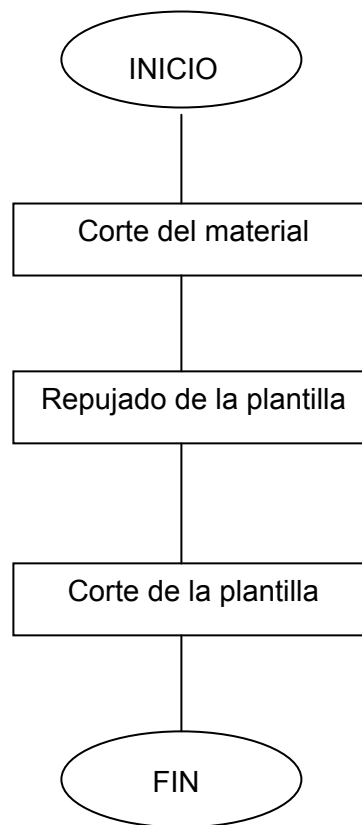


Fuente: El autor

4.2.2.1 Diagrama de Operaciones

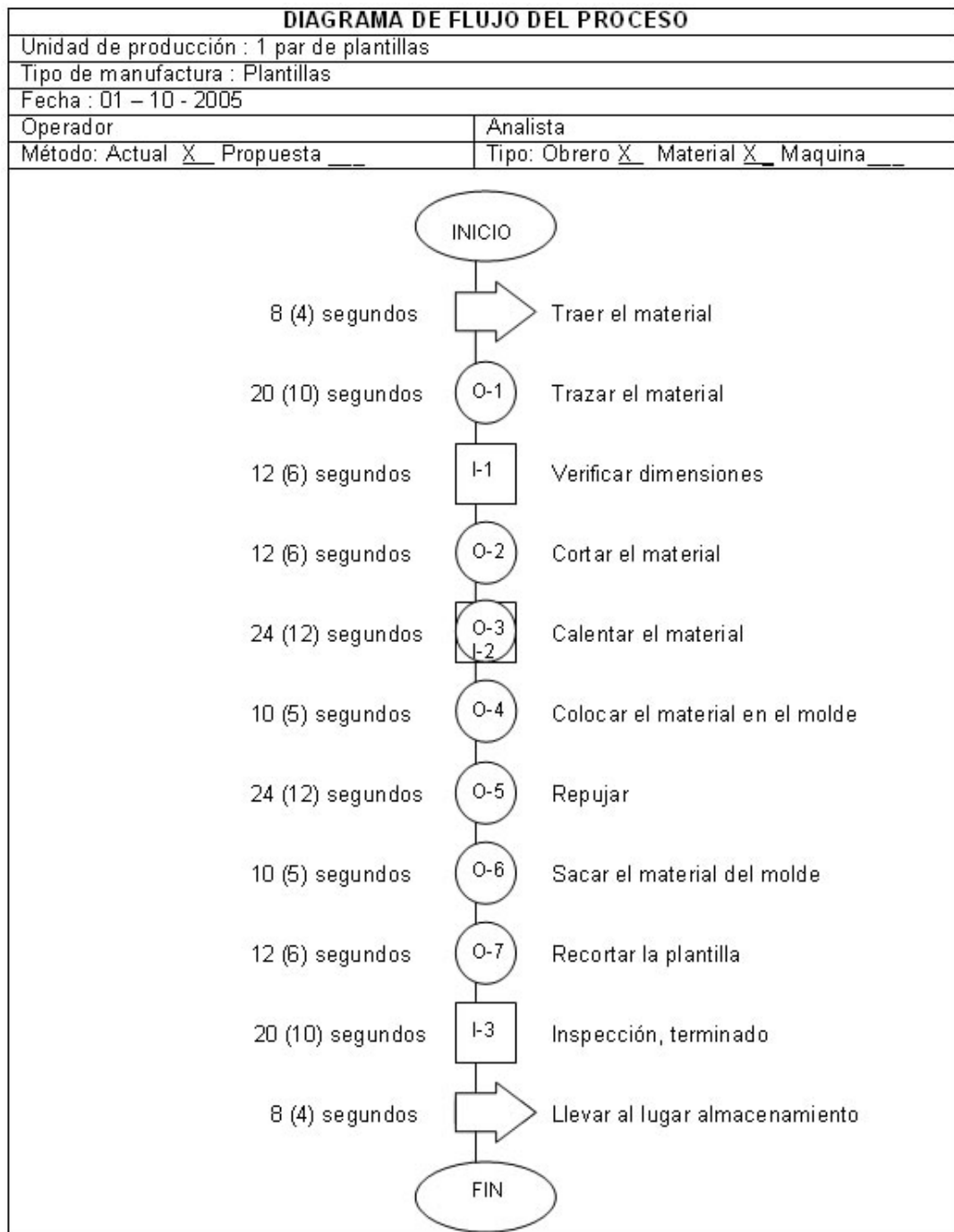
Diagrama de Bloques del Proceso

Figura 193: Diagrama de bloques



Fuente: El autor

Tabla 14: Diagrama de flujo



Fuente: El autor

Símbolos estándar



Operación



Inspección



Transporte

Resumen:

Tabla 15: Tiempo total de producción

EVENTO	NUMERO	TIEMPO
	7	112
	3	32
	2	16
TIEMPO TOTAL 1 PAR DE PLANTILLA		160 seg.

Fuente: El autor

4.2.2.2 Determinación de costos

Valor en minutos utilizados en la fabricación de 1 par de plantillas: $X = 2,666$ min.

Entonces el número de pares de plantillas producidas diariamente es:

$$Y = \frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min./h}}{2.666 \text{ min./pieza}} = 180 \text{ pares de plantillas / día}$$

- Costo materia prima (MP): Para la fabricación de 180 pares se necesitan 10 láminas de material.

Dimensiones lámina: 1 m. X 1.8 m. Calibre 6

Dimensiones lámina 1 par: 0.3 m. x 0.31m.

CMP = \$ 90.000 Costo de material para la producción diaria de 180 pares de plantillas.

- Costo mano de obra (OM):

Tabla 16: Costo mano de obra diaria

ANALISIS UNITARIO DE PRECIOS MANO DE OBRA DIARIA			
DESCRIPCIÓN	MES	DIA	TOTAL
Base salarial mensual	\$ 381.500	\$12.717	\$12.717
Subsidio transporte	44.500	1.483	1.483
Cesantías	31.792	1.060	1.060
Intereses de cesantías	3.815	127	127
Prima	31.792	1.060	1.060
Dotación	10.593	3.531	3.531
Vacaciones	15.896	530	530
SENA	7.630	254	254
ICBF	11.533	385	385
Subsidio familiar	15.260	509	509
FIC	3.815	127	127
TOTAL COSTO CMO			\$ 21.783

Fuente: El autor

- Costo indirectos de fabricación (CIF)

Energía eléctrica para 1 par de plantillas: \$136.5

Energía eléctrica para 180 pares de plantillas: \$24.570

Gas: \$20.500

Acueducto, alcantarillado y aseo, costo diario: \$2.169

CIF = \$ 2.169 / día

COSTO TOTAL

CMP = \$ 90.000 / día

CIF = \$ 2.169 / día

CMO = \$ 21.783 / día

\$113.952 / día

COSTO PAR DE PLANTILLA: \$633 / par

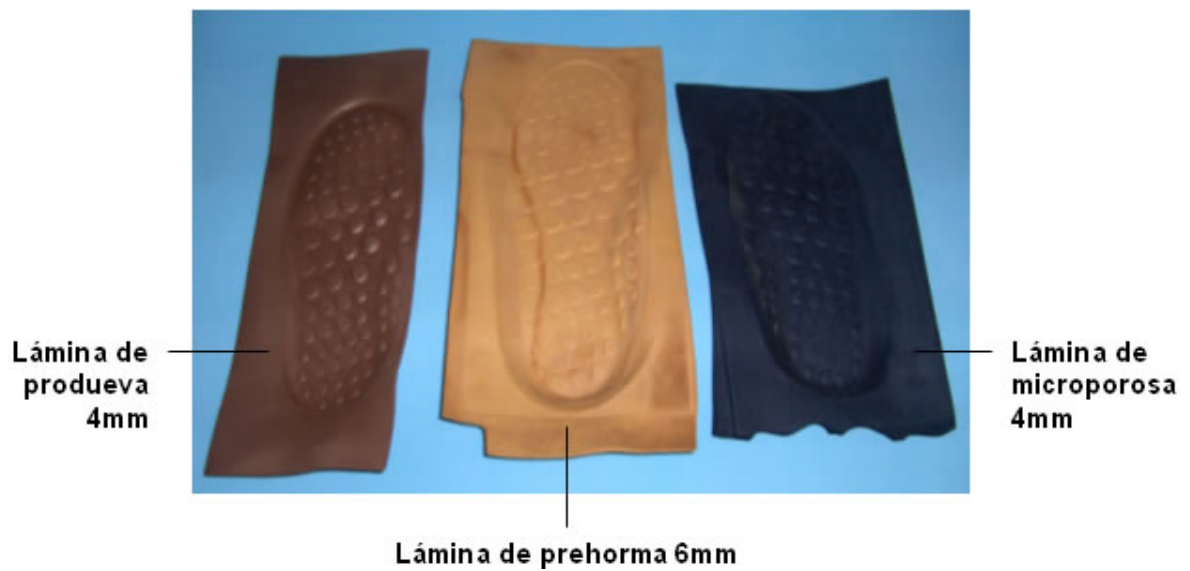
4.3 EVALUACIÓN DEL MODELO FUNCIONAL

4.3.1 Prueba de Material

Para la construcción de las plantillas se tuvo en cuenta la realización de pruebas con produeva y microporosa de diferentes calibres y densidades.

- ✓ Prueba de hormado de plantilla

Figura 194: Prueba con diferentes láminas



Fuente: El autor

- Lámina de produeva: Esta lámina es muy flexible y suave, lo que permite que copie muy bien la figura de la matriz, pero la falta de rigidez no garantiza que la textura cause presión constante en la planta del pie.
- Lámina de prehorma: Esta lámina es la mejor, ya que copia muy bien la textura; además al enfriarse se endurece dando estabilidad a la forma de la plantilla.
- Lámina de microporosa: Esta en un nivel intermedio, copia la textura y da estabilidad al cuerpo de la plantilla.

✓ Prueba adherencia de dos láminas

Es importante contemplar la posibilidad de pegar dos láminas, una sobre otra para establecer el cambio dimensional que experimentan, la resistencia del pegante y la posibilidad de encontrar nuevos contrastes de colores.

Figura 195: Prueba de color



Fuente: El autor

Al realizar el repujado de dos láminas se debe tener en cuenta el calibre de cada una de ellas, es importante que el cuerpo de la plantilla tenga un calibre de 6 combinada con un calibre de 4.

La superficie aumenta de tamaño de 2 a 3.

Al aplicar el pegante se debe limpiar cada una de las superficies, luego se aplica una capa uniforme sobre las dos partes a unir, se deja secar entre 15 a 30 minutos y por ultimo se aplica presión para el pegado final.

✓ Prueba de hormado con tela

Las telas que se utilizan comúnmente para la fabricación de plantillas son jersilón y también sprite. El procedimiento consiste en pegar la tela a la lámina y después repujar.

La prueba realizada no arrojo buenos resultados, pues la textura de la plantilla no quedo bien definida en el cuerpo de la misma.

4.3.1.1 Pruebas de resistencia del material

Prueba de compresión del material: Se utilizaron los equipos del laboratorio de resistencia de la Universidad.

Tabla 18: Pruebas de resistencia

Prueba	Carga Aplicada	Tiempo	Descripción de la prueba	Conclusiones finales
Probeta 1 	2.5 Toneladas	1 Minuto	La carga se aplico con la maquina Trebel de ensayos a compresión del laboratorio.	El material no se rompió con la aplicación de la carga, la textura de la plantilla permanece normal.
Probeta 2 	2.5 Toneladas	1 Minuto	La carga se aplico con la maquina Trebel de ensayos a compresión del laboratorio.	Se conserva la altura inicial de la textura, la carga no genera cambios significativos del material.
Probeta 3 	26 kilogramos	60 horas	La carga se aplico de manera constante con cilindros de concreto cada uno	El material se aplasto en al que se observa una ausencia parcial de relieve debido a la aplicación constante de la

			con un peso de 13 Kg., durante el periodo de tiempo estimado.	carga, pero después de 24 se observa que el material trata de volver a su estado normal.
--	--	--	---	--

Fuente: El autor

La microporosa es un material que tiene un módulo de elasticidad bajo, lo que indica una baja rigidez. El material se deforma fácilmente con pequeñas carga pero en el límite elástico.

También el material posee la característica de tratar de volver a la forma inicial después de aplicar una carga como las mencionadas anteriormente, pues esta es una de las propiedades de los materiales espumados.

Es un material a base de EVA (Etileno Vinilo de Acetato) y ayudas de proceso que le dan propiedades de flexibilidad, suave al tacto, alta resistencia a la deformación al ser sometido a un peso constante e ideal para ser utilizada en la industria del calzado como plantillas. Es un material atóxico, apto para manipulación y contacto humano; está elaborada con elementos de la más alta calidad y cumplimiento con estándares rigurosamente definidos.

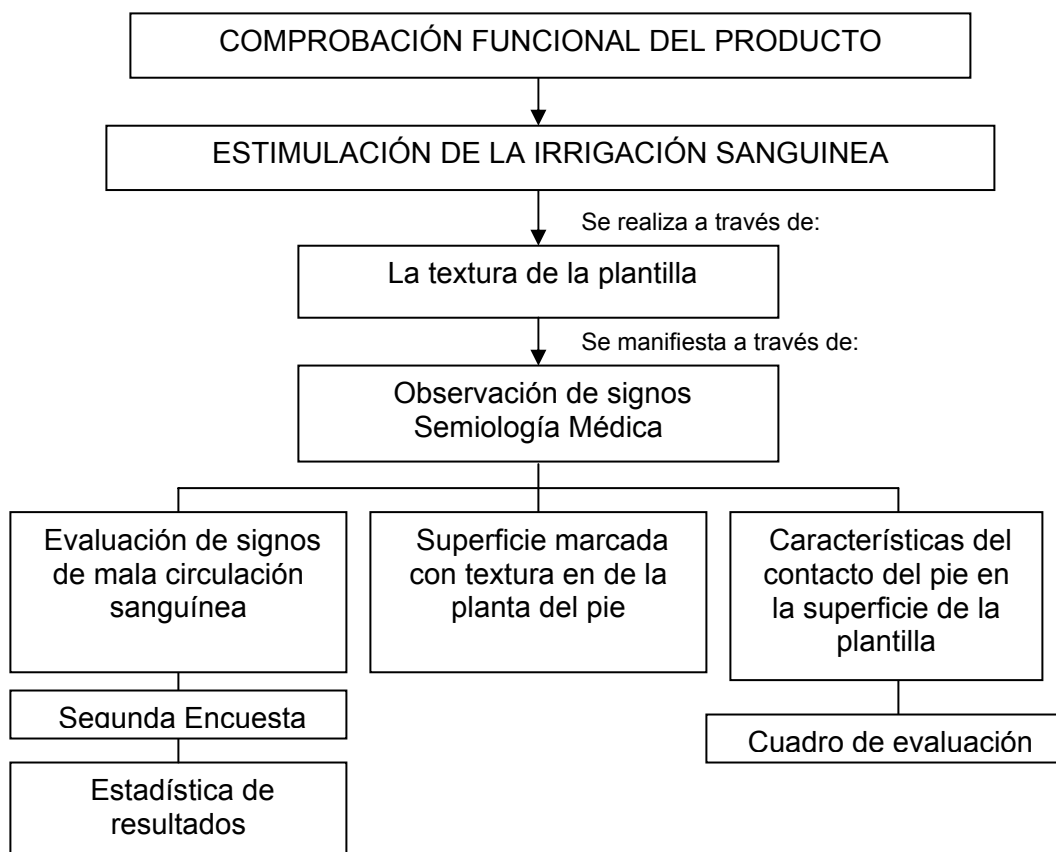
Tabla 19: Ficha Técnica

Propiedad	Procedimiento Ensayo	Unidad	Valor referencia	Limite superior	Limite inferior
Dureza	PO07LBT	SHORE A	23	26	20
Densidad	PO03 LBT	Gr. / cm ³	0.12	0.17	0.07
Tracción	PO09 LBT	Kg. / cm ²	9	11	7
Incremento elongación	PO09 LBT	%	100	125	75
Abrasión	No aplica				

Fuente: Recopilación del autor

4.3.2 Pruebas con pacientes diabéticos

Figura 196: Desarrollo de la comprobación



Fuente: El autor

4.3.2.1 Desarrollo de la segunda encuesta

✓ Determinación de objetivos

Objetivo General: Obtención de datos que permitan evaluar la propuesta final principalmente en el desarrollo de la marcha.

Objetivos Específicos para la Alternativa final:

- Proponer al usuario el uso de un par de plantillas de la Alternativa escogida, durante un tiempo previamente estimado.
- Evaluación de factores durante la marcha.
- Obtener datos que permitan realizar mejoras en el diseño de la Alternativa final.

✓ Metodología de Trabajo

Para la aplicación de la segunda encuesta se suministra un par de plantillas de la Alternativa Final. En esta etapa de la comprobación el paciente debe desarrollar actividad física constante y contar con calzado deportivo. Al final del tiempo estimado se aplica de manera personal la segunda encuesta, que ahonda sobre el uso de las plantillas.

- Segunda Encuesta (Ver Anexo B)

La segunda encuesta es continuación de la primera encuesta.

El sexto capítulo evalúa principalmente los factores que involucran la marcha en el horizonte temporal previamente establecido. También tiene por objeto conocer los hábitos de uso y además la percepción sensorial del usuario sobre ciertos factores.

✓ Muestreo

Población Objetivo: Los requisitos del paciente son los mismos de la primera encuesta.

Tamaño de la muestra: 50 usuarios

Horizonte temporal: Período comprendido entre el 1 al 15 octubre de 2005.

4.3.2.2 Modelos funcionales

Para la aplicación de la segunda encuesta se utilizan los modelos finales desarrollados en el proceso de fabricación descrito anteriormente. A cada persona se le suministra un par de plantillas para que las utilice en el período previamente establecido.

