

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL



SANDALIA MODULAR

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE DISEÑADORA INDUSTRIAL
PRESENTA:

GRACIELA MEREDITH GÓMEZ FIGUEROA

CON LA DIRECCIÓN DE:

M.D.I. José Héctor López Aguado Aguilar

Y ASESORÍA DE:

D.I. Saúl Grimaldo López

D.I. Jorge Vadillo López

D.I. Miguel De Paz Ramírez

D.I. Enrique Pérez Martínez

Ciudad Universitaria, CDMX

2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL



Programa de Egreso y Titulación

Aprobación de impresión

EP01 Certificado de aprobación de impresión de documento.

Coordinación de Titulación
Facultad de Arquitectura, UNAM
PRESENTE

El director y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar el documento del alumno, alumna:

NOMBRE: GOMEZ FIGUEROA GRACIELA MEREDITH con no. de cuenta 311291148

PROYECTO: SANDALIAS MODULARES

OPCIÓN DE TITULACIÓN TESIS Y EXAMEN PROFESIONAL

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de LA TESIS, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día _____ **a las** _____ **horas.**

Para obtener el título de DISEÑADORA INDUSTRIAL

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Ciudad Universitaria, CDMX a 2 de septiembre de 2020

| SINODAL | FIRMA |
|--|-------|
| PRESIDENTE M.D.I. HÉCTOR LÓPEZ AGUADO AGUILAR | |
| VOCAL D.I. JORGE VADILLO LÓPEZ | |
| SECRETARIO D.I. SAUL GRIMALDO LÓPEZ | |
| PRIMER SUPLENTE D.I. ENRIQUE PÉREZ MARTÍNEZ | |
| SEGUNDO SUPLENTE D.I. MIGUEL DE PAZ RAMÍREZ | |

ARQ. MARCOS MAZARI HIRIART
 Vo. Bo. del Director de la Facultad

RESUMEN

El cuestionamiento inicial de esta investigación reside en el diseño de una sandalia, el cual indaga sobre los alcances dentro de un enfoque sustentable, resolviéndolo a través del método productivo de personalización masiva y la modularidad, sumado a la elección de materiales con un pertinente impacto ambiental y de un proceso productivo adecuado para otros términos que conlleva la sustentabilidad.

El objetivo principal de este trabajo es proyectar una familia de productos para generar una sandalia modular, que proponga diferentes estilos para cada módulo. Que esta sandalia satisfaga a la mayoría de una población sin problemas específicos ortopédicos en términos de ergonomía y confort, a través de la configuración formal y proponer un modelo de negocio que favorezca los niveles de sustentabilidad ambiental, social y económico.

Considerando las alternativas del fin de ciclo de vida, la reutilización lleva a la resolución de la pregunta de esta investigación, la cual busca potencializar el uso prolongado de la sandalia a través de la reparación de los módulos que componen este producto. Para que este sistema sea exitoso, es necesario que la suela sea de alta resistencia y que ésta, como el resto de las piezas, sean reparables, reciclables o degradables, por lo que

se estudian diferentes propuestas de materiales, evaluadas por su nivel de impacto ambiental y elegido por su factibilidad en cuanto a procesos productivos que permitan ejercerse dentro de una economía local.

El material elegido para la suela es un aglomerado de caucho reciclado combinado con un aglutinante monocompente de poliuretano que se lleva a cabo por medio de compresión en frío. Este tipo de proceso no conlleva desperdicio energético ni supone producción de desechos. Para los módulos, se eligieron pieles y fieltros, conformados por una o dos piezas, evitando el uso de pegamentos y costuras.

Finalmente también se propone una estructura a nivel de negocio, en la cual el fabricante se hace responsable no solo por la reparación de las piezas, sino por la recolección de estas para cuando sean desechadas y así asegurar su desensamble por piezas y reciclaje.



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por todo el esfuerzo y apoyo incondicional que me han brindado en cada decisión de este camino. A mi hermanita Gaby, mi más grande luz e inspiración. A Icela, por soportarme en entregas y todavía quererme tanto.

A Brandon, quien a pesar del tiempo y la distancia me acompañó con su paciencia y cariño.

A mis amigos Nacho, Aura y Mery, por todas las risas y los llantos, que a su lado hicieron más llevaderos los días dentro y fuera de la escuela.

A mi mejor amiga Mariana. A Diego, Fernanda y Karen por permanecer a través de los años y ser la pequeña familia que escogimos.

A mi tutor y asesor Héctor López Aguado, que fue un increíble apoyo en mi desarrollo profesional durante toda la carrera. A Saúl Grimaldo, Jorge Vadillo, Raúl Torres Maya, Enrique Pérez, Miguel de Paz, Sergio Torres “Chagas” y Ángel: por toda la ayuda, asesoría y conocimientos que me brindaron para poder terminar esta tesis. A Stephan Schulz, quien nunca leerá estos agradecimientos, pero me introdujo a este bonito proyecto. A todos mis profesores del CIDI, pues estoy segura que cada día hacen su mayor esfuerzo por preparar mejores diseñadores.

Y a la UNAM, pues nunca dejaré de estar agradecida por todas las oportunidades que me brindó para convertirme en lo que siempre quise ser.

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| I. ANTECEDENTES ~~~~~ | 1 |
| 1.1 HISTORIA - - - - - | 2 |
| 1.2 PROBLEMA - - - - - | 8 |
| II. INVESTIGACIÓN ~~~~~ | 11 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN - - - - - | 12 |
| 2.2 METODOLOGÍA - - - - - | 13 |
| 2.3 OBJETIVOS - - - - - | 14 |
| 2.4 IDEACIÓN - - - - - | 17 |
| 2.4.1. Lluvia de ideas: Materiales | 17 |
| 2.4.1. Lluvia de ideas: Análogos de función | 19 |
| 2.5 CONCEPTUALIZACIÓN - - - - - | 20 |
| 2.5.1 Prototipo conceptual con experimentación de materiales y procesos | 20 |
| 2.5.2 Análisis y prototipado funcional | 30 |
| 2.6 RESULTADO - - - - - | 32 |
| 2.6.1 Prototipo final | 32 |
| 2.7 JUSTIFICACIÓN - - - - - | 36 |
| 2.7.1 Sustentabilidad | 37 |
| 2.7.2 Postura de Diseño | 41 |
| 2.7.3 Personalización masiva | 41 |
| 2.7.4 Personalización masiva dentro del Proceso de Diseño | 44 |
| 2.7.5 Implicaciones de diseño | 48 |
| 2.7.6 Reflexiones del capítulo | 52 |
| III. PROFUNDIZACIÓN ~~~~~ | 55 |
| 3.1 MATERIALES - - - - - | 57 |
| 3.1.1 Materiales de Origen Natural | 58 |
| 3.1.2 Materiales de Origen sintético | 66 |
| 3.2 PROCESOS - - - - - | 70 |
| 3.3 INVESTIGACIÓN ERGONÓMICA - - - - - | 77 |
| 3.3.1 Anatomía del pie | 78 |
| 3.3.2 Confort | 82 |
| 3.3.3 Reflexiones del capítulo | 93 |

| | |
|--|------------|
| 3.4 PROPUESTAS DE MATERIALES - - - - - | 94 |
| 3.4.1 Laminación | 96 |
| 3.4.2 Moldeado | 100 |
| 3.4.3 <i>Composites</i> | 107 |
| 3.4.4 Fibras naturales | 114 |
| 3.4.5 Tabla de Evaluación de Materiales | 122 |
| 3.5 EVALUACIÓN: COMPOSITE DE CAUCHO - - - - - | 124 |
| 3.6 PERFIL DE PRODUCTO - - - - - | 132 |

4. VALIDACIÓN ~~~~~137

| | |
|---|------------|
| 4.1 ANÁLOGOS - - - - - | 138 |
| 4.2 DESARROLLO DE PRODUCTO - - - - - | 144 |
| 4.2.1 Exploración de suelas y cortes. | 146 |
| 4.3 ETAPA DE PRUEBAS - - - - - | 160 |
| 4.3.1 Suelas | 160 |
| 4.3.2 Cortes | 174 |
| 4.3.3 Modelos | 178 |

V. DISEÑO FINAL ~~~~~181

| | |
|---------------------------------|------------|
| 5.1 FUNCIÓN - - - - - | 186 |
| 5.1.1 Storyboard | 188 |
| 5.2 PRODUCCIÓN - - - - - | 192 |
| 5.3 ERGONOMÍA - - - - - | 194 |
| 5.4 ESTÉTICA - - - - - | 196 |
| 5.5 MERCADO - - - - - | 198 |
| CONCLUSIONES - - - - - | 200 |
| BIBLIOGRAFÍA - - - - - | 204 |

VI. PLANOS ~~~~~209

VII. ANEXO DE MATERIALES ~~~~~215

| | |
|----------------------|-----|
| 6.1. Cuero | 216 |
| 6.2 Caucho. | 217 |
| 6.3 Fieltro. | 219 |
| 6.4 EVA | 219 |
| 6.5 PU | 220 |



I. ANTECEDENTES

1.1 HISTORIA

El pie humano tiene varias características únicas: el talón, el arco interno y el Hallux, mayormente conocido como dedo gordo del pie; los que han hecho posible la postura erguida del ser humano. El pararse sobre los pies permitió que las manos se desarrollaran y se puede considerar que esta es la razón por la que el cerebro humano es más complejo. El pararse sobre dos pies, a lo largo del tiempo y la evolución, ha permitido el desarrollo de músculos como los glúteos, muslos o senos. Por lo tanto, el pie ha desempeñado históricamente una gran importancia en el desarrollo de la evolución humana. (Kippen, 1999)

De acuerdo con Kippen (1999), en la Edad de Piedra se utilizaban zapatos toscos para protegerse de las espigas y rocas. Se piensa que las sandalias fueron los primeros recubrimientos hechos a mano con diseño simple y práctico: una suela rígida para sujetar al pie, generalmente con correas, mientras que las suelas fueron hechas de casi todo lo que estaba a la mano.

Según el artículo de Walford (s.f.), el uso y la necesidad de las sandalias, la protección más básica del pie, se formula en climas cálidos, en un contexto arenoso y rocoso, donde se busca la protección contra los insectos o las espigas. Y a pesar de esto, las sandalias no se encuentran únicamente en climas cálidos.



Fig... 1.1.1 Sandalias Geta de finales del siglo XIX (Museum of Fine Arts, Boston)



Fig. 1.1.2 Sandalias Paduka de madera, siglo XIX-XX (Fowler Museum, UCLA)



Fig. 1.1.3 Par de sandalias kab-kab, del Norte de África del siglo XVIII. (Museum of Fine Arts, Boston)

En Japón, las “geta” (fig... 1.1.1) son sandalias de suela de madera que se utilizan con calcetines para evitar la humedad y el frío. Incluso se llegó a coser una calceta de piel a la suela, pero siempre permanecieron las correas de la sandalia.

En la India, el metal y la madera también se han utilizado para producir la “paduka” (fig... 1.1.2), las tradicionales sandalias de los hindúes. Las sandalias de madera sirias (fig.. 1.1.3), a menudo incrustadas con alambre de plata y nácar, fueron apodadas “kab-kabs” después del sonido que emiten. Además está la “hausa” subsahariana, sandalias con suelas grandes que se extienden mucho más allá del pie (fig... 1.1.4). Por otro lado, en climas más húmedos, las sandalias fueron preferidas por su transpirabilidad, por ejemplo, los antiguos aztecas y mayas de América Central adoptaron una sandalia de suela gruesa con una pieza protectora atada al talón, mientras que la parte superior del pie y la espinilla permanecían expuestas. (fig.. 1.1.5)



Fig. 1.1.4 Sandalias Hausa fabricadas en Nigeria, siglo XIX (Museum of Applied Arts and Sciences, Australia)

En la cultura egipcia, las sandalias estaban destinadas hacia la élite, empezando por el faraón y poco a poco se fue extendiendo a las filas de la sociedad. Para la época de la ocupación romana, a la mayoría, excepto a los estratos sociales más bajos, se les permitía usar calzado. Las sandalias eran objetos preciados que representaban el viaje



Fig... 1.1.5 Pies de un indígena con huaraches, inicios del siglo XX (Fototeca Nacional, Hidalgo, México)

después de la muerte y que se enterraban con el difunto en la tumba. Hay ejemplos de hasta más de 4 mil años hechos de suelas de madera dura, lo que sugiere que en la muerte los objetos eran simbólicos. Y en las tumbas más nuevas, de entre 2 mil y 2 mil 500 años, se revela calzado cotidiano. (fig.. 1.1.6)

Los griegos también desarrollaron muchos tipos diferentes de sandalias y otros zapatos, dando nombres a los diferentes estilos. Mantuvieron registros dando descripciones y referencias a los diferentes tipos: había reglas estrictas sobre quién podía usar qué, cuándo y con qué propósito. Y así como los griegos, los romanos nombraron los diferentes estilos. De hecho, la palabra “sandalia” proviene de su nombre en latín *sandalium*.

Pero con la invasión romana en el norte de Europa, el clima obligó a que adoptaran un estilo de zapato más cerrado, comenzando el declive de la sandalia en el período clásico. Y aunque estas dejaron de ser usadas como el calzado cotidiano, hay evidencia de algunos artistas que retrataron figuras clásicas en frescos del cristianismo durante el Renacimiento.

Ya a finales del siglo XVIII, se miró al pasado para conseguir nuevas figuras para el calzado femenino, del cual se hizo una zapatilla con correas, aunque estos no eran sandalias. Las reglas de decoro pedían que se mantuvieran los dedos de los hombres y mujeres ocultos incluso en la playa, por lo que las sandalias consistían en zapatos cerrados de algodón con suela de corcho y



Fig... 1.6 Par de sandalias encontradas en la tumba de Tutankamón. (Ministry of antiquities, Egipto)

cordones entrecruzados, adoptados por primera vez en la década de 1860.

A fines de la década de 1920, cuando las mujeres comenzaron a usar pijamas de playa, fueron combinadas con sandalias de tacón bajo, de cuero y correas de algodón. Y fue terminando los años 30 (fig... 1.1.7) que se restableció la necesidad de la sandalia en el mundo moderno.

En la década de 1950, muchos hombres europeos llevaban sandalias para ropa informal, pero la mayoría de los hombres norteamericanos las consideraban demasiado efímeras. En el caso de las mujeres, se usaban con correas muy delgadas, para dar la ilusión de no llevar ningún calzado.

Terminando los 60's, la moda hippie introdujo el estilo de sandalia más básico en las calles de Estados Unidos: las chanclas o *flip-flop*, que eran importados de México o Asia. Un calzado unisex que abarcó el naturalismo, la comodidad y el estilo de inspiración étnica. Hechas de caucho y posteriormente en diferentes tipos de plásticos, formaron parte del atuendo para visitar la playa (Múzquiz, 2018). Fueron estas sandalias las que pavimentaron el camino para las sandalias "saludables" en la moda, tales como las Birkenstock en los 70's.

Desde su llegada, las sandalias *flip-flop*, son un producto básico para casi cualquier individuo y debido a su bajo costo, son generalmente adquiridas en países en desarrollo. Caracterizadas por ser unisex, por su sencilla forma y por lo tanto,

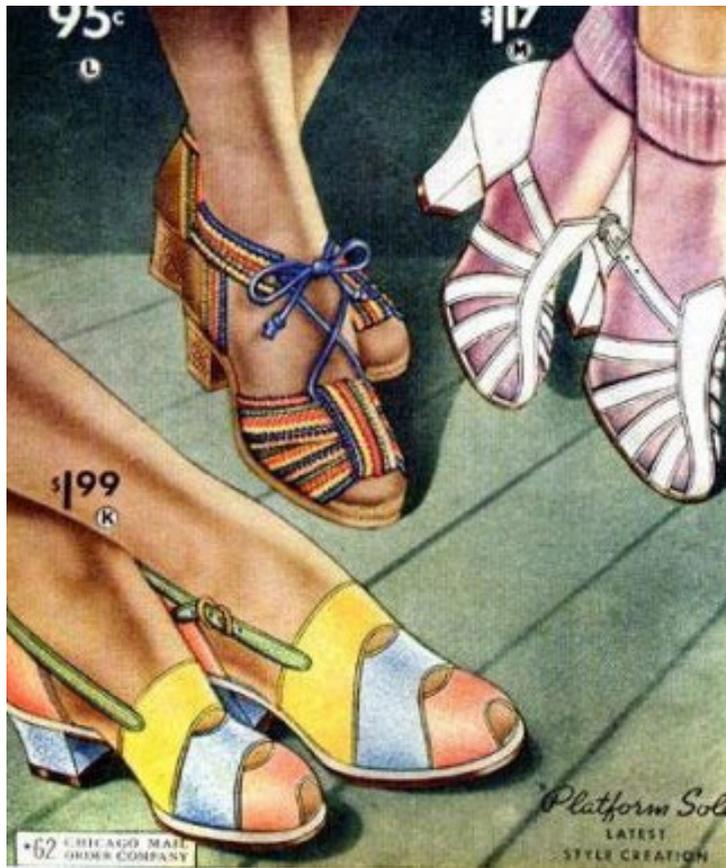


fig. 1.1.7 (1938 sandals with socks. En <https://vintagedancer.com/vintage/retro-sandals/>)

su sencilla producción, continúan teniendo dos problemas potenciales en el mundo actual:

Uno de ellos es la aceptación social. Aunque son adquiridas en todo el mundo, el uso de este tipo de calzado sigue siendo incluido dentro de un código informal de vestimenta o son relacionadas directamente con su uso la playa. Y es que, aunque las sandalias femeninas ya han sido trabajadas para vestirlas en casi cualquier ámbito, las sandalias unisex no habían sido incorporadas a las filas de la moda.

El trabajo que se ha hecho en las pasarelas de moda con las sandalias en general ha aportado demasiado a la aceptación de su uso en cualquier ámbito y para cualquier sexo. Desde que en 2017 la marca Balenciaga exhibió su calzado deportivo Triple S, el calzado se ha vuelto cada vez más voluminoso y más atrevido. En pasarelas de mar-

cas *de diseñador* como Marc Jacobs, Miu Miu o Rick Owens, se han modelado sandalias desde entonces (Carder, 2018) regresando a la jugada a las sandalias y posicionándolas como un calzado unisex para todo contexto u ocasión.

El segundo problema es más grande e importante: el desecho del tipo de sandalias *flip-flop*, se ha convertido en una amenaza a la naturaleza. Yasukawa y Page (2017) reportan en su artículo que el grupo de conservación y reciclaje Ocean Sole declaró que una cantidad significativa de la contaminación que aparece en las playas del este de África proviene de chanclas desechadas, aproximadamente 90 toneladas al año. Esta cantidad además no contempla los productos que son desechados a los vertederos alrededor del mundo.



Foto: "How flip-flops pollute beaches", CNN



Rick Owens Sandals Spring/Summer 2018

1.2 PROBLEMA

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Las sandalias fueron y continúan siendo un calzado tan simple como complejo. Su presencia en la vida del humano ha sido de gran importancia para la evolución del hombre. En la actualidad, la moda ha comenzado a recolocarlas en el mapa. Básicamente, las sandalias representan una comodidad caracterizada por su ligereza, cuyo principio es un calzado abierto, que nunca encierra completamente al pie.

El planteamiento del problema surgió a raíz de la participación de la empresa fabricante de calzado deportivo Lunge GmbH en la clase *Sandalestilikone* en el periodo de movilidad 2017-1 en Wismar, Alemania. El proyecto consistió en proponer una sandalia unisex de estilo deportivo-casual. Sin olvidar la problemática ambiental provocada por las sandalias perdidas en el mar y las que terminan en los vertederos, se propuso añadir un enfoque sustentable para este producto, resolviéndolo a través de materiales, la configuración formal y métodos productivos.

LIMITACIONES

Los materiales y métodos de producción deberían ser compatibles con una fabricación de media a alta escala, buscando disminuir el impacto ambiental en el aspecto formal de diseño, el material y proceso productivo.

En el aspecto formal, se solicitó que las sandalias fueran unisex y que cumpliera una estética de uso casual.

Las sandalias a su vez, debían ser ajustables para cualquier usuario a través de diferentes sistemas de sujeción.



II. INVESTIGACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es diseñar una sandalia unisex más sustentable que las que son actualmente comercializadas, a través de un sistema productivo para la fabricación de sandalias que se aproxime hacia un resultado más conveniente; considerando el método productivo, herramientas, tecnología y materiales.

De acuerdo con la metodología utilizada para desarrollar este proyecto, en primer lugar se realizaron algunas dinámicas para conseguir el concepto, que satisficiera la estética y la funcionalidad de la sandalia, así como los requisitos que la empresa Lunge GmbH había establecido, para posteriormente hacer una justificación teórica del producto en términos de sustentabilidad y por último conseguir un producto final.

Para ello, es importante definir en primer lugar qué es la sustentabilidad y diferenciar los términos referentes al cuidado del medio ambiente, así como los niveles que comprende un desarrollo sustentable: ambiental, económico y social. De esta manera se puede distinguir y señalar los propósitos y niveles que este proyecto tiene que alcanzar.

Posteriormente, se analiza el método de producción de Personalización Masiva como una solución para abordar la individualidad de cada

cliente, pero también el cómo esto puede proporcionar un enfoque sustentable para el diseño a través del diseño modular, en el cual el cliente o usuario puede decidir qué comprar según sus propios requisitos, necesidades y gustos; por medio de la configuración del objeto, para poder adquirir cada módulo por separado; y al final del ciclo, cómo esto puede ayudar a la desintegración por partes de los productos para ser reparados, reciclados o desechados.

También se hace un análisis de sustentabilidad de ciertos materiales utilizados en la fabricación de calzado, dirigido a la extracción de la materia prima, la producción y aplicación en el calzado. Esto para conseguir una evaluación teórica a propuestas específicas de materiales, para establecer pautas para la siguiente etapa del desarrollo del producto.

Finalmente, se abordan definiciones dentro del ámbito de la ergonomía del pie, que permitan definir y cumplir la condición de ser *comfortable* y así poder afrontar el reto del proyecto con términos y magnitudes objetivas durante el proceso de diseño.

2.2 METODOLOGÍA

I. Ideación

Lluvia de ideas de materiales

Lluvia de ideas de función en productos similares

II. Conceptualización

Prototipo conceptual con experimentación de materiales y procesos

Prototipado funcional

III. Análisis y Conclusiones

Retroalimentación académica y empresarial

Prototipo de concepto de diseño

Justificación escrita de concepto de diseño.

Revisión de resultado de Etapa de Conceptualización

Conclusiones y requerimientos para etapas posteriores

IV. Profundización

Investigación de materiales

Materiales

Propuestas de materiales

Investigación ergonómica

V. Validación

Solución para iniciar Etapa de Pruebas

Resolución de problemas

VI. Desarrollo

Diseño final



2.3 OBJETIVOS

GENERALES

- Proyectar una familia de productos que generen un calzado modular, que propongan diferentes formas o estilos para cada módulo.
- Hacer una elección de materiales con un pertinente impacto ambiental sustentado en el análisis del ciclo de la vida de los mismos.
- Plantear un proceso productivo que estimule una economía local para activar una sostenibilidad social.
- Plantear un modelo productivo y de negocio que permita reducir el gasto energético y de recursos a lo largo de la cadena de valor.
- Proponer una plantilla que satisfaga a la mayoría de una población sin problemas específicos ortopédicos en términos de ergonomía y confort.

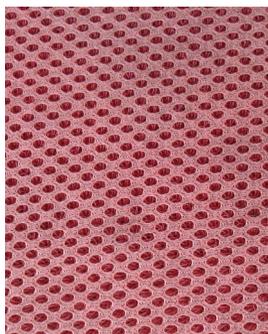
PARTICULARES

- Definir los ángulos y curvaturas que permitan el efectivo intercambio de piezas en la familia de producto.
- Proponer al menos dos modelos de módulos para comprobar la intercambiabilidad del calzado.
- Utilizar sistemas de cierre que no impliquen uniones permanentes y permitan la separación de la mayoría de las piezas.
- Analizar la fabricación, uso, degradación y desecho de los materiales propuestos para las piezas del calzado.
- Averiguar los costos de montaje y el consumo energético de los procesos productivos de los materiales.
- Sugerir un sistema de empaque y embalaje que reduzca el uso de recursos y de espacio durante la distribución del producto.
- Estudiar qué valores definen el confort e implementarlos en el diseño de la plantilla.



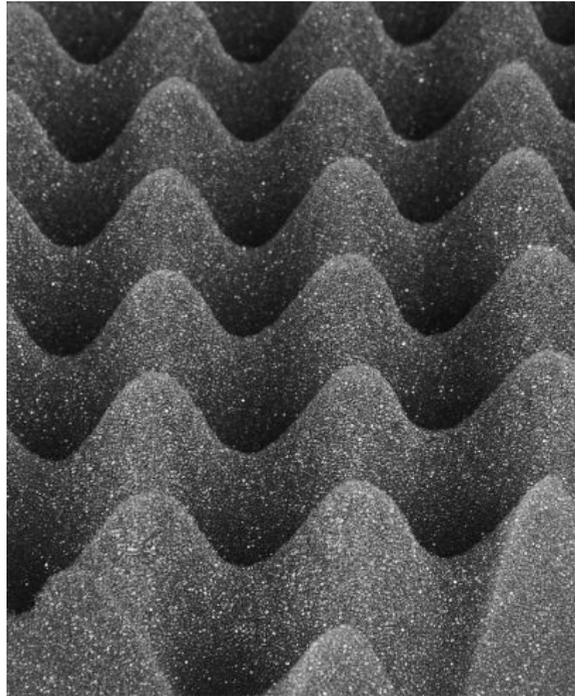
2.4 IDEACIÓN

2.4.1. LLUVIA DE IDEAS: MATERIALES



Se inició el proyecto con una presentación grupal para la clase Sandalestilikone en Wismar, Alemania. Se hizo una muestra de diferentes tipos de materiales textiles y plásticos, algunos de ellos utilizados comúnmente en la producción de calzado, pero más importante aún, de materiales que son utilizados en otro tipo de objetos que no estaban relacionados al calzado, como en el sector automotriz, diseño de textiles, tejidos con

materiales orgánicos o tejidos utilizados en la seguridad, como los bomberos. Sin embargo, era importante descontextualizar el material, pues la finalidad del ejercicio no era elegir un material para desarrollar el producto con éste, sino obtener inspiración sobre diferentes formas constructivas, así como las cualidades de cada pieza: dureza, producción, origen, tamaño, etc.