Figura 197: Modelos propuesta final



Fuente: El autor

4.3.2.3 Análisis de las pruebas realizadas con pacientes

4.3.2.3.1 Segunda Encuesta (Anexo D)

La muestra estuvo conformada por 50 pacientes diabéticos, de la cual se concluye:

Capítulo VI: Desarrollo de la marcha

- El 100% de los encuestados pudo introducir la plantilla dentro de sus zapatos.
- El 87% de los encuestados contestó que fue fácil introducir la plantilla dentro de los zapatos, y para el 13% restante contestó que fue difícil.
- Todas las personas pudieron introducir el pie dentro del zapato.
- Al evaluar los diferentes aspectos en el desarrollo de la marcha, se concluye que:
 - o Comodidad: El 52% contestó que es excelente, mientras que el 48% concluyó que es buena.
 - o Equilibrio: La mayoría de personas determinó que el equilibrio al caminar es excelente con un 57%, mientras que el 43% restante lo califica como bueno.
 - o Suavidad: Para 48% de los encuestados califican la suavidad como excelente, mientras que para el 35% es buena y 17% restante la califica como regular.
 - o Textura de la plantilla: Para el 52% es buena, el 39% la califica como excelente y el 9% como regular.
 - o Flexibilidad: El 74% opina que la flexibilidad es excelente y el 26% afirma que es buena.
 - o Seguridad al caminar: El 61% dice que es excelente, mientras que el 39% considera que es buena
- Al preguntar: ¿considera que el uso de las plantillas le podrían ocasionar heridas en la planta de los pies?, el 91% de los entrevistados contestó que no y el 9% afirmó que sí.
- A ninguno de los pacientes diabéticos de la muestra las plantillas le ocasionaron heridas.
- El nivel de calor que experimentan los pies fue normal con un 87%, mientras que el 9% contestó que poco calor, y el 4% contestó que sintió acalorado el pie.
- Las zonas del pie donde se siente mayor presión de la textura de la plantilla son:
 - Zona de los dedos 47%
 - Talón 39%
 - Toda la planta 26%
 - Arco interno 9%

Arco externo 9%

- El 100% de los pacientes diabéticos encuestados desarrollo caminata diaria y el promedio de hora es el siguiente:
 - Entre 1 y 3 horas 22%
 - Entre 3 y 6 horas 26%
 - Entre 6 y 9 horas 22%
 - Entre 9 y 12 horas 17%
 - Más de 12 horas 13%
- El 48% de los entrevistados desarrollo ejercicio aeróbico con las plantilla, el promedio de horas diarias es el siguiente:
 - 1 hora 25%
 - 2 horas 25%
 - 3 horas 12%
 - 4 horas 25%
 - 5 horas 13%
- Solo el 15 % de los encuestados corrió con las plantillas dentro de sus zapatos., el promedio de horas es el siguiente:
 - 1 hora 50%
 - 2 horas 17%
 - 3 horas 17%
 - 4 horas 17%
- El 100% de los entrevistados no presento adormecimiento de los pies.
- El 91% afirmo no presentar hinchazón de los pies, mientras que el 7% manifestó que si (Anexo D).
- Ninguno de los encuestados presentó dolor en las pantorrillas, hormigueo y frío en los pies (Anexo D).
- El 73% dijo que no sintió necesidad de sentarse, mientras que el 27% manifestó que si (Anexo D).
- Ninguno de los entrevistados presento piel amoratada (Anexo D).
- En cuanto a la limpieza de las plantillas se deduce que:
 - o El 52% no realizo limpieza de las plantillas

- o El 22% las lavo con agua y jabón
- o El 13% utilizo otro método para realizar limpieza de las plantillas.
- o El 9% roció talco para limpiarlas
- o El 4% las saco al sol
- Al realizar la pregunta: ¿qué le cambiaría a las plantillas?, las personas contestaron así:
 - o Nada el 32%
 - o Color 17%
 - o Realce de las texturas 9%
 - o Más acolchonada 9%
 - o Respiraderos 9%
 - o Módulos con cámara de aire 4%
 - o Aumento del espesor 4%
 - o Disminución de espesor 4%
 - o Redistribución de presión 4%
 - o Adherencia en el reverso 4%
 - o Redimensionamiento de aletas 4%
- Las plantillas no presentaron superficie desgastada, solo que tomaron la forma del pie de las personas, especialmente en la zona donde hay mayor caga.

4.3.2.3.2 Conclusiones

A partir de la muestra se puede concluir que:

- El 100% de los pacientes diabéticos de la muestra utilizaron las plantillas, pues no tuvieron inconvenientes al introducir tanto la plantilla como el pie dentro del zapato.
- Según la muestra los factores a evaluar en la marcha, como lo es la comodidad, el equilibrio, la suavidad, la textura, la flexibilidad y la seguridad al caminar, fueron calificados en el rango de excelente, bueno y regular.
- La propuesta final goza de confiabilidad de los usuarios encuestados, pues manifestaron que en el futuro no ocasionarán heridas ni laceraciones en la planta de los pies.

- El nivel de calor que experimentan los pies es calificado como normal la mayoría de las personas entrevistadas.
- Las zonas donde más se siente la presión es el antepié y el talón, según la muestra.
- Los encuestados desarrollaron diferentes tipos actividad física, en el que predomino la caminata diaria, seguido por el ejercicio aeróbico y correr.
- En cuanto a las manifestaciones vinculadas a la mala circulación sanguínea, se concluye que para la muestra estos signos no se presentaron. Pero hay que aclarar que algunas personas sintieron necesidad de sentarse después de haber tenido una actividad física constante durante un largo período de tiempo, esta reacción es lógica en el organismo debido al cansancio corporal.
- Aunque la gran mayoría de las personas de la muestra no realizo limpieza de las plantillas, se deduce que la mejor forma de hacerlo es lavarlas con agua y jabón.
- El material de las plantillas no sufrió desgaste por el uso dado por las personas de la muestra.
- Las personas que participaron en el estudio emitieron algunos cambios al diseño de las plantillas, que se pueden realizar de la siguiente forma:
 - o El propósito es ampliar la gama de colores para las plantillas, ya que el material ofrece esta posibilidad.
 - o El tamaño del relieve se mantiene pues mayor altura repercute directamente en la comodidad que experimenta el pie dentro del zapato.
 - o La posibilidad de mezclar diferentes densidades del material permitirá acolchonar la plantilla, la utilización de espumas diferentes a la goma eva no esta contemplada en el diseño de la propuesta final.
 - o La redistribución de puntos de presión se hace en la propuesta final, pues la superficie creada nivela el exceso de carga en algunos puntos del pie.

4.3.2.4 Evaluación del estado de las plantillas de la muestra

La siguiente tabla evalúa el estado de las plantillas puesta a prueba en personas diabéticas. De la muestra total se evalúan 15 individuos.

Tabla 20: Evaluación del estado de las plantillas.

Individuo	Edad	Sexo	Peso	Tiempo	Resultados observados
1	35	M	70	1 mes Promedio de horas diarias: 10.	En la superficie de la plantilla se encuentran demarcados la posición de los dedos de los pies. 
2	51	M	75	1 mes Promedio de horas diarias: 12.	En la plantilla se destaca la posición de los dedos en las dos últimas líneas de módulos. Se marca claramente la posición de los metatarsianos. 
3	42	M	75	1 mes Promedio de horas diarias: 6.	Se observa en el estado de la plantilla la ubicación de las cabezas de los metatarsianos y el pulpejo de los dedos. 

4	26	M	70	1 mes Promedio de horas diarias: 10.	La forma original de la plantilla se mantiene. Se observa la posición clara del antepié que se ubica en las últimas 5 líneas de módulos de arriba hacia abajo. 
5	49	M	90	1 mes Promedio de horas diarias: 15.	El usuario recortó a su gusto las plantillas. Por el estado en que se encuentran se visualiza la posición de la planta del pie, en la que se destaca el talón y el antepié. Se observa claramente la posición del arco interno. 
6	57	M	60	1 mes Promedio de horas diarias: 15.	El material debido a la carga corporal empieza a tomar algunas de las características morfológicas más importantes del pie, entre las que se destaca la zona de los dedos.

						
7	50	M	60	1 mes Promedio de horas diarias: 11.	Aunque han sido utilizadas durante largas jornadas el usuario tiene una buena higiene en los pies y el calzado. No ha recortado la plantilla para acomodarla al zapato.	
8	47	M	105	1 mes Promedio de horas diarias: 11.	Es clara en la plantilla la posición del pulpejo de los dedos y la ondulación que sufre la superficie en la zona de los metatarsianos.	

						
9	35	M	74	1 mes Promedio de horas diarias: 6.	Se puede observar la ubicación de las cabezas de los metatarsianos, se destaca en la zona central la ubicación de una callosidad en el pie del paciente.	
10	40	F	78	1 mes Promedio de horas diarias: 9.	El usuario recorto la plantilla eliminando las alas. Se demarca claramente la planta del pie en la plantilla.	

					
11	70	F	65	1 mes Promedio de horas diarias: 11.	Los hábitos de limpieza de los pies son importantes para un diabético porque permiten mantener la salud de los pies. Estas plantillas están amarillentas debido al uso antihigiénico que se les dieron. 
12	42	F	68	1 mes Promedio de horas diarias: 9.	El usuario recortó las alas de los talones. Se observa que a pesar del peso corporal la textura no ha desaparecido.

					
13	50	F	70	1 mes Promedio de horas diarias: 9.	Recorto la plantilla causando una deformación de la misma. Se observa la posición del primer metatarsiano. 
14	48	F	97	1 mes Promedio de horas diarias: 15.	Este usuario tiene pie plano. El contacto de toda la superficie plantar se observa por la posición homogénea del pie sobre la superficie de la plantilla. La zona del pie donde siente mayor presión de los módulos es el arco interno. 
15	40	F	100	1 mes	Recorto las plantillas de forma pareja, pero

				Promedio de horas diarias: 1.	solas la ha utilizado en la caminata diaria de una hora. 
--	--	--	--	----------------------------------	---

Fuente: El autor.

Conclusiones generales:

- Ninguna de las plantillas utilizadas desapareció la textura, pues no fueron expuestas a temperaturas superiores a 80° C.
- La mayoría de las personas recordaron las plantillas y las acomodaron a los zapatos que usan, las zonas mas frecuentes son, las alas del arco externo y el talón.
- El material debido a la carga corporal tiende adaptarse a la forma del pie.

4.3.2.5 Evaluación del estado de los pies del paciente

En la planta de los pies del paciente se puede observar que esta marcada la textura de la plantilla, en especial en la zona del talón. Según el Dr. Diego Rincón, docente de Ciencias Básicas de la Facultad de Salud, de la Universidad Industrial de Santander, la textura de la plantilla realiza contacto superficial con los capilares dispuestos en las fibras musculares de la planta del pie, en un paciente diabético los capilares son los responsables de la producción de úlceras. El estímulo se evalúa a través de los signos

anteriormente descritos, avalados por la semiología de la ciencias médicas, pero no existen en la región instrumentos o aparatos que me permitan cuantificar el estímulo, sino a través de la observación se cualifica.

Figura: Textura en el pie 1



Fuente: El autor

Figura: Textura en el pie 2



Fuente: El autor

- Pulsaciones en los pies: (Referencia pagina 12 del marco teórico).

Índice normal de pulsaciones: Entre 60 – 100

Toma del pulso: Arteria pedía o dorsal del pie

Principio físico: A mayor frecuencia del pulso mayor flujo sanguíneo

Ausencia de pulsaciones: Insuficiencia arterial

Factores externos: Actividad física

Promedio de toma del pulso: Entre 1 – 3 horas.

Tabla 21: Evaluación general de signos de estimulación

Individuo	Sexo	Peso	Actividad física	Tiempo Promedio	Pulsaciones por minuto	Evaluación de los pies
1	M	110	Caminata diaria sin plantillas	15 horas	65 - 80	Estado normal
			Caminata diaria con plantillas	8 horas	65 - 80	Presencia de textura en toda la planta especialmente en: Antepié y talón
			Caminata diaria con plantillas con un peso de 5 Kg.	4 horas	80 - 100	Presencia de textura en : Antepié, talón y arco interno.
2	M	70	Caminata diaria sin plantillas	15 horas	76 - 79	Presión plantar en el talón
			Caminata diaria con plantillas	10 horas	77 - 80	Presencia de textura en toda la planta especialmente en: talón
			Caminata diaria con plantillas con un peso de 5 Kg.	1 hora	88 - 90	Presencia de textura en: El talón y antepié
3	F	95	Caminata diaria sin plantillas	12 horas	65 - 72	Presión plantar en un callo ubicado en el antepié.
			Caminata diaria con plantillas	5 horas	67 - 78	Presencia de textura en: Talón, arco interno y antepié.
			Caminata	3 horas	77 - 80	Presencia de

			diaria con plantillas con un peso de 5 Kg.			textura en: Toda la planta, especialmente en los pulpejos de los dedos.
4	F	60	Caminata diaria sin plantillas	10 horas	65 - 70	Estado normal aunque tiene pie plano
			Caminata diaria con plantillas	5 horas	66 - 71	Presencia de textura en: Toda la planta, especialmente en el arco interno.
			Caminata diaria con plantillas con un peso de 5 Kg.	2 horas	70 - 77	Presencia de textura en: Toda la planta, especialmente en el arco interno.

Fuente: El autor

Conclusiones generales:

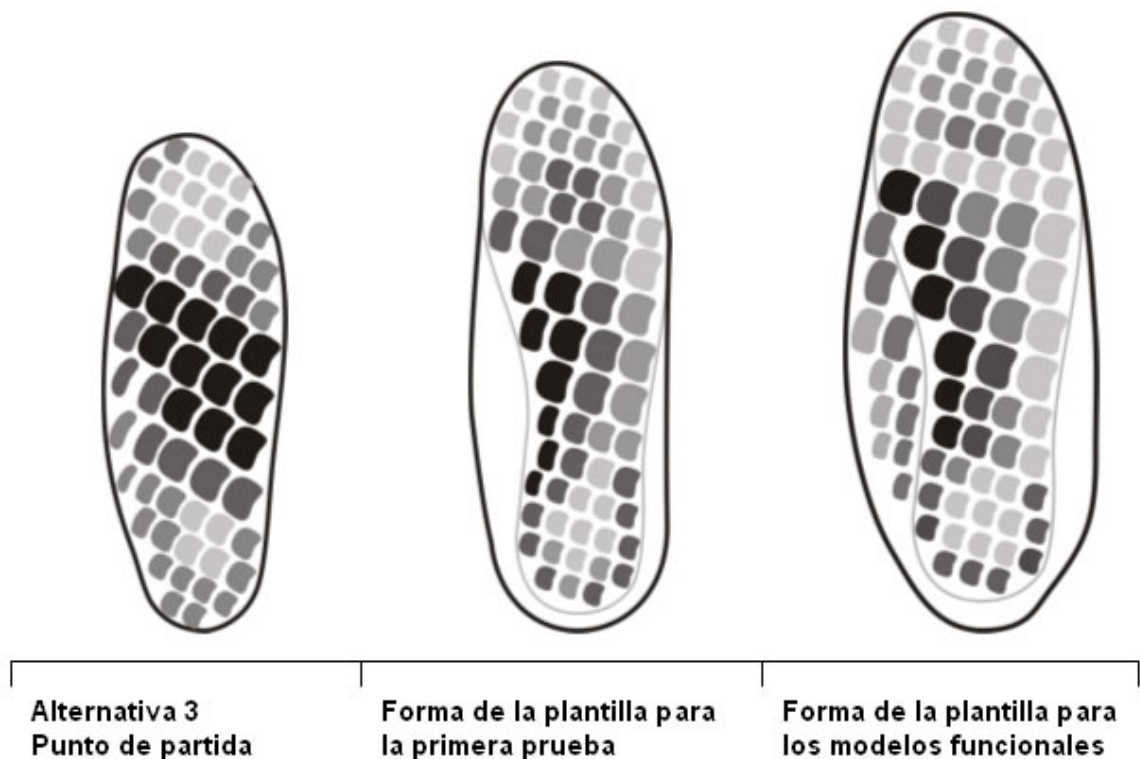
- Presencia de ondulaciones por textura sobre la planta del pie, especialmente en las zonas propensas a la aparición de úlceras, como lo son: las cabezas de los metatarsianos y el talón.
- Ningún usuario presento ausencia de pulsaciones, ósea que no ha desarrollado enfermedad vascular periférica, pues en un paciente que haya empezado a desarrollar pie diabético hay ausencia de pulsos pedíos, debido al aumento de velocidad en la sangre.
- Las pulsaciones solo determinan la frecuencia del pulso, determinando si hay irrigación sanguínea normal.

4.4 DEFINICIÓN DEL DISEÑO FORMAL

✓ Evolución del Diseño final

La forma de la plantilla ha tenido tres modificaciones que responden a factores funcionales. La Alternativa 3 es el punto de partida para la primera modificación. Guarda en esencia el mismo concepto, pero cambia la inclinación de la estructura, el número de módulos y el progresivo cambio de forma. La plantilla para los modelos funcionales finales tiene modificaciones especialmente en el cuerpo de la misma por la ampliación de tamaño, también existe un cambio gradual de forma y tamaño de los módulos.

Figura 198: Evolución propuesta final



Fuente: El autor

La imagen a escala de grises brinda la posibilidad de visualizar las zonas de alto y bajo relieve que son la guía para la fabricación de los moldes. Los módulos negros corresponden a las zonas de mayor profundidad y el gris mas claro a las zonas de profundidad mínima.

✓ Gradación de tamaño

La gradación de tamaño y la repetición de los módulos, son los conceptos de diseño básico que están presentes en el diseño de la plantilla.

A nivel bidimensional en la composición se crea una serie de cuatro cambios graduales de tamaño, conservando la misma dirección.

Figura 199: Gradación de tamaño y figura



Fuente: El autor

✓ Gradación de figura

La figura cambia gradualmente por compresión en una serie de dos tiempos, pero también esta acompañada de gradación de forma.

✓ Gradación de altura

La gradación de altura se presenta con el fin de brindar un carácter funcional. La altura varía dependiendo de la zona del pie donde se encuentre ubicada. En la matriz se aprecia el cambio de profundidad del relieve que en la plantilla repujada será cambio de altura.

Figura 200: Gradación de profundidad en la matriz



Fuente: El autor

✓ Cuerpo de la plantilla: forma final

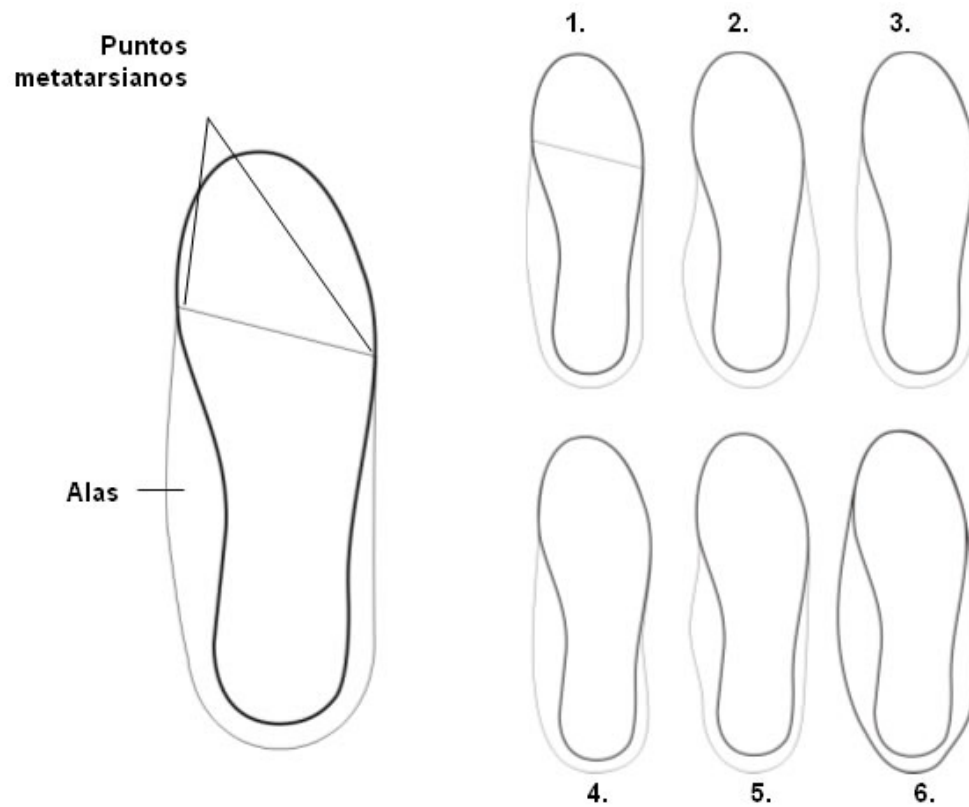
Para el cuerpo de la plantilla se realizó una exploración de seis posibilidades, hasta llegar a la propuesta final. Para el diseño se tuvo en cuenta la ubicación de los puntos metatarsianos marcado sobre una plantilla de odena. Son importantes dichos puntos, pues demarcan el inicio de las alas de la plantilla, estos elementos van a permitir la manipulación de la plantilla para que sea puesta y retirada del zapato.