2.4.1.

LLUVIA DE IDEAS: ANÁLOGOS DE FUNCIÓN



En la siguiente sesión grupal se mostraron en la clase algunos nuevos materiales dentro de los mismos y otros campos, permitiendo ampliar más la lluvia de ideas y cerrando las posibilidades respecto al uso de ciertos materiales, comenzando a esbozar algunas soluciones al problema presentado.

En esta misma sesión, se presentaron algunas soluciones funcionales parciales en otros objetos de diseño, como cascos de bicicleta, botellas, prendas, motocicletas, etc. Esto con la principal finalidad de encontrar algunas soluciones respecto al tipo de cierre de las sandalias, utilizando algunos broches estándar, algunos mecanismos específicos o materiales innovadores, sin importar que no fuera la misma dimensión de los objetos o el mismo uso.



2.5 CONCEPTUALIZACIÓN

2.5.1

PROTOTIPO CONCEPTUAL CON EXPERIMENTACIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS

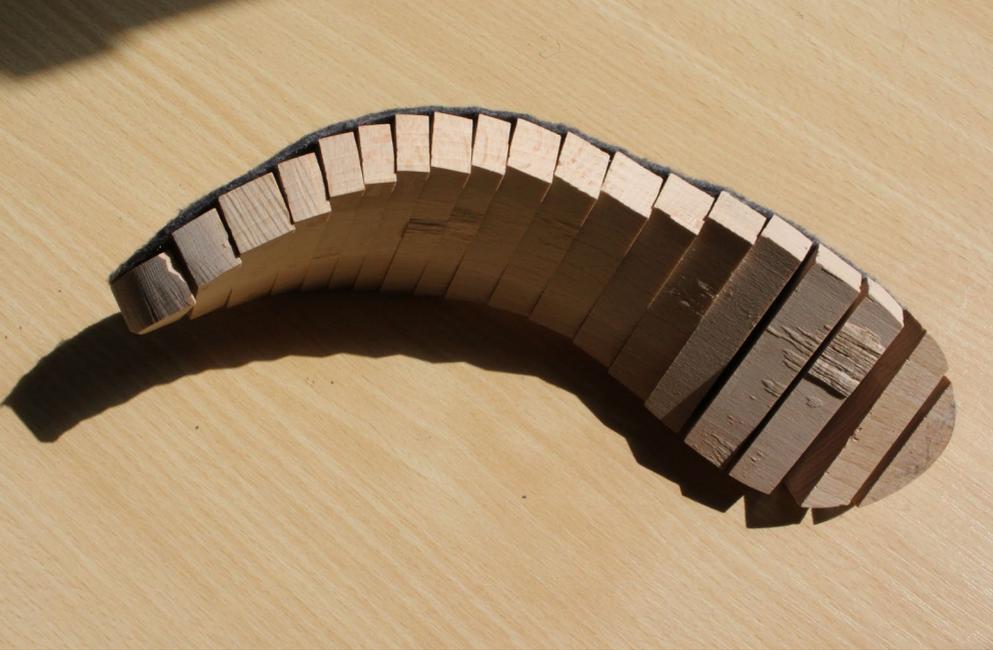
Una vez trabajados estos pasos en grupo, cada participante presentó un primer bosquejo en prototipo conceptual. El objetivo era utilizar, como máximo, 3 de los materiales que fueron observados en las sesiones anteriores, empleando tecnologías como la impresión 3D o el corte por control numérico. De esta manera, la lluvia de ideas ya iba enfocándose hacia el calzado, sin importar todavía alguna propuesta específica conceptual, sino a entender el uso de estos materiales y seguir obteniendo ideas de cómo utilizarlos.

Esto sin duda ayudó a esclarecer e impulsar algunas ideas y comenzar a proponer algunas formas y funciones de los materiales. Este punto tomó al menos 5 sesiones para conseguir su finalidad, donde en cada una de ellas se iba experimentando con más materiales y se iba refinando cada vez más el concepto y la forma.

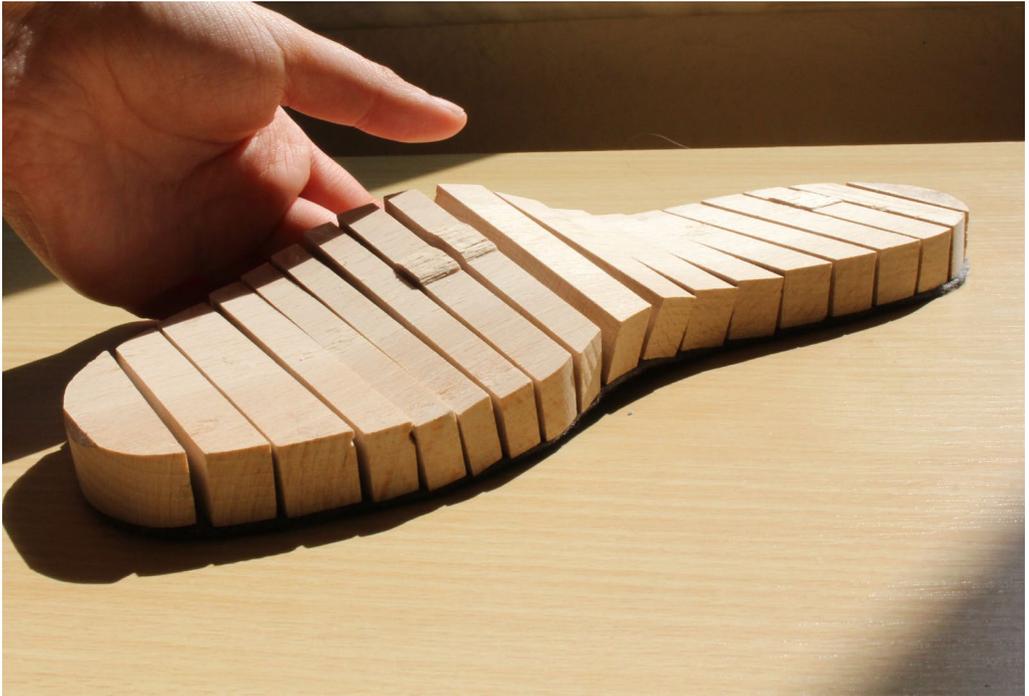


a) La exploración comenzó con piezas de madera para la parte de la suela. Como primer acercamiento, se presentó un prototipo routeado, en el que se propuso una estructura que permitiera tener flexibilidad a la pieza a través de ciertos cortes paralelos. Este prototipo no cumplió dicho objetivo, ya que aunque el corte era suficientemente profundo, el tipo de material era rígido.





b) Utilizando el primer prototipo de madera y los cortes mencionados, para dar flexibilidad a la pieza, se le colocó un respaldo de paño que sostuvo las piezas de madera. De esta manera se obtuvo la flexibilidad y resistencia por los materiales usados, sin embargo era inestable y completamente flexible para su funcionalidad como suela.



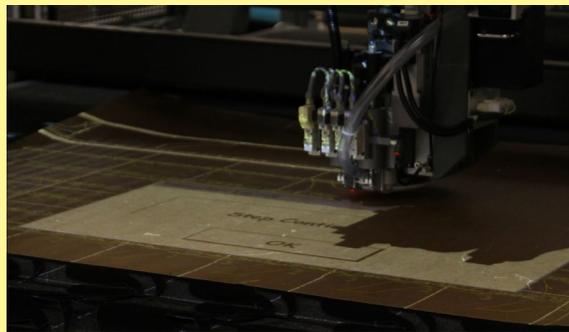
c) Continuando con el mismo concepto, se propuso que una pieza espumosa se encontrara en medio de las cavidades de las piezas routeadas, en lugar de unir las por medio de un respaldo. Se realizó con piezas de etilvinilacetato (EVA) y se colocó entre cada ranura que fue cortada, sin embargo, no era suficientemente resistente al adherir el EVA y la madera, además de perder las cualidades estéticas de las ranuras.



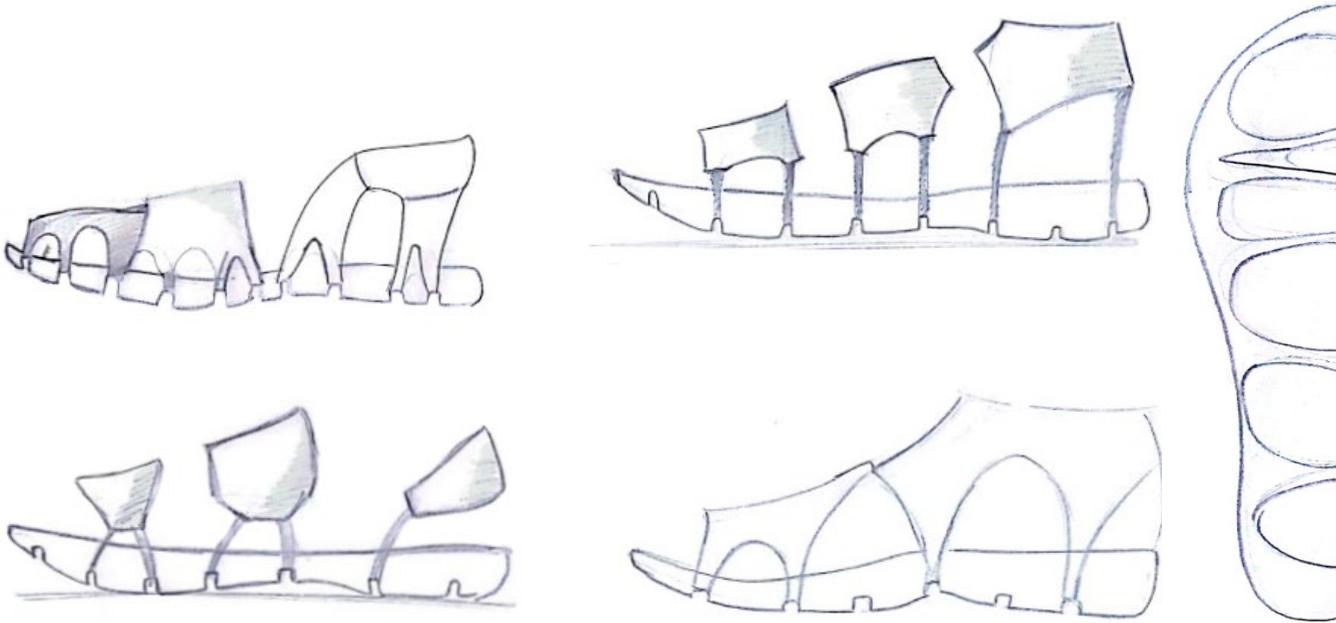
VISITA DE CAMPO

Como parte de las actividades relacionadas con la clase y el vínculo realizado con la compañía Lunge GmbH, se hizo una visita a la fábrica donde se producen y ensamblan los productos que comercializan, principalmente calzado deportivo. La visita fue de gran utilidad para entender los procesos utilizados actual y comúnmente en el sector de calzado.

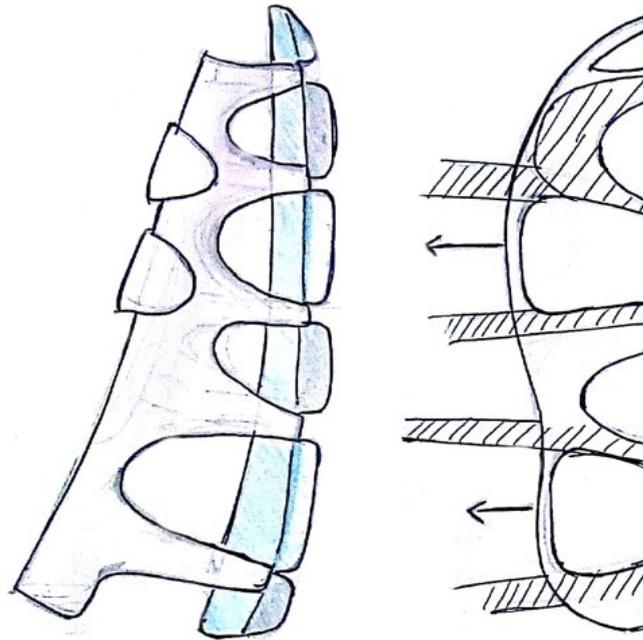
La fábrica principalmente se distribuía en ciertas áreas: corte de suelas (CNC), corte de piezas para generar el desarrollo del corte del zapato (corte láser); ensamble del corte y ensamble del zapato. Además, pudimos obtener materiales de muestra, así como nuevas ideas sobre materiales que podían ser utilizados y manufacturados.

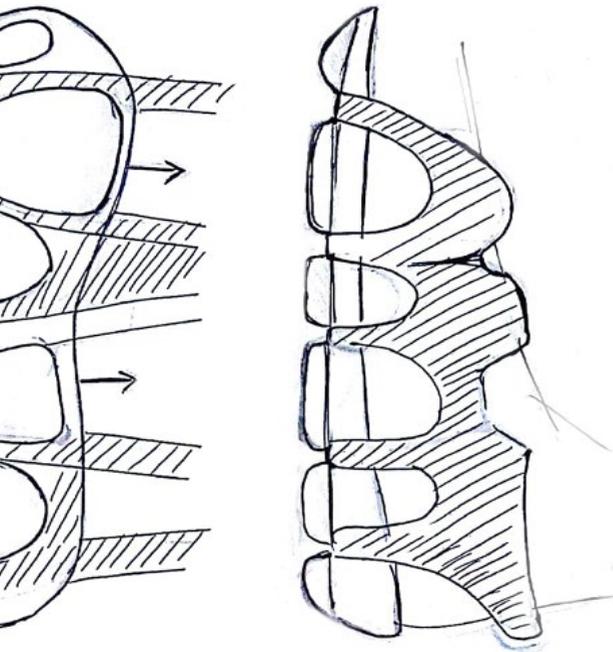
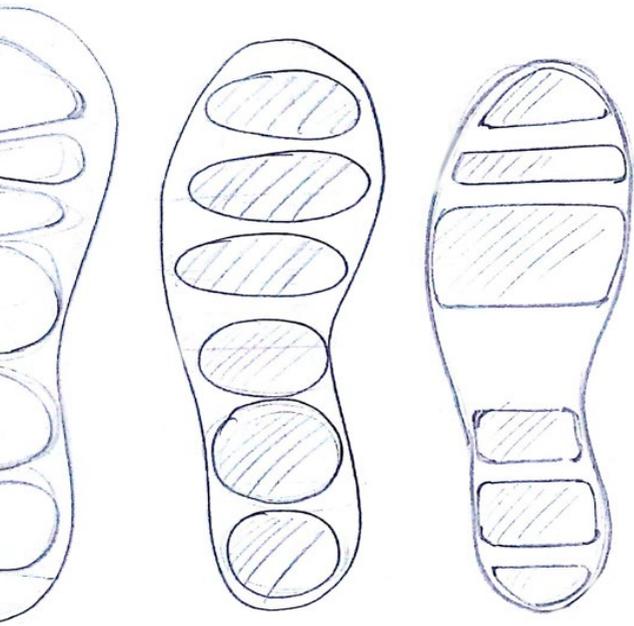






d) Una vez decidido que las ranuras formarían parte del concepto, se comenzó a proponer el corte de la sandalia. El corte se componía principalmente de tiras que surgían desde la suela hacia la parte superior. En algunas propuestas estas tiras o cintas eran planteadas del mismo material de la suela, algunas veces cosidas a la misma y la mayoría de estas cruzaban las ranuras de un lado a otro, a través o por debajo de la suela. La estética comenzaba a formularse de acuerdo a la empresa con la que se estaba trabajando: deportivo-casual, unisex y buscando también solucionar el tipo de sujeción que se había solicitado.





e) Se decidió experimentar con una suela donde las ranuras no fueran de manera recta, sino en diagonales y que de esta manera el corte compuesto por cintas, entrecruzaran por la parte inferior de la suela. De la misma manera, se planteó utilizar materiales flexibles para las cintas, donde estas fueran las que permitieran el ajuste de la sandalia en la parte superior del calzado.



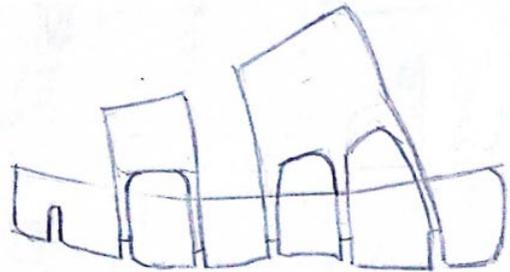
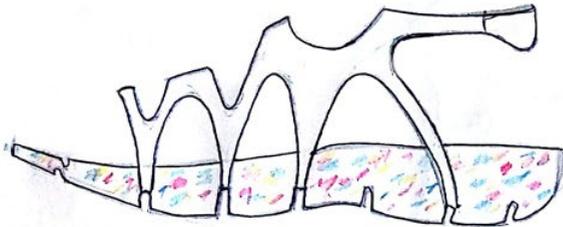


f) Debido a que el prototipo previo no había funcionado de manera correcta, ya que no podía manipularse, se hizo un prototipo de madera donde se afinó la forma de la suela y se hicieron los primeros planos geométricos. Aunque la madera no iba a utilizarse para el diseño final, fue de mucha utilidad para probar con distintos materiales para diseñar el corte como: tela, cordones, listones, resortes y “pieles sintéticas”. Con asesoría del profesor de la clase, Stephan Schulz, se obtuvieron algunas conclusiones sobre la propuesta de valor del diseño y se concluyó en esta etapa que podría diseñarse una suela separada del corte, mientras que esto podría ayudar de alguna manera al reciclaje y podría ser atractivo para las ventas.



g) Para este prototipo se utilizó un material considerando para el producto final y así comenzar a entender el proceso productivo de las piezas. Para la suela, se utilizó un bloque prefabricado de etilvinilacetato (EVA) reciclado, el cual fue maquinado con una fresadora manual, por lo que no se consiguió un buen acabado.

En el caso del corte, se consideró utilizar todavía materiales flexibles, como cintas y cordones. El material elástico no ofrecía suficiente estructura para el zapato y no concordaba con la estética de la suela.



2.5.2

ANÁLISIS Y PROTOTIPADO FUNCIONAL



En la presentación para la empresa Lunge GmbH se utilizó la suela hecha con el bloque de EVA y maquinado manualmente con fresadora, con las ranuras propuestas en los prototipos previos. Se presentó el corte de la sandalia con vinilo imitación piel, puesto que las cintas elásticas no habían funcionado previamente; y la propuesta para el corte consistía en un cierre lateral por medio de broches hebilla y una cinta de cierre de gancho y bucle (velcro).

La sandalia cubría hasta el tobillo y se conformaba por cintas entrecruzadas, que se convertían en cintas más gruesas que terminaban directamente los sistemas de cierre.

El concepto se definió como una sandalia modular, a la cual se le podría cambiar el corte de acuerdo con la elección del cliente.



2.6 RESULTADO

2.6.1 PROTOTIPO FINAL

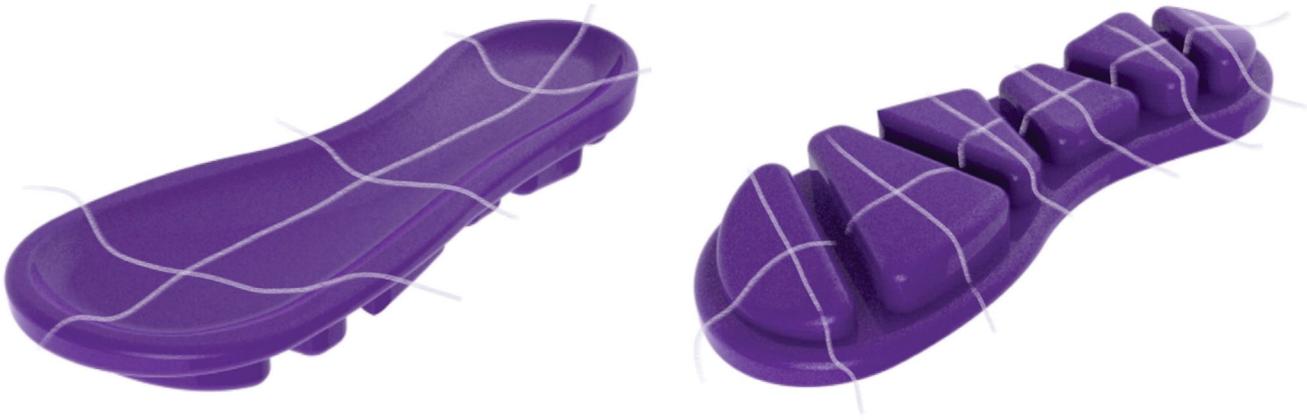
En la presentación grupal final con los representantes de Lunge GmbH, se mostró el avance de todos los prototipos, para lo cual, el cliente aprobó el concepto presentado, debido a que los procesos y materiales propuestos coincidían con sus máquinas y materiales dentro de la fábrica.

Se encontró el problema de las curvaturas en la suela, pues a pesar de que tenían la máquina de corte CNC, los cortes se hacen en una sola cara y no en ambas, lo que podía dificultar el resultado.

En cuanto al corte, se acordó que los materiales podrían variar de acuerdo a la elección del cliente y junto con su equipo, determinaron que podía ser un producto atractivo para su tipo de cliente. Además, sugirió utilizar materiales sintéticos o reciclados para el desarrollo del corte.

En cuanto al tipo de cierre, estuvo en desacuerdo en utilizar cinta de velcro o broches, pues su línea de zapatos no utiliza este sistema.





Considerando los comentarios del cliente respecto al prototipo conceptual, se desarrolló un prototipo de concepto final. Y aunque la finalidad era presentar un nuevo producto sin importar la producción, en este paso ya se debía proveer información acerca de los métodos de producción de la sandalia.

El caso de la suela se desarrolló en dos partes, superior e inferior, puesto que los problemas de producción con la máquina de CNC implican mayor consumo de energía en la fabricación y más gasto de material. Posteriormente, se unieron con pegamento para conseguir la pieza que se había propuesto. Se continuó utilizando un bloque de EVA para dicha pieza.

En el caso del corte de las sandalias se plantearon dos propuestas:





MODELO1: BROCHES IMANTADOS

1. Se formó, prácticamente, de una sola pieza que únicamente implicó uniones mediante costuras para la zona donde se encontraba el sistema de cierre y para la cinta del tobillo. Esta propuesta era en vinilo imitación piel con un forro textil anti transpirante. En la parte inferior, además, se ubicaba un refuerzo de caucho para asegurar la durabilidad de la pieza debido al contacto con la suela.

Para producirla, se propuso cortar mediante suaves o corte láser y evitar utilizar pegamentos para la unión de piezas.





MODELO 2: AGUJETAS

En el caso de esta propuesta, también se trató de una pieza que salía de una sola sección, la cual sólo tenía costuras para unir la cinta del talón. Esta propuesta se caracterizó por la reducción de uso de pegamentos, pues el cierre era mediante un cordón. También se pensó que fuera fabricada mediante corte láser en un reciclado/comprimido de piel, buscando evitar la menor cantidad de desperdicio.



2.7 JUSTIFICACIÓN

¿CÓMO ABORDAR UN PROYECTO DE CALZADO DE DISEÑO ECOLÓGICO A TRAVÉS DE LA PERSONALIZACIÓN MASIVA Y LA MODULARIDAD?

De acuerdo con lo revisado en las sesiones, se acordó que la propuesta estaba en dirección a un producto personalizado en masa, por lo tanto, se investigó este tipo de producción y en qué medida esto está relacionado con la sustentabilidad.

Por lo tanto, en esta investigación se busca resolver y facilitar el proceso de diseño del calzado en cuestión justificando su concepto a nivel sustentable con el método de producción de personalización masiva, la cual será analizada desde un aspecto sustentable y las repercusiones ambientales que cada etapa en este proceso conlleva.

De esta manera se obtendrán implicaciones de diseño que resultarán en líneas guía para los requerimientos y la subsecuente realización del producto.

2.7.1

SUSTENTABILIDAD

Para una comprensión sobre el nivel sustentable con el que se busca realizar este proyecto, es importante primero definir qué es la sustentabilidad y entender que lo que se nos ha presentado como proyectos ecológicos no siempre responde a lo que realmente es la sustentabilidad. Se debe entender que el desarrollo sustentable se encuentra en tres dimensiones: el ambiental, el económico y el social. De cualquier forma, en esta investigación se escogió enfocarse en la dimensión ambiental y económica de la sustentabilidad, por lo que se introducirá el término: eco-diseño.

Posteriormente, se analizará la personalización en masa como una solución para afrontar la individualidad de cada usuario, pero también el cómo esto puede aportar un enfoque sustentable al diseño mediante el diseño modular, en el que el cliente o usuario puede decidir qué comprar basado en sus gustos específicos y personales; mediante su estructura poder adquirir cada módulo por separado; y al final del ciclo, cómo esto puede apoyar a la desintegración por partes de los productos para poder ser desechados, reciclados o reparados.