Figura 201: Plantillas para la comprobación final



Fuente: El autor

Figura 202: Cuerpos de la plantilla



Fuente: El autor

La propuesta final es la posibilidad No. 6.

✓ Pruebas de Color

Una de los colores mas utilizado durante el proceso de diseño fue el azul. El color azul es el símbolo de la profundidad. Inmaterial y frío, suscita una predisposición favorable. Es un color reservado y entra dentro de los colores fríos. Expresa armonía, amistad, fidelidad, serenidad, sosiego, verdad, dignidad, confianza, masculinidad, sensualidad y comodidad. Este color se asocia con el cielo, el mar y el aire. El azul claro puede sugerir optimismo. Cuando más se clarifica más pierde atracción y se vuelve indiferente y vacío. Cuando entre más se oscurece más atrae hacia el infinito.

▪ Contraste simultaneo de colores

En este material se pueden encontrar diversas tonalidades de color azul. Entre los contraste se encuentra, celeste azul oscuro, celeste blanco y celeste azul claro. La posibilidad de encontrar nuevos contrastes de colores es importante porque ayuda a mejorar la presentación del producto e influye en factores formales y funcionales del mismo. En cuanto a los factores formales refuerza el poder comunicativo del objeto, mientras que en los funcionales da la posibilidad de realzar las superficies unos milímetros más.

Figura 203: Contraste de colores



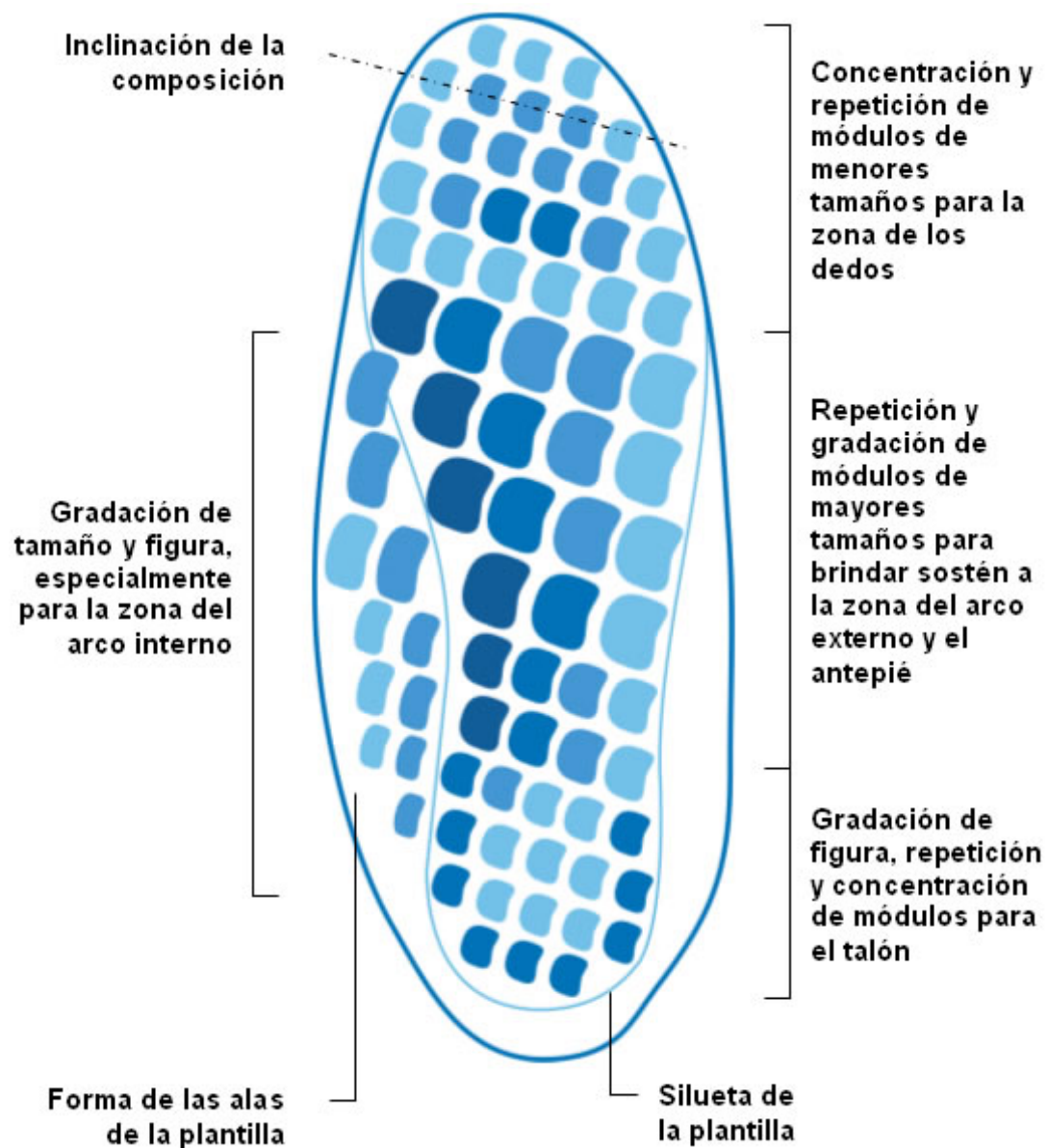
Fuente: El autor

✓ Composición formal final

▪ Análisis Bidimensional

En la composición predominan las formas orgánicas.

Figura 204: Contraste de colores



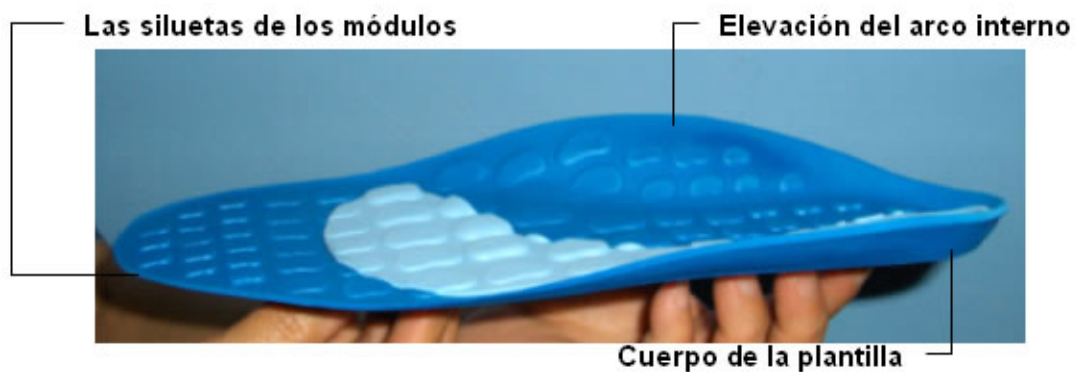
Fuente: El autor

- **Análisis Tridimensional**

La forma de la plantilla tiene un carácter más funcional, ya que esta apoyado con principios utilizado por la industria del calzado. La lámina de preforma es especial para la creación de la forma de la plantilla.

Las siluetas de los módulos repujados se distinguen claramente en el cuerpo de la plantilla.

Figura 205: Alternativa final – forma de la plantilla 1



Fuente: El autor

Figura 206: Alternativa final – forma de la plantilla 2



Fuente: El autor

En la fotografía se distingue claramente la unidad funcional que existe entre la plantilla y el zapato. Los colores y la textura de la plantilla cambian el panorama tradicional del interior de zapato.

Figura 207: Alternativa final – plantilla, zapato



Fuente: El autor

5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO FINAL

5.1 SECUENCIA DE USO

- ✓ Forma de uso de las plantillas:

El ciclo de uso esta compuesto de 4 fases.

1. El usuario se coloca las medias en los pies

Figura 208: Pies con medias



Fuente: El autor

2. Introduce las plantillas dentro del zapato

Figura 209: Plantilla dentro del zapato



Fuente: El autor

3. Se calza los zapatos y procede a desarrolla su actividad física

Figura 210: Pies dentro del zapato



Fuente: El autor

4. Al finalizar el ciclo retira las plantillas del zapato

Figura 211: Retirar la plantilla



Fuente: El autor

Al finalizar el ciclo de uso el usuario puede realizar la limpieza de las plantillas

El material permite lavarlas con agua y jabón dejándolas secar.

Figura 212: Lavado de la plantilla



Fuente: El autor

Entre los hábitos de higiene de los pies está contemplada la utilización de talco para pies sobre la superficie de las plantillas.

Figura 213: Plantilla y talco



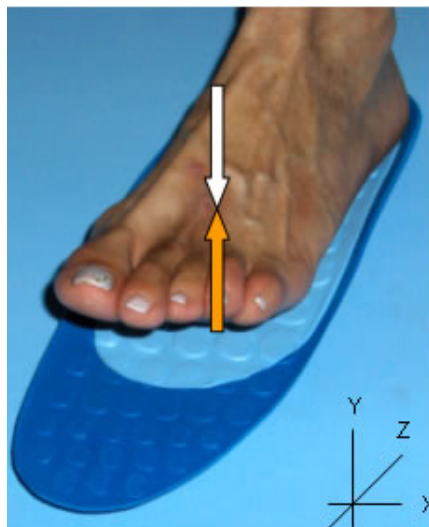
Fuente el autor

5.2 ANALISIS ERGONOMICO

✓ Análisis de fuerzas

Se desarrollando fuerzas de acción y reacción entre la superficie de la plantilla y la planta del pie.

Figura 214: Diagrama de fuerzas – Propuesta final



Fuente: El autor

↑ El alto relieve de la plantilla origina presión en sentido (+) Y, sobre la planta del pie

↓ La planta del pie se manifiesta con fuerzas de acción causadas principalmente por el peso del cuerpo.

Los módulos de la plantilla se disponen en el interior del zapato para ocasionar presión sobre la planta del pie.

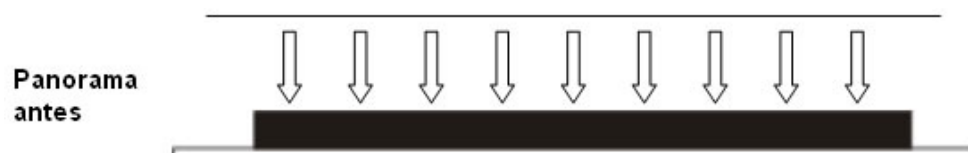
Figura 215: Módulos de la plantilla dentro del zapato

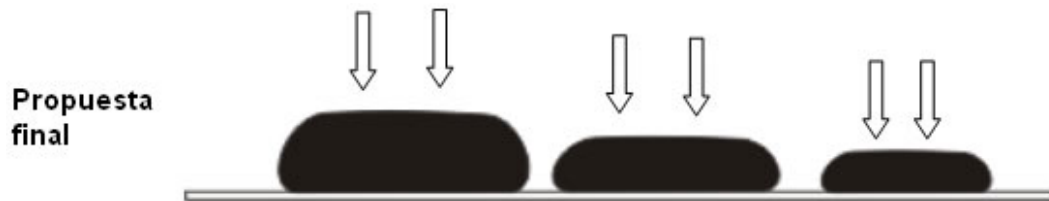


Fuente: El autor

La carga de una plantilla normal se distribuye uniformemente sobre la superficie, mientras la carga de la propuesta final se realiza de forma parcial y escalonada dependiendo de la altura de los módulos, este efecto se realiza con el objetivo de estimular la sensibilidad de la planta del pie.

Figura 216: Distribución de la carga antes y después





Fuente: El autor

A partir de la muestra se pudo concluir que los usuarios experimentaron los primeros días la sensación táctil causada por el relieve en la planta de los pies, pero al pasar del tiempo el pie se fue acostumbrando a experimentar dicha sensación.

✓ Desarrollo de la marcha

Durante el desarrollo de la marcha se puede distinguir que:

▪ Recepción del talón:

Los módulos del talón actúan en esta fase. Se caracterizan porque su menor altura con respecto a las demás zonas de la plantilla. En este movimiento el 39 % de los pacientes diabéticos que participaron de la muestra consideraron que en esta zona del pie experimentaron mayor presión, pero esta presión no ocasionó heridas ni laceraciones en la planta del pie.

Figura 217: Módulos del talón – Propuesta final



Fuente: El autor

El talón es una de las zonas del pie propensa a la aparición de úlceras, por tal motivo la textura es suave pero alavés realiza estimulación sensorial en la planta, así lo demuestra las estadísticas arrojadas en la muestra.

- Contacto total de la planta del pie:

Al realizarse esta fase de la marcha, en el pie actúan todos los módulos de la plantilla por el contacto con toda la superficie. La forma de la plantilla brinda la posibilidad de abarcar la zona del arco interno con la elevación de las alas de la plantilla. El 26% de los entrevistados en la muestra, manifestaron que sintieron presión constante en toda la planta del pie.

Figura 218: Contacto total – Propuesta final



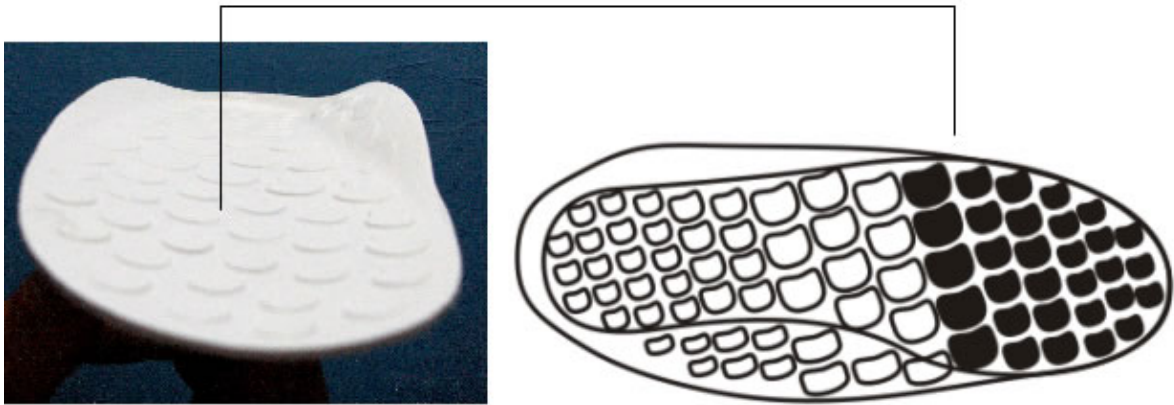
Fuente: El autor

- Propulsión:

En esta fase del desarrollo de la marcha el antepié toma notable importancia, ya que la totalidad de la carga corporal recae en esta zona del cuerpo. El 47% de los encuestados en la muestra comentaron que sintieron presión en esta zona del pie.

La altura de los módulos en esta zona del cuerpo es menor pues se necesita que actúen con presión sobre el antepié, pero que no incomoden en el transcurso normal de la marcha.

Figura 219: Fase de propulsión – Propuesta final



Fuente: El autor

La zona del arco interno y externo de la plantillas es importante pues la función que se realiza principalmente es la de brindar sostén a estas partes del pie. Los módulos de estas zonas son de mayor tamaño para que se cumpla dicho objetivo.

✓ Salud

La confiabilidad que genera la plantilla en los pacientes diabéticos de la muestra es uno de los aspectos positivos de la propuesta.

Es importante anotar que la altura de los módulos de la plantilla está mutuamente relacionada con el interior del zapato, ya que el exceso de altura puede ocasionar ampollas o heridas por el rozamiento del dorso del pie con la capellada, por esta razón la lámina de preforma utilizada es calibre 6.

La flexibilidad de la plantilla permite la correcta manipulación de la misma, evitando someter la mano a grandes esfuerzos.

Figura 220: Manipulación de la plantilla



Fuente: El autor

Recomendaciones del calzado:

- Las dimensiones de las plantillas permiten que el usuario utilice una talla más grande de zapato.
- El tipo de calzado recomendado es sport y deportivo.

Recomendaciones de uso:

- La exposición de la plantilla a una temperatura superior a 80° C ocasiona la desaparición del repujado de la textura.
- No se recomienda la utilización de este producto a personas diabéticas que hayan desarrollado heridas o laceraciones que estén presentes al momento de utilizar las plantillas.
- Además el usuario que utiliza las plantillas no debe haber perdido totalmente la sensibilidad de los pies.

- La propuesta permite el desarrollo normal de los hábitos de higiene recomendados a este tipo de pacientes diabéticos.
- El ciclo de vida del producto es de 1 a 6 meses, coincidiendo con la inspección periódica que un medico realiza a los pies y el calzado de un paciente diabético.

5.3 INNOVACIÓN DEL PRODUCTO

Según, Ricardo Bohórquez en el marco del Tercer Simposio de Diseño Industrial en la Universidad Industrial de Santander, define innovación como:

“Innovación es solucionar problemas en forma practica. Nos es inventar, sino aprovechar los recursos de forma económica y practica”

El estudio se realizo con la utilización de la biónica formal y funcional para la creación controlada de la forma.

Las propuestas actuales de plantillas para diabéticos solo se centran el almohadillado plantar, pero no abordan la estimulación de los capilares que irrigan sangre a los tejidos musculares.

Las soluciones existentes enfatizan en la utilización de texturas en las plantillas para la adherencia al zapato evitando deslizamientos internos, pero realmente las texturas son provechosas en el contacto con la planta del pie, como es el caso del las plantillas de este proyecto.

La utilización de tela en las plantillas es una desventaja para un paciente diabético pues es foco de organismos causante de infecciones en la piel.

El proceso productivo empleado para este proyecto es utilizado para la fabricación de plantillas, pero las matrices en MDF son una gran ventaja ya que la baja absorción de calor del este material facilita la conformación de las plan, ya que las matrices en metal necesariamente requieren de periodos o dispositivos de enfriamiento.

Según la opinión médica, el rango de usuarios que pueden utilizar las plantillas se amplia a personas con problemas de varices e hipertensos.

5.4 PLANOS TÉCNICOS

Planos Técnicos: Anexo E

6. CONCLUSIONES

- ✓ La propuesta se desarrollo con materiales y procesos de producción utilizados en la actual industria del calzado santandereana.
- ✓ El uso de MDF en la fabricación de moldes para repujar materiales como la goma Eva, abre posibilidades para el diseño de nuevos productos, pues su resistencia a presiones elevadas, economía y forma de fabricación así lo demuestran.
- ✓ Los datos estadísticos de la primera y segunda encuesta arrojaron resultados positivos para el desarrollo y avance de la investigación.
- ✓ La evaluación de las alternativas se planteo por medio de una primera encuesta cuyos resultados arrojaron la alternativa final. En dicha investigación fueron agrupados los requerimientos y obligaciones planteados al finalizar el marco teórico y los factores de diseño a comprobar deducidos en sustentación teórica de la comprobación, todo lo anterior se consolido en el diseño y aplicación de la primera encuesta.
- ✓ La segunda encuesta evaluó con resultados positivos la actividad física de los pacientes diabéticos de la muestra, en especial el desarrollo de la marcha, pues el 100% de los entrevistados realizo un promedio de 1 a 12 horas de caminata diaria.
- ✓ El material utilizado en fabricación de las plantillas contribuye a proteger las partes blandas de pie. Pues a ninguno de los participantes de la muestra las plantillas le ocasionaron heridas ni laceraciones en los pies.