Finalmente, se propondrán algunos lineamientos para definir el perfil de producto de las sandalias, inicialmente solicitadas por la empresa Lunge GmbH. Dentro de estos lineamientos se abordarán los requerimientos para los materiales y procesos que se elegirán para la fabricación del producto. Y finalmente, se propondrán y evaluarán algunas opciones de materiales, considerando su nivel ecológico y productivo a nivel masivo.

Hace algunas décadas en los años 80's comenzó una nueva era ecológica en el diseño, cuando comenzaron a darse cuenta de los problemas ambientales y de salud que la producción en masa había comenzado a producir. Pauline Madge relata en 1997 que *“Una característica destacable es la terminología: el término original “diseño verde” rara vez se usa hoy en día y, aunque fue la palabra de moda a fines de la década de 1980, ya es pasado. En cambio, el “diseño ecológico” o “ambientalmente sensible o positivo”, se ha convertido en el término más ampliamente aceptado. Esto a su vez ha dado paso, en el último año, al “diseño sostenible”*. Demostrando que el camino en el diseño hacia la sustentabilidad y su correcta definición tienen ya un camino largo en la historia.

Jonh Stuart Mill dice que *“Todo gran movimiento experimenta tres etapas: ridículo, discusión y adaptación”*. Con el paso de los años, se ha desarrollado un gran movimiento alrededor del Diseño Sustentable y aunque se continúa todavía en el proceso de adaptación, McLennan (2004) comenta que el diseño sustentable está en una transición en medio de la discusión y la adaptación todavía.

Jason F. McLennan (2004) dice que el Diseño Sustentable es una filosofía de diseño *“que busca maximizar la calidad del entorno construido, minimizando o eliminando el impacto negativo al entorno natural”*. Esta definición es destacable porque se le reconoce como una filosofía y no como una conducta referente al estilo, estética o manera de diseñar. Esto quiere decir que es un



enfoque del diseño e implica el proceso desde conceptualización a la producción y siendo aplicable a cualquier ámbito de diseño. Y si bien, Jason F. McLennan se refiere en este libro en específico al ámbito constructivo y arquitectónico, su propuesta de filosofía es importante y aplicable al diseño de producto o diseño de calzado, como en el caso de esta investigación.

En primer lugar, hay que resaltar la primera parte de esta filosofía, que habla acerca de la calidad constructiva. McLennan con esto se refiere a construir mejores edificios en el ámbito estructural e ingenieril, a construir mejores edificios para la gente siendo más empáticos y diseñando mejores lugares para vivir de manera digna. Esto, traducido al área de Diseño de Producto significa diseñar y producir objetos que sean de gran calidad en materiales y fabricación y que sean de vida útil larga. El diseño sustentable comienza con el

entendimiento de que el propósito de nuestros diseños es crear artefactos físicos que beneficien a las personas.

Por otra parte, la segunda parte de esta filosofía consiste en lo más obvio pero también lo más importante de este movimiento, que es reducir el impacto en el medio ambiente. Y aunque resulta lo más obvio, también es la parte más compleja de comprender pues el “medio ambiente” se compone de diferentes elementos. El diseño sustentable implica no sólo lo relacionado al daño a los recursos naturales, sino también al desarrollo social, económico y político. Es por ello que es importante comprender y diferenciar entre diseño verde y diseño sustentable. *“While “green” means environmentally responsible, “sustainable” encompasses all aspects of responsibility and foresight: environmental, social, economic, cultural, and humanitarian.”* (Emily Pilloton, 2009)



Fig... 2.2 Ejemplos de productos a los que se les ha hecho “Greenwashing”

Por todo esto, McLennan asevera que el Diseño Sustentable no consiste en ciertas características que otorguen a algún proyecto de manera automática la sustentabilidad. “El diseño sostenible también implica atención y la intención de buscar la mejor solución que equilibre las preocupaciones ambientales con el confort, la estética, el costo y una serie de inquietudes arquitectónicas o de diseño tradicionales.”(McLennan J., 2004: 6) Diseñar considerando la sustentabilidad no sólo implica hacer bien hacia el cliente directo, sino hacia el resto de los seres vivos y el resto del ambiente en esta y en futuras generaciones.

Muchas empresas se han beneficiado de la tendencia “verde” desde hace muchos años y han adoptado, de manera publicitaria, una falsa postura amigable con el ambiente, mientras la sustentabilidad se diluye en una aplicación irresponsable. Emily Pilloton escribe que “Tanto es así que, de hecho, en el 2008 la *“List of Words To Be Banished from the Queen’s English for Misuse, Overuse, and General Uselessness”* estaba repleta por “verde” y “huella de carbono”, dejándolos como números uno y dos en la lista, respectivamente.” A esa actividad que toman las empresas, de asignar cualidades ecológicas a los productos sin un análisis correcto de materiales o procesos de producción o distribución se le denomina “*Greenwashing*”, lo que también se conoce como “Verde claro”, según lo que posteriormente será explicado.

García Parra (2008) en su libro *Eco-diseño*, ha resumido los tonos verdes del diseño usados desde los años 80, de una graduación de verde oscuro a gris, donde verde oscuro significa el mayor alcance dentro de la sustentabilidad y gris el uso irresponsable de la palabra sustentabilidad. (fig.. 2.1)

Verde Claro

Considera las cuestiones ambientales de una manera superficial, aprovechando las influencias comerciales. Esto también es llamado “Green Design” o “Greenwashing”.

Verde Medio

Se fortalece la conciencia ambiental y se busca el equilibrio con la industria, de manera que se refuerzan los valores de ética y de responsabilidad. Este es el camino del Eco-diseño.

Verde Oscuro

Implica una profunda reflexión sobre las actividades del hombre y los efectos en el medio ambiente bajo una visión sistémica. La Tonalidad oscura representa al Diseño Sustentable.

ECO-DISEÑO

El desarrollo de la práctica bajo los lineamientos del Eco-diseño surge posterior al “Green Design” en los 80’s y con la comprensión de que el desarrollo de los productos con “etiquetas verdes” y el fomento de estos solamente apoyaba al consumismo, según James Robertson en su publicación “Future Wealth: A New Economics for the 21st Century (La riqueza del futuro: Una nueva Economía para el siglo 21).

Siendo así, se acuñó el término *eco-diseño* dentro de la Asociación de Diseño Ecológico en Inglaterra en 1989, gracias al mayor entendimiento entre el diseño y nociones de ecología profunda. “La EDA comentó que esta vertiente del diseño se dirigía a diseñar materiales, productos, proyectos y sistemas en armonía y con respeto a las especies vivientes y a la ecología del planeta. (García, 2008)

La adaptación de esto en diferentes países como Australia, Inglaterra y Países bajos, derivó en diversas metodologías, técnicas y diagramas que permiten evaluar y analizar el desempeño de los productos en términos de impacto ambiental.

DISEÑO SUSTENTABLE

Habiendo dicho esto, es importante también mencionar que el Diseño Sustentable pretende “... analizar y cambiar los sistemas en los que producimos, utilizamos y desechamos los produc-

tos” según Anne Chick en el Folleto Informativo del Centre for Sustainable Design en 1995. Además de que esta práctica busca fomentar la ética y se propone cambios a largo plazo.

García Parra indica que el “Eco-diseño puede ser aplicado a todos los productos y utilizado como una guía para diseñar a nivel de producto, mientras que el Diseño Sustentable engloba un concepto mucho más complejo que se dirige hacia una interfaz de diseño enfocada a las condiciones sociales, al desarrollo y a la ética.” Esto implica analizar la producción y los patrones de consumo, es decir, la verdadera necesidad de consumo y la importancia de los objetos en la vida del hombre y su experiencia de interacción, lo que resulta vital para la práctica del Diseño Sustentable.

Según Parra, Donald Norman indica que “cuando la relación entre usuario y objeto se fortalece, se crea un vínculo de confianza, lo que disminuye las posibilidades de desechar aquel producto o de reemplazarlo por uno nuevo, por lo menos a corto plazo.” La comprensión y adaptación de lo anterior, desacredita la concepción de un “mundo desechable”.

De esta manera, también Ezio Manzini afirma que con una favorable actitud ética será posible propiciar un sistema de producción más benéfico para el medio ambiente e imponer nuevos valores y concepciones de calidad más profundos.

2.7.2.

POSTURA DE DISEÑO

Como diseñador, es una responsabilidad proponer proyectos que se aproximen al Tono Verde más oscuro, sin embargo, al iniciar este proyecto de manera conjunta con una empresa previamente establecida, se tratará de alcanzar un tono Verde Medio, que no se limite al alcance de un “Greenwashing” ni a una postura radical eco-céntrica que se aleje el sistema de producción y consumo actual; y favorezca y conviva con la producción actual de las empresas.

El objetivo será, basado en lo planteado por Salvador Capuz (en García Parra, 2008), la reducción del consumo de materias primas y energía y a disminuir los residuos para permitir que la biósfera pueda reemplazarlos o asimilarlos. De esta manera, la implementación del Verde Medio no se enfocará en causar “menos daño ambiental”, sino en plantear una transición para ejercer valores éticos y de responsabilidad mediante un nuevo método y práctica, pero bajo modelos de producción actuales reales y que dará un preparamiento para poder responder en un futuro próximo las preguntas dirigidas hacia una producción completamente sustentable.

2.7.3.

PERSONALIZACIÓN MASIVA

El concepto de *Mass Customization* fue acuñado por primera vez por Stan Davis en *Future Perfect* y posteriormente fue mejorado por Pine. Consiste en un cambio de paradigma de tipo empresarial de productos y servicios en el que se adaptan mejor a las necesidades de los clientes individuales, pero al mismo tiempo manteniendo la eficiencia de la producción masiva, según dice Tseng et. al de acuerdo a Tseng y Jiao en “*Mass Customization*”. (2013)

La esencia de esta ideología consiste en hacer del usuario un co-diseñador, en el que puede interactuar directamente con el desarrollo de diseño. Esto permite que el usuario pueda diseñar con base en sus necesidades, gustos y sobre sus propios requerimientos.

DISEÑO PARA LA PERSONALIZACIÓN EN MASA

Para conseguir lo anterior, el diseñador en colaboración con un equipo de administración y mercadotecnia enfocan esto hacia un producto que el potencialice el diseño individual del usuario, pero que comparten una plataforma común, logrando una “familia de producto”, en la que la modularidad y la comunalidad son los fundamentos.

Tseng menciona que en “*Assembly System Design and Operations for Product Variety*” Hue et al. explican “Based on the variants of the modules, a high number of assembly combinations or product variants can be created so satisfy the



wide range of consumers”. Esto quiere decir, que puede diseñarse una plataforma común y dentro del mismo producto ofrecer módulos variantes basados en los gustos y necesidades de los usuarios y de esta manera puede alcanzarse un mayor número de usuarios con diferentes perfiles.

NECESIDADES DEL USUARIO

La personalización masiva tiene como espina dorsal la cualidad de entender las necesidades de sus clientes, por lo que debe estar en constante comunicación y retroalimentación por parte de ellos, incluyéndolos, como se ha mencionado antes, dentro del proceso de diseño con la finalidad y el beneficio de que al desarrollarlo juntos, se logra una comprensión mucho mejor de las fortalezas y debilidades de los productos.

Muchas empresas se inclinan por un software o una página web que permita a los usuarios introducir la información. *“To enhance the interaction with customers, many companies employ the customer’s co-design interface to increase customers’ confidence and educate them about the product, which will transfer the purchasing to a more enjoyable entertainment.”* (Tseng et al. , 2014)

Básicamente, se propone el desarrollo de un programa o interfaz que consiste en un set de ciertos componentes predefinidos, que ofrece restricciones y opciones de combinaciones, obteniendo de esta manera *input* por parte de los clientes y *output* al producir dicho producto.

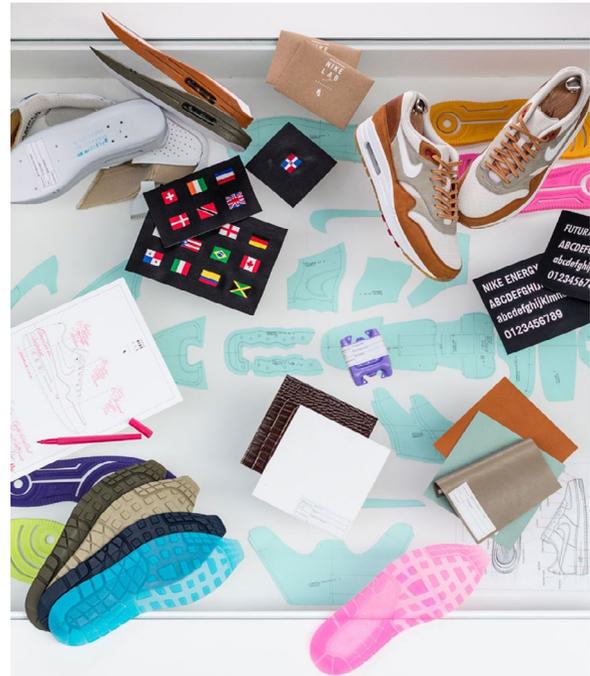


Fig... 2.3 Interfaz de personalización de Nike y suelas y piezas de

MODULARIDAD Y ARQUITECTURA DE FAMILIA DE PRODUCTO

Sabiendo lo anterior, el *input* del cliente es traducido a una variante de módulos que son diseñados, mientras se mantiene una base constante para conseguir una economía de escala *“leading to modularity and commonality issues in design for mass customization”*. (Tseng, 2014)

En este sentido, los conceptos de “commonality and modularity”, comunalidad y modularidad, se integran para construir y desarrollar la familia de productos, un punto clave para lograr la personalización masiva. La Familia de Producto deriva en un esquema que define la plataforma



calzado utilizadas en NikeLAB

del producto. *“There are two major tasks in scalable product family design. The first one is to determine the appropriate platform. It is followed by the step of optimizing common and distinctive variables values to better satisfy performance and economics requirements.”* (Tseng, Hub y Wang, 2014) En pocas palabras, el producto tiene la cualidad de expandir o decrecer sus opciones de combinación para satisfacer las necesidades de los clientes, cuidando también la optimización en los componentes de la Familia de Producto y mientras se mantienen algunas constantes en el mismo producto.

En la modularización, después de haber definido la Familia de Producto, se sustraen o añaden ciertos elementos funcionales y/o estéticos y estos módulos son diseñados individualmente

e independientemente unos de otros, satisfaciendo los requerimientos antes obtenidos. Y la cualidad intercambiable y combinable con la que se ha diseñado el producto permite su acoplamiento a la parte del sistema que funciona como constante en el producto.

2.7.4.

PERSONALIZACIÓN MASIVA DENTRO DEL PROCESO DE DISEÑO

EVALUACIÓN

Teniendo esto en mente y habiendo conocido la producción por Mass Customization, se hablará por partes de la evaluación sustentable a este proceso, realizada por Thomas Ditlev Brunø (2013), desde el proceso productivo, el uso y el final de la vida del producto. Esto tiene gran importancia pues ayudará a obtener pistas, lineamientos y requerimientos para el producto que tendrá que diseñarse.

En el aspecto productivo, Brunø y Nielsen comentan que en el Eco-diseño es importante el mínimo uso de recursos en la producción. En el caso de la producción masiva se optimiza en material y peso la producción en serie, mientras que los productos modulares tiene menos oportunidad para ser optimizados en este sentido, debido a que son producidos generalmente de manera individual. Además, dentro de la personalización masiva se requiere más flexibilidad dentro de los procesos de producción, debido a la variabilidad de productos, comparado con la producción en masa, que tiene una secuencia y frecuencia, de acuerdo Berman, según los autores. (en Brunø, Nielsen, 2013) (fig... 2.2)

Lo anterior implicaría que de acuerdo a la eficiencia energética, que es un objetivo que se

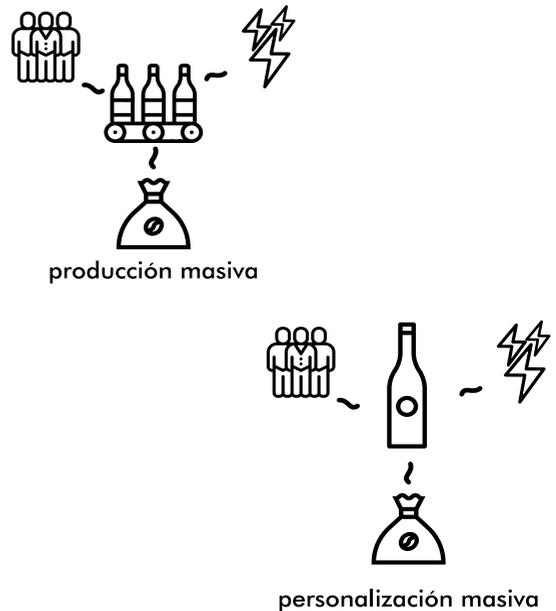


Fig... 2.2 Esquema comparativo los recursos empleados en la personalización y producción masiva

plantea resolver con el Eco-diseño, la Personalización masiva no reduce el uso de energía ni de materiales, pues si estos son producidos individualmente, la optimización de los recursos se gasta cada vez que se hace una producción. Sin embargo Tseng (2014), refuta que, aunque esto es cierto, al mismo tiempo, sólo se están utilizando

materiales que serán comprados y que fueron escogidos basados en los gustos del cliente, a diferencia de la producción masiva, donde los productos que se quedan en stock, nunca serán vendidos.

Por otra parte, Ditlev y Nielsen dicen que existe otra oportunidad para continuar con la Personalización masiva y consiste en aplicar, lo que fue explicado antes como “producto modular”, en donde se establecen módulos que son estandarizados a través de múltiples productos. *“This would then imply that the company due to the larger volume could, invest larger sums in optimizing that articular module thus potentially achieving greater energy efficiency than a mass produced product, given that module is produced in larger numbers than individual mass produced variants.”* Con esto los autores quieren decir que se puede invertir en producir en mayor volumen los módulos, consiguiendo una gran ventaja frente a la producción tradicional masiva, pues tiene mayor eficiencia que el producir diferentes modelos de diferentes productos como en la producción masiva.

Después hablan acerca de la distribución de materiales. Y es que la Personalización Masiva se diferencia significativamente por los canales de distribución. Basado en el artículo de Tseng, una



Fig... 2.3 Esquema comparativo del modelo productivo de la producción masiva y la personalización masiva.

de las ventajas de este proceso es que la venta de los productos se realiza en muchos de los casos on-line, sin ni siquiera contar con una tienda física, en contraste con los productos producidos en masa, donde un producto se distribuye a través de varios distribuidores antes de ser comprados y llevados hasta el cliente final. (fig... 2.3)

De esta manera, puede decirse que la Personalización masiva puede tener mayor o menor im-

pacto ambiental que el la Producción Masiva y dependerá del tipo de negocio, administración o diseño de producto que se elija. Dentro de la Personalización Masiva, al tratarse de un producto que será distribuido individualmente y directamente del productor al usuario, se podría decir que implica mayor cantidad de empaque, debido a la diferencia de peso y tamaño de cada producto, comparado con un producto estandarizado. Sin embargo, el producto personalizado no tiene que ser distribuido y almacenado por diferentes niveles de proveedores y más bien implica una ruta directa del vendedor al comprador, reduciendo el consumo de energía y recursos.

Y en otro sentido, de acuerdo con Ditlev y Nielsen, *“to be able to deliver a mass customized product to the customer within an acceptable time, it can be beneficial to produce the product closer to the customer than for mass produced products.”* Esto puede parecer una desventaja en el aspecto comercial, sin embargo, esto comprende dos grandes aspectos que apoyan a la sustentabilidad: Primero, que el traslado es más corto y significa menos consumo de energía. Y segundo, que el comercio permanece a nivel local, activando económicamente a la localidad donde se encuentre el centro productivo.

En otra parte, en el análisis de uso, los autores dicen que algunos productos producidos en masa tienen el problema de poder ser adquiridos a un bajo costo, que el usuario desecha fácilmente un producto inútil o que no fue usado, pues no empata con sus gustos o necesidades exactas, alcanzando el fin de su vida útil antes de

haber finalizado. El crear productos que respondan exactamente a las necesidades o gustos del cliente, ofrece no sólo eso, sino reduce la probabilidad de que el producto sea desechado antes de que sea usado o gastado y que los recursos en la producción no sólo hayan sido desperdiciados.

Y finalmente, acerca del fin de la vida útil, entendiéndolo como el momento en el que el usuario original no desea utilizar el producto sin importar la razón, Brunø and Nielsen basados en las 5 estrategias para minimizar el impacto ambiental (fig... 2.4) muestran un diagrama que ayuda a comprender de mayor a menor de acuerdo a la sustentabilidad.

Estas estrategias están ordenadas de izquierda a derecha por jerarquía de lo más deseable a lo

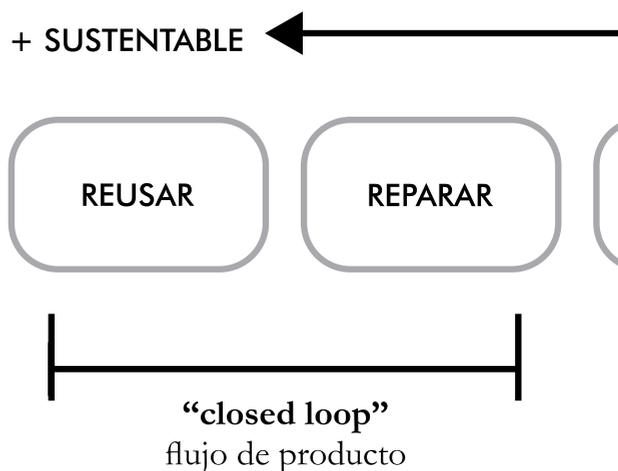


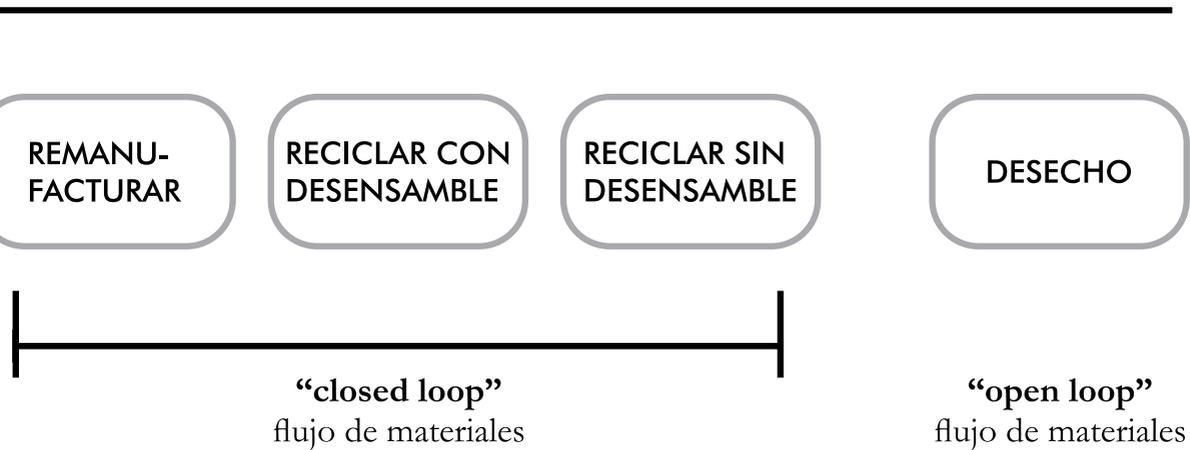
Fig... 2.4 Hierarchy of End-of-Life Strategies (Brunø, Nielsen, 2011)

menos deseable, donde las dos primeras consisten en un “closed loop” del producto general; las tres siguientes como un “closed loop” de los materiales y finalmente el un “open loop” de materiales. Hay que entender que “closed loop” se refiere a un ciclo constante de uso mientras que el “open loop” tiene un final en algún punto del ciclo.

La estrategia de reuso consiste, claramente, en la utilización del producto completo, por el mismo u otro usuario. Al tratarse de un producto realizado con el método de Personalización Masiva es probable que para otro usuario no sea atractiva la elección del usuario original, pero el producto puede seguir siendo funcional y usado en condiciones dignas por alguien más.

En el caso de electrónicos, por ejemplo, puede ser una estrategia muy útil, y en el caso de la moda o calzado, también se pueden buscar las condiciones para preservar el producto y asegurar que un segundo o tercer usuario lo lleve dignamente.

En la estrategia de Servicio la vida útil del producto se extiende a través de la reparación o reemplazamiento. Teniendo un producto diseñado con una arquitectura de producto modular, permitiría modificar o actualizar el producto, dado que se han tenido en cuenta dichas posibilidades al definir la arquitectura del producto. De manera que el usuario empatiza con el producto otra vez, pues puede actuar o interactuar una vez más en las decisiones de la reparación, por ejemplo, al reparar el módulo descompuesto o al elegir un nuevo módulo.



2.7.5 IMPLICACIONES DE DISEÑO

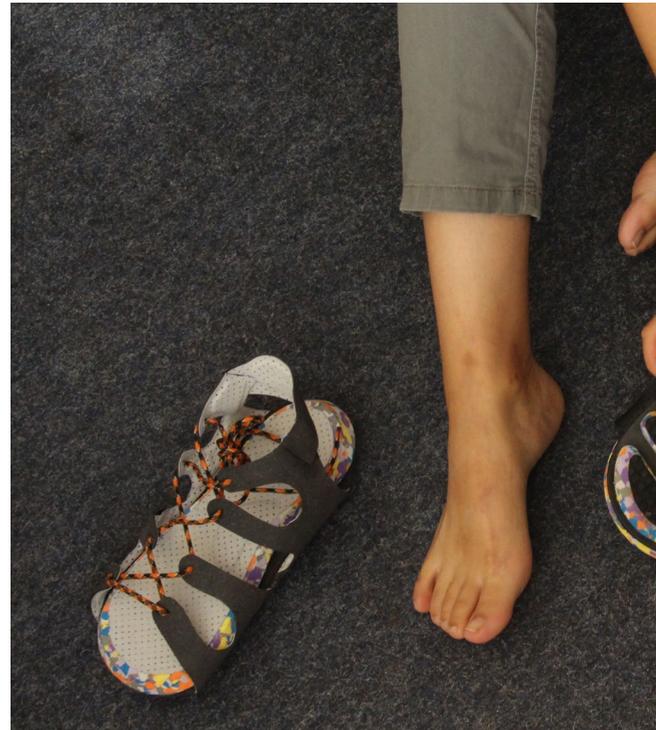
La remanufactura se define como *“The process of disassembling, cleaning, inspecting, repairing, replacing, and reassembling the components of a part or product in order to return it to “as-new” condition.”* (Dietlev acerca de Nast) De tal manera que esto puede ser una buena estrategia para algunos productos, por ejemplo electrónicos. Además, la Personalización Masiva y la infraestructura de co-diseño, permiten localizar al dueño original para reproducir el mismo producto que fue adquirido originalmente. Al tratarse este caso de diseño de calzado, la remanufacturación se lograría únicamente de los materiales elegidos.

Las estrategias 4, reciclaje con desensamblable y 5, reciclaje sin desensamblable, son las menos deseables, aunque son preferibles al desecho del producto. El desensamblable de las piezas permite un mejor sistema de reciclaje para dividir por tipo de material. En caso de no lograr desensamblar el producto o partes del producto, es más complicado efectuar el reciclaje.

Por tanto, la fabricación de productos modulares da la oportunidad de desensamblar los productos. *“Furthermore, modular product architecture will enable concentrating certain material fractions in certain modules which will likely increase the recyclability.”* (Brunø and Nielsen, 2013)

Los resultados del análisis y lo escrito anteriormente darán como resultado las primeras pautas o requisitos de diseño para el proyecto de calzado, que serán útiles para comenzar con la propuesta. De acuerdo con lo estipulado anteriormente, respecto a la sustentabilidad y la personalización masiva, a continuación se analizará la propuesta que se presentó ante el cliente, es decir, el prototipo de concepto.

Para hacerlo, se describe parte por parte del calzado y se revisará la compatibilidad de cada una con respecto al marco teórico.



BASE (SUELA)

La suela se propuso en etilvinilacetato (EVA) multicolor. Este material es adquirido en bloque para posteriormente manufacturarlo por medio de routado CNC en dos partes y unir ambas con adhesivo. Este método de producción significa que cada suela será hecha individualmente.

Evaluación

El material con el que está fabricado proviene de origen sintético, basado en el petróleo como la mayoría de los plásticos. Entre las ventajas de este

material, es que puede ser reciclado por medio de fundición como los termoplásticos. Sin embargo, como se ha propuesto, el bloque de EVA es adquirido y manufacturado en otro sitio, por lo tanto, no se asegura el reciclaje del material.

La fabricación de esta pieza implica el desperdicio de energía puesto que el proceso de routado por CNC no permite la optimización de la manufactura. También es importante mencionar que los residuos que resultan de este proceso quedan inutilizables.

Además, por su geometría y método de producción, se propuso unirlo por medio de adhesivos, lo que es perjudicial para el medio ambiente y la salud para quien opere en este paso.

Por otra parte, si se propone que el producto pueda ser reutilizado, es deseable que los materiales sean duraderos para ofrecer un producto digno. Sin embargo, este material no provee suficiente fuerza estructural ni resistencia a la abrasión, de acuerdo con los prototipos utilizados y presentados previamente.

También, la geometría de esta pieza permite ser la pieza común para el producto, al cual se le podrán cambiar las piezas. Esto además lo puede lograr sin la necesidad de utilizar ningún adhesivo para unir el corte y la base, facilitando así la separación por piezas y materiales para la reparación, remanufacturación o reciclaje del producto.





CORTE

Las propuestas del corte presentadas consistieron en cortes de materiales sintéticos o de reciclados de pieles, con o sin recubrimientos plásticos. Se proponía cortarlos por medio de corte láser y unido a sí mismo con costuras y pegamento.

Evaluación

Inicialmente, estas propuestas pueden resultar atinadas para ofrecer un producto duradero y de calidad. Los materiales son o tienen la apariencia de ser piel, que utilizan materiales de desecho (pieles) para formar aglomerado y así conformar una lámina nueva de material.

A pesar de esto, los materiales no permiten que vuelvan a ser reciclados. Por lo que sería conve-

niente presentar otras propuestas con diferentes materiales de origen natural, tales como el fieltro o el cáñamo.

De acuerdo al método de fabricación, el corte láser puede implicar un exceso de gasto de energía. Aunque esta tecnología puede ser adecuada para generar propuestas individuales y únicas, para la fabricación de productos personalizados masivamente no resulta conveniente para la optimización de energía. Esto puede solucionarse estandarizando de acuerdo a modelo y número de escalada en troqueles y cortar en el tipo de material elegido.

Esta pieza además es aquella que se identifica como módulo y está considerada como aquella que podrá ser reparada o reemplazada por completo. Por lo tanto, este también es un acierto para la actual propuesta.

SUJECIÓN

Los dos métodos actuales consisten en broches imantados o agujetas tradicionales. Ambas soluciones proponen la adquisición de estos por medio de otro proveedor, por lo que únicamente tendrán que hacerse ajustes para añadir los tipos de cierre al corte del calzado.

Evaluación

En el caso del uso de los broches, es necesario hacer algunos cortes en el corte para su colocación. Dependiendo el tipo de artículo de sujeción puede conllevar el uso de pegamentos.

En esta propuesta, los broches imantados no brindaban sujeción suficiente para el calzado, por lo que no se considera una opción viable para garantizar la calidad del calzado. Por otra parte, las agujetas funcionan correctamente para conseguir la funcionalidad, durabilidad y resistencia, además de facilitar su reemplazamiento.

Ahora que se ha resuelto y evaluado la propuesta actual, se presentarán algunos materiales, seguidos de propuestas donde se explica el proceso productivo y una hipótesis respecto a su ciclo de vida. Asimismo, se expondrán las ventajas y desventajas ecológicas o productivas de cada propuesta para conseguir la mejor opción para cada una de las partes.



2.7.6.

REFLEXIONES DEL CAPÍTULO: SUSTENTABILIDAD Y PERSONALIZACIÓN MASIVA

Se puede concluir, después de la investigación previamente desarrollada y la revisión de resultados de la evaluación sustentable a la propuesta de diseño que fue presentada, que se deberá cumplir con las siguientes características respecto al modo de producción de personalización masiva en favor de un producto sustentable.

Basado en la jerarquía de fin del ciclo de la vida útil, es necesario cubrir en primera instancia el factor de reúso, buscando extender el primer ciclo de vida de una o varias partes de la sandalia a través de las propiedades de los materiales; posteriormente, atender mediante la arquitectura del producto la factibilidad para reparación y remanufacturación; finalmente, considerar el reciclaje del producto mediante la separación de materiales, buscando utilizar la menor cantidad de combinación de materiales posibles en cada pieza. Todo esto con la finalidad de dejar como última opción el reciclaje sin separación de materiales o el desecho.

ASPECTOS DE FUNCIÓN

Arquitectura de producto: Se tiene que proponer una familia de producto, que se componga de una pieza común y diversas piezas modulares, conformando una arquitectura que favorezca el intercambio de piezas.

Pieza constante: La suela fungirá esta labor, la cual debe satisfacer, en medida de lo posible, la primera estrategia del fin del ciclo de vida, el reúso. Por lo tanto, es necesario conseguir que esta pieza sea durable y resistente a la deformación, para asegurar su reúso en condiciones adecuadas.

Piezas modulares: Estas piezas además de proporcionar su durabilidad, deben ser accesibles para ser reparadas y remplazadas sin necesidad de cambiar todo el calzado.

Sujeción: Es deseable que el tipo de sujeción asegure el correcto desempeño de la sandalia, pero además que sea reemplazable y/o reparable.

Separación de materiales al final de la vida útil: Los materiales de toda la sandalia pueden ser desmontados hasta conseguir que queden piezas sin combinaciones de materiales; para su reciclaje o en el peor de los casos, para su desecho.

ASPECTOS DE PRODUCCIÓN

Personalización estandarizable: Para evitar el exceso de energía causado por la personalización e individualidad de cada calzado personalizable, se deben estandarizar las mayor cantidad de piezas posibles. En el caso de la suela, la pieza constante, será la pieza más estandarizada, pues esta no cambiará de forma excepto para la escalada (talla). Para los módulos, se buscará estandarizar los cortes para la distinta numeración del calzado.

Origen de materiales: El origen del material, ya sea natural, reciclado o sintético, se pondrá a consideración dependiendo del impacto ambiental que este genere, por lo que se necesita profundizar en la investigación de materiales. Es importante que el origen del material respete la existencia de los seres vivos del planeta, así como el uso de recursos energéticos que el material demande.

Método de producción que no genere desechos: En el ámbito sustentable es importante generar la menor cantidad de desechos o desperdicio de material, por lo que será conveniente buscar un proceso productivo que se adapte a este requerimiento.

Fabricación a nivel local: Se propone establecer una economía local, que beneficie no sólo a una comunidad y comerciantes pequeños, sino que además favorezca a una cadena de distribución más directa, reduciendo costos y recursos.

Posibilidad de reciclar los materiales: Se tiene en consideración utilizar materiales que sean factibles a reciclaje y al mismo tiempo, consideración al uso de materiales de origen reciclado.

Degradabilidad: Es conveniente que el material utilizado en cualquiera de las piezas pueda ser degradable en un periodo corto posterior a su descarte.



III. PROFUNDIZACIÓN

3.1 MATERIALES

¿QUÉ MATERIALES SON LOS ADECUADOS PARA EL DISEÑO DE UN PRODUCTO SUSTENTABLE EN EL CALZADO?

Considerar los materiales para utilizar en el diseño del producto es fundamental para la producción industrial y lo es aún más cuando la meta es conseguir que dicho producto tenga un bajo impacto ambiental, para lo cual es necesario no sólo analizar la procedencia de las materias primas, sino también el proceso mediante el cual son procesados, usados y finalmente desechados. Mientras que también, es necesario considerar los medios por los que serán maquinados o manufacturados, el consumo de energía que estos generan, la cantidad de desechos que estos provocan o si es que estos procesos permiten el reciclaje del material.

De esta manera, se harán ciertas propuestas de materiales para las distintas piezas del calzado y se hará una evaluación considerando el impacto ambiental que el material genera en sí, el proceso por el que este sería manufacturado y el supuesto ciclo de vida que tendría.

El método por el cual se eligieron ciertos materiales, tiene que ver con lo investigado y publicado por el proyecto Step2Sustainability, el cual

tiene como objetivo principal encontrar un nuevo perfil de trabajo cualificado y ofrecer la correspondiente formación sobre el tema de “Fabricación de calzado sostenible”, asesorando en cuanto a materiales, maquinaria, procesos y el desarrollo empresarial dentro de Europa.

Según la Unidad 2 (Step2Sustainability, 2016) “Sustainable Materials and Components for Footwear” del Curso En Línea que el proyecto ofrece, se sugieren ciertos materiales y los clasifica en 3 partes: Entresuela (mediasuela) y suela, corte y accesorios, por lo que la evaluación se hará de la misma manera, explicando los materiales que podrían ser utilizados en las partes.

3.1.1

MATERIALES DE ORIGEN NATURAL

CUERO

De acuerdo con Rob Thompson en *The manufacturing guides: Sustainable materials processes and production* (2013), la piel es el material que resulta del curtido del cuero de un animal (bovino, ovino, de cabra, cerdo, cocodrilo, etc). Dice Thompson que aunque existen diferentes procesos para su curtido, la principal finalidad es conseguir un material que resista la putrefacción, soportando el humedad y el calor; y su posible manejo aún después del secado sin afectar sus características. Entre las cualidades de este material se encuentra la suavidad, dureza, estrechez y flexibilidad.

Impacto Ambiental

Rob Thompson (2013) escribe que las vacas y puercos son los animales más utilizados para los artículos de cuero y que provienen de la industria de alimentos, mayoritariamente. Inmediatamente después de la muerte del animal, la piel comienza a romperse por las bacterias, por lo que se conserva agregando sal o mediante la refrigeración. Comenta que salar las pieles puede causar contaminación al incrementar de los niveles de cloruros en los ríos. Además de que el curtido utiliza grandes cantidades de agua. La mayoría de las curtidoras consumen más de 350 litros/m² de piel.



| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Impacto ambiental por kg

| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2013)



1

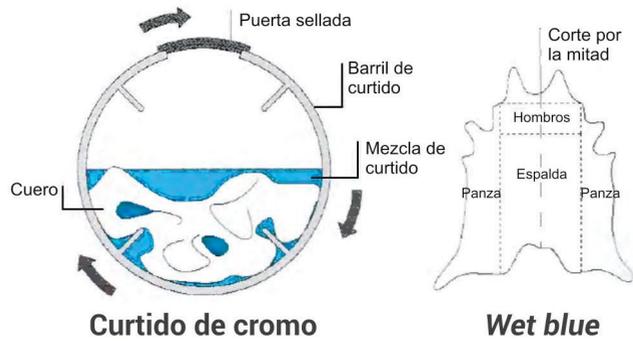


Remojo y encalado

Descarnado y separado

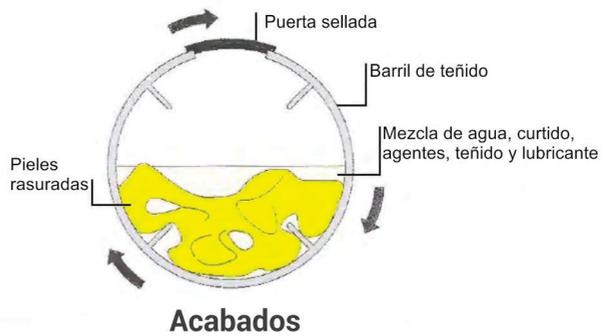


2



Curtido de cromo

Wet blue

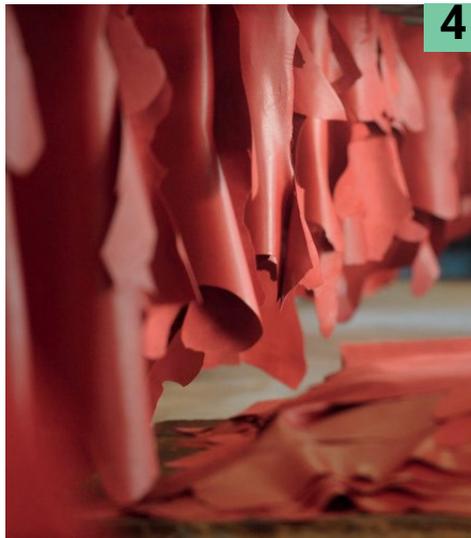


Acabados

Rob Thompson (2013)



3



4

1. Improcuero (s.f.) Piel en crudo. Disponible en: <http://improcuero.com.mx/>
2. Improcuero (s.f.) Remojo Pelambre. Disponible en: <http://improcuero.com.mx/>
3. ANBA (2018) Wet blue. Disponible en: <https://anba.com.br/en/export-tariff-wet-blue-leather-lifted/>
4. Conseil National du Cuir (s.f.) Dupire-Tannerie. Disponible en: <https://conseilnationalducuir.org/file/dupire-tanneriejpg>

CAUCHO

“El caucho natural es un producto vegetal procesado que se obtiene de la savia de varios centenares de especies de árboles y plantas existentes en distintas partes del mundo. La savia de aspecto lechoso o látex que se obtiene del árbol *Hevea brasiliensis* cubre más del 99 % del consumo mundial de caucho natural” dice Alan Echt en Cultivo del árbol del caucho.

Aspectos respecto al Medio Ambiente

De acuerdo con lo que estipula Rob Thompson (2013), el caucho natural puede ser obtenido por medio de comercio justo y tomado de árboles certificados. El caucho natural se utiliza para una amplia gama de productos tales como calzado, llantas, tubos, cinturones industriales, etc. Muchos de estos productos, pero especialmente los neumáticos hacen una significativa contribución al vertedero y llevarán muchos cientos de años para descomponerse. Según el autor, el caucho es un material termoestable: se forman fuertes enlaces cruzados entre las cadenas poliméricas durante la vulcanización, y por lo tanto es no es posible reciclar directamente a diferencia de los termoplásticos. El material reciclado, conocido como ‘crumb’, se utiliza como material de relleno para pisos que absorben impactos (como los utilizados en los patios de juego). Este material incluye la mezcla de goma con un termoplástico para hacer un elastómero con una mezcla de propiedades de ambos materiales y puede ser reprocesado por fusión y moldeo (Thompson, 2013)

Según Thompson, (2013) la posibilidad de devul-



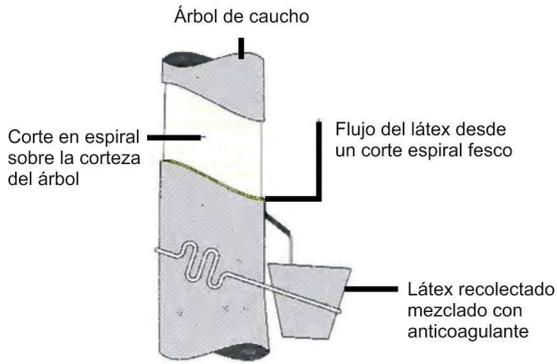
| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Impacto ambiental por kg

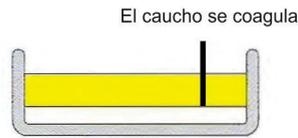
| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2013)

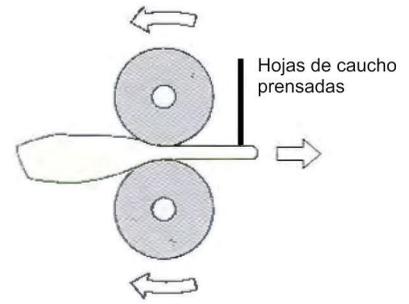
canizar el caucho ya curado después de la trituración aún no se ha optimizado ni comercializado.



Etapa 1: Obtención del látex



Etapa 2: Baño en ácidos



Etapa 3: Prensado

Rob Thompson (2013)



1



2



3

1. PRA. (2007) Recolecta de látex en un árbol de caucho en Camerún. Disponible en: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Latex_-_Hevea_-_Cameroun.JPG#file
2. World Bank Photo Collection. (2013) Rubber plantation. Disponible en: [flickr.com/photos/world-bank/9475136770](https://www.flickr.com/photos/world-bank/9475136770)
3. Dan. (2009) Sheets of natural rubber collected and going for sale. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/gadgetdan/5109868735/>

FIELTRO

Según la RAE, el fieltro es un paño no tejido que resulta de conglomerar borra, lana o pelo, y fielttrar es dar la consistencia del fieltro.

El fieltro de lana es un material renovable que proviene del pelo de oveja, por lo que su calidad depende del origen de estas mismas. Este material es usado principalmente en el sector de la ropa, la tapicería y diversas técnicas textiles.

Aspectos respecto al Medio Ambiente

De acuerdo con lo concluido por Thompson (2013), la lana es un material natural con muchas propiedades ventajosas. Es resistente al agua, resistente al fuego, es un buen aislante, absorbe el agua sin sentirse humedad y se tiñe bien.

La producción de fibras de lana, incluida la limpieza, que requiere 4 litros de agua por 1 kg de lana, tiene un impacto ambiental menor que la producción de fibras sintéticas como el polipropileno (PP) o la poliamida (PA) nylon.

Según el artículo del Clarín “El fieltro se genera a partir de lanas de baja calidad, desechos del proceso de producción de la lana y de un costo relativamente bajo porque no es necesario hilarlo.” (Robledo C., 2014)

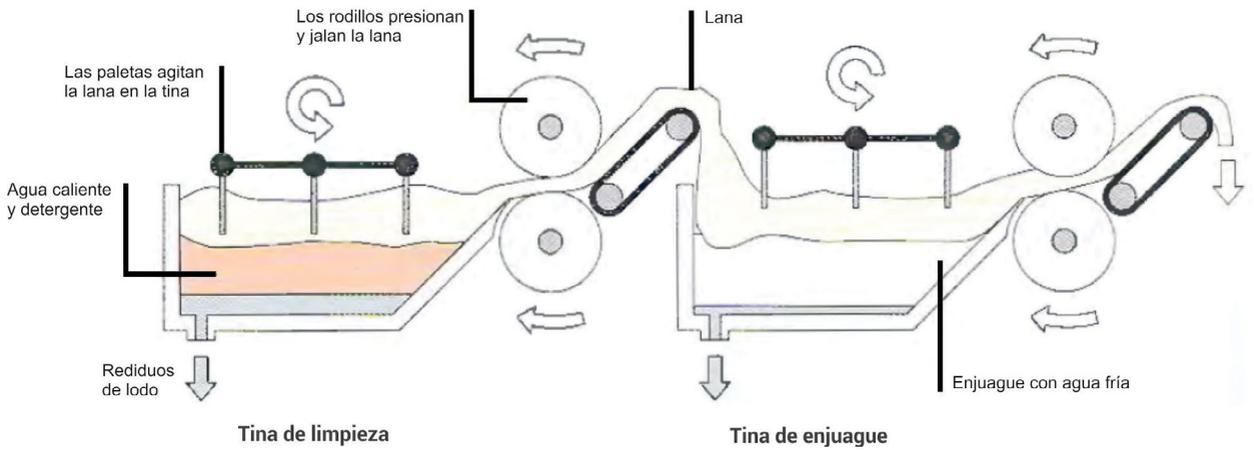


| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Impacto ambiental por kg

| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

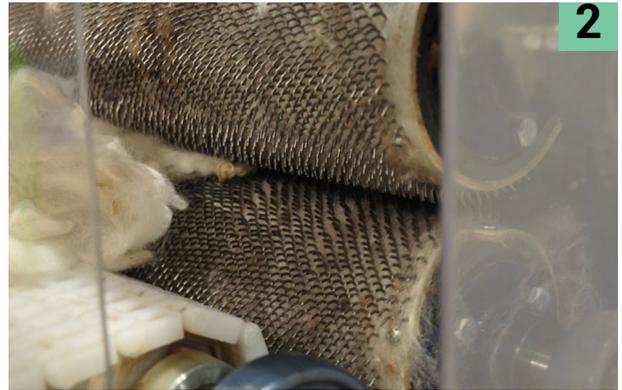
Rob Thompson (2013)



Rob Thompson (2013)



1



2



3

1. Devon Iott. (2015) Seasonal Shearing Disponible en: <https://media.seamwork.com/2015/03/04-wool-500x334.jpg>
2. Fibreshed Melbourne (2017) Carding, Combing and Spinning. Disponible en: <http://www.fibreshedmelbourne.com/2017/07/11/carding-combing-and-spinning/>
3. Devon Iott. (2015) Wool is turned into roving, which can be spun into yarn. Disponible en: <https://media.seamwork.com/2015/03/14-wool-1024x683.jpg>

FIBRAS NATURALES

De acuerdo con Thompson (2013), las fibras vegetales están compuestas principalmente de celulosa y derivan de las semillas, tallos, plantas o árboles. El autor explica que, por ejemplo, el uso del cáñamo está creciendo rápidamente, pues tiene un alto rendimiento y produce fibras blandas, largas y duraderas. Por otra parte, las fibras de lino son igualmente duraderas, largas, suaves y flexibles y se ha vuelto más populares por su manejabilidad respecto al cáñamo. El yute, por ejemplo, produce una fibra gruesa y fuerte que es menos costosa y se usa comúnmente para hacer telas de más duraderas para alfombras y sacos.

La obtención de este tipo de fibras comienza con la extracción. Los procesos sin químicos son efectivos y producen una fibra superior y sostenible.

Aspectos respecto al Medio Ambiente

Para determinar el impacto ambiental, es importante la combinación del tipo de fibra y el método de producción (extracción de fibra). Las plantas que producen bastantes fibras pueden cultivarse con poco o ningún fungicida, herbicida o pesticida, en muchos tipos de climas. Por ejemplo, el bambú está emergiendo como una alternativa rentable a la seda, puesto que crece rápidamente y no requiere ningún químico.

Según Thompson (2013), los métodos mecánicos tienen un menor impacto ambiental, pero con la tecnología actual, la calidad de la fibra es inferior. Y en cuanto a la madera, la certificación es clave para monitorear el impacto general de los procesos de producción.