- ✓ Las manifestaciones que evalúan la mala circulación sanguínea después de realizar actividad física constante arrojaron estadísticas anteriormente presentadas, de las que se concluye que: según el panorama clínico la incidencia de la plantilla para los participantes de la muestra fue positiva y contribuyó a estimular el riego sanguíneo.

- ✓ La estructura del diseño la plantilla ofrece la posibilidad de redistribución de puntos de presión en la planta del pie, pues la carga no se distribuye uniformemente, sino que se hace de manera parcial en toda la planta del pie.

BIBLIOGRAFÍA

ALPIZAR SALAZAR, Melchor. Guía integral para el manejo del paciente diabético. Ed. Manual Moderno. México. Pág. 107-175

ARAGÓN, F. Javier. El pie diabético. Ed. Masson, Barcelona. Pág. 25- 50

BAUMGARTNER, René. Tratamiento Ortésico – Protésico del Pie. Ed. Masson. Barcelona. Pág. 75 - 85, 105 -115

BROWN, David. Secretos de la ortopedia. Ed. Mc Graw Hill, 2ª edición, México. Pág. 325 - 375.

CARVAJAL MARTINES, Francisco, Diabetes Mellitus y Ejercicio Físico. Ed. Pueblo y Educación, La Habana. Pág. 20 - 25

CÉSPEDES, Tomas. Pie Diabético, Conceptos actuales y bases de actuación. Ed. Díaz de Santos. Madrid. Pág. 175 - 320

CHEVROT, A. Diagnóstico por imagen de las afecciones del pie. Ed. Masson, Barcelona. Pág. 50 - 57

COHI, Oriol. Actualizaciones en técnica ortopédica. Ed. Masson, Barcelona. Pág. 175 - 190

FARRER VELÁSQUEZ, Francisco. Manual de Ergonomía: Ed. Fundación Mapfre. Madrid. Pág. 50 - 53

FITZGERALD, Kaufer, Malkami. Ortopedia. Ed. Panamericana, Tomo II, Argentina. Pág. 105 - 225

GOLDCHER, Alain. Manual de Podología. Ed. Masson S. A. Barcelona. Pág. 10 -15

GREENE, Walter. Bases para el tratamiento de la afecciones musculoesqueléticas. Ed. Panamericana, Argentina. Pág. 325 - 338

GREENSPAN, Francis S. Endocrinología Básica y Clínica. Ed. Manual Moderno, México. Pág. 244 - 250

MARTINEZ, Sergio. Polímeros. División Editorial y de Publicaciones, UIS, Bucaramanga. 2001. Pág. 25 - 30

MÓNDELO, Pedro R. Ergonomía 1, Fundamentos. Ed. Alfaomega. México. Pág. 75 - 104

RECONDO, José Antonio. Resonancia Magnética en el tobillo – pie. Ed. Díaz de Santos. España. Pág. 62 -64

SALVIOLI, Jorge E. Diabetes mellitus, clínica y tratamiento. Ed. Panamericana. Buenos Aires. Pág. 71 - 78

VALENTÍ, Valente .Ortesis del pie, tratamiento ortésico de las alteraciones biomecánicas de la marcha. Ed. Medicina panamericana. Madrid. Pág. 85 - 124

VIÑAS, Frederic. La respuesta está en los pies, tratado completo de reflejoterapia podal. Ed. Integral, Barcelona. Pág. 35 - 45

www.cev.com.ar/pie.htm

www.cuidesuspies.com , El pie diabético

www.luga.es/patologias/indexpatologias.shtml , Patologías del pie

www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/19290.htm

www.ortoinfo.com , Ortesis, calzado y prótesis en el pie diabético.

www.ortoplast.com/silicona.htm Productos de silicona y otros materiales

www.ortoweb.com, Portal ortopédico español: Catalogo de plantillas.

ANEXOS

ANEXO A

DISEÑO DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS PARA DIABÉTICOS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

PRIMERA ENCUESTA

Buenos días/ tardes, mi nombre es _____ estoy realizando una investigación dirigida a personas diabéticas con el objetivo de conocer los cuidados que tienen con los pies. Su colaboración será de gran ayuda para el avance de este estudio.

Encuestador: _____ **Fecha:** _____ **No.** _____

Resultado: Completa _____ Incompleta _____ Rechazo _____

CAPITULO I DATOS PERSONALES

Nombre del paciente _____ **Edad** _____

Sexo 1. M _____ 2. F _____ **Peso** _____

Tipo de Diabetes: 1 _____ 2 _____ **No. de años con la enfermedad:** _____

Tipo de pie: 1. Normal _____ 2. Plano _____ 3. Cavo _____ 4. Varo _____ 5. Equino _____

Fórmula Digital: 1. Egipcio _____ 2. Griego _____ 3. Cuadrado _____

¿Tiene deformaciones podales?

1. Sí _____ ¿Qué tipo? 1.1 Juanetes _____ 1.2 Dedos en garra _____ 1.3 Dedos en martillo _____
1.4 Callos _____

2. No _____

¿Qué número calza? _____

¿Qué tipo de calzado que usa? 1. Clásico _____ 2. Deportivo _____ 3. Sport _____ 4. Sandalia _____ 5. Zapatilla _____

¿Generalmente las puntas de sus zapatos son? 1. Redonda _____ 2. Cuadrada _____ 3. En punta _____

CAPITULO II ASPECTOS GENERALES

1. ¿Ha usado plantillas dentro de sus zapatos?

1.1 Sí _____ **1.1.1 ¿Actualmente las usa?** Si _____ No _____ *(Si contesta Si, Ir a la Pregunta 2)*

1. ¿Fueron formuladas por el médico? Si _____ No _____
2. ¿Que clase de plantillas usó? Duras _____ Semiduras _____ Blandas _____
3. ¿Dónde compró las plantillas? Venta callejera _____ Tienda ortopédica _____ Almacén _____
Tienda de diabéticos _____ Otras _____
4. ¿Cuánto le costaron? Menos de \$5.000 _____ Entre \$10.000 y \$50.000 _____ Entre \$50.000 y \$150.000 _____ Más de \$150.000 _____
5. ¿Cuánto tiempo le duraron las plantillas? Menos de un año _____ Entre 1-2 años _____ Más de 2 años _____
6. En una escala de 1 a 5 donde 1 es Totalmente insatisfecho y 5 es totalmente satisfecho, ¿Cómo se sintió al usar plantillas? 1 _____ 2 _____ 3 _____ 4 _____ 5 _____

(Ir al Capítulo III)

1.2 No _____ **1.1.2 ¿Por qué no ha usado plantillas?**

1. No se las han medicado _____
2. Las considera innecesarias _____
3. Falta de dinero para comprarlas _____
4. No son útiles para los zapatos que utiliza _____
5. Poca orientación sobre los cuidados del pie en personas diabéticas _____
6. Son incómodas _____

(Para cualquier respuesta, Ir al Capítulo III)

2. ¿Fueron formuladas por el médico?

2.1 Sí____ 2.1.1 ¿Por cuánto tiempo fue prescrito el tratamiento? Menos de un año ____
Entre 1-2 años ____
Más de 2 años ____
Por el resto de su vida ____

2.2 No____ (Si contesta NO, Ir a la Pregunta 3)

3. ¿Qué clase de plantillas usa? 1. Duras____ 2. Semiduras____ 3. Blandas____

4. Como calificaría los siguientes aspectos relacionados con sus plantillas, en una escala de 1 a 5, donde 1 es totalmente insatisfecho y 5 totalmente satisfecho.

ASPECTO	1	2	3	4	5
4.1 Facilidad para introducirlas dentro del zapato	1	2	3	4	5
4.2 Comodidad al caminar	1	2	3	4	5
4.3 Equilibrio al caminar	1	2	3	4	5

5. En su concepto personal ¿qué aspectos considera positivos de sus actuales plantillas? _____

6. ¿Cómo realiza la limpieza de sus plantillas? 1. Las lava con agua y jabón dejándolas secar____ 2. Les hecha talco para limpiarlas____ 3. Las saca al sol____ 4. No las limpia____ 5. Otras _____

7. ¿Dónde compró las plantillas? 1. Venta callejera____ 2. Tienda ortopédica ____ 3. Almacén ____ 4. Tienda de diabéticos ____ 5. Otras _____

8. ¿Cuánto le costaron? 1. Menos de \$5.000 ____ 2. Entre \$10.000 y \$50.000 ____ 3. Entre \$50.000 y \$150.000 ____ 4. Más de \$150.000 ____

9. ¿Hace cuanto tiempo usa sus plantillas? 1. Entre 1-6 meses____ 2. Entre 6 meses y 1 año____ 3. Más de 1 año ____

10. ¿Las plantillas le han causado heridas en la planta de los pies?

10.1 Sí____ 10.1.1 ¿Qué tipo? Ampollas____ callos____ vejigas____ verrugas____
Dedos encarnados____ Tejidos blandos____

10.2 No____ (Si contesta NO, Ir a la Pregunta 11)

CAPTULO III ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Para iniciar la comprobación, se le muestran al usuario las tres Alternativas, cada una con un respectivo número de identificación así: Alternativa No.1, Alternativa No.2 y Alternativa No.3. Inmediatamente se prosigue con el cuestionario cuyo objetivo es comparar las Alternativas entre sí.

11. Teniendo en cuenta los siguientes modelos de plantillas, sería tan amable de comparar las siguientes características. ¿Cuál considera usted que es?

Colocar el número que corresponde de la alternativa en la columna.

CARACTERÍSTICAS	1. Más	2. Menos	3. Todas
11.1 Cómoda			
11.2 Suave			
11.3 La que al colocársela ejerce mayor presión en la planta del pie			
11.4 Flexibilidad			
11.5 Fácil de usar			
11.6 Segura al caminar			
11.7 Fácil de limpiar			

12. De cada uno de los siguientes modelos de plantillas, ¿Cuál para usted es la plantilla para el pie derecho y para el pie izquierdo?

Plantilla	Derecho		Izquierdo	
	Sí	No	Sí	No
Alternativa 1	1	2	1	2
Alternativa 2	1	2	1	2
Alternativa 3	1	2	1	2

13. ¿Cuál de los siguientes modelos le gusto más? Alternativa 1____ Alternativa 2____ Alternativa 3____

14. ¿Cuál es la razón o razones por las cuales usted selecciono este modelo? _____

15. ¿Qué le cambiaría al modelo que escogió? _____

16. ¿Estaría dispuesto a utilizarlas?

16.1 Sí____ ¿Por qué?_____

16.2 No____ ¿Por qué?_____

CAPITULO IV FACTORES DE DISEÑO A EVALUAR

17. ¿Cuál de los siguientes colores o combinaciones de colores le gusta más? 1. Celeste – Azul____ 2. Celeste – Piel____ 3. Piel____ 4. Celeste____ 5. Azul____

18. ¿Cuál de las siguientes formas le gusta más? 1. Espiral____ 2. Forma simplificada del Pie____ 3. Estructura en alto y bajo relieve____

19. Bajo su concepto personal, ¿Qué considera que deben tener las plantillas para diabéticos?_____

20. ¿Cuánto tiempo cree que deben durar las plantillas? Entre 1 – 6 meses____ Entre 6 meses – 1 años____ Más de 1año____

21. ¿Para usted cuál sería la mejor forma de realizar la limpieza de las plantillas? 1. Lavarlas con agua y jabón dejándolas secar____ 2. Rociar talco para limpiarlas____ 3. Sacarlas al sol____ 4. No limpiarlas____ 5. Limpiarlas con un paño húmedo y exponerlas al sol____ 6. Otras_____

CAPITULO V COMERCIALIZACIÓN

22. Por favor ordene de mayor a menor según su criterio los siguientes factores a tener en cuenta al momento de comprar unas plantillas, donde 1 será la más importante y 6 la menos importante.

Calidad _____
Precio _____
Diseño _____
Comodidad _____
Material _____
Salud _____

23. ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar por un par de plantillas del modelo que escogió? Entre \$1.000 y \$5.000 _____ Entre \$5.000 y \$10.000 _____ Entre \$10.000 y \$50.000 _____ Más de \$50.000 _____ Pagaría lo que fuera _____

24. ¿En qué lugares considera usted que se deben vender las plantillas? Venta callejera _____ Tienda ortopédica _____ Supermercado _____ Tienda de diabéticos _____ Droguería _____ Otras _____

ANEXO B

DISEÑO DE PLANTILLAS ORTOPÉDICAS PARA DIABÉTICOS UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

SEGUNDA ENCUESTA

Buenos días/ tardes, mi nombre es _____ estoy realizando una investigación dirigida a personas diabéticas con el objetivo de conocer los cuidados que tienen con los pies. Su colaboración será de gran ayuda para el avance de este estudio.

Encuestador: _____ **Fecha:** _____ **No.** _____

Resultado: Completa _____ Incompleta _____ Rechazo _____

Nombre del paciente _____

CAPITULO VI. DESARROLLO DE LA MARCHA

Con anterioridad se deben escoger los usuarios.

Cuestionario para la alternativa final

1. ¿Introdujo las plantillas dentro de sus zapatos?

1.1 Sí _____ 1.1 ¿Fue? 1. Fácil _____ 2. Difícil _____

1.2 No _____ 1.2 ¿Por qué? 1. Dimensiones de la plantilla _____ 2. Forma de la plantilla _____
3. Tamaño del zapato _____ 4. Forma del zapato _____
5. El material de la plantilla _____ Otras _____

2. ¿Pudo introducir el pie dentro del zapato?

2.1 Sí _____ (Si contesta SI, Ir a la Pregunta 3)

2.2 No _____ ¿Por qué? (Para cualquier respuesta, Terminar)

1. Los zapatos le quedaron ajustados _____
2. El número de la plantilla no corresponde al número del zapato _____
3. Representa un peligro para su pie _____

3. ¿Cómo calificaría usted los siguientes aspectos al caminar?

ASPECTO	Excelente	Buena	Regular	Mala	Pésima
1. Comodidad					
2. Equilibrio					
3. Suavidad					
4. Textura de la plantilla					
5. Flexibilidad de la plantilla					
6. Seguridad al caminar					

4. ¿Considera que el uso de estas plantillas le podrían ocasionar heridas en las plantas de los pies?

4.1 Sí _____ 4.1.1 ¿Por qué? 1. Textura de la plantilla _____ 2. Material _____ 3. Dimensiones _____
4. Forma _____ Otras _____

4.2 No _____

5. ¿Las plantillas le causaron heridas en la planta de sus pies?

5.1 Sí____ 10.1.1 ¿Qué tipo? Ampollas____ callos____ vejigas____ verrugas____
Dedos encarnados____ Tejidos blandos____

10.1.2 ¿Suspendió el uso de las plantillas? Si____ No____

5.2 No____

6. ¿Cuál ha sido el nivel de calor que experimenta el pie, con los zapatos y las plantillas? 1. Muy acalorado____ 2. Acalorado____ 3. Poco acalorado____ 4. Indiferencia al calor____ 5. Normal____

7. ¿Cuáles son las zonas del pie donde siente presión? Zona de los dedos (Antepié)____ Talón____
Toda la planta____ Arco interno____ Arco externo____

8. ¿Qué tipo de actividad física desarrollo con las plantillas dentro de sus zapatos?

(Si contesta SI, establecer el promedio de tiempo)

(Si contesta NO, Ir a la pregunta 11)

ACTIVIDAD	SI	NO	Tiempo promedio / horas
Caminata diaria			
Ejercicio aeróbico			
Correr			

9. ¿Presentó las siguientes manifestaciones después de realizar la actividad física?

MANIFESTACIÓN	SI	NO
Adormecimiento		
Hinchazón		
Dolor en las pantorrillas		
Hormigueo		
Frío en los pies		
Necesidad de sentarse		
Piel amoratada		

10. ¿Cómo realizo la limpieza de las plantillas? 1. Las lava con agua y jabón dejándolas secar____ 2. Les hecha talco para limpiarlas____ 3. Las saca al sol____ 4. No las limpia____ 5. Otras____

11. Bajo su concepto personal, ¿Qué le cambiaría a las plantillas? _____

Muchísimas gracias por su colaboración en este estudio!, los datos aquí recolectados son de total confidencialidad.

Solo para el encuestador

12. Establecer el grado de desgaste de la plantilla, donde 1 es totalmente desgastada y 5 sin desgaste.

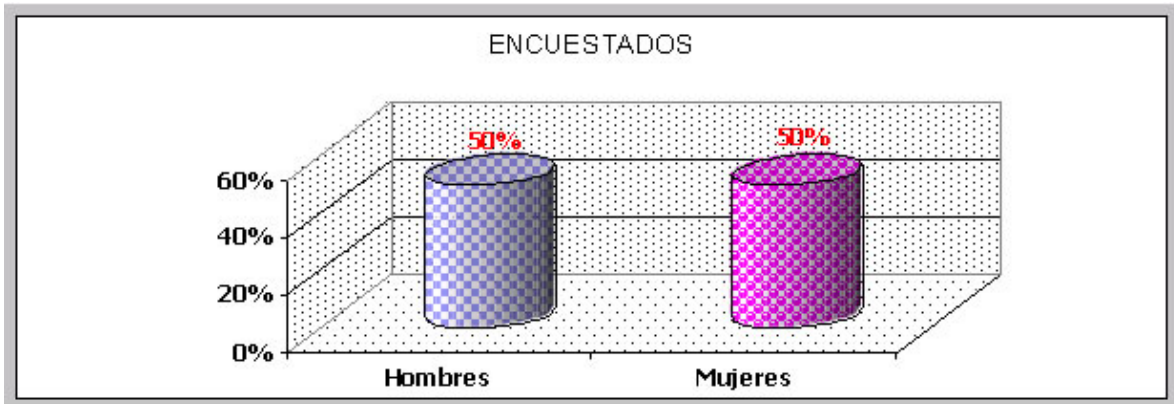
Pedirle a la persona mostrar las plantillas.

ZONA DE DESGASTE	1	2	3	4	5
Dedos (Antepié)					
Arco interno (candado)					
Arco externo					
Talón					
Toda la planta					

ANEXO C ESTADISTICAS DE RESULTADOS PRIMERA ENCUESTA

Capitulo 1: Datos personales

Porcentaje de hombres y mujeres de la muestra: 15 hombres y 15 mujeres.

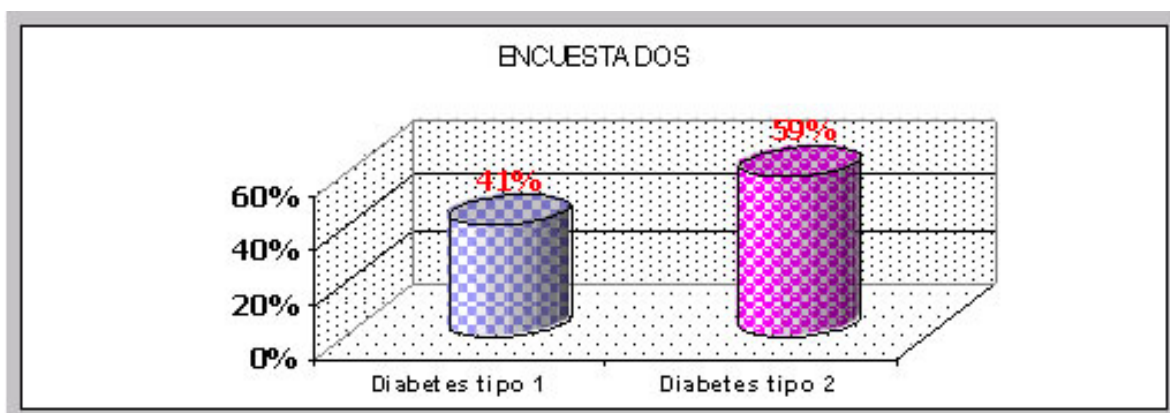


Datos generales de los usuarios de la muestra

Individuo	Sexo	Edad	Peso	Tipo de pie					Formula digital			Deformaciones Podales			
				N	P	C	V	E	E	G	C	J	G	M	C
1	M	35	70		P					G					
2	M	51	75	N						G					
3	M	42	75	N						G					
4	M	26	70		P				E						
5	M	49	90	N							C				
6	M	57	60	N						G		J			
7	M	50	60	N					E						
8	M	47	105	N					E						
9	M	35	74	N					E						
10	M	79	65	N						G					
11	M	30	75	N					E						
12	M	32	86	N					E						
13	M	35	95		P					G					
14	M	40	70		P				E						
15	M	55	70		P				E						
16	F	40	78	N					E			J			
17	F	70	65	N					E						
18	F	42	68	N					E						

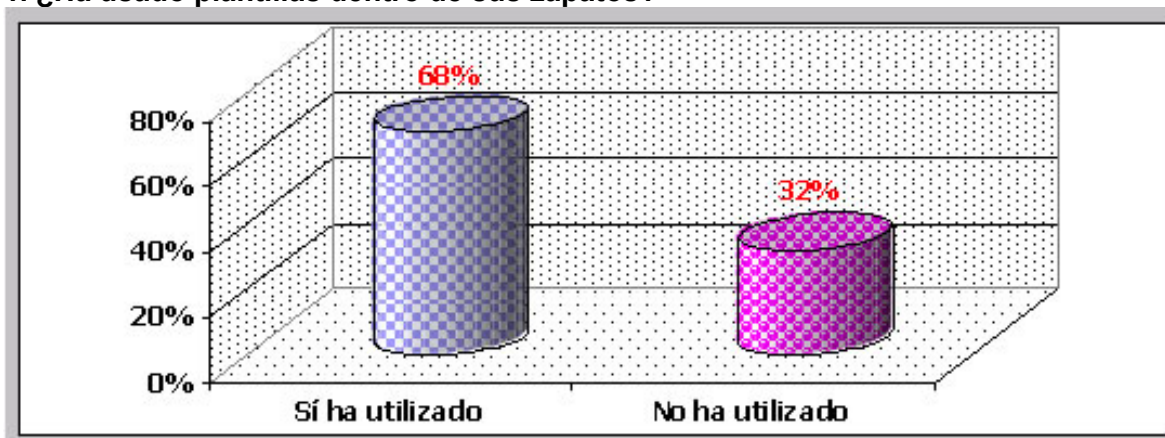
19	F	50	70	N					E						
20	F	48	97	N						G					
21	F	40	93	N						G					
22	F	35	55		P				E						
23	F	24	48	N						G		J			
24	F	36	56		P					G					
25	F	48	50	N						G					
26	F	57	100	N					E						
27	F	30	50	N						G					
28	F	32	65	N					E						
29	F	38	60	N					E			J			
30	F	65	48	N						G					

El 41% de los diabéticos de la muestra padece diabetes tipo 1 y el 59% padece de diabetes tipo 2.



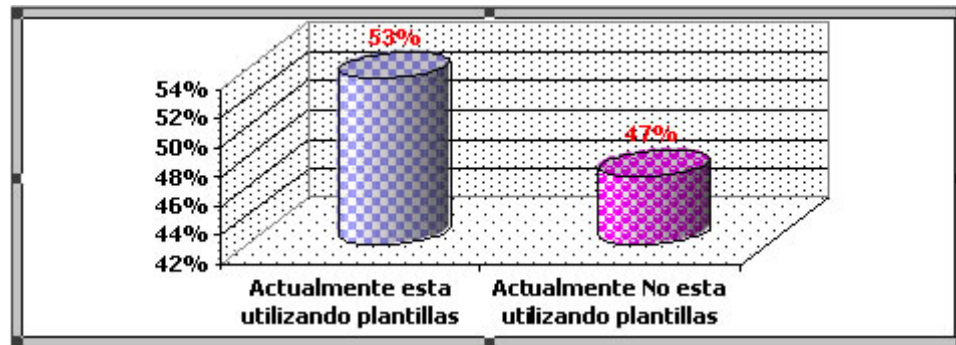
Capitulo 2: Aspectos generales

1. ¿Ha usado plantillas dentro de sus zapatos?



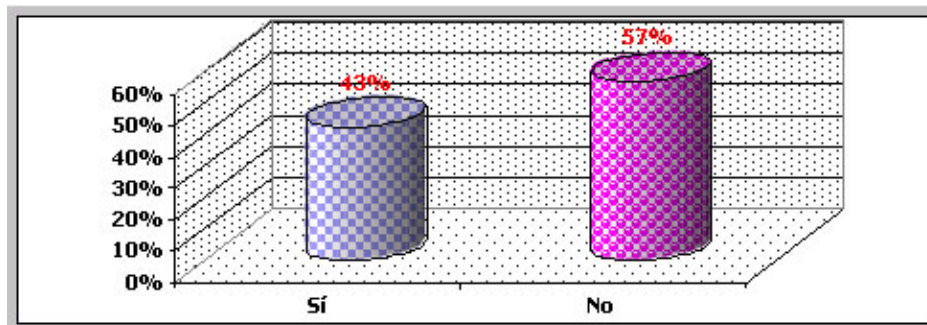
1.1 Sí usan plantillas

1.1.1 ¿Actualmente las usa?

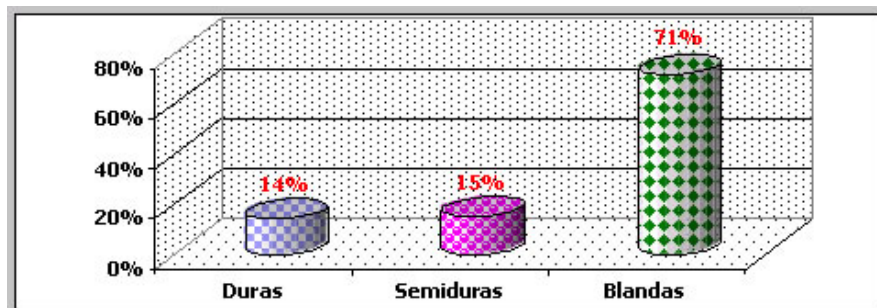


Para las personas de la muestra que han usado plantillas, pero actualmente no las usan, se puede concluir que:

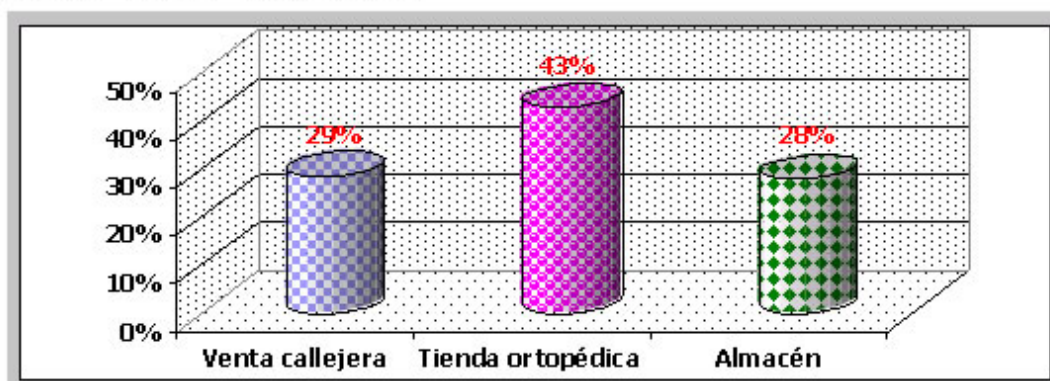
- ¿Fueron formuladas por el médico?



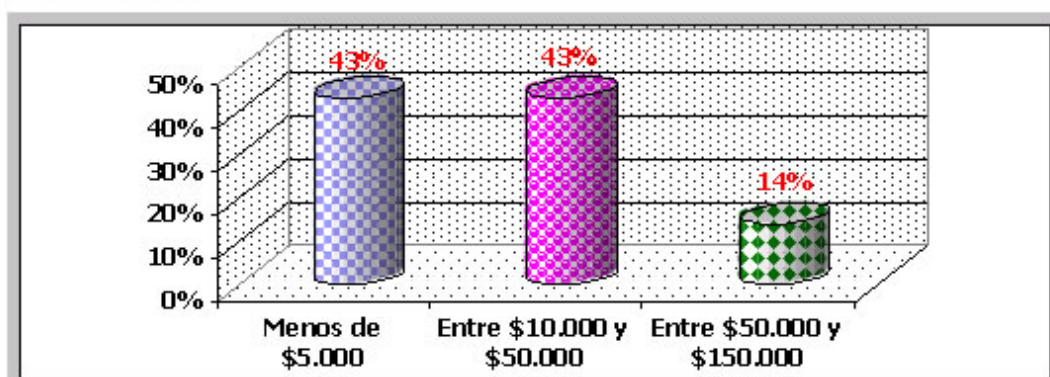
- ¿Que clase de plantillas usó?



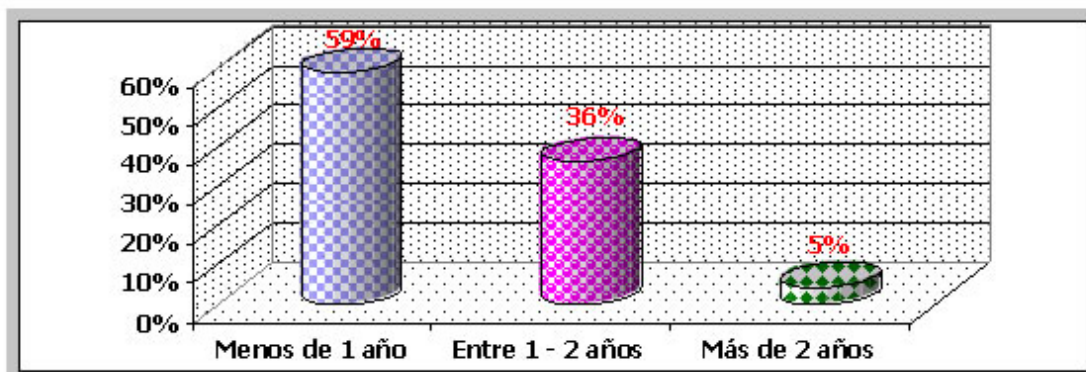
- ¿Dónde compró las plantillas?



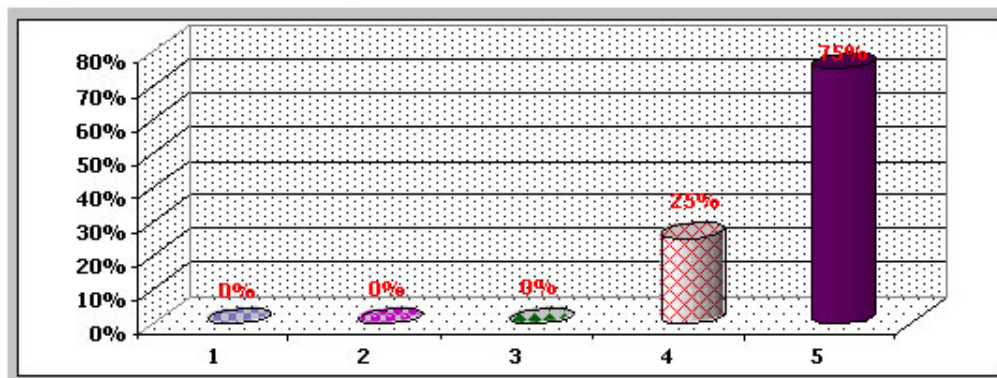
- ¿Cuánto le costaron?



- ¿Cuánto tiempo le duraron las plantillas?



- ¿Cómo se sintió al usar plantillas?



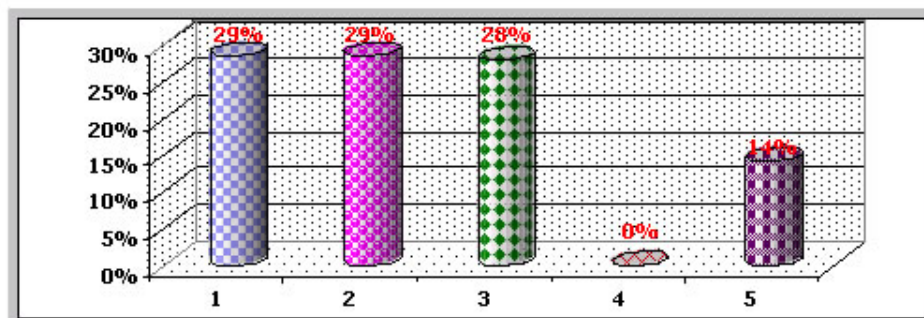
- 1 Totalmente insatisfecho
- 2 Insatisfecho
- 3 Medianamente satisfecho
- 4 Satisfecho
- 5 Totalmente satisfecho

Para las personas que no han usado plantillas se puede concluir que:

1.2 No usan plantillas

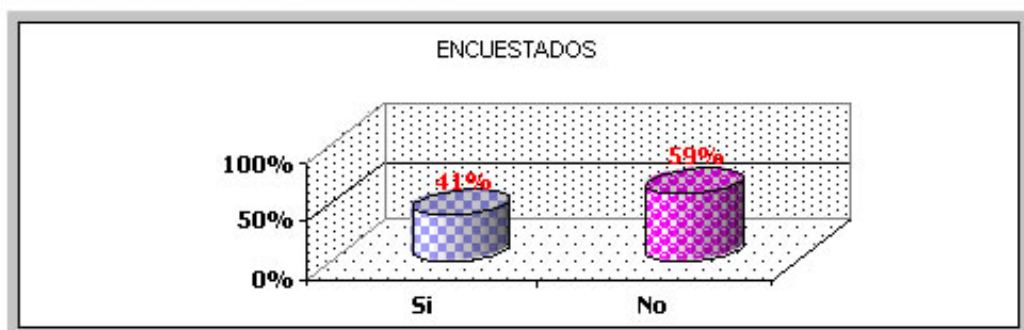
1.2.1 ¿Por qué no ha usado plantillas?

Para las personas de la muestra que usan plantillas actualmente, se puede concluir que:

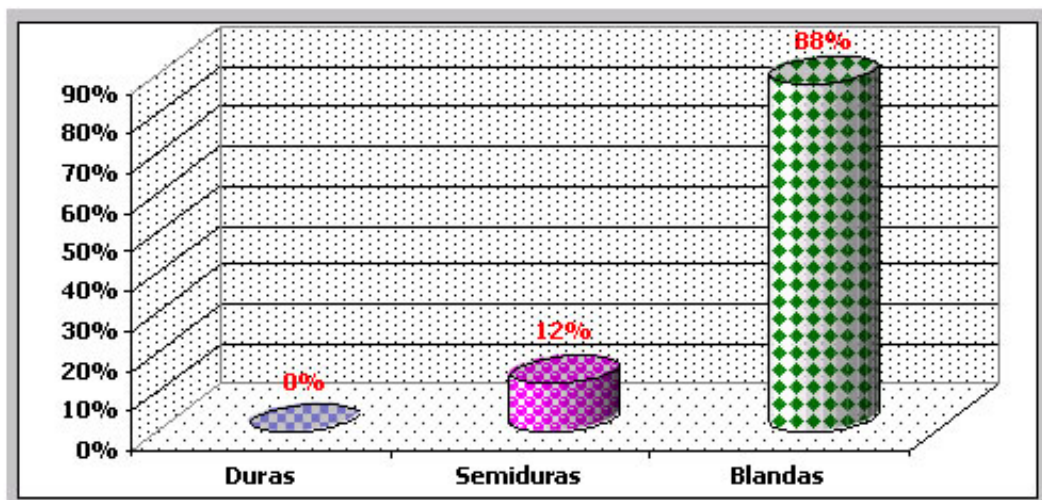


- 1 No se las han medicado
- 2 Las considera innecesarias
- 3 Falta de dinero para comprarlas
- 4 No son útiles para los zapatos que utiliza
- 5 Poca orientación sobre los cuidados del pie en personas diabéticas

2. ¿Fueron formuladas por el médico?

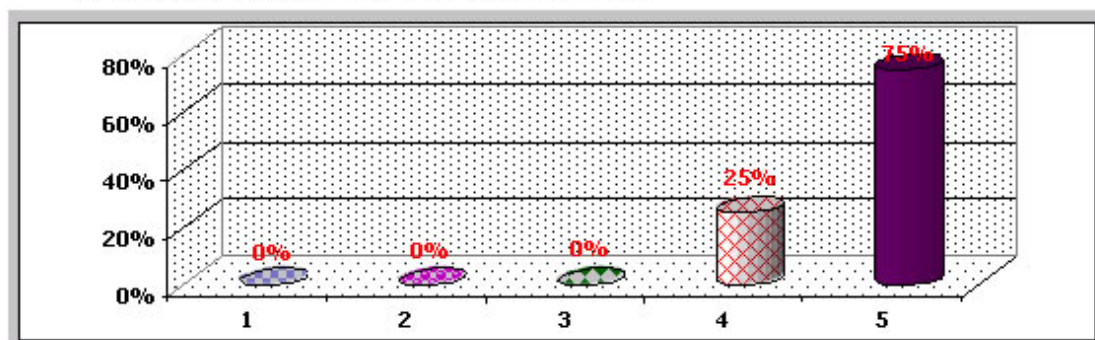


3. ¿Qué clase de plantillas usa?