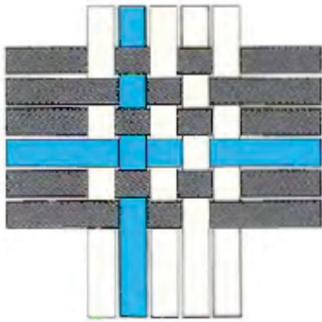


| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

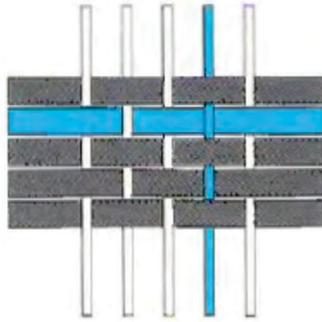
Impacto ambiental por kg

| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

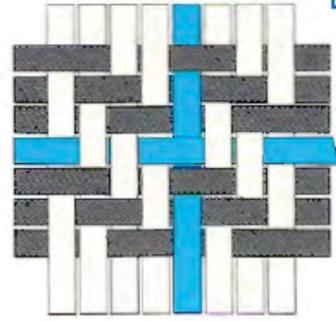
Rob Thompson (2013)



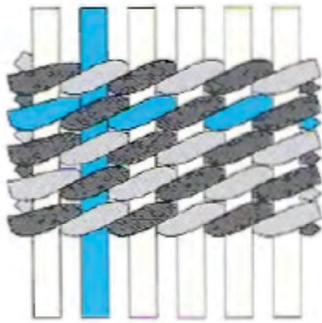
Tejido plano



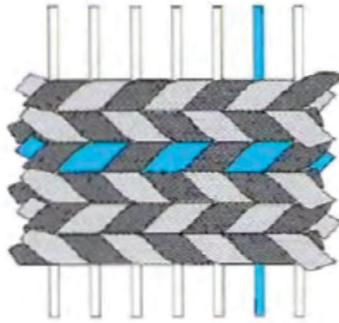
Tejido plano acanalado



Tejido cruzado



tejido trenzado



tejido trenzado invertido



Tejido en espiral

Rob Thopmson (2013)



1. Tevarak. (2018). Disponible en: <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/projects/using-plants-for-woven-baskets.htm>
 2. Dan. (2009) Bamboo baskets for making khaoniaow. Disponible en: <https://www.flickr.com/photos/gadget-dan/5109869173/in/photostream/>



3.1.2

MATERIALES DE ORIGEN SINTÉTICO

EVA

EVA es un acrónimo para la espuma de Etilvinilacetato. Este material se ha utilizado como un sustituto para diferentes materiales como el caucho, neopreno, madera o fieltro en una gran variedad de productos. La espuma EVA se caracteriza por tener buenas cualidades estéticas, resistencia a la temperatura, radiación, tensión y además es un material impermeable.

Impacto ambiental

Se calcula que internacionalmente, se acumulan 25 millones de toneladas de residuos poliméricos al año, los cuales pueden llegar a permanecer de 100 hasta 500 años en el medio ambiente, puesto a que la degradación de los plásticos suele ser muy lenta. Su fragmentación, por su parte, consiste en partículas más pequeñas, las cuales se distribuyen en los mares (se han encontrado entre 3 a 30 kg/km²) y en ríos, sedimentos y suelos, entre otros. (Ortiz, 2013)

Aunque los polímeros del EVA no son fácilmente biodegradables, son insolubles en agua, por lo que no genera contaminación del agua, pero sí de residuos sólidos (Honeywell, 2011). Los productos de EVA liberan compuestos orgánicos volátiles (COV) al aire cuando se descomponen.



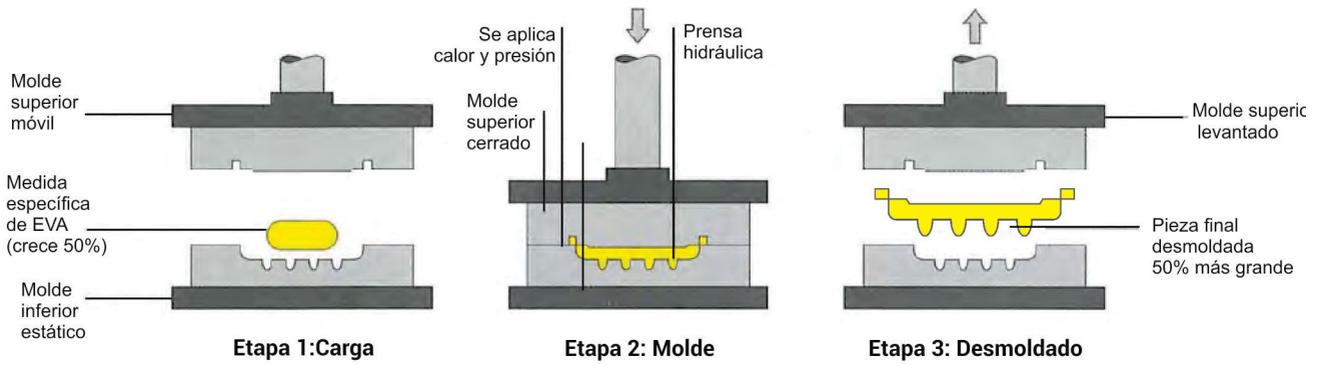
| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Impacto ambiental por kg

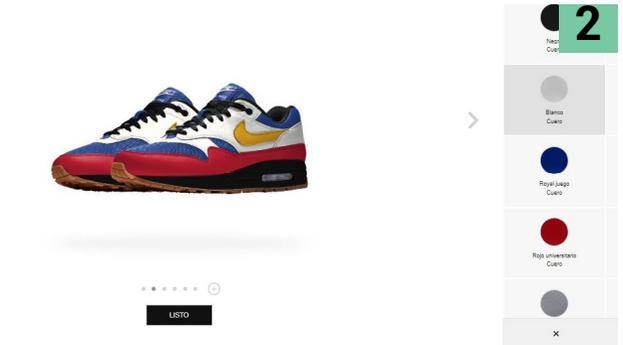
| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2013)

El reciclaje de espuma EVA es posible, sin embargo las empresas que se dedican a esto son pequeñas y son pocas quienes pueden producir una calidad estable de materiales reciclados.



Rob Thompson (2007)



1. Sr. Juan. (2017) Two color EVA shoes foaming machine Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=oWr-vmVt_wtg
2. Sr. Juan. (2017) Two color EVA shoes foaming machine Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=oWr-vmVt_wtg
3. Nadeem Qureshi. (2009) A selection of injection molded products. Disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Allproducts1.jpg>

PU (POLIURETANO)

La espuma de poliuretano es diferente en comparación con otros plásticos porque la flexibilidad se logra mediante la saturación de gas en lugar de los plastificantes. Una suela de PU se fabrica dosificando los ingredientes químicos necesarios en forma líquida en una cámara de mezcla, mezclándolos y transfiriendo la mezcla a un molde. Mientras aún están en el molde, los líquidos reaccionan y se catalizan.

Por otro lado, se encuentra también el poliuretano termoplástico (TPU) descrito por los mismos autores (Step2sustainability, 2016) como un plástico que tiene como ventaja el uso de tecnología de no desperdicio (inyección).

Impacto ambiental

Tanto los plásticos termoplásticos como termofijos, la mayoría se derivan del petróleo crudo. Según Rob Thompson (2013), los sistemas especiales de clasificación con respecto a la eco-eficiencia (impacto ambiental general), la recuperación de energía por incineración es a menudo más efectiva que el reciclaje de plásticos.

También comenta que aún así, los termoplásticos se pueden reciclar, pero debido a los procesos y la contaminación, su resistencia y calidad se reducirán ligeramente cada vez, lo que limitará el rango



| | |
|-------------------|----------------------|
| DISPONIBILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DURABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECICLABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| BIODEGRADABILIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

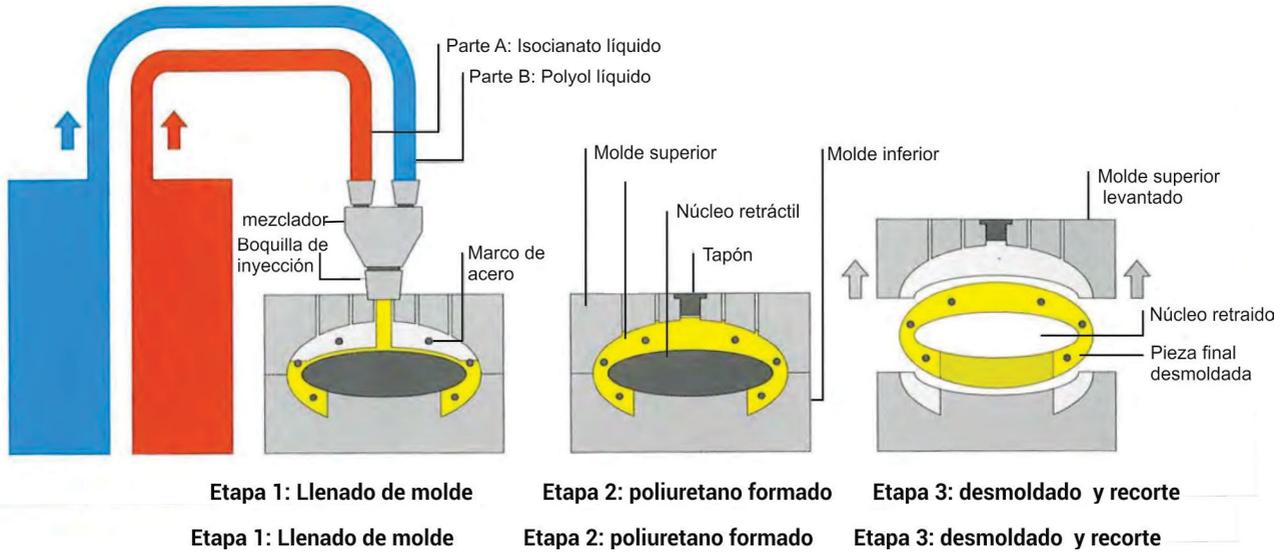
Impacto ambiental por kg

| | |
|---------------|----------------------|
| ENERGÍA | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RECURSOS | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| CONTAMINACIÓN | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| DESPERDICIO | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2013)

de aplicaciones adecuadas. Por el contrario, los termoestables forman enlaces cruzados permanentes entre las cadenas de polímero cuando se moldean. Como resultado, no se pueden reciclar directamente.

En el caso del PU como desventajas se encuentra el uso de fluorohidrocarburos e isocianatos y la alta cantidad de residuos generados.



Rob Thopmson (2007)



1. Rohan Dave. (2014) PU foam molded seat manufacturing process https://www.youtube.com/watch?v=KWUN-Bwc3X_Y
2. Rohan Dave. (2013) PU Footwear heel pad and Insole Manufacturing. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=c8B7gVIDdIY>
3. David Neat. (2015) Form cast in flexible polyurethane foam Disponible en: <https://davidneat.files.wordpress.com/2015/03/dsc08907.jpg>

3.2 PROCESOS

Además de analizar los materiales que podrán ser utilizados en el diseño de la sandalia, es importante analizar los procesos productivos por los cuáles estos serán manufacturados, evaluando los aspectos positivos y negativos de acuerdo a la calidad, rapidez, costo de montaje, costo por unidad y repercusiones al medio ambiente.

MOLDEO POR COMPRESIÓN



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

En el moldeo por compresión generalmente se utiliza un molde simple de dos partes. Primero, se carga una cantidad predeterminada de material en el molde estático. Los moldes son sometidos a calor, lo que modifica el material. Poste-

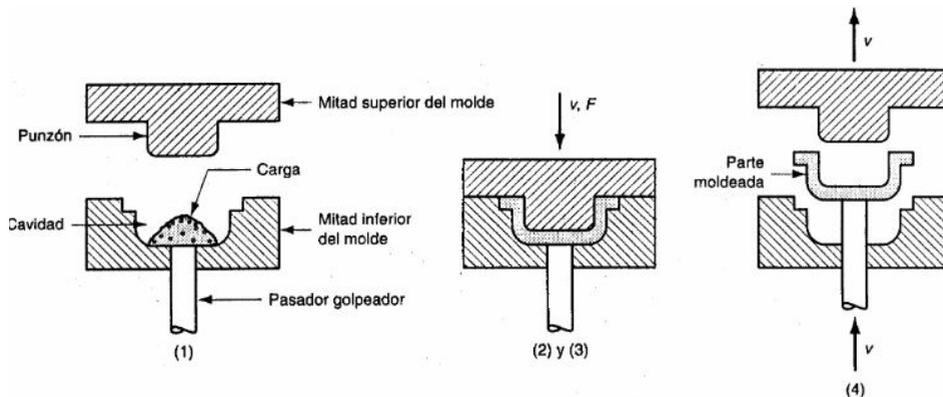
riormente, las mitades del molde se juntan y se aplica presión para efectuar el flujo del material. Finalmente se desmolda la pieza y se retira el *flash* una vez que se ha solidificado completamente. (Thompson, 2013)

Costos

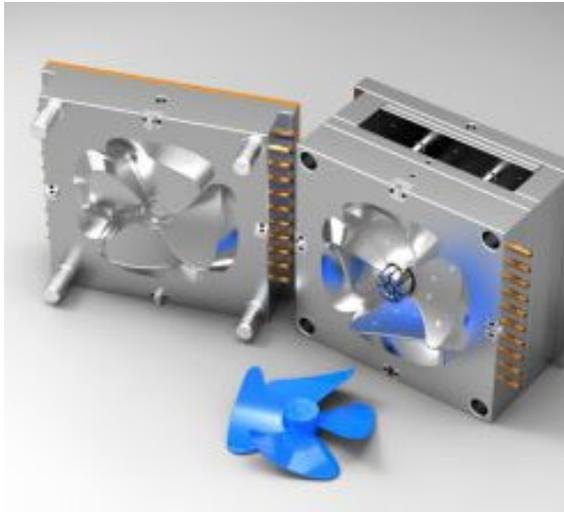
Los costos de montaje de producción pueden ser de bajos a moderados. El tiempo del ciclo productivo dependerá del tamaño, material y espesor. El proceso es adecuado para la producción en masa de bajo volumen, además de que los costos laborales son bajos. (Thompson, 2013)

Impacto ambiental

El impacto ambiental se genera como consecuencia de los materiales utilizados. Los plásticos termoestables requieren temperaturas de moldeo más altas, generalmente entre 1700° C y 1800° C. No es posible reciclar los polímeros termoestable. Lo que significa que cualquier desecho de los productos, como flashes o cortes deben ser desechados. (Thompson, 2007)



MOLDEO POR INYECCIÓN



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

Es el proceso líder utilizado para la alta producción de piezas idénticas de plástico. Es empleada para producir enormes cantidades de diversos productos del día a día. Los gránulos de polímeros alimentan la tolva hacia el barril donde al mismo tiempo el material es calentado, mezclado y empujado hacia el molde a través de un tornillo de Arquímedes. El plástico derretido es inyectado a través de la salida del barril hacia la

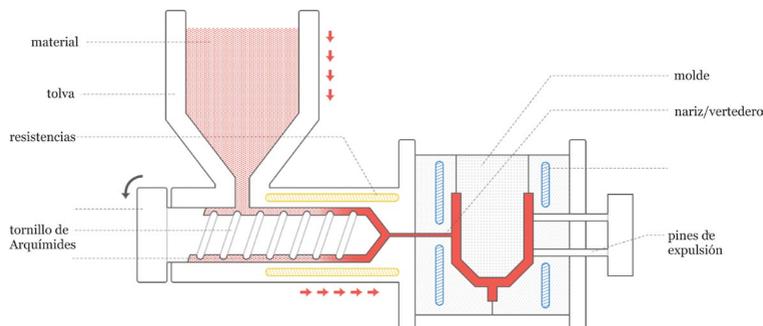
cavidad del molde a alta presión. Para expulsar el objeto, las partes del molde se retraen y unos pines separan el producto inyectado. Generalmente los moldes están hechos de aluminio o acero. El molde más sencillo se compone de dos piezas. (Rob Thompson, 2011)

Costos

El costo de la herramienta es caro y depende de la complejidad del diseño que será inyectado. El ciclo de producción dura alrededor de 30 a 60 segundos. Los costos laborales son relativamente bajos, pero las operaciones manuales tales como la preparación del molde y desmolde incrementa los costos. (Rob Thompson, 2011)

Impacto ambiental

El desperdicio de los polímeros termoplásticos tiene la posibilidad de ser reciclado. En algunas ocasiones es posible integrar hasta sólo un 50% de material virgen para asegurar la estabilidad estructural, higiene y capacidad de coloración. Este proceso permite generar broches a presión y otros sujetadores mecánicos hacen que sea más conveniente desmontar y desechar las piezas con un impacto ambiental mínimo. (Thompson, 2007)



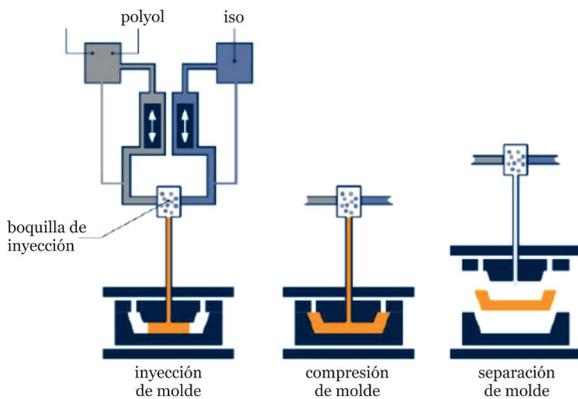
MOLDEO DE ESPUMA



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

Es un proceso de baja presión y curado en frío. El moldeo de espuma de curado en frío generalmente se atribuye al moldeo de espuma de PU, donde la densidad y la estructura del PU se eligen para adaptarse a la aplicación.



El polioliol y el isocianato, las sustancias que hacen reacción para formar la espuma, se introducen en el molde y comienzan a experimentar una reacción química exotérmica para crear el PU. Posteriormente, el polímero comienza a expandirse y las ventilas dejan escapar el aire atrapado. Finalmente, el producto se desmolda después de 5-15 minutos. Se separan los moldes y se retira el producto para repetir la operación. (Thompson, 2011)

Costos

Los costos de montaje de producción son de bajos a moderados. El tiempo de ciclo es bueno. Además, un molde típico producirá alrededor de 50 componentes por día. (Thompson, 2007)

Impacto ambiental

La cantidad que se inyecta en cada ciclo busca garantizar el desperdicio mínimo de PU. Los isocianatos que se liberan durante la reacción que se liberan durante la reacción son dañinos y se sabe que causan asma. El sistema de polioliol MDI (Metilendifenilo Diisocianato) produce menos isocianatos que el método TDI (Tolueno Diisocianato). Algunas veces las piezas de espuma constituida se incorporan en la pieza moldeada para reducir el consumo de material virgen. (Thompson, 2011)

TEJIDO



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

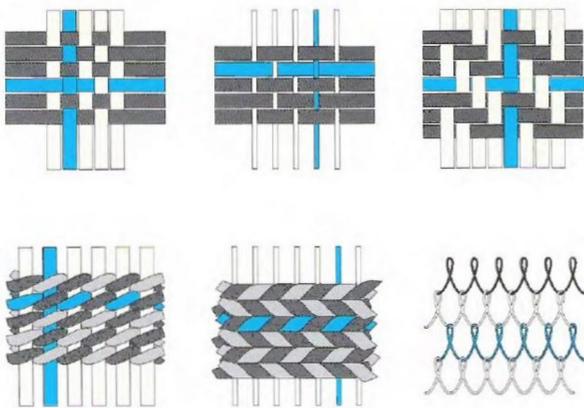
Se puede hacer un tejido liso de palma, corteza de abedul, hoja, caña o similar: la urdimbre (hebras verticales) y la trama (hebras horizontales) tienen el mismo ancho y se cruzan en ángulos rectos, alternativamente pasando una sobre otra para producir un patrón a cuadros. Tradicionalmente, se utilizan materiales flexibles como el algodón, la seda, la rafia y la paja. (Thompson, 2013)

Costos

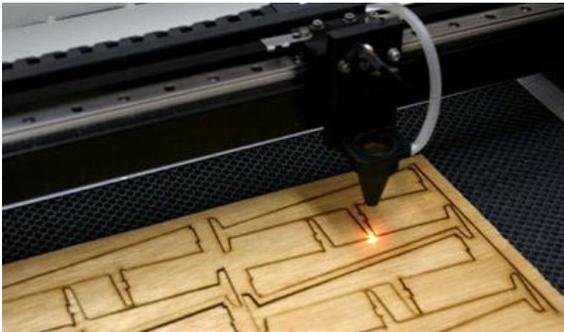
No hay costos altos de montaje de herramientas, aunque se utilizan máquinas simples y herramientas de mano. Sin embargo, el ciclo de producción es de moderado a largo y los costos laborales son de moderados a altos, según el tamaño y el diseño.

Impacto ambiental

Los vegetales se recolectan de fuentes locales y renovables y se requiere un mínimo de transporte. El tejido se realiza a mano, por lo que no hay necesidad de maquinaria de consumo de energía. Los materiales naturales son biodegradables y no transmiten ningún daño al medio ambiente.



CORTE LÁSER



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

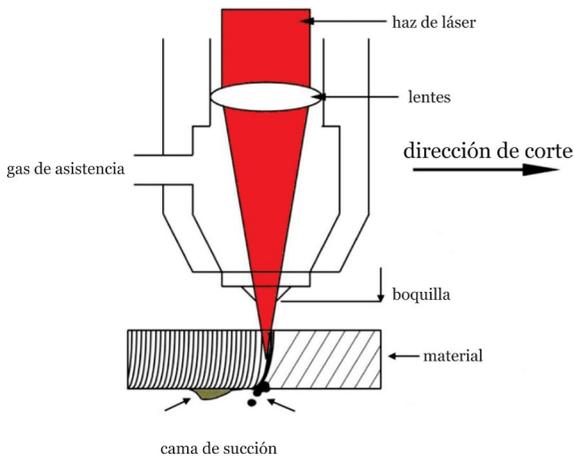
Existen 2 tipos de láser utilizados para este proceso: son CO₂ y Nd-YAG. Ambos consisten en enfocar la energía térmica en un punto de 0,1 mm a 1 mm de ancho para fundir o vaporizar el material. Ambos operan a velocidades muy altas, pero la principal diferencia entre ellos es que los láseres de CO₂ producen una longitud de onda infrarroja de 10 micrones y los láseres Nd-YAG producen una longitud de onda infrarroja de 1 micrón más versátil. (Thompson, 2011)

Costos

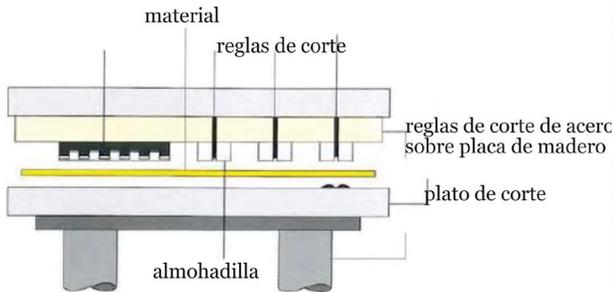
En este proceso no hay costos de herramientas para este proceso, excepto la máquina de corte. El tiempo de ciclo es rápido, aunque depende del grosor del material, pues tardan bastante más en cortarse. El proceso requiere muy poco trabajo. (Thompson, 2011)

Impacto ambiental

Planificar cuidadosamente los cortes garantiza un desperdicio mínimo, pero es imposible evitar que el resto sea inadecuado para la reutilización. En el caso de los desechos termoplásticos, el papel y el metal se pueden reciclar, aunque no directamente, sino por otras industrias. (Thompson, 2011)



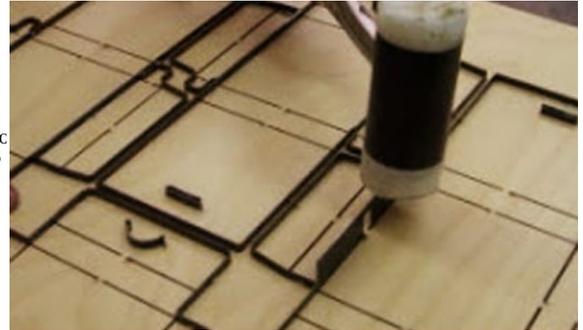
TROQUEL/SUAJE



Es un proceso de estampado en el que las formas se hacen en una hoja o placa utilizando cuchillas de acero montadas en herramientas de madera. El troquelado, que se realiza como una operación lineal o rotativa, es la forma más rentable de cortar formas de redes complejas de la mayoría de los materiales laminados no metálicos. La profundidad y la forma de cada cuchilla de acero determina si se corta, dobla, puntúa o perfora el material (Thompson, 2011)

Costos

Los costos de herramientas son bajos. Generalmente utilizan implementos de madera, que se desgasta muy lentamente. El tiempo de ciclo de producción es muy rápido. Los costos laborales son bajos en los sistemas automatizados mientras que la producción manual se restringe a piezas de bajo volumen. Aunque esto puede resultar más caro, la operación es rápida y necesita poco ajuste o mantenimiento. (Thompson, 2011)



| | |
|--------------------|----------------------|
| CALIDAD VISUAL | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| RAPIDEZ | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTE DE INSTALAC. | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| COSTO P/ UNIDAD | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| M. AMBIENTE | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |

Rob Thompson (2011)

Impacto ambiental

Es inevitable que el troquelado produzca desperdicio entre los cortes, pero se puede minimizar haciendo una prueba de las formas en una hoja. La mayor parte del desperdicio puede ser reciclada por el proveedor del material. (Thompson, 2011)

3.3 INVESTIGACIÓN ERGONÓMICA

El pie humano tiene una estructura tan complicada como sensible. Aunque es un área muy pequeña, carga todo el peso del cuerpo y lo mantiene en equilibrio, por lo que siempre se encuentra bajo mucho esfuerzo. “Pasamos cerca de 33% de nuestras vidas sobre nuestros pies, ya sea parados o caminando” (Choklat, 2012)

Además de todas las partes movibles del pie, también contiene demasiados nervios que están conectados al resto de cuerpo. Por lo tanto, los zapatos tienen un efecto directo en la salud del pie y, en última instancia, en la salud de todo el cuerpo.