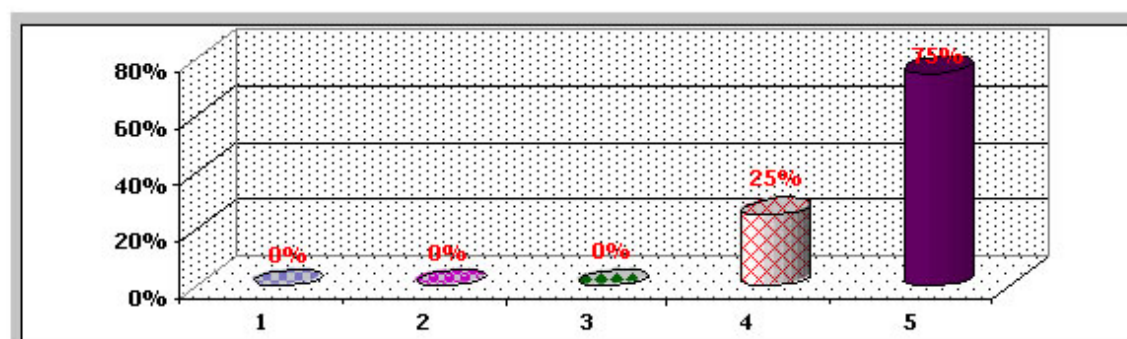
4. Como calificaría los siguientes aspectos relacionados con sus plantillas:

- Facilidad para introducir las dentro del zapato



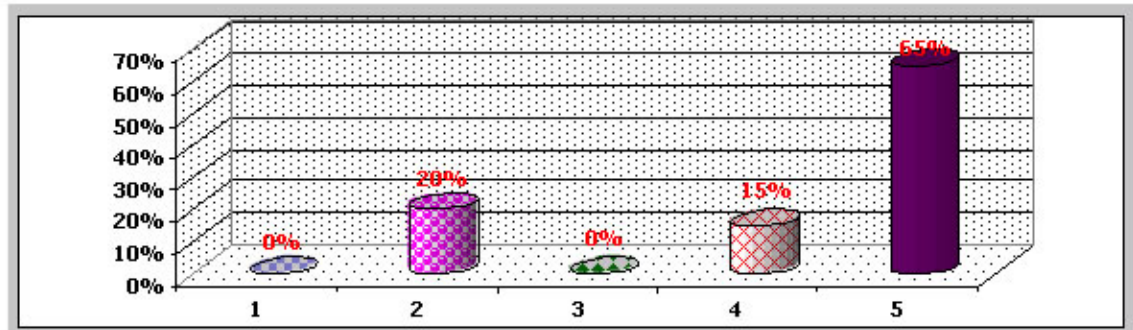
- 1 Totalmente insatisfecho
- 2 Insatisfecho
- 3 Medianamente satisfecho
- 4 Satisfecho
- 5 Totalmente satisfecho

- Comodidad al caminar



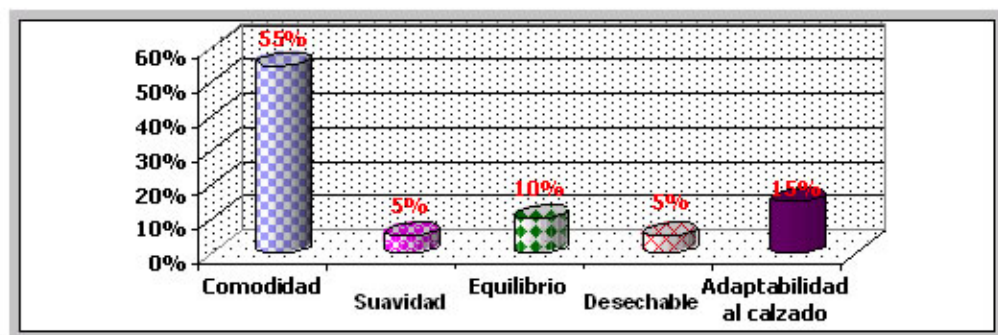
- 1 Totalmente insatisfecho
- 2 Insatisfecho
- 3 Medianamente satisfecho
- 4 Satisfecho
- 5 Totalmente satisfecho

- Equilibrio al caminar

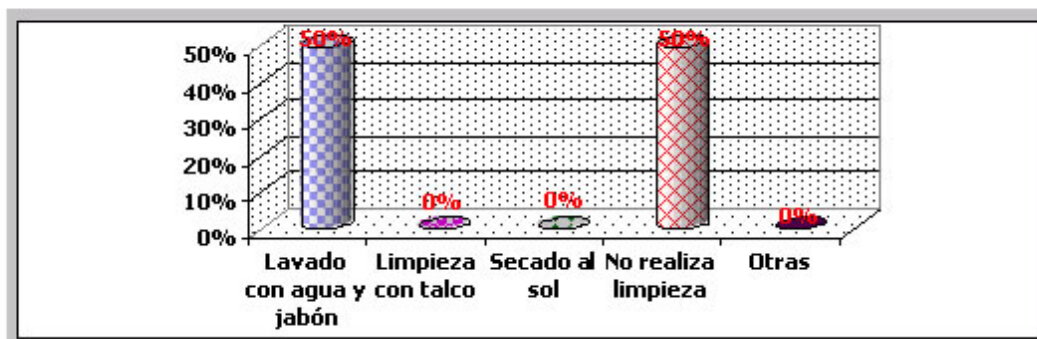


- 1 Totalmente insatisfecho
- 2 Insatisfecho
- 3 Medianamente satisfecho
- 4 Satisfecho
- 5 Totalmente satisfecho

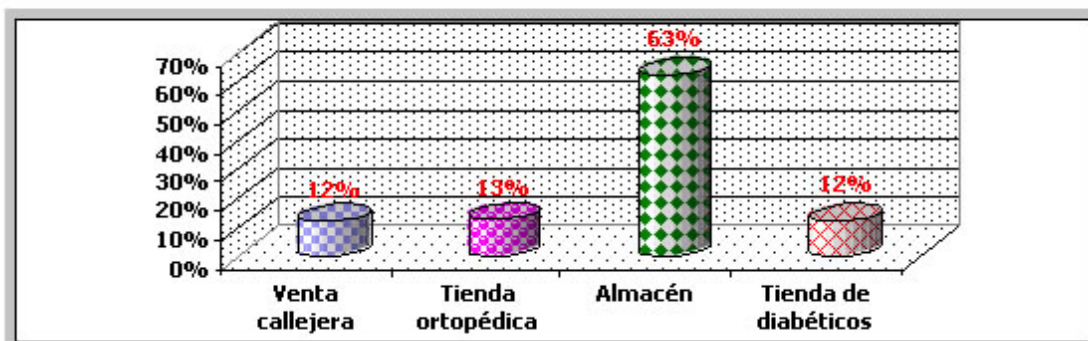
5. En su concepto personal ¿qué aspectos considera positivos de sus actuales plantillas?



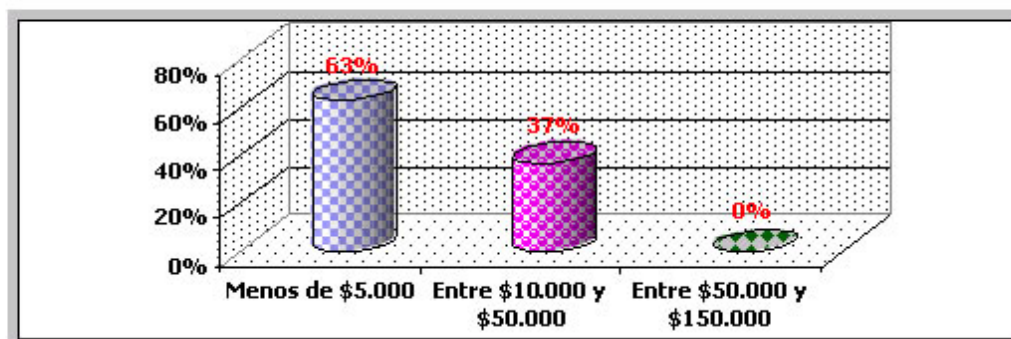
6. ¿Cómo realiza la limpieza de sus plantillas?



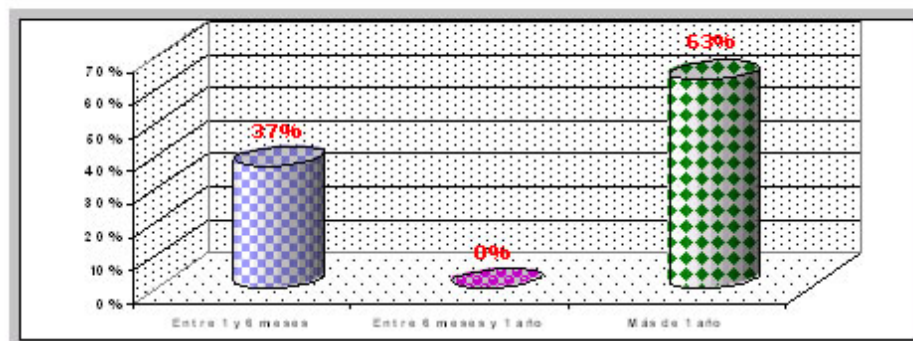
7. ¿Dónde compró las plantillas?



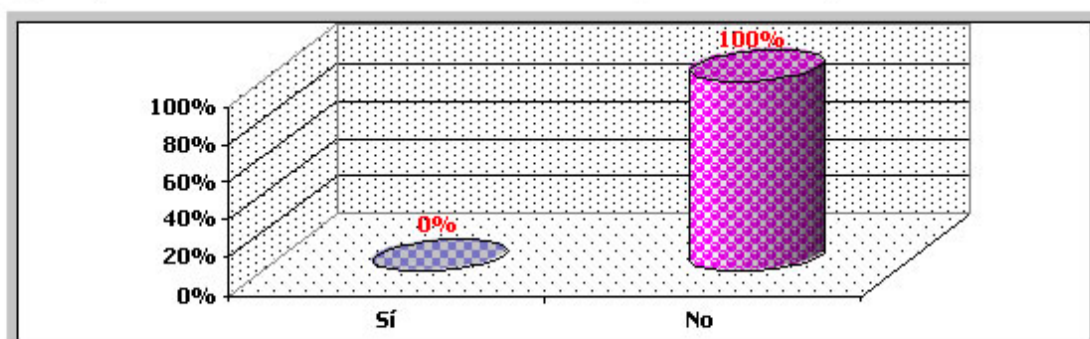
8. ¿Cuánto le costaron?



9. ¿Hace cuanto tiempo usa sus plantillas?



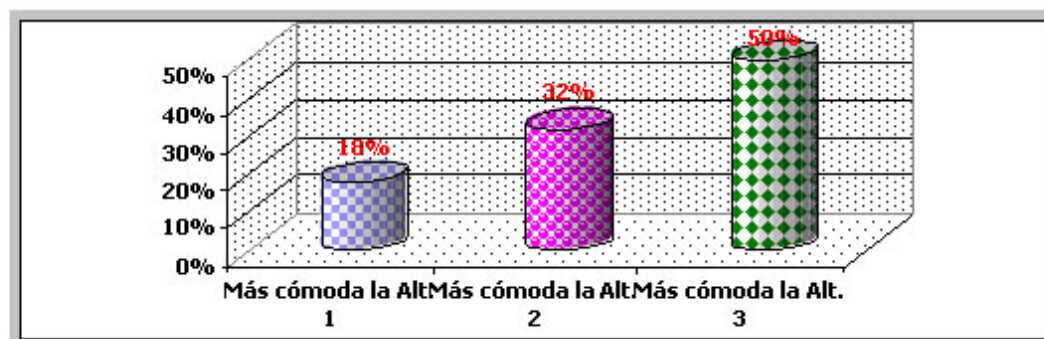
10. ¿Las plantillas le han causado heridas en la planta de los pies?



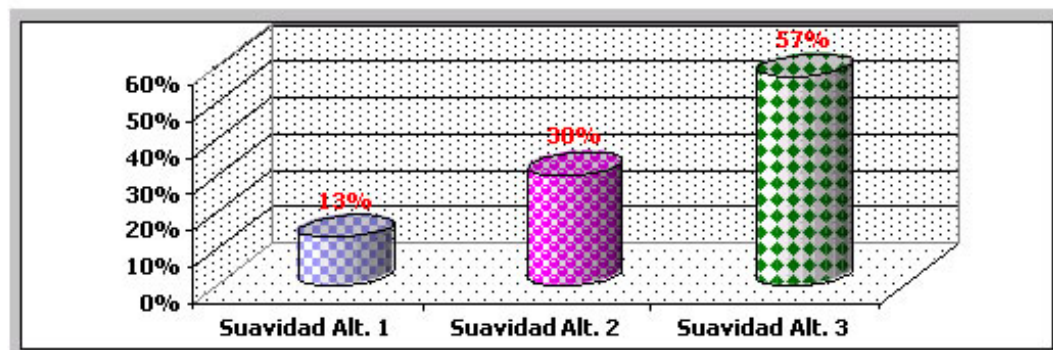
Capítulo 3: Análisis de alternativas

11. ¿Cuál considera usted que es más....?

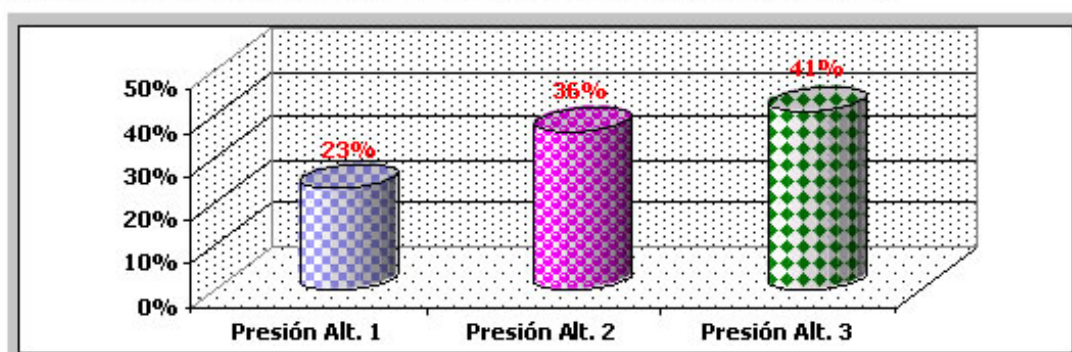
11.1 La más cómoda



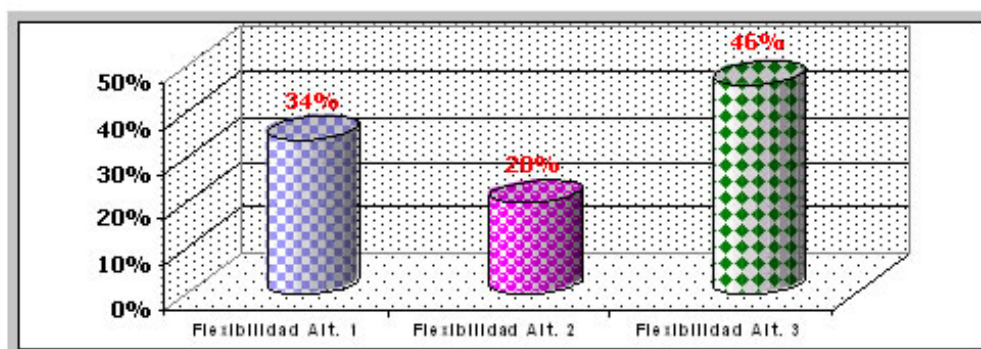
11.2 La más suave



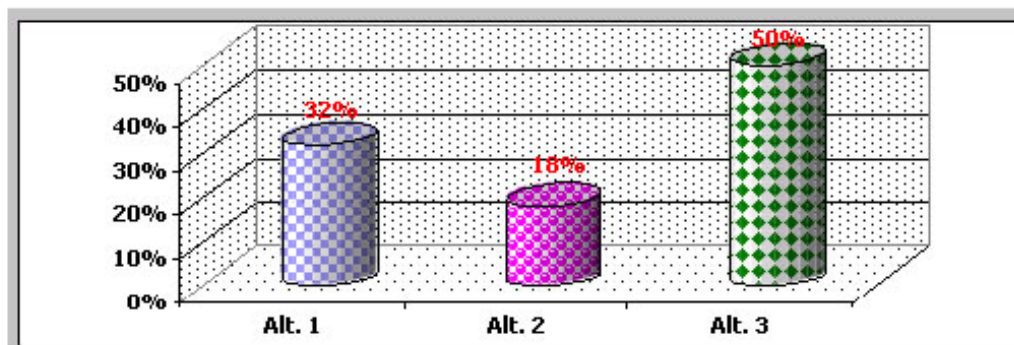
11.3 La que al colocársela ejerce mayor presión en la planta del pie



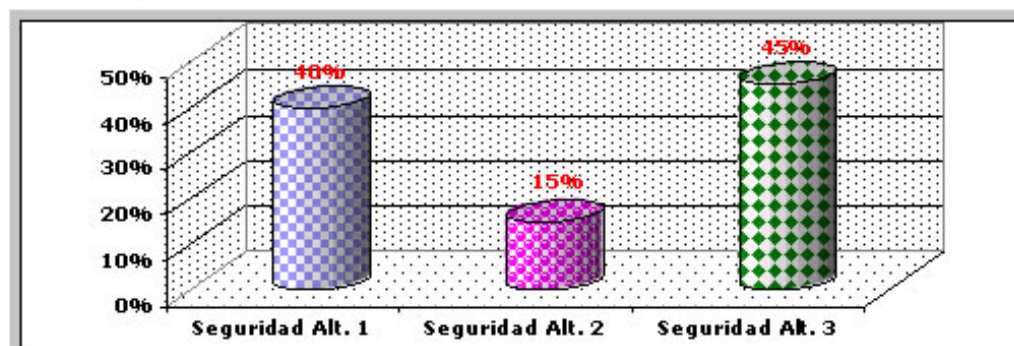
11.4 La más flexibilidad



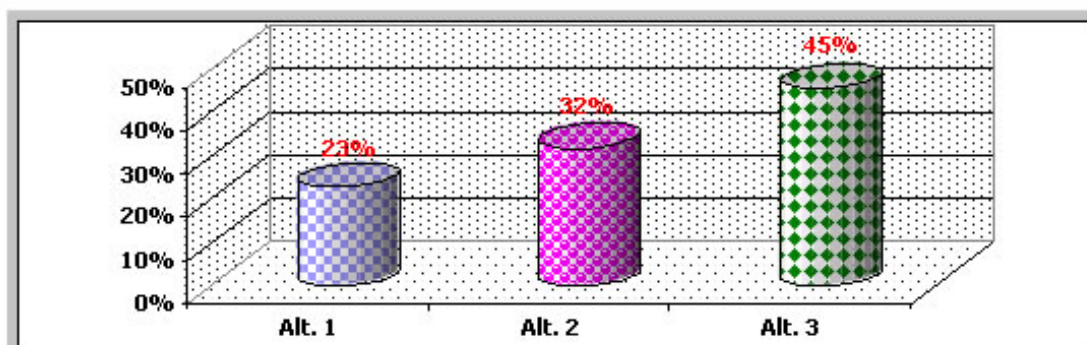
11.5 La más fácil de usar



11.6 La más segura al caminar

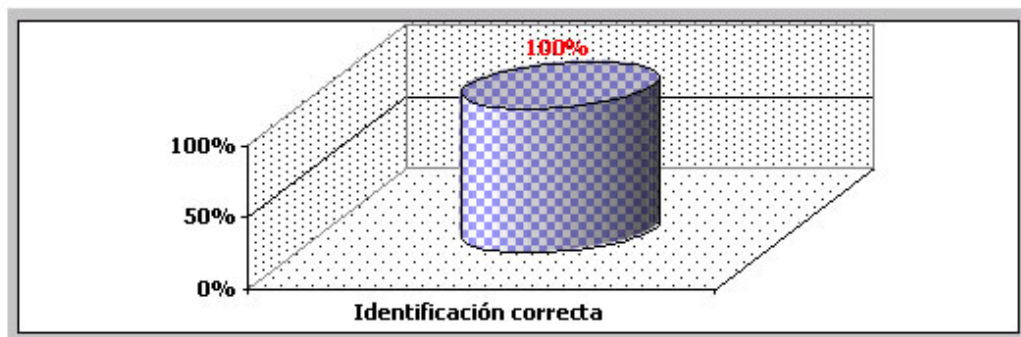


11.7 La más fácil de limpiar

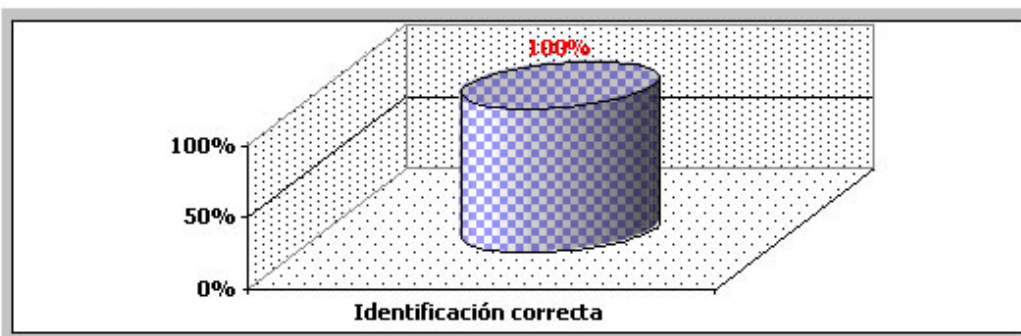


12. De cada uno de los siguientes modelos de plantillas, ¿Cuál para usted es la plantilla para el pie derecho y para el pie izquierdo?

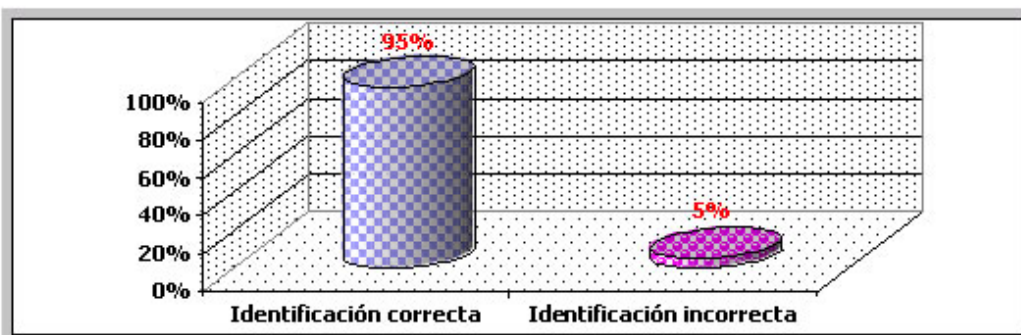
- Alternativa 1



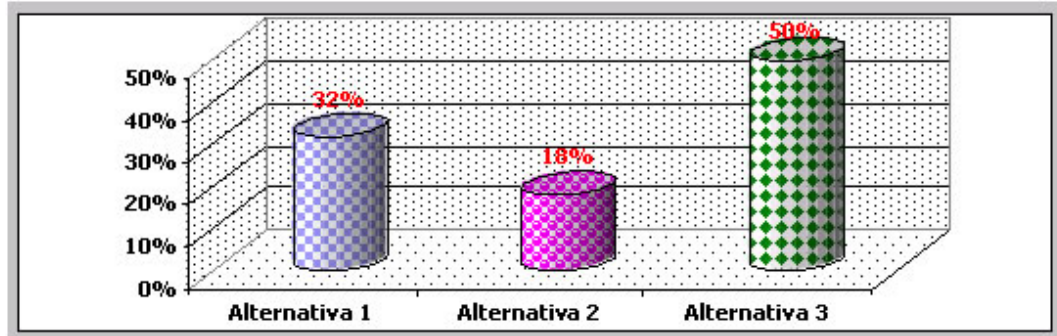
- Alternativa 2



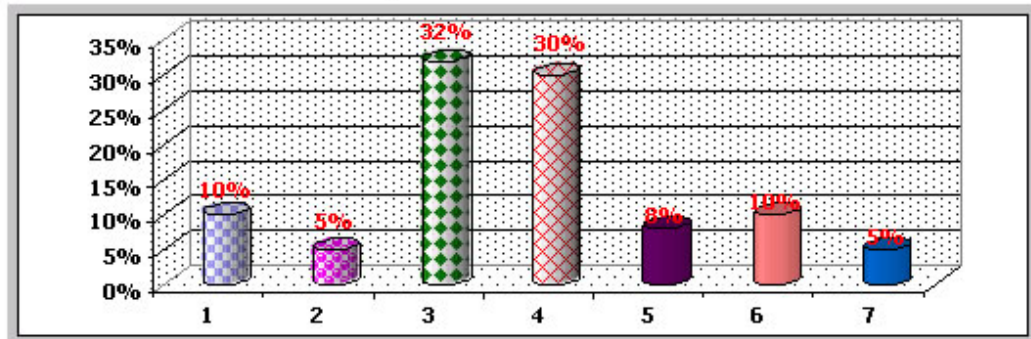
- Alternativa 3



13. ¿Cuál de los siguientes modelos le gusto más?

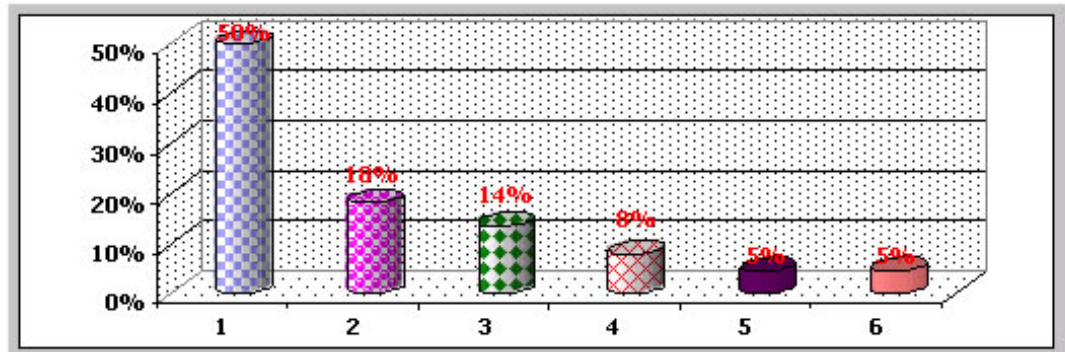


14. ¿Cuál es la razón o razones por las cuales usted selecciono este modelo?



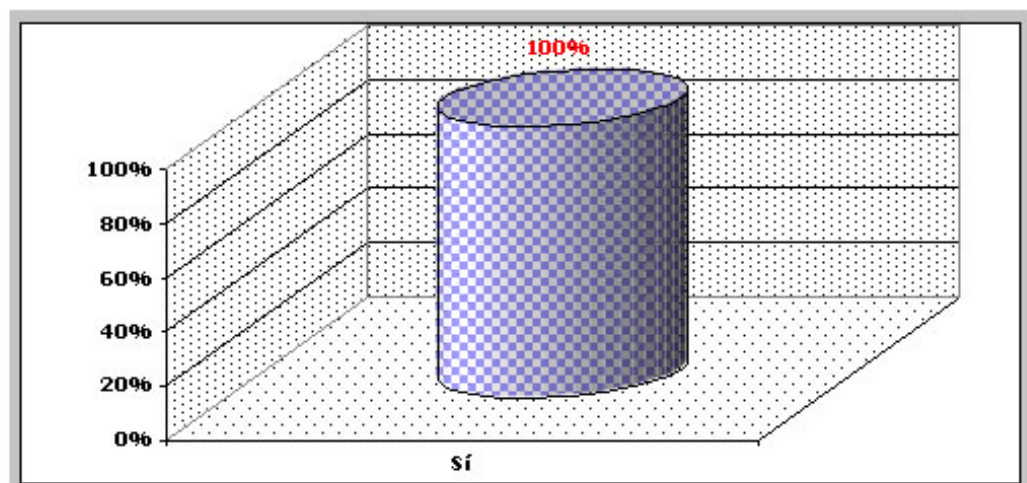
- 1 Considera los puntos de irrigación sanguínea
- 2 Aplica acupuntura y reflexoterapia
- 3 Es llamativa
- 4 Es anatómica
- 5 Brinda equilibrio
- 6 Es interesante
- 7 Tiene buena presentación

15. ¿Qué le cambiaría al modelo que escogió?

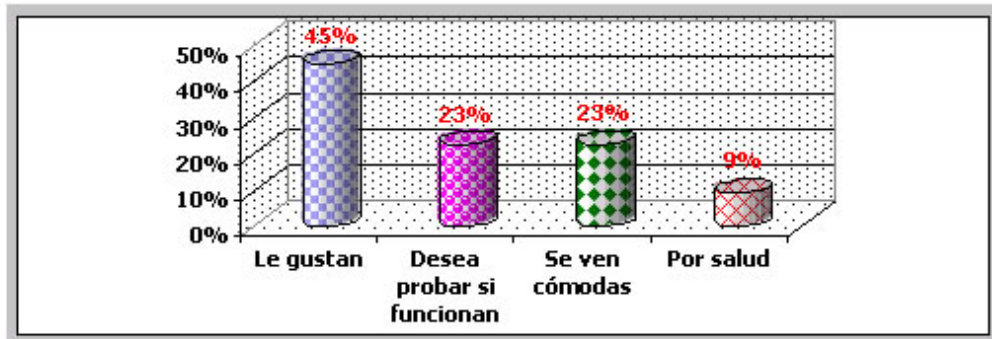


- 1 Nada
- 2 Color
- 3 Disminución de rigidez
- 4 relieve más uniforme
- 5 Cambio de dimensiones
- 6 Hacer más clara la lateralidad

16. ¿Estaría dispuesto a utilizarlas?

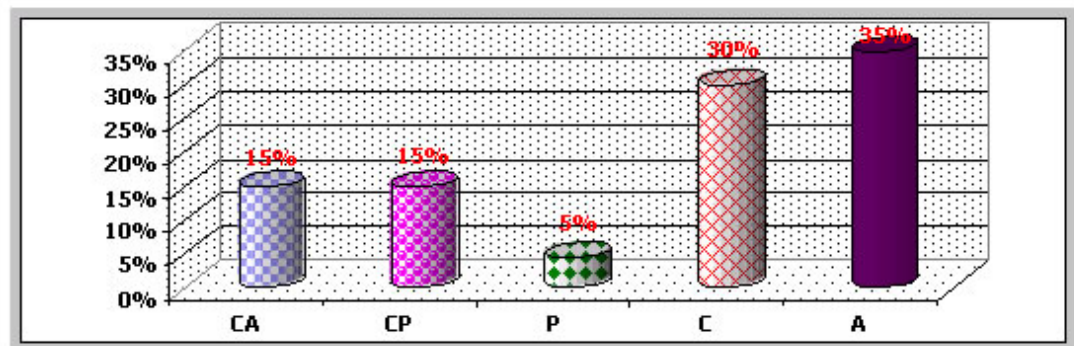


- Razones por las cuales utilizaría la alternativa seleccionada:



Capítulo 4: Factores de diseño a evaluar

17. ¿Cuál de los siguientes colores o combinaciones de colores le gusta más?



CA: Celeste - azul

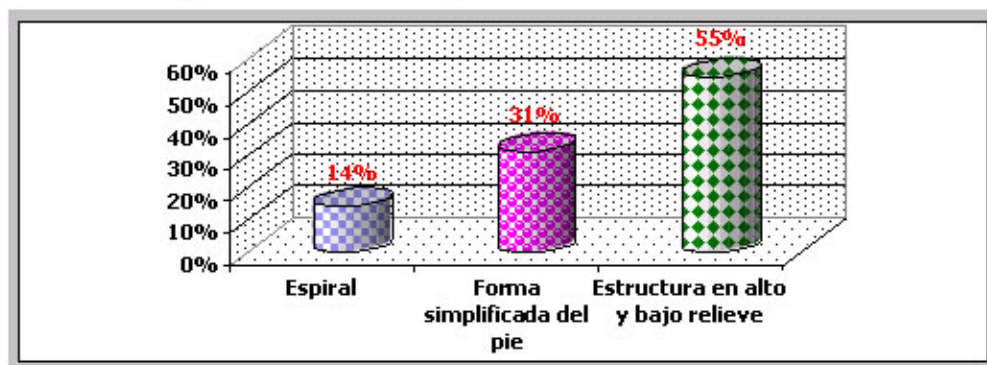
CP: Celeste - piel

P: Piel

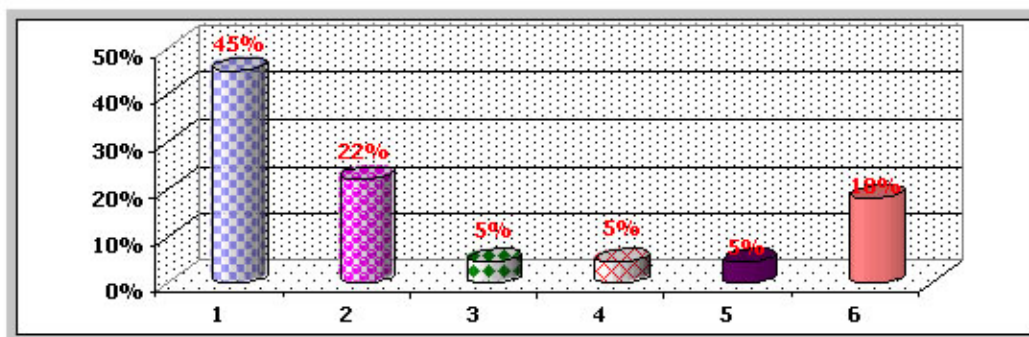
C: Celeste

A: Azul

18. ¿Cuál de las siguientes formas le gusta más?

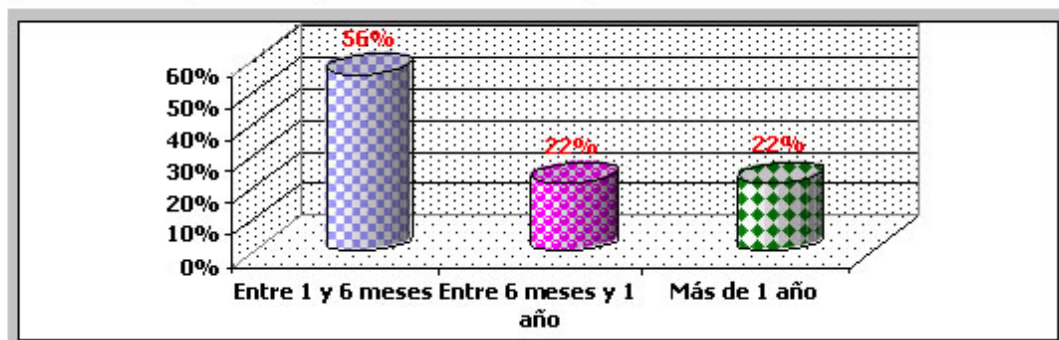


19. Bajo su concepto personal, ¿Qué considera que deben tener las plantillas para diabéticos?

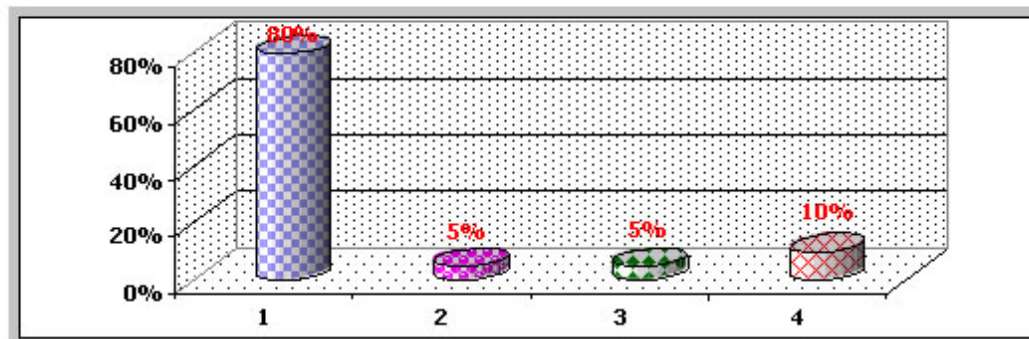


- 1 Comodidad
- 2 Suavidad
- 3 Redistribución del peso corporal
- 4 Adaptabilidad
- 5 Buena aireación
- 6 No sabe / No responde

20. ¿Cuánto tiempo cree que deben durar las plantillas?



21. ¿Para usted cuál sería la mejor forma de realizar la limpieza de las plantillas?



1 Lavarlas con agua y jabón dejándolas secar

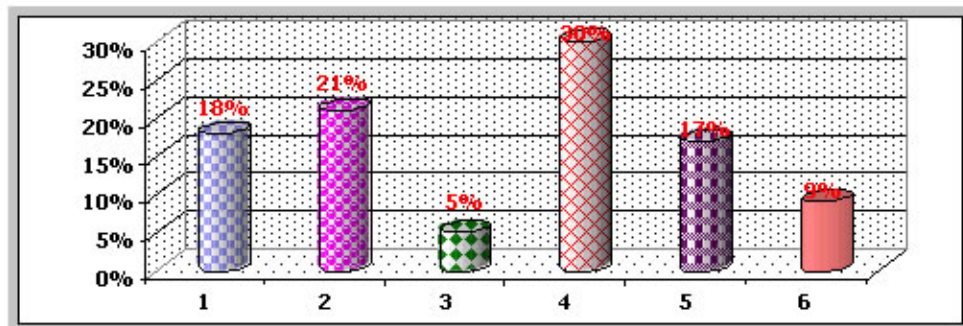
2 Exponerlas al sol

3 Limpiarlas con paño húmedo / asolear

4 Otras

Capítulo 5: Comercialización

22. Por favor ordene de mayor a menor según su criterio los siguientes factores tener en cuenta al momento de comprar unas plantillas, donde 1 será la más importante y 6 la menos importante.

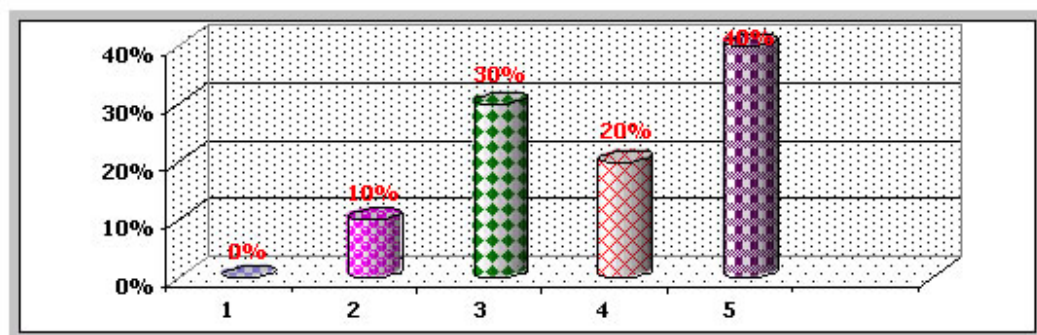


- 1 Calidad
- 2 Precio
- 3 Diseño
- 4 Comodidad
- 5 Material
- 6 Salud

23. ¿Cuanto estaría dispuesto a pagar por un par de plantillas del modelo que escogió?



24. ¿En qué lugares considera usted que se deben vender?