3.3.1 ANATOMÍA DEL PIE

Cada pie se compone de 28 huesos, considerando los huesos sesamoideos del Hallux (ambos pies contienen un cuarto de los 206 huesos del cuerpo humano); 33 articulaciones; y músculos, tendones y ligamentos; y una red de vasos sanguíneos, nervios, piel y otros tejidos blandos circundantes. (Xiao, Luximon y A. Luximon, en Goonetilleke, 2013)

Entre los huesos del pie, hay articulaciones que permiten la dinámica del pie. Hay 33 articulaciones en cada pie que están construidas por dos o más huesos que permiten el movimiento, proporcionan soporte mecánico y absorben el choque. Estos ligamentos permiten los movimientos básicos del pie: dorsiflexión, flexión plantar, abducción, aducción, inversión, evasión, pronación y supinación. (Fig. 3.3.1)

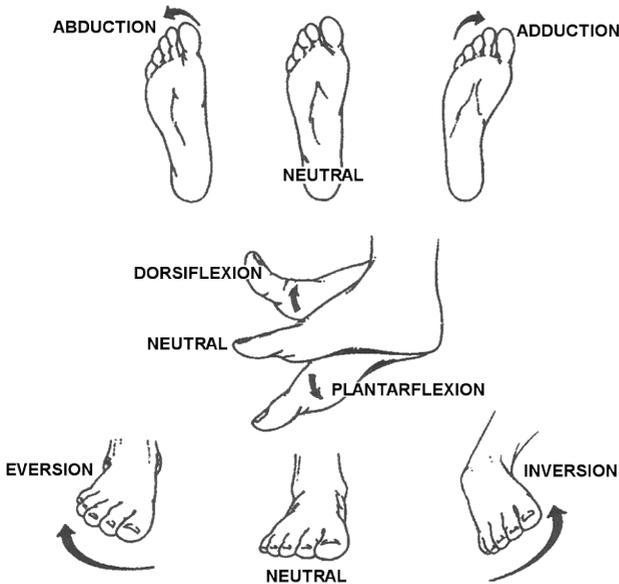
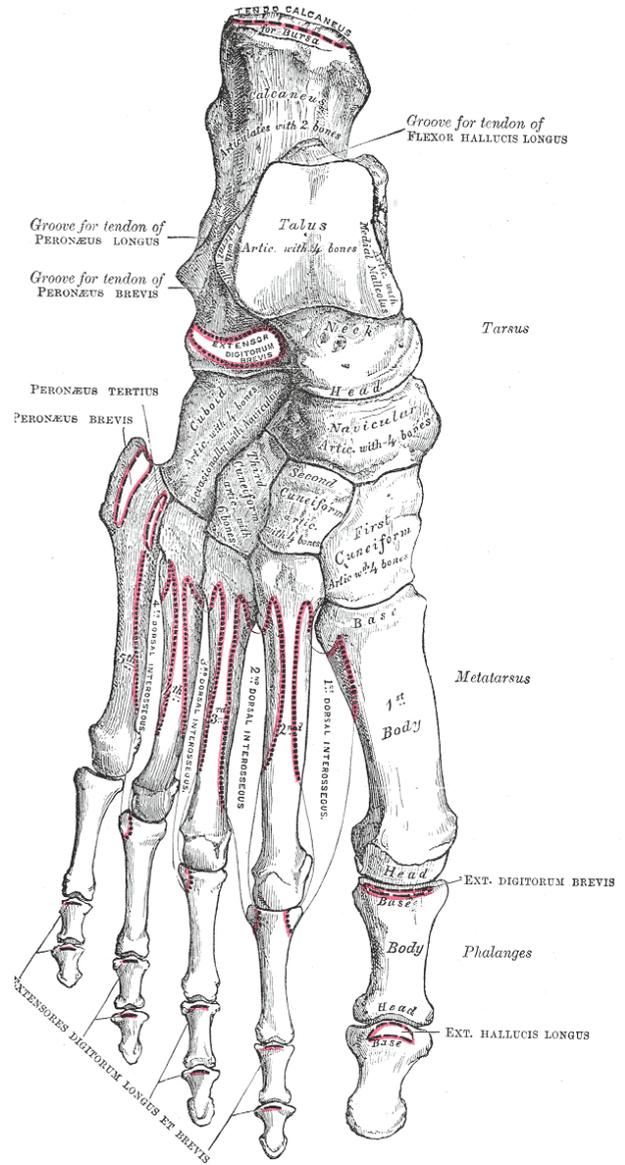
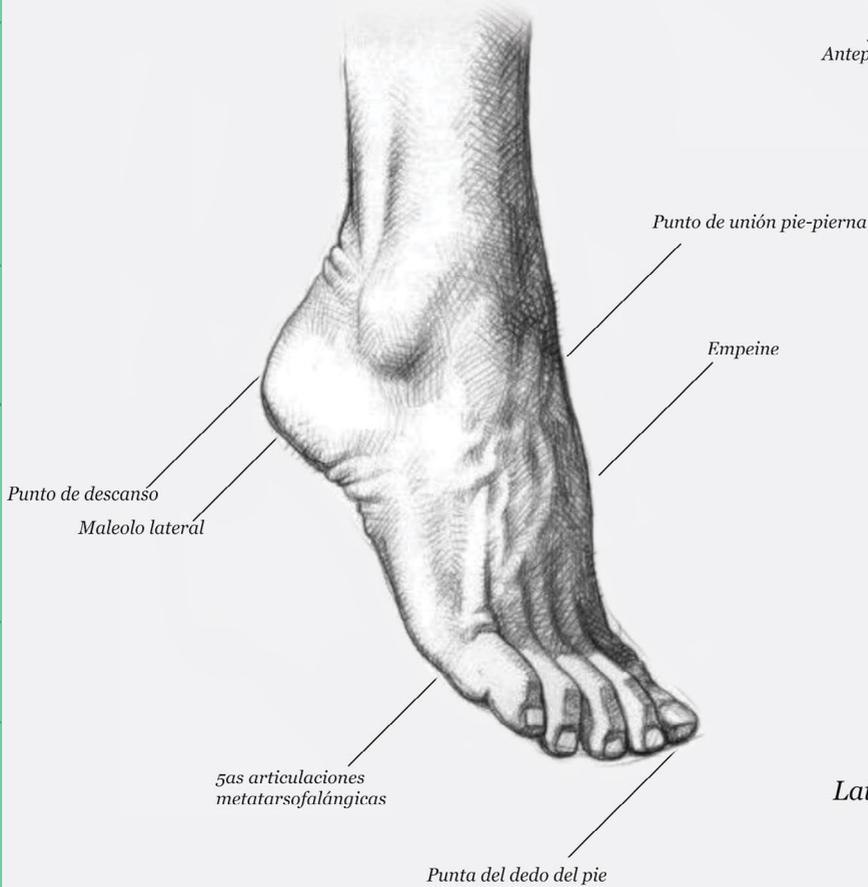
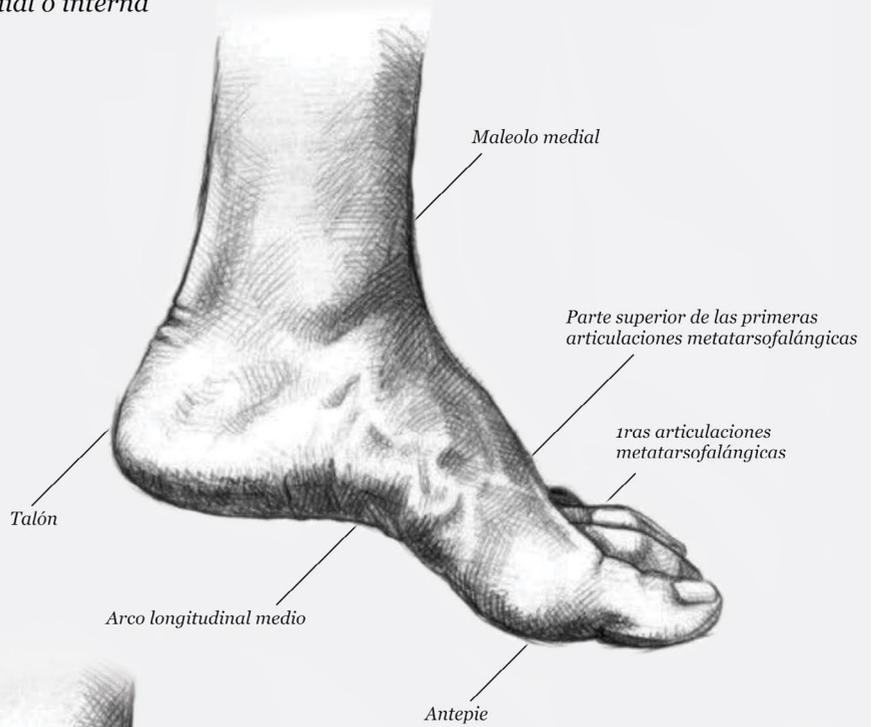


Fig. 3.3.1 Movimientos del pie



Huesos del pie derecho, superficie dorsal.

Medial o interna



Lateral o externa

TIPOS DE ARCOS

El pie distribuye el peso corporal y la presión en diferentes direcciones mediante los arcos transversales. Los arcos longitudinales son esenciales para apoyar y reducir el costo de caminar. La flexibilidad de estos arcos hace que caminar y correr sean más fáciles, ya que proporcionan la absorción de choque necesaria para el pie. Cuando los arcos longitudinales son más altos de lo normal, el pie se clasifica como pie de arco alto. Una categorización común es de arco alto, arco normal o arco bajo. Cuando los arcos longitudinales son bajos, se llama pie plano. Tanto el pie plano como el arco alto no transmiten fuerzas de manera eficiente y, por lo tanto, pueden provocar dolores en el pie.

1. El pie de arco bajo o plano tiene una huella que se parece a la suela del pie. Este tipo de pie es un pie sobrepronado que golpea en el lado lateral del talón y tiene un giro excesivo hacia adentro.

2. El pie con arco normal tiene una huella poco a poco se va haciendo más ancho en un extremo y el antepié y el talón están conectados por una banda ancha. El pie normal aterrizaría en la parte exterior del talón y rodaría ligeramente hacia adentro para absorber el impacto.

3. El pie de arco alto tiene una huella sin una banda o con una banda muy estrecha que conecta las regiones del antepié y el talón. Este tipo de pie tiene un mayor riesgo de lesionar las estructuras óseas en el lado lateral del pie (sobresupinado). (Xiong, Rodrigo y Goonetilleke, 2012)

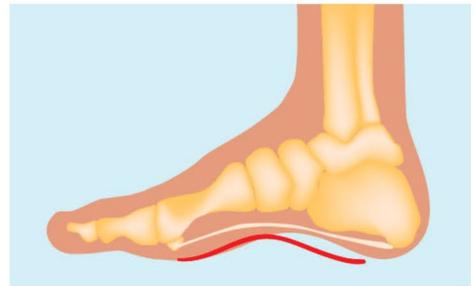
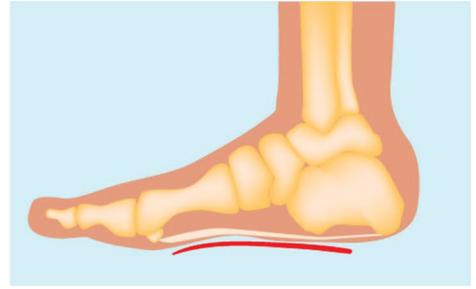




Fig...3.3.2 Tipos de dedos de los pies. Recuperado de <https://bit.ly/2uJ34qt>

TIPOS DE DEDOS

Por otra parte, los dedos del pie ayudan a absorber la carga cuando se levanta el talón durante la caminata, por lo que están en contacto con el suelo o el calzado durante aproximadamente tres cuartas partes del ciclo. (Xiao, Luximon y A. Luximon, en Goonetilleke, 2013)

La forma "Tipo Egipcio" es el tipo más común de pie, donde el dedo pulgar o hallux es el más largo ($1^{\circ} > 2^{\circ} > 3^{\circ} > 4^{\circ} > 5^{\circ}$). En segundo lugar, el "tipo griego" tiene un segundo dedo del pie más largo que el hallux ($2^{\circ} > 1^{\circ} > 3^{\circ} > 4^{\circ} > 5^{\circ}$), y algunos otros tienen un "tipo cuadrado" con longitudes similares para la mayoría de los dedos. (Fig... 3.3.2)

Sin importar los tipos de pie predominantes, se ha encontrado que la relación entre la longitud del arco y la longitud del pie parece estar en el rango de 71.8% a 73.0% tanto en hombres como en mujeres en cualquier etnia. Esto ayuda a encontrar la línea flexible de un zapato con una longitud de pie dada.

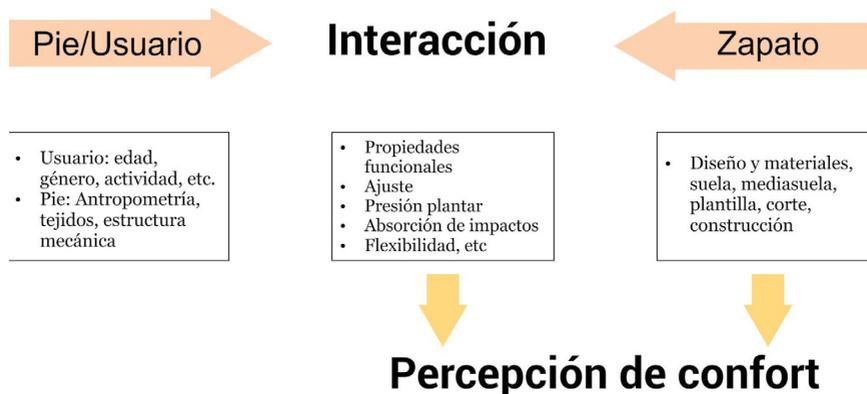
3.3.2

CONFORT

El calzado es un elemento que se usa durante gran parte del día, por lo que el tipo de calzado y su forma debe satisfacer las actividades del usuario y sentirse cómodo con la interacción entre el pie y el calzado. Un estudio en Hong Kong demostró que el estilo y la comodidad se calificaron como los requisitos más altos sobre la calidad, precio, función o la marca (Chong y Chan, 1992 en Goonetilleke y Weerasinghe, 2013). Esto sugiere que la apariencia y el confort son las más grandes necesidades en el calzado, sin embargo, los avances en la rama de la ergonomía no han sido científicamente probados. Y aunque la moda y el estilo desempeñan un papel importante como el uso principal del calzado, al seguir este camino de la moda, los componentes esenciales requeridos para proporcionar estabilidad y soporte se pierden en el proceso de diseño (McPoil en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012).

El uso prolongado de un calzado inadecuado puede dar lugar a cambios perjudiciales que pueden dar como resultado una deformación del pie, una estabilidad postural reducida o alterada, alteraciones neuro-fisiológicas, desequilibrio muscular y el desarrollo de un pie sensible (Menz y Lord en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012)

Según Mundermann, la comodidad se relaciona y mide con ciertos aspectos relacionados a la cinética, cinemática, actividad muscular, forma del pie, ajuste entre el pie y el calzado, alineación del esqueleto, sensibilidad del pie, peso del zapato, temperatura y el rango de movimiento de articulación (en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012). De igual forma, Olaso (en Alemany et al, 2013), propone un modelo de precisión de confort que considera además las propiedades funcionales del calzado, donde la sensación



Enfoque metodológico de los estudios de confort existentes. (Alemany et al., 2013)

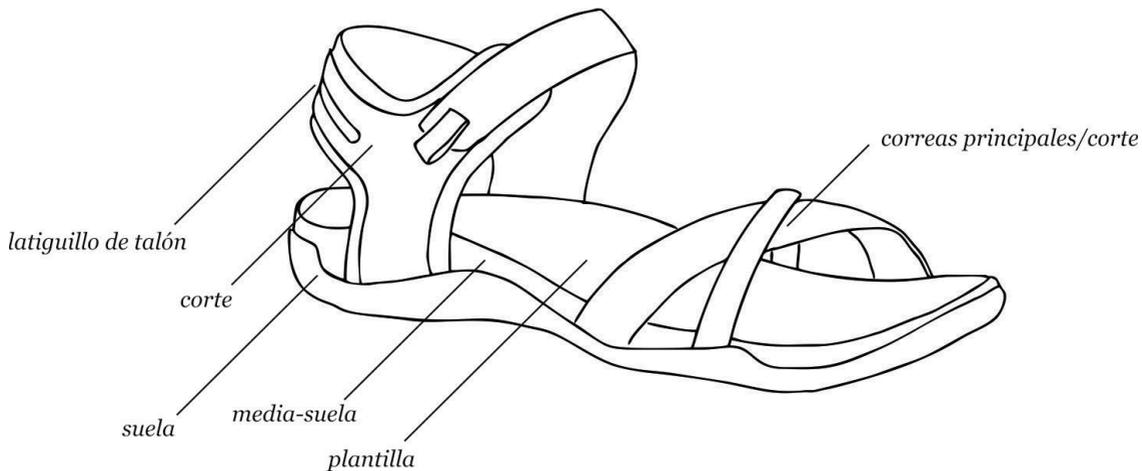


Fig.. 3.3.3 Estructura de una sandalia

de comodidad puede explicarse como el efecto combinado de dichas propiedades en la interacción del usuario-zapato: absorción de impactos, amortiguación, confort térmico y otros factores psicológicos, incluidas las preferencias estéticas y la aceptación social.

Para poder entender estas propiedades funcionales, serán explicadas individualmente aquellas que están relacionadas con las sandalias, pues no todas estas aplican para este tipo de calzado. En primer lugar, se definirán las partes del zapato en las cuales tales propiedades tienen incidencia.

De acuerdo con Azariadis (2013), la estructura de un zapato consiste en una plantilla (insole), que es la parte inferior interior de un zapato, que se encuentra directamente debajo del pie debajo de la plantilla; una mediasuela (midsole), que es la capa que se encuentra entre la suela y la plan-

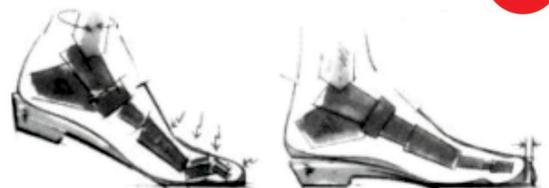
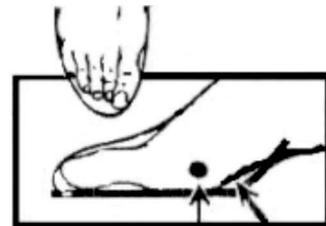
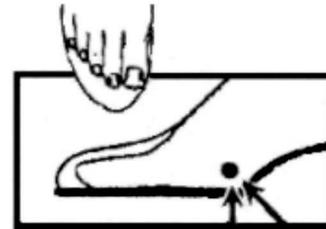
tilla y por lo general está ahí para la absorción de impactos; y la suela exterior (outsole), es la capa en contacto directo con el suelo y puede comprender una sola pieza, o puede ser un conjunto de piezas separadas de diferentes materiales. Por otra parte, Choklat (2012) define el corte como “todo aquello que queda por encima de la suela”. Está hecho de piezas que son cosidas entre sí y puede estar conformado por látigos, correas o cortes de piezas. Además, estas generalmente tienen forro, el cual mantiene unidas las piezas del corte y está en contacto con el pié. (Fig.. 3.3.3)

RENDIMIENTO Y AJUSTE

Si bien es cierto que el calzado actual, comparado con el calzado antiguo, elimina y minimiza los factores de riesgo relacionados con las lesiones, aún cuando los parámetros de diseño para conseguir los requerimientos biomecánicos relativos al ajuste del pie y el calzado son difusos. El pie humano es tan complejo que necesita diferentes tipos de ajuste en diferentes partes del pie y “un mal ajuste entre el pie y el calzado produce o un estrés excesivo en los pies: el estrés normal expresado como presión o tensión cortante expresada como fricción” (Goonetilleke y Weerasinghe, 2013). Dicho de otra forma, se considera que un zapato tiene buen ajuste cuando no comprime el pie de alguna manera, ni está holgado.

Piava de Castro et al. sugieren que se puede reducir la inestabilidad y las patologías en el antepié aumentando el volumen del zapato en dicha zona, liberando la compresión medial y lateral y así permitir el movimiento de los metatarsianos libremente. (En Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012)

Fig. 3.3.4 En las dos imágenes superiores se puede observar un correcto ajuste de zapato, donde el antepié coincide perfectamente en la zona del zapato, los dedos están extendidos y existe un espacio libre en el talón y la punta entre el pie y el zapato. En las dos imágenes inferiores el antepié está sobrepasado de la zona, los dedos están apretados y no existe suficiente espacio entre el zapato y el pie en el talón y punta de los dedos. Recuperado de <https://bit.ly/2M74C8T>



PLANTILLA

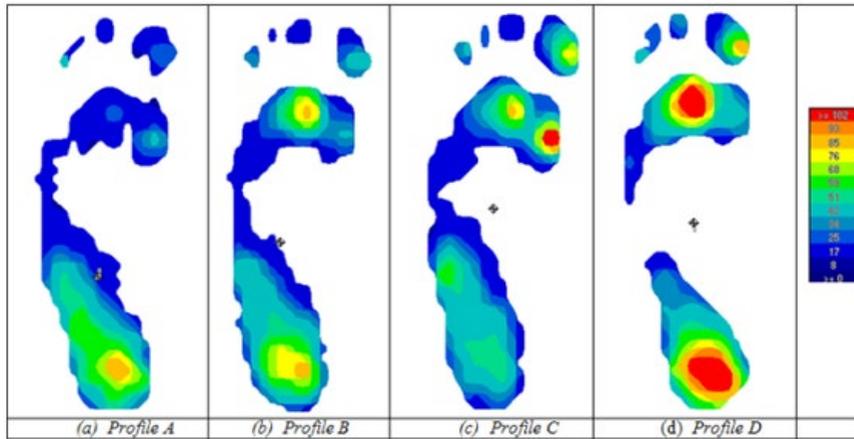


Fig. 3.3.5 (A) Mayor presión en el tacón; (B) Fuerzas balanceadas entre tacón y antepié; (C) Mayor presión en antepié; (D) Falta de contacto en el arco medio, resultando en mayor presión en el antepié y tacón. Efecto de la variación del calce sobre la presión plantar. (Goonetilleke y Weerasinghe, 2013)

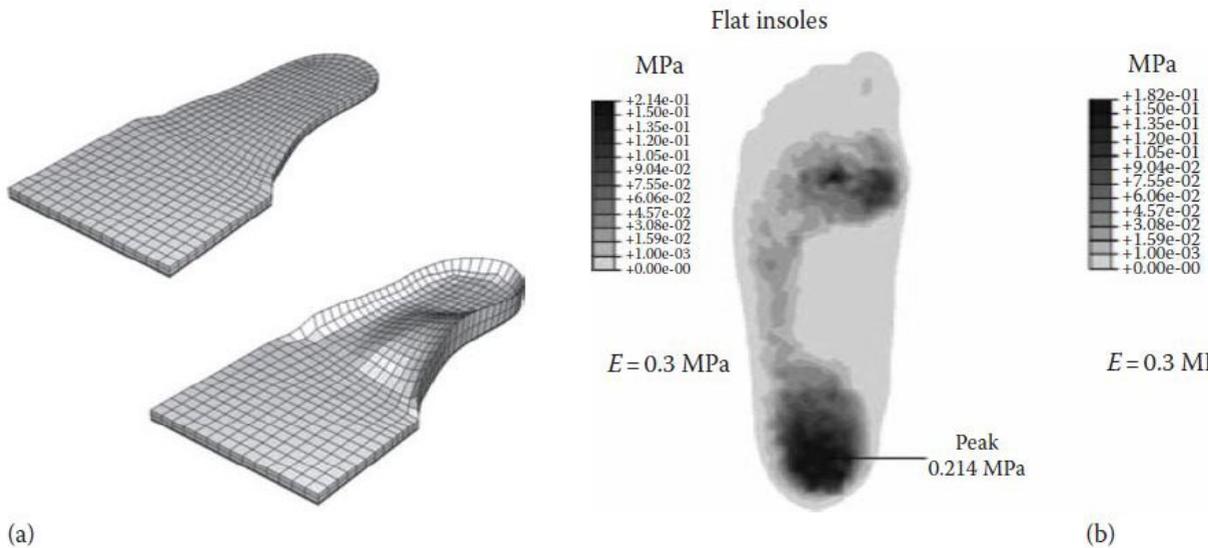
Aún cuando hay diferentes partes del calzado que afectan la postura y el ajuste de la planta y el dorso del pie, dicho sea un ejemplo como la altura del tacón, el correcto ajuste de la planta del pie es el primer paso para un correcto entalle (Goonetilleke y Weerasinghe, 2013). Poca información existe sobre los parámetros para conseguir las magnitudes necesarias en una plantilla. Generalmente, la forma de la plantilla de un zapato se basa en modelos exitosos de zapatos o formas que se han modificado a través de métodos de prueba y error durante muchos años. Estos ajustes pueden ser tan sensibles que en una plantilla, un relieve hasta de 2mm puede resentirse por el pie humano fácilmente. (Goonetilleke, 2013) (Fig... 3.3.5)

Los diseñadores pueden caer en el error de asumir que el pie puede deformarse en cualquier forma, pues tiene muchos huesos y articulaciones, pero la longitud de los diversos huesos y la forma en que se unen entre sí restringen el movimiento y la deformación. (Goonetilleke, 2013) .