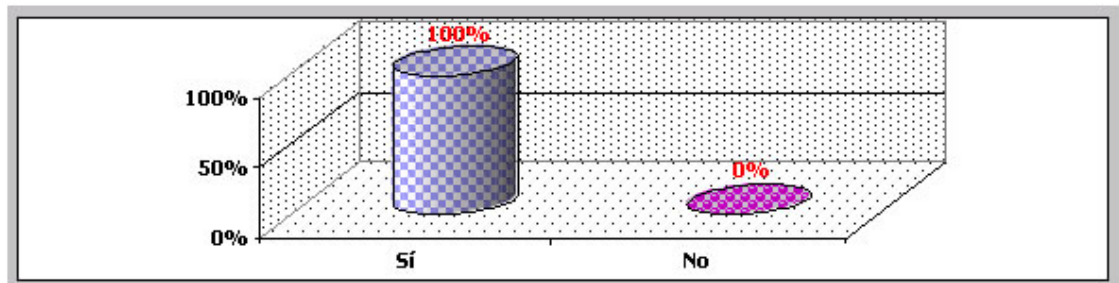
- 1 Venta callejera
- 2 Tienda ortopédica
- 3 Supermercado
- 4 Tienda de diabéticos
- 5 Droguería

ANEXO D

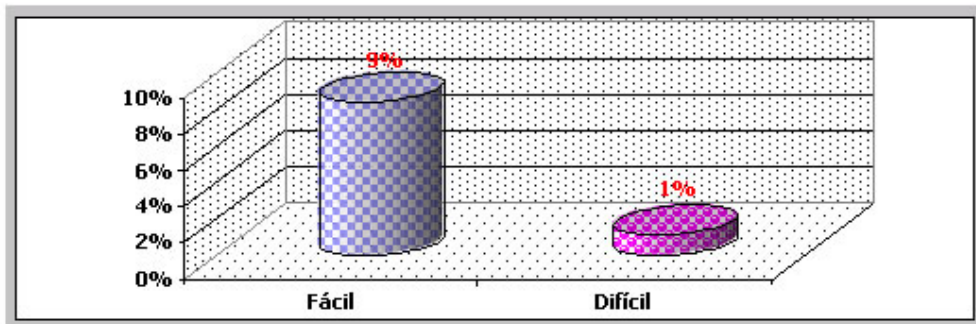
ESTADISTICAS DE RESULTADOS SEGUNDA ENCUESTA

Capitulo 6: Desarrollo de la marcha

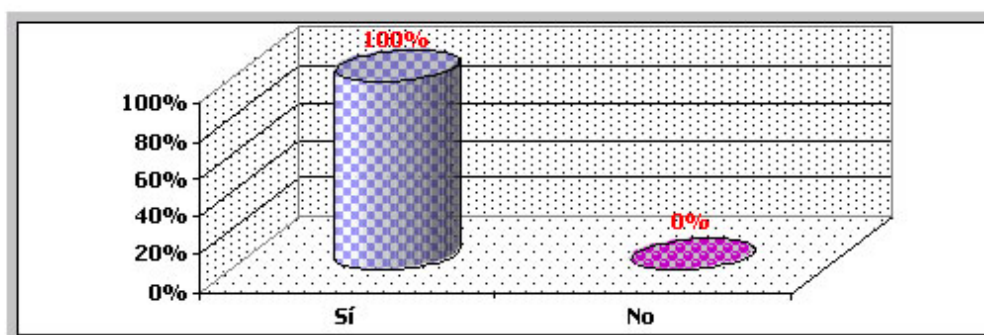
1. ¿Introdujo las plantillas dentro de sus zapatos?



¿Fue fácil o difícil?

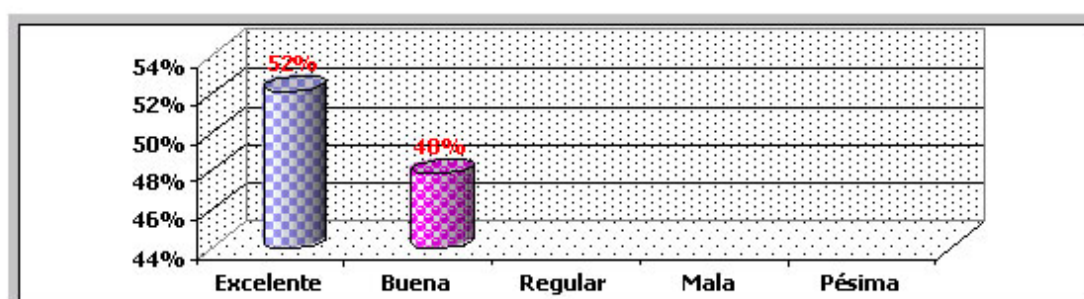


2. ¿Pudo introducir el pie dentro del zapato?

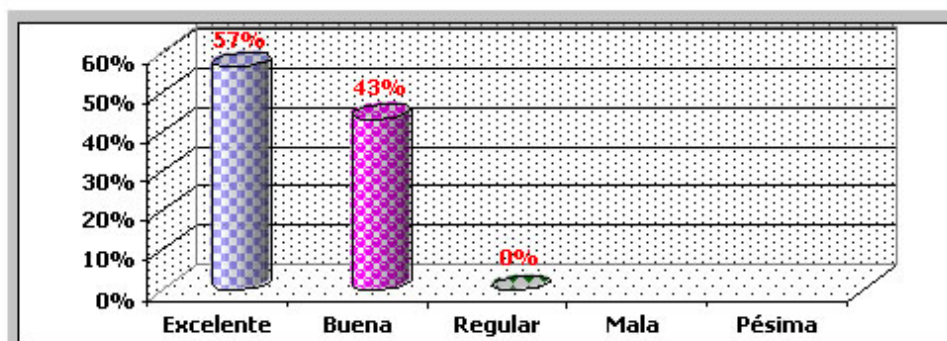


3. ¿Cómo calificaría usted los siguientes aspectos al caminar?

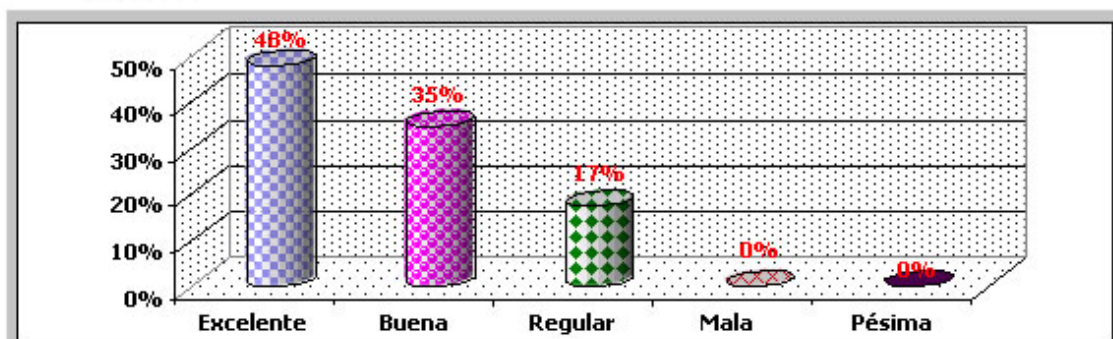
- Comodidad



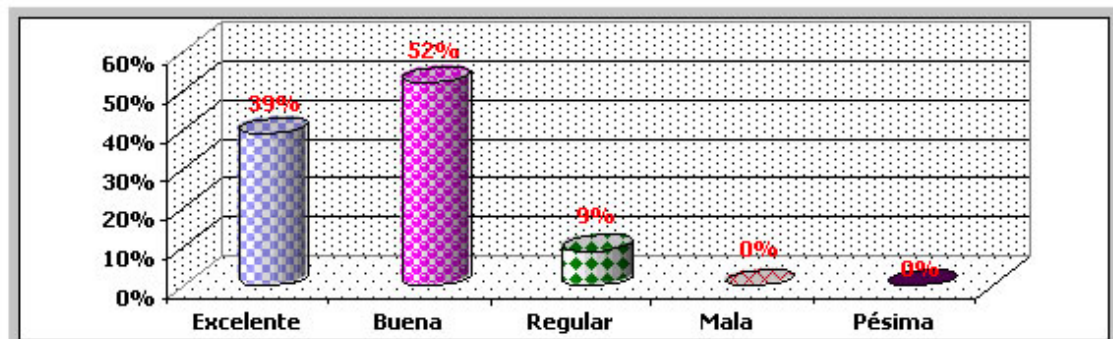
- Equilibrio



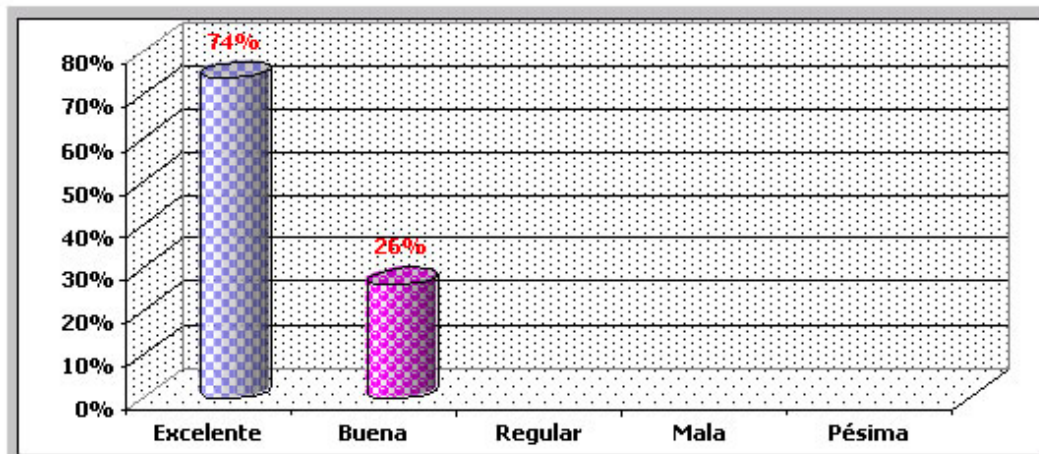
- Suavidad



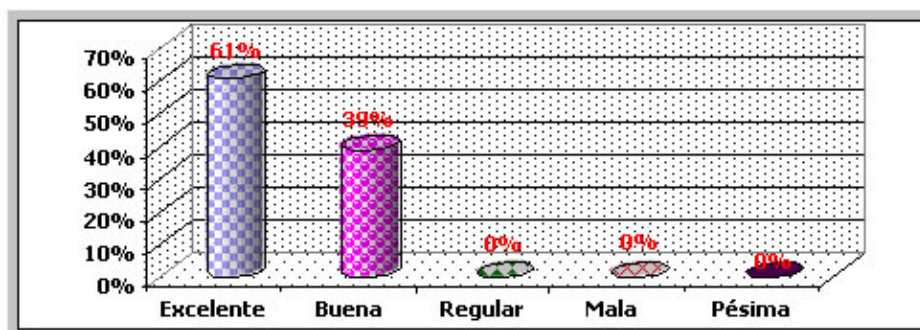
- Textura de la plantilla



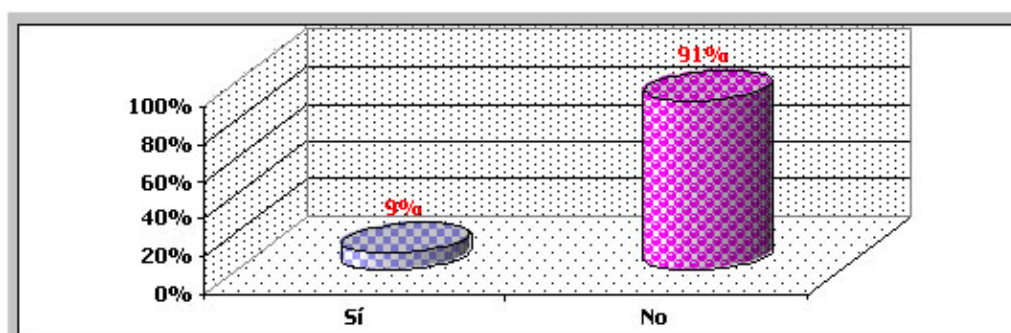
- Flexibilidad de la plantilla



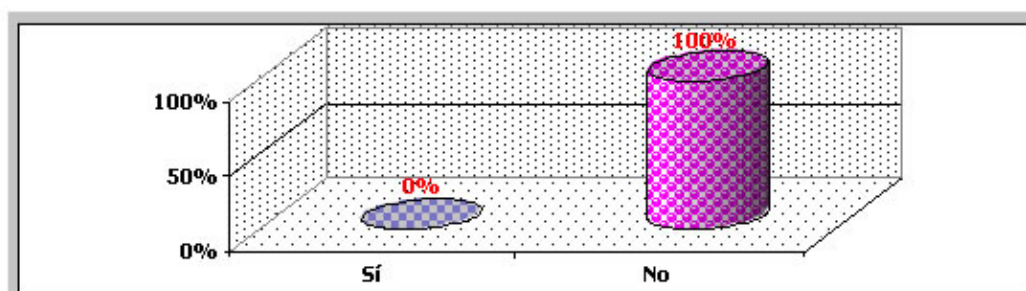
- Seguridad al caminar



4. ¿Considera que el uso de estas plantillas le podrían ocasionar heridas en las plantas de los pies?



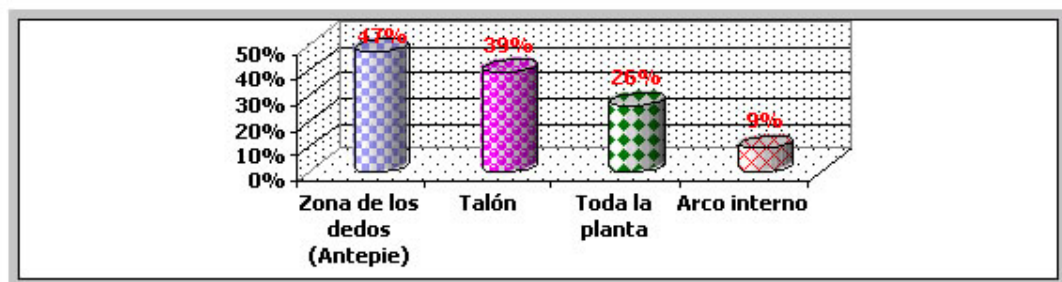
5. ¿Las plantillas le causaron heridas en la planta de sus pies?



6. ¿Cuál ha sido el nivel de calor que experimenta el pie, con los zapatos y las plantillas?

- 1. Muy acalorado: 0%
- 2. Acalorado: 4%
- 3. Poco acalorado: 9%
- 4. Indiferencia al calor: 0%
- 5. Normal: 87%

7. ¿Cuáles son las zonas del pie donde siente presión?

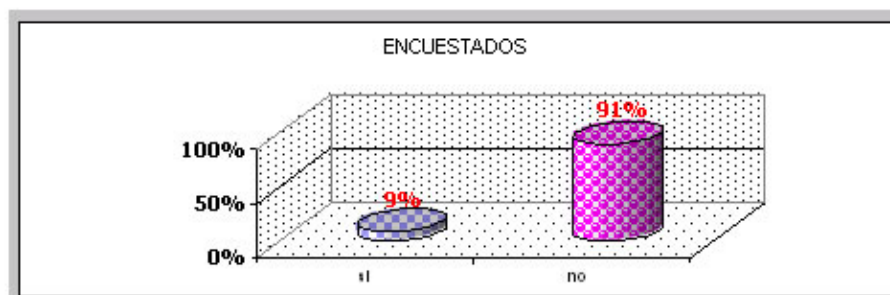


8. ¿Qué tipo de actividad física desarrollo con las plantillas dentro de sus zapatos?

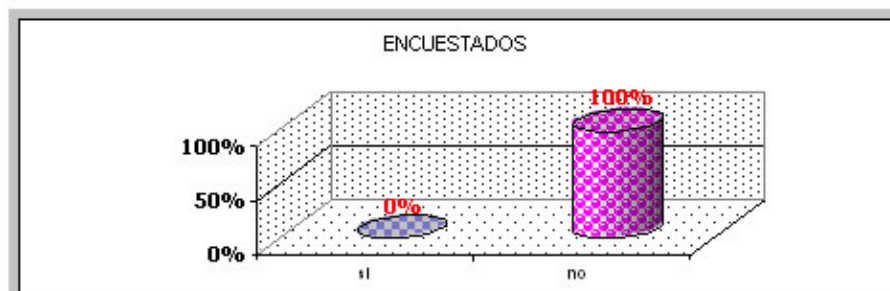
- Entre 1 y 3 horas 22%
- Entre 3 y 6 horas 26%
- Entre 6 y 9 horas 22%
- Entre 9 y 12 horas 17%
- Más de 12 horas 13%

9. ¿Presentó las siguientes manifestaciones después de realizar la actividad física?

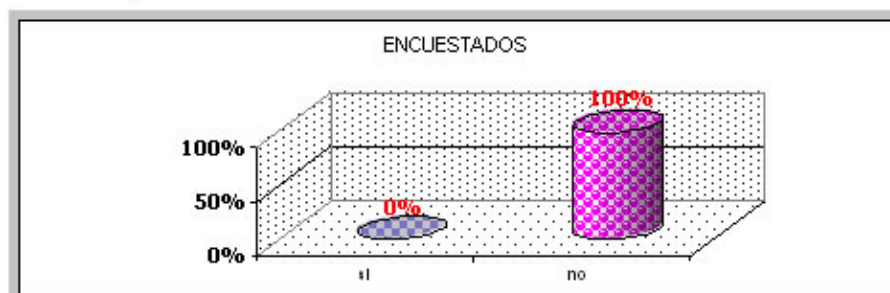
- Adormecimiento



- Hinchazón

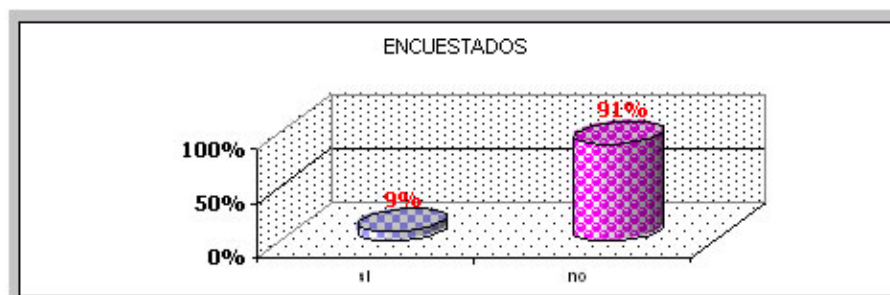


- Dolor en la pantorrillas

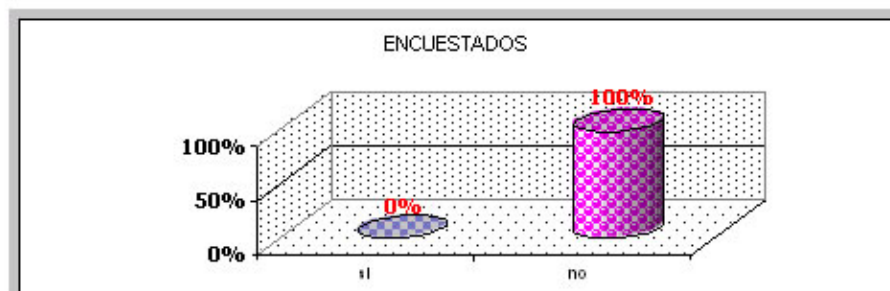


9. ¿Presentó las siguientes manifestaciones después de realizar la actividad física?

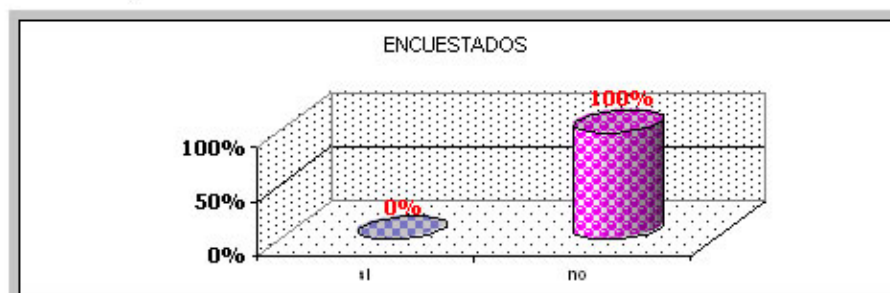
- Adormecimiento



- Hinchazón



- Dolor en la pantorrillas



ANEXO E PLANO TÉCNICO