En este caso, las plantillas diseñadas anatómicamente se usan comúnmente en ortesis y suelas y funcionan para distribuir las superficie plantar de una manera más uniforme. Sin embargo, con una plantilla de forma anatómica muy ajustada o sobrealzada, áreas como el arco no pueden funcionar como deberían. Por lo tanto, una plantilla que no tenga una forma tan ajustada o estrecha, debería funcionar mejor para sostener el pie. (Goonetilleke, 2013)

De acuerdo con Goonetilleke y Luximon (en Goonetilleke, 2013) los contornos del pie y del zapato determinarán la posición exacta del pie dentro de un zapato y cualquier “espacio libre” entre el pie y la plantilla aumentará indebidamente las presiones en las regiones donde el pie contacta con la plantilla, por lo que la distribución correcta de los relieves es muy importante para el correcto funcionamiento. De tal manera, los materiales de baja rigidez pueden obtener un amoldamiento adecuado para la eliminación de tales espacios libres.

CUSHIONING/ACOLCHONAMIENTO



En un estudio de Goonetilleke de 1999 (en Goonetilleke, 2013) los sujetos describieron el acolchonamiento como la sensación de suavidad, de amasamiento, comodidad, absorción de golpes, reducción del movimiento discordante, soporte, sensación de hundimiento, estabilidad, protección, desaceleración, etc. Estas descripciones pueden tener medidas cuantificables y no es sorprendente que exista una relación entre las medidas objetivas y las medidas subjetivas.

De acuerdo con Goonetilleke y Weerasinghe (2013) las lesiones se relacionan con la absorción de impactos (shock absorption); mientras que la rigidez y la dureza se han relacionado con la

incomodidad. El cuerpo humano tiene la capacidad de percibir movimientos dañinos como incomodidad o dolor y las malas calificaciones de amortiguación son una predicción de malestar y dolor en los pies (Grier et al., 2011).

Goonetilleke (2013) a través de un simulador de plantilla, concluye que una mayor comodidad está relacionada con una distribución adecuada de la fuerza, lograda gracias a los parámetros de la plantilla. Además se sugiere tener un área de contacto mayor que la que se coloca sobre una superficie plana, además de una presión máxima inferior a aproximadamente 100 kPa en reposo.

GROSOR Y DENSIDAD

Custom-molded insoles

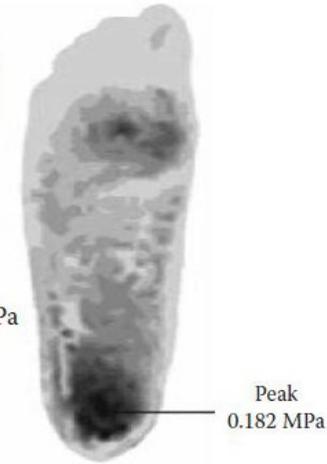


Fig.. 3.3.6 3-Dimensional finite element model of the human foot and ankle for insole design

(a) Plantilla plana y plantilla personalizada
(b) La distribución de la presión plantar sobre la plantilla plana y la plantilla personalizada (Arch. Phys. Med. Rehabil., Cheung, y Zhang, en Azariadis, 2013).

Acorde con Robins (en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012) los zapatos que se fabrican con una suela más gruesa y más suave se han asociado con aumentos en la inestabilidad dinámica y una reducción del equilibrio postural. Por otra parte, Morio et al (en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012) agrega que la dureza y la rigidez de la entresuela no afectan la pronación del pie al caminar o al correr.

SHOCK ABSORPTION

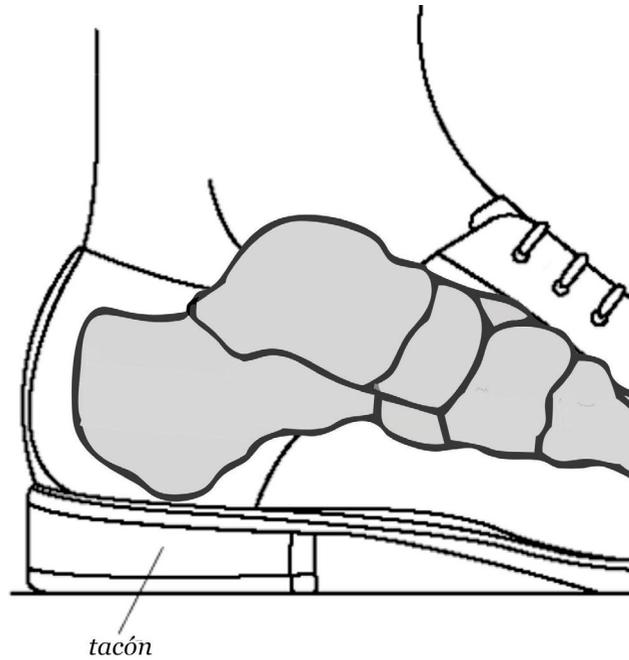
Branthwaite, Chockalingam y Healy (2012) teorizan que una suela más ancha tiende más a la deformación que una suela delgada, pero por otra parte, la absorción del impacto se atenúa más en una suela gruesa. Se puede decir que una suela más gruesa se deformaría menos que una suela más delgada y, por lo tanto, las fuerzas de impacto se atenuarán más en la suela más gruesa, lo que daría al zapato una mejor absorción de impactos, de acuerdo con Barnes y Smith.

Por su parte, Cheung y Zhang (en Azariadis, 2013), estudiaron dos tipos de diseños de plantillas, planas y personalizadas (Figura 3.3.6) en el que consideraron 5 factores de diseño: tipo de arco, material de la plantilla, grosor de la plantilla, material de la entresuela y grosor de la entresuela. Concluyeron que la forma de la plantilla es más importante para reducir las presiones plantares máximas que la rigidez del material utilizado. Se observó que el grosor de la plantilla, la rigidez de la entresuela y el grosor de la entresuela desempeñan funciones menos importantes en la reducción de la presión máxima. (Fig.. 3.3.6)

DISEÑO DE LA SUELA

Es importante diseñar la flexión de la suela, pues si el zapato no se flexiona con el ángulo natural de los metatarsianos durante la fase propulsora, el zapato en su lugar puede flexionarse contra el pie o a los laterales, causando inestabilidad. (Menz and Lord en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012)

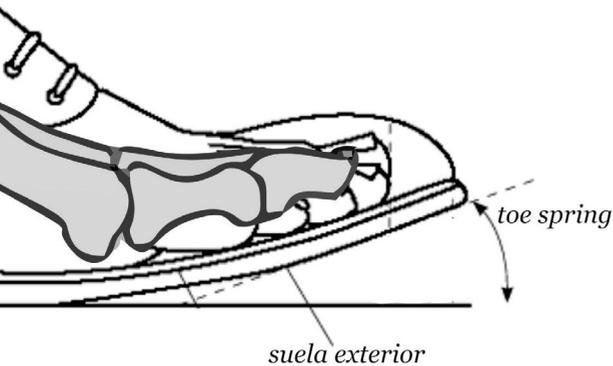
En el caso de los tacos, calzado usado en deportes como el soccer o el rugby, el diseño de las protuberancias de la suela y su resistencia al deslizamiento son otros aspectos del diseño de calzado que son importantes en el control del movimiento. Sin embargo, no se han demostrado que los cambios en la posición y la orientación de los tacos reduzcan la incidencia de lesiones. (McPoil 2000 en Branthwaite, Chockalingam y Healy, 2012)



EL PESO DEL ZAPATO

Es importante elegir un calzado que permita el funcionamiento normal del pie, y el peso del calzado es de gran influencia. De acuerdo con Branthwaite, Chockalingam y Healy (2012) un zapato ligero puede mejorar el consumo de oxígeno en un 1% por cada 100g perdidos en peso, considerando el trabajo de atletas de alto rendimiento. Sin embargo, tiene que cuidarse la reducción del peso del calzado para no comprometer la estructura y el soporte.

TOE SPRING



Existen datos que muestran que existe un ángulo aproximado de 15 grados, generado entre los dedos de los pies y la parte inferior del pie, cuando este cuelga naturalmente. A esta medida se le denomina “*toe spring*” o “quebrante de puntera”. El grado del *toe spring* en un zapato depende de varios factores, a saber, la altura del talón, el estilo del zapato, el material superior y la flexibilidad general de los zapatos. Normalmente, los zapatos para caminar necesitan más zapato de puntera que los zapatos de vestir, mientras que un zapato de ballet no tiene *toe spring*.

Los zapatos con un *toe spring* adecuado, pueden apoyar los dedos y reducir la flexión del pie al caminar o correr. Además disuade las arrugas excesivas de la parte superior del zapato y el desgaste en la suela exterior, lo que prolonga la vida útil del zapato. Sin embargo, si el *toe spring* es demasiado alto, puede provocar un colapso del arco transversal, que es una causa de pie plano (Ma, X. y Luximon, A. 2013)

TACÓN

Para proporcionar mayor comodidad al caminar, Ma, X., & Luximon, A. (2013) sugieren que el zapato requiere de un tacón para ahorrar la energía utilizada para elevar el talón del pie. La investigación muestra que la altura óptima en la mayoría de los casos es de 25 a 45 mm.

Yung-Hui y Wei-Hsien (en Alemany et. al, 2013) advierten que la altura del tacón así como inserciones en la suela dan la sensación de molestia al andar. Tratándose de una relación proporcional de la altura del talón con el malestar percibido.



DISEÑO DE HORMA

Para poder diseñar el calzado, es necesario contar con una horma. Existen muchas dimensiones utilizadas para la fabricación de las hormas. A pesar de que AFMA (Asociación Americana de Productores de Calzado, por sus siglas en inglés) ha definido 61 términos para la explicación de las hormas, no existe una relación directa entre el pie y la horma. La horma es una forma compleja en 3D que no tiene líneas rectas, la cual es utilizada para la fabricación de zapatos, utilizando las medidas del perímetro del recio, perímetro del empeine, perímetro de entrada, perímetro de tobillo y la longitud calzable.

En Alemania desarrollaron el modelo de zapatilla AKA64, a partir del estudio de medición de pies en niños para mejorar el ajuste del calzado. La horma tiene tres anchos disponibles W (Weit = ancho), M (Mittel = Medio) y S (Schmal = Angosto). Así que esta horma también se conoce como sistema WMS. El sistema de calzado es bastante elaborado en las dimensiones del pie (A. Luximon y Y. Luximon, en Goonetilleke, 2013). La información detallada sobre la dimensión del pie se explica para el tamaño de zapato de mujer 6B (Fig... 3.3.7)

De acuerdo a la forma del modelo de la horma, será el ajuste del zapato. El diseño del zapato se desarrolla en una horma de talla 6B para mujer, equivalente al tamaño continental 36, que se adapta a un pie de 235 mm, y considerando una tolerancia del dedo del pie y del talón, la longitud es de 246 mm. En el caso del calzado para hombre, se diseña en una zapatilla de tamaño $7\frac{1}{2}C$,

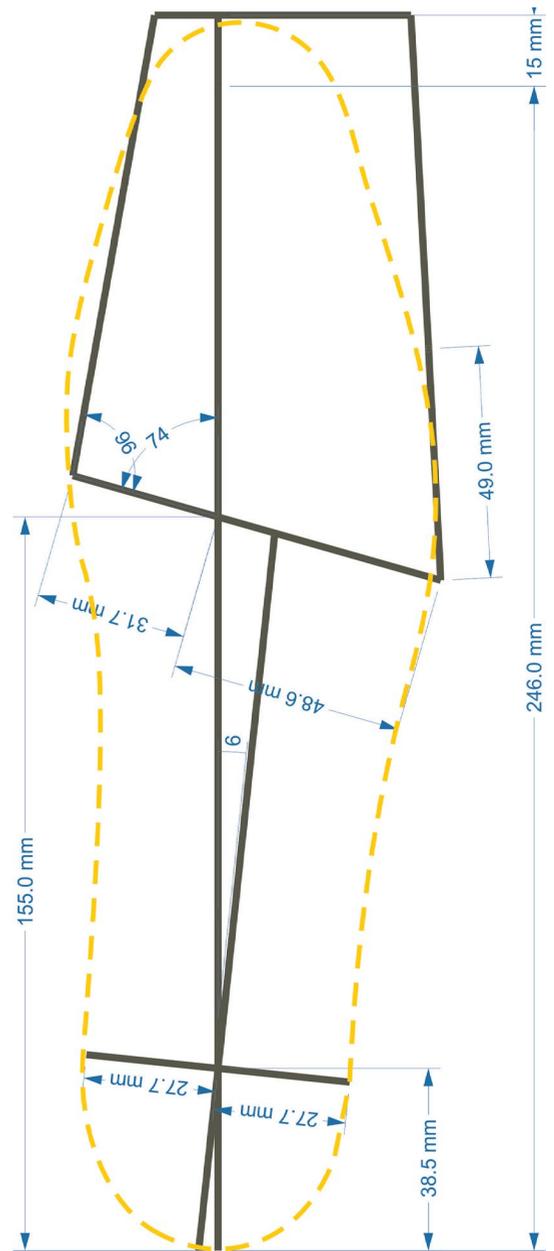


Fig.. 3.3.7. Modelo alemán AKA64 para hormas

equivalente al tamaño continental 40, adecuada para un pie de 254 mm y con una longitud final de 270 mm, debido a las tolerancias.. (A. Luximon y Y. Luximon, en Goonetilleke, 2013)

ESCALADA

El sistema de escalada de calzado inglés fue el primer sistema de escalada de pie. Se basa en las unidades de medida en inglés de “pie” y “pulgada”. Después del año 1880, se introdujeron medias tallas (1/2 tallas = 4,23 mm) para mejorar el ajuste y, en el siglo XX, se introdujeron las medidas de los cuartos pero no se adoptó debido a los costos adicionales de producción e inventario. En Estados Unidos adoptaron el sistema de clasificación en inglés, pero en lugar de comenzar con 4 pulgadas, comienza con 3 y 11/12 pulg.

Los sistemas de medidas de calzado existentes se basan principalmente en la longitud del pie y la circunferencia. Existen diferentes sistemas en diferentes partes del mundo, pero los más utilizados son el dimensionamiento en inglés, el estadounidense, el continental, el chino y el sistema Mondopoint. El tamaño continental se usa comúnmente en Europa occidental y se usa am-

pliamente como una segunda referencia en el tamaño de las etiquetas para zapatos que usan el tamaño inglés o americano. Fig.. 2.7.5

La diferencia entre el tamaño del zapato y la longitud del pie depende de la forma la horma, que está influenciada por la moda y el diseño. (A. Luximon y Y. Luximon, en Goonetilleke, 2013)

Diversas dimensiones utilizadas para diferentes sistemas de dimensionamiento.

| Sistema de dimensionamiento | Unidad de arranque | Incremento de longitud | Incremento de la circunferencia |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Inglés | 4 in. = 101.6 mm | 1/3 in. = 8.46 mm | 1/4 in. = 6.35 mm |
| Americano | 3 11/12 in. = 99.48 mm | 1/3 in. = 8.46 mm | 1/4 in. = 6.35 mm |
| Continental | 100 mm | 2/3 in. = 6.66mm | 5 mm |
| Chino | 90 mm | 5 mm | 35 mm |
| Mondopoint | — | 10 mm | 5 mm |

Varios sistemas de dimensionamiento. (Luximon y Luximon, 2013)



3.3.3

REFLEXIONES DEL CAPÍTULO: MATERIAL Y ERGONOMÍA

Los materiales investigados tienen propiedades que pueden beneficiar los requerimientos de durabilidad, resistencia y reciclabilidad. Es por ello que tendrán que hacerse propuestas de materiales para evaluar los beneficios de estos, buscando utilizarlos de la manera más responsable, para minimizar el desperdicio mediante procesos productivos y reduciendo el gasto uso de sustancias tóxicas, reducir el uso de agua y energía, además de considerar el segundo uso de estos materiales, es decir, que los materiales sean reciclados.

Por otra parte, en el aspecto ergonómico pueden definirse ciertos aspectos o requisitos necesarios para satisfacer el confort otorgado por el calzado, en el que existen varios elementos medibles y otros psicológicos que influyen en dicha percepción. Para encontrar un zapato adecuado, en primer lugar, debe darse un correcto ajuste de talla, en el que el pie no se encuentre oprimido y tenga una holgura en la punta de los dedos y el talón. También, se sugiere generar una plantilla que, en medida de lo posible, tenga el mayor contacto con la planta del pie, prestando especial atención a la zona de contacto del arco medial para reducir la presión plantar del talón y el antepié. A pesar de esto, se sugiere que la plantilla no sea tan estrecha ni ajustada, pues un relieve inadecuado puede causar lesiones e impedir el correcto funcionamiento del pie. Además, para

ofrecer estabilidad postural, se sugiere no utilizar un material suave. Y en cuanto a absorción de impactos, se sugiere utilizar una suela gruesa.

La suela además deberá tener una zona de flexión para los metatarsianos, definida aproximadamente en el 70% de la longitud medida desde el talón a la punta. Mientras que las protuberancias en la suela pueden ayudar a reducir el deslizamiento. Se deberá buscar también reducir el peso del zapato.

Finalmente, el diseño de la suela debe incluir un ángulo aproximado de 15° para el toe spring y un tacón de mínimo 2.5 cm de altura. Además de considerar entre 1 cm y 1.5cm de tolerancia para el movimiento en la punta del pie y el talón.



3.4 PROPUESTAS DE MATERIALES

REQUERIMIENTOS PARA EL MATERIAL DE LA SUELA

De acuerdo con la investigación presentada, se harán algunas propuestas de materiales para las piezas de la sandalia. Por cada propuesta se hará una descripción del material, el proceso productivo con el que se llevaría a cabo y una hipótesis del ciclo de vida, debido a la inaccesibilidad a ciertos materiales, procesos o pruebas de resistencia; y una comparativa entre ventajas y desventajas. Con esta información se hará una evaluación por cada propuesta con los factores importantes para la selección del material adecuado para la fabricación de la propuesta final.

Para evaluar esta información, se tomará en cuenta la información previamente explicada respecto a cada material, los procesos productivos explicados. Los puntos para evaluar serán las resultantes de las conclusiones expuestas en el capítulo de “Sustentabilidad y Personalización masiva” y “Materiales y Ergonomía”, enlistados jerárquicamente a continuación:

1. Durabilidad: Se analiza de acuerdo a la resistencia a factores mecánicos y de sustancias externas.
2. Resistencia: A la abrasión, estabilidad, flexibilidad, desgarré, desgaste, impermeabilidad, deslizamiento, etc.
3. Factible a reparación: Que la pieza pueda ser reparada y sea portada de manera digna, conservando las propiedades iniciales.
4. Separación de materiales al final del ciclo: De consistir en un material compuesto o ensamblado, si es posible separar dichos materiales para el reciclaje por partes.
5. Estandarizable: Que el proceso productivo permite la repetición estandarizada de cada pieza.
6. Origen de materiales: La consideración de si es un material de origen natural y renovable, de origen plástico o reciclado.
7. Método productivo: Que el método productivo sea de bajo costo de montaje de línea de producción y que tenga bajo impacto ambiental de acuerdo a generación de desechos y gasto de recursos.
8. Fabricación a nivel local: Considerando el costo de montaje de la línea de producción y la obtención de materiales, se determina si es posible la fabricación a nivel local.
9. Reciclaje de materiales: Si el material tiene la posibilidad de ser transformado y aprovechado para ser convertido en un nuevo producto o materia prima.
10. Degradabilidad: Que el producto tiene la habilidad de descomponerse en compuestos o elementos menos complejos, que pueden ser procesados por la tierra.
11. Posibilidad de combinar con plantilla: En pos de reducir el número de componentes del producto y buscar reducir el número de elementos, es deseable que el material permita fusionarse con una plantilla con relieves que se acomoden a la anatomía del pie.
12. Absorbente al shock: Que la dureza del material sea razonable para ayudar para absorber el impacto al caminar.
13. Resistente al moho, hongos, bacterias: Por cuestiones de higiene y para asegurar la durabilidad de la suela, es importante encontrar un material que no sea propenso a retener y propagar estos organismos.

3.4.1 LAMINACIÓN

LÁMINAS DE PIEL PEGADAS

Descripción: Un conformado de varias láminas de cuero para fabricar la suela.

Proceso: Suaje y unión por pegamento-costuras.

Hipótesis de ciclo de vida:

1. El material proviene desde cero, es decir que no tuvo un uso previo al que será destinado y pasa por un proceso de curtido.
2. La piel se corta por medio de suajes.
3. Las piezas son unidas por medio de adhesivos o por medio de costuras.
4. Para que adquiera durabilidad frente a la humedad y el sol, se pueden agregar aditivos.
5. Si se utilizan adhesivos, arriesga y dificulta su desarticulación por partes y por consiguiente, su reciclado. Si se une por medio de costuras, facilitará su separación por partes y podrá ser considerado para reciclaje.

De acuerdo con la Unidad 2 de Step 2 Sustainability (2016), la piel ha sido modificada y mejorada de tal forma que las suelas de piel ya son ligeras, flexibles, a prueba de agua y permite la transpiración y la absorción de la humedad. Por otro lado, confirman que generalmente tiene una vida útil corta.

El blog “The shoe snob” (FitzPatrick, 2017) sugiere que si bien la suela de cuero fue hecha para ser dura, conserva su capacidad para moldearse al pie. Por otra parte, dice que combinado con el corcho puede crear una base muy suave y flexible, sin embargo cuando se trata del uso únicamente de piel, puede ser muy rígido y no proporcionar soporte para el arco.

En cuanto a la durabilidad FitzPatrick (2017) comenta que entre más capas sean utilizadas, más duradera será la suela, aunque el clima puede comprometerlo, puesto que la piel absorbe el agua y con el tiempo pueden generarse grietas.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | X | | Pueden añadirse aditivos para mejorar la resistencia al agua |
| 2. Resistencia | | X | | |
| 3. Factible a reparación | | X | | La reparación convencional consiste en adicionar piezas de caucho para el desgaste de la parte inferior de la suela |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | | X | | El recurso es natural y renovable, sin embargo el uso del cuero como materia prima implica un impacto ambiental negativo moderado |
| 7. Método productivo | | X | | El corte por suajes genera desperdicios aun cuando estos sean optimizados. Sin embargo, los desechos pueden ser reprocesados y reciclados. |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | |
| 9. Reciclabilidad | | X | | En la actualidad se fabrican materiales a base de cuero recuperado, pero el material sólo es aquel recuperado de otras industrias. |
| 10. Degradabilidad | | | X | |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | X | | Debido a que se trata de materiales laminados, es necesario combinar con otros materiales como el corcho o espumados plásticos para formar los relieves de la plantilla |
| 12. Absorbente al shock | X | | | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 16 PTS.



CONFORMADO DE LÁMINAS DE FIELTRO

Descripción: Utilizar laminado de lana y conformar la suela por 2 o más capas para formar la suela.

Proceso: Suaje y unión por costuras

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material proviene de una materia prima y se hace el conformado de placas de fieltro.
2. Las placas son cortadas mediante suajes y dichas piezas son unidas mediante costuras.
3. Las piezas pueden ser separadas para su desecho y posible reciclaje. Algunas industrias como las automotrices pueden utilizar estas fibras de lana. Sin embargo, si no existe quien recicle este material, pasará a un proceso de descomposición luego de su desecho.

La empresa comercializadora de fieltro Aetna (Aetna, s.f.) informa que el fieltro de lana es resistente a la abrasión por químicos, a la deformación por presión, al desgaste, al fuego, además de ser autoextinguible, , mientras que mantiene sus propiedades físicas. Informan que tiene capacidades de absorción sin humedecer la superficie.

Por otro lado, la página web LEAF (s.f.) revela que la limpieza del fieltro puede ser problemática, puesto que debe realizarse en seco, ya que puede presentar deformidades con el agua tibia o caliente. Esto puede representar un gran problema, puesto que al ser la suela, estará en contacto directo con el suelo y la suciedad. Por otro lado, también advierten de las condiciones de humedad idóneas para el alimento de polillas.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | X | | | Su poca resistencia a la deformación con el calor no permite un uso prolongado de este producto |
| 2. Resistencia | | X | | |
| 3. Factible a reparación | X | | | |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | La unión de láminas de fieltro se plantea con costuras, lo que facilita el proceso de separación de materiales, en caso de ser requerido. |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | | | X | El material proviene de la lana, un recurso renovable y natural |
| 7. Método productivo | | X | | El proceso de corte por suaje, genera desechos que pueden ser reciclados por otras industrias |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | |
| 9. Reciclaje de materiales | | X | | Aunque existen industrias, como la automotriz que pueden reciclar este material, no es convencional que esto ocurra sobretodo en los vertederos |
| 10. Degradabilidad | | | X | |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | X | | La lana puede ser cardada para moldearla con la forma de la plantilla diseñada |
| 12. Absorbente al shock | | | X | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | X | | | El material conserva el agua, por lo que no es recomendable para impedir la contención de bacterias u hongos |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 16 PTS.



3.4.2 MOLDEADO

INYECCIÓN DE CAUCHO

Descripción: Inyección de caucho natural o alguna de sus variantes combinadas con otros tipos de plásticos de origen no-natural

Proceso: Inyección de plástico

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material proviene de origen natural y es una materia prima.
2. Se vulcaniza para poder ser inyectado.
3. Al llegar al final de la vida útil, este material puede ser reciclado (mediante trituración) o reprocesado (devulcanizado e inyectado nuevamente). Sin embargo, si no existe un responsable de este proceso, puede ser un producto que tarde hasta 100 años en degradarse.

De acuerdo con Step2Sustainability (2016), las suelas fabricadas con caucho natural y sintético, son muy resistentes al desgaste, a la abrasión y al agrietamiento por flexión. Además, tienen buenas propiedades de aislamiento térmico, a la humedad y son flexibles. Todas estas características hacen del caucho un excelente material duradero para la fabricación de suelas.

Así como puede utilizarse el caucho natural, existen también distintas aleaciones con termoplásticos que ofrecen diferentes cualidades al caucho, a las cuales se les denomina “cauchos sintéticos”, entre los que se encuentra el SBR o SBS/TR (Thermoplastic Rubber) (Step2sustainability, 2016)

Por otra parte, el blog The Shoe Snob Blog (FitzPatrick, 2017) reseña que los zapatos con suela de caucho no tienen la habilidad de adaptarse a la forma de los pies como lo hacen las suelas de piel, por lo que luego de un periodo largo de uso, puede ser incómodo.

Actualmente, debido a la larga descomposición del caucho, se han desarrollado nuevas tecnologías mediante las cuales el caucho puede ser reciclado mediante diferentes métodos para diferentes fines, como los siguientes: Cuencas de retención, fundición, césped sintético, suelos ecuestres, obras de cemento, etc. (Clauzade, 2010)

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | | X | |
| 2. Resistencia | | | X | |
| 3. Factible a reparación | | X | | Usualmente no tienen averías, sin embargo cuando ocurren, son resanados con resinas o con injertos de caucho |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | Debido a que la suela se compone de un sólo material, no requiere de separación y únicamente de clasificación por tipo de caucho |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | X | | | Aunque es un recurso natural y renovable, los árboles de los que se obtiene el látex son cada vez más escasos. |
| 7. Método productivo | | X | | |
| 8. Fabricación a nivel local | X | | | Es necesario hacer el montaje de una línea de producción por inyección, lo que puede resultar costoso es ámbitos de emplazamiento y montaje |
| 9. Reciclaje de materiales | | X | | El material puede ser granulado o devulcanizado, pero es necesario un sistema de recolección que suele ser ajeno a quien inyecta en caucho |
| 10. Degradabilidad | X | | | |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | X | | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 17 PTS.



INYECCIÓN DE EVA

Descripción: Suela de una sola pieza

Proceso: Presión y calor de pellets de eva

Hipótesis de ciclo de vida:

1. El material se obtiene desde materia prima, se inyecta un preformado y se mete a una prensa para conseguir su forma final.
2. El tipo de manufactura permite que no exista gran cantidad de desechos del material.
3. Al desecharla, el material puede ser reciclado. Sin embargo, si la mezcla del plástico presenta aditivos, no puede ser fácilmente reciclada.

De acuerdo con lo escrito por Sneaker Factory (2018) el plástico EVA es un material muy ligero que resiste a la compresión, que puede ser utilizado en casi cualquier color y es fácil de moldear.

Por su parte, Step2Sustainability (2016) dice que se utiliza la mayoría de las veces por su ligereza en zapatos deportivos y porque es muy fácil de manejar. Y aunque resiste a la compresión, puede presentar deformaciones permanentes y su mayor desventaja es su baja resistencia a al desgaste.

Como se ha explicado anteriormente, el EVA se manufactura por medio de moldes, lo que lo hace un material que no genera tantos desechos al ser fabricado.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | X | | La deformación a mediano plazo compromete el lapso de su primer vida útil, además de alterar la absorción de impactos |
| 2. Resistencia | X | | | |
| 3. Factible a reparación | | X | | Los desperfectos son arreglados con selladores de poliuretano o injertos de otros materiales plásticos como el caucho |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | El moldeo se hace de un sólo material, el cual no requiere de separación y únicamente de clasificación de tipo de plásticos |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | X | | | El origen sintético del material y el espumado del material supone el uso y emisión de sustancias tóxicas durante la producción y degradación |
| 7. Método productivo | | | X | |
| 8. Fabricación a nivel local | X | | | Es necesario hacer el montaje de una línea de producción por inyección, lo que puede resultar costoso es ámbitos de emplazamiento y montaje |
| 9. Reciclaje de materiales | X | | | |
| 10. Degradabilidad | X | | | |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | X | | El material puede ser muy blando para soportar el impacto y puede presentar deformaciones a lo largo del uso |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 13 PTS.



INYECCIÓN DE PU

Descripción: Suela de una sola pieza

Proceso: Inyección de plástico

Hipótesis de ciclo de vida:

1. El material proviene de origen sintético. Se compone de dos sustancias, se mezclan y catalizan.
2. El tipo de manufactura del producto se generaría por moldeo o inyección, lo que significa menor cantidad de desperdicio de materiales.
3. Al llegar al final de la vida útil, este material puede ser reprocesado y reciclado, en el caso de ser termoplástico. Debe haber un responsable del reciclaje de este material.

Como se mencionó anteriormente, Step2Sustainability sugiere que el Poliuretano es uno de los plásticos más suaves con un alto nivel de confort y aislamiento térmico, además de ser más livianos que la mayoría de los plásticos. También es utilizado como un reemplazo para el caucho duro, puesto que el termoplástico de PU ofrece alta resistencia a la tracción, elasticidad, capacidad para resistir aceites, grasas, disolventes, productos químicos y abrasión.

Puede ser procesado por medio de inyección o vaciado en moldes, lo que igualmente supone poca generación de desechos en la producción.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|--|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | | X | La alta resistencia a diversas sustancias y a los factores del entorno, proveen de mucha durabilidad a este tipo de material |
| 2. Resistencia | | | X | |
| 3. Factible a reparación | | X | | Las averías pueden ser reparadas con resinas de PU o injertos de otros plásticos como el caucho |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | Siempre que el moldeo sea del un mismo tipo de plástico, no es necesario hacer una separación de materiales |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | X | | | El uso de materiales de origen plástico implican el uso y generación de emisiones y sustancias tóxicas |
| 7. Método productivo | | X | | Si se trata de inyección, el método puede generar muy poco desecho. Cuando se realiza por compresión, puede generar desechos |
| 8. Fabricación a nivel local | | X | | La instalación de inyección de PU puede ser costosa, mientras el moldeo por compresión no requiere tanta inversión |
| 9. Reciclaje de materiales | X | | | |
| 10. Degradabilidad | X | | | A pesar de que se han encontrado bacterias y hongos capaces de biodegradar el PU, se ha logrado bajo condiciones de laboratorio. (Coronel, n.d.) |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | | X | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 17 PTS.



3.4.3 COMPOSITES

Según lo definido por Verma (2012) un material compuesto o *composite* se fabrica combinando dos o más materiales para conseguir una combinación de propiedades. Kelly (en Velma et al., 2012), agrega que cada combinación tiene sus propias propiedades distintivas y que en cuanto a la resistencia, la resistencia al calor, será siempre diferente al material solo.

Los *composites* se constituyen por un material “a granel”, denominado matriz, y un aglutinante que se que se agrega principalmente para aumentar la resistencia y la rigidez de la matriz. Estas combinaciones deben cumplir con las funciones de: proteger del entorno y su manipulación, dispersar las fibras y mantener la orientación y el espaciado de la fibra deseados, ser químicamente compatible con las fibras y ser compatible con los métodos de fabricación disponibles para fabricar los *composites* deseados. (Verma, 2012)

Verma explica que los *composites* fabricados con termoplásticos son atractivos porque son baratos, rígidos, pintables, resistentes a la pudrición y tienen más ciclo de vida. Además, están ganando terreno por sus ventajas ecológicas por su naturaleza no-cancerígena y biodegradabilidad.

Por su parte, Mohanty (2002) propone que el remplazo de plásticos provenientes del petróleo por bio-polímeros resultaría en una propuesta más amigable con el ambiente por su gran disposición para ser degradable. Mientras que las fibras naturales son biodegradables, el bioplástico basado en recursos renovables se puede diseñar para que sea biodegradable o no de acuerdo con las demandas específicas de una aplicación determinada.



COMPOSITE DE PIELES RECICLADAS

Descripción: Utilizar un triturado de pieles, sobrante de diferentes tipos de productos y hacer un comprimido con látex o PU.

Proceso: El triturado se comprime con una prensa y se agrega un aglutinante. En este caso, se utiliza látex o PU, utilizado en comprimidos de otros tipos de materiales.

Hipótesis de ciclo de vida

1. Los restos de piel son recuperados de otras industrias, por lo que se utiliza material que ya sería considerado “desecho”, un material reciclado.
2. Se prensa cada pieza y se utiliza como aglutinante poliuretano mediante vaciado, solamente con un aproximado del 20% al 30%, para que la piel no pierda su propiedad.
3. Al desechar este, las piezas de piel quedan ahogadas en el material del aglutinante, que al no ser biodegradable, no permite su reciclaje.

La razón para hacer un composite de piel, es únicamente para aumentar y asegurar las propiedades que las suelas de piel ya ofrecen, entre las cuales se encuentran gran durabilidad, habilidad para la transpiración, cualidad para adaptarse a la forma del pie, suavidad y flexibilidad. Por lo tanto, el añadirle un aglutinante, supone una mayor duración durante la vida útil del producto.

Sin embargo, a lo largo de la investigación de la existencia de este material, únicamente se encontró un producto de material análogo desarrollado por el estudio de Jorge Penadés en Madrid, España. El cual consiste en piel estructural, conformada por tiras de piel encapsuladas por un termofijo. Este material principalmente se utiliza para la fabricación de muebles o artículos para el hogar, reemplazando a la madera o aglomerados.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | | X | El compuesto de dos materiales resistentes supone el mejor desempeño de las piezas |
| 2. Resistencia | | | X | |
| 3. Factible a reparación | X | | | Únicamente es posible reparar la suela mediante injertos o resinas, pero no es posible recuperar la apariencia del mismo material |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | X | | | |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | | | X | El uso de residuos de cuero de otras industrias, permite aprovechar aquello que se considera como desecho. |
| 7. Método productivo | | X | | Mediante moldeo por compresión, es posible estandarizar las piezas, un proceso que no requiere de mucha inversión de montaje. |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | |
| 9. Reciclabilidad | X | | | No es posible separar los composites en partes, por lo que la única opción para este material es la degradación de la piel y la resina. |
| 10. Degradabilidad | | X | | Un composite con 80%-70% de cuero, representa uso de material plástico muy bajo y supone una decomposición más rápida que una compuesta únicamente por materiales plásticos |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | X | | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 16 PTS.



COMPOSITE DE FIBRA DE COCO

Descripción: Utilizar fibra de coco y combinarlo con PU. Obtener la forma mediante presión.

Proceso: Moldear mediante presión la fibra de coco y utilizar el aglutinante de un 20% a 30%

Hipótesis de ciclo de vida

1. La fibra se obtiene a través de otras industrias que utilizan el coco para otros productos.
2. Se prensa cada pieza y se utiliza como aglutinante poliuretano con un aproximado del 20% al 50%. Este material ayuda a la conservación de la fibra de coco y supone una mayor duración durante la vida útil del producto.
3. Al desechar este, no puede ser utilizado para su reciclaje. No puede ser separado por material (fibra de coco y PU), por lo que es únicamente desecho.

De acuerdo con Verma (2012), la fibra de coco es aún más resistente que otras fibras naturales debido a su alto contenido de lignina, mientras que conserva las ventajas de baja densidad, bajo costo y biodegradabilidad. Al ser un recurso altamente renovable, reduce la dependencia del petróleo. Añade que la principal desventajas es la gran absorción de humedad.

D. Almeida et al (en Verma et al, 2012) investigaron las características estructurales y las propiedades mecánicas de los compuestos de poliéster y fibra de coco. Se probó que utilizando un 80% del peso de un compuesto moldeado, se obtuvieron compuestos rígidos. Aquellos con menos del 50% del peso se comportaron con mayor flexibilidad.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|--|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | X | | Aunque la resistencia de la fibra de coco a la deformación y desgaste es alta, el tiempo de degradación compromete la durabilidad de la suela. |
| 2. Resistencia | | | X | |
| 3. Factible a reparación | X | | | La suela puede ser reparada mediante injertos o resinas, pero no es posible recuperar la apariencia del mismo material |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | X | | | |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | | X | | La fibra de coco generalmente es el desperdicio de este fruto. Además, consiste en un material de origen natural y renovable. |
| 7. Método productivo | | | X | |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | |
| 9. Reciclabilidad | X | | | Debido a que no es posible separar por materiales, únicamente puede esperarse la degradabilidad de los mismos |
| 10. Degradabilidad | | X | | Siendo que a este material lo compone entre el 50% y 80% de resinas plásticas, se emplea mayor cantidad de materiales que no se degradan |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | | X | Al ser un material de baja densidad, supone cierta suavidad que puede permitir absorber el impacto |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | X | | | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 15 PTS.



COMPOSITE DE CAUCHO RECICLADO

Descripción: Utilizar un triturado de productos de caucho y hacer un comprimido.

Proceso: Obtener el triturado de otras industrias y utilizar un aglutinante para unir las partes recicladas

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material se obtiene de otras industrias que ya reciclan y Trituran los residuos de caucho, sobre todo los neumáticos
2. El material será moldeado por presión y unido con aglutinantes
3. Los materiales permiten su reprocesamiento en productos sin fines mecánicos. Finalmente la suela es desechada.

Como ocurre con los *composites*, la mezcla de materiales funciona para mejorar y otorgar nuevas características al material. Como ya se dijo previamente, el caucho tiene como gran ventaja su gran durabilidad y resistencia a muchos factores que protegen al pie. En el caso del compuesto con otros materiales, funciona principalmente para utilizar un material de desecho proveniente de diferentes orígenes de caucho, entre ellos los neumáticos. Fiksel (2010) dice que el desecho de los neumáticos en los vertederos son un gran contaminante que contribuye a la infección de enfermedades y a la contaminación del aire y tierra cuando estos son incinerados sin regulación. El uso del desperdicio de neumáticos u otros productos de caucho, constituye una segunda vida útil para este material. Según lo concluido por Fiksel) el uso del caucho molido es mucho más favorable en el aspecto ambiental, que su disposición en los vertederos, además de que puede ser utilizado para diferentes fines, entre los cuales el moldeo figura como una de las opciones más favorables

CORDIS (2012) ha revelado que el uso de un compuesto de caucho molido con polipropileno genera un material con grandes características para productos moldeados. Además afirman que esta composición puede ser reciclada nuevamente.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | | X | El caucho es uno de los materiales más durables por sus resistencia mecánica y de fluidos |
| 2. Resistencia | | | X | |
| 3. Factible a reparación | | X | | La suela puede ser reparada mediante injertos o resinas. Aunque no es posible colocar el mismo material, es posible dar la apariencia del mismo |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | X | | | |
| 5. Estandarizable | | | X | |
| 6. Origen de materiales | | | X | El uso de material que se considera desecho aunado al largo tiempo de descomposición, brinda un segundo ciclo de vida |
| 7. Método productivo | | | X | |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | Es posible adquirir el granulado y procesar el moldeado a media escala sin un gran coste de instalación con un proceso parecido al moldeado por compresión |
| 9. Reciclabilidad | | X | | Al tratarse de dos elementos plásticos, existe la posibilidad de volver a ser molidos y reutilizados para fabricar objetos con el mismo tipo de proceso, sin vulcanizar |
| 10. Degradabilidad | X | | | El caucho proveniente de los neumáticos puede tomar hasta 100 años para degradarse, por lo que si el producto es desechado al vertedero, faltarán todavía ciertos años para su completa degradación |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | | | X | |
| 12. Absorbente al shock | | | X | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | | X | |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 20 PTS.



3.4.4 FIBRAS NATURALES

TEJIDO DE PALMA

Descripción: Utilizar un trenzado de tejido de palma y conseguir la forma de la suela

Proceso: Recolección, tejido y costuras de forma artesanal.

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material proviene de una materia prima, tejido y cosido. Su manufactura emplea una producción manual y artesanal.
2. No hay necesidad de separar el material para su reciclaje, puesto que no hay combinaciones de materiales. Sin embargo, pasará por un proceso de descomposición.

El tejido de fibras naturales se ha explorado por cientos de años, haciendo productos de alta calidad y de mucha resistencia. Incluso zapatos han sido diseñado y usados por mucho tiempo (alpargatas). Rob Thompson (2012) hace una evaluación a las canastas fabricadas con tejidos naturales, lo que puede servir para entender los impactos, ventajas y desventajas sobre esta propuesta. Al respecto, Rob Thompson comenta que los tejidos de fibras naturales son ligeros y durables. Los materiales de las plantas se cosechan, lo que significa que proviene de un recurso renovable y biodegradables, por lo que no representan un daño al medio ambiente. Dependiendo de la zona de fabricación, es el tipo de fibra natural elegido, por lo que no se suponen grandes consumos en el transporte. El tejido se realiza a mano, por lo que no hay consumo de energía relacionado con la maquinaria. Sin embargo su tiempo de fabricación es de mediano a largo, dependiendo de la complejidad y tamaño del producto.

Por otro lado, los artículos de tejidos suelen ser poco resistentes al desgaste y difíciles de limpiar, lo que puede ser contraproducente para su uso en una suela, por estar al contacto directo con el suelo.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|--|------------|---|---|--|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Durabilidad | | X | | El material no es resistente al desgaste, lo que compromete el buen estado de una suela que pretender ser de larga duración |
| 2. Resistencia | | X | | |
| 3. Factible a reparación | X | | | No es posible reparar este tipo de tejidos, incluso es difícil mantenerlos limpios |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | | | X | El material está compuesto de fibras y costuras, por lo que no existe una mezcla heterogénea de materiales y es fácil separarlos |
| 5. Estandarizable | | X | | Pueden establecerse estándares para fabricar cada pieza de forma semi-artesanal por medio de máquinas simples |
| 6. Origen de materiales | | | X | El material es de origen renovable y biodegradable y es altamente degradable |
| 7. Método productivo | | | X | La fabricación emplea maquinaria manual y que además es operada casi en su totalidad por un individuo, lo que no requiere inversión ni tiene gran repercusión en el medio ambiente |
| 8. Fabricación a nivel local | | | X | |
| 9. Reciclabilidad | X | | | El material no es reciclable, pero es biodegradable |
| 10. Degradabilidad | | | X | |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | X | | | El tejido forma generalmente placas lisas de un solo espesor, por lo que no pueden añadirse relieves específicos para formar la plantilla |
| 12. Absorbente al shock | X | | | |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | | X | | Puede conservar la humedad y suciedad, lo que puede fomentar la reproducción de bacterias |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 14 PTS.



REQUERIMIENTOS PARA EL MATERIAL DEL CORTE

Por otra parte, también se presentarán propuestas de materiales para la parte del corte, las cuales también tienen ciertos requerimientos de producción, función, ergonomía y estética.

1. Resistencia: Que el material sugerido tenga resistencia al desgarre, costura, abrasión y altas temperaturas, para prolongar lo más posible su vida útil.
2. Origen de materiales: La consideración de si es un material de origen natural y renovable, de origen plástico o reciclado.
3. Degradabilidad: Que el producto tiene la habilidad de descomponerse en compuestos o elementos menos complejos, que pueden ser procesados por la tierra.
4. Acabado natural: Que la propuesta conserve una apariencia agradable evitando usar acabados y recubrimientos en los productos.
5. Flexibilidad: Que los materiales sean suficientemente flexibles para permitir el movimiento correcto del pie

6. Método productivo: Que el método productivo sea de bajo costo de montaje de línea de producción y que tenga bajo impacto ambiental de acuerdo a generación de desechos y gasto de recursos.

7. Reparable: Es ideal que los módulos intercambiables funcionen correctamente por el mayor tiempo posible y que permita hacerle reparaciones en caso de cualquier desperfecto.

En general, la plataforma Step2Sustainability (2016) sugiere también que la propuesta final se reduzca a un número esencial de componentes o accesorios, buscando utilizar materiales de origen natural y renovable o en todo caso de origen reciclado y evitar aquellos de origen metálico.

Además, se sugiere utilizar adhesivos de base agua o de polímeros biodegradables y de ser posible, evitar el uso de adhesivos.



RECUPERADO DE PIEL

Descripción: Se trituran los restos de cuero, se extruyen y mezclan aglutinantes de PU. Pueden aplicarse acabados y texturas

Proceso: Corte láser o suaje

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material se obtiene del recuperado de desechos de cuero.
2. Se corta la lámina y se puede unir mediante costuras o adhesivos
3. Los desechos se van al vertedero pues no puede ser reciclada

Este material se utiliza como una alternativa al cuero, pues el costo suele ser considerablemente más barato. Sin embargo los restos de cuero sólo comprenden entre el 10%-20% de su contenido. El resto consiste en una base de tela o papel y otra capa de poliuretano que forma la textura y acabado de las láminas

El recuperado de piel no es un producto duradero, pues tiende a pelarse o craquelarse dentro de los primeros dos a cinco años de uso. El área afectada puede ser lijada y parchada con una superficie similar al acabado del material. (Mahi-leather, s.f.)

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|-------------------------|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Resistencia | | X | | El material tiende a resquebrajarse o agrietarse |
| 2. Origen de materiales | | X | | Solamente entre el 10%-20% se constituye de materiales reciclados (cuero) |
| 3. Degradabilidad | X | | | El alto compuesto de materiales plásticos suponen una degradación más lenta |
| 4. Acabado natural | X | | | El material, por defecto, tiene un acabado en poliuretano |
| 5. Flexibilidad | | | X | |
| 6. Método productivo | | X | | Por suaje o corte láser se genera desperdicio que no puede ser recuperado |
| 7. Reparable | | | X | Tiene posibilidad de ser reparado aunque no queda en las mismas condiciones iniciales |

VALORACIÓN DE
EVALUACIÓN

8 PTS.

PIEL

Descripción: Utilizar napa de piel para los cortes

Proceso: Corte por suaje o corte láser

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material proviene de una materia prima. Los restos de los cortes pueden ser colectados y recuperados para otras industrias.
2. Su manufactura emplea una producción manual y artesanal, unido mediante costuras.
3. Cuando el producto se desecha, se degrada.

La piel puede llegar a durar hasta 5 veces más que las telas y con un correcto cuidado, hasta décadas. A medida que envejece, desarrolla una pátina, que es el cambio de color a lo largo del tiempo. Este cambio se produce más rápido en piezas no tratadas y se considera una característica altamente deseable del cuero. (Mahileather, s.f.)

Este material se caracteriza por ser de gran resistencia a la humedad, calor y abrasión. Además es flexible y se adapta al pie.

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|-------------------------|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Resistencia | | | X | Puede llegar a durar hasta décadas por su alta resistencia a factores mecánicos y químicos |
| 2. Origen de materiales | | X | | El curtido de pieles suele generar desperdicio de agua además de la contaminación por minerales |
| 3. Degradabilidad | | | X | |
| 4. Acabado natural | | | X | El material puede ser solicitado con la menos cantidad de acabados o teñidos |
| 5. Flexibilidad | | | X | |
| 6. Método productivo | | | X | Los desperdicios generados por el corte de las piezas pueden ser asignados a otras industrias |
| 7. Reparable | | X | | El material tiene métodos de cuidado previos a los daños que puedan generarse |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN **12 PTS.**

FIELTRO DE LANA

Descripción: El fieltro es unido con costuras

Proceso: Corte láser o suaje

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material proviene de materia prima natural y renovable

2. Se corta la lámina y se puede unir mediante costuras

3. Los desechos se van al vertedero y pasa por un proceso de descomposición

Este material es de origen natural, resistente al agua y al fuego (es inflamable, pero se auto-extingue). Absorbe el agua, sin mantener la sensación de mojado y puede ser teñido fácilmente. (Rob Thompson, 2013)

La lana generalmente se limita a aplicaciones y productos específicos, principalmente, y forros o piezas decorativas. (Step2Sustainability, 2016)

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|-------------------------|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Resistencia | | | X | Tiene alta resistencia a la abrasión, calor y humedad |
| 2. Origen de materiales | | | X | El material es de origen natural y renovable |
| 3. Degradabilidad | | | X | |
| 4. Acabado natural | | | X | Aunque tiene facilidad para ser teñido, el material tiene buen aspecto sin ningún color |
| 5. Flexibilidad | | | X | |
| 6. Método productivo | | X | | El corte de la lámina de fieltro puede general desperdicios, que pueden ser entregados a otras industrias |
| 7. Reparable | | X | | El fieltro puede ser cosido o parchado en cualquier desperfecto que presente |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 12 PTS.

TEJIDO DE FIBRAS NATURALES

Descripción: Tejer un el desarrollo completo del corte

Proceso: Tejido manual

Hipótesis de ciclo de vida

1. El material se obtiene como materia prima de un origen natural y renovable
2. Su manufactura emplea una producción manual y artesanal y es unido mediante costuras, si las necesita
3. El producto se desecha y es degradable.

Las fibras naturales pueden ser por ejemplo: yute o cáñamo, usados actualmente en el calzado. En el caso del yute, como desventaja tiene una pobre resistencia a la abrasión, aunque son normalmente fuertes, con poca extensión, ásperas y las fibras pueden ser irritantes. Sin embargo, el yute tiene menos, pero tiene bajos problemas de podredumbre y contracción.

El cáñamo, por otro lado, se caracteriza por ser fuerte, duradero y absorbente y por tener una resistencia a la radiación UV. Además suele ser tolerante a varios climas. (Step2Sustainability, 2016)

| | EVALUACIÓN | | | COMENTARIOS |
|-------------------------|------------|---|---|---|
| | 0 | 1 | 2 | |
| 1. Resistencia | | | X | Las fibras naturales suelen ser resistentes a fuerzas mecánicas y a ciertos agentes de abrasión |
| 2. Origen de materiales | | | X | |
| 3. Degradabilidad | | | X | |
| 4. Acabado natural | | | X | Aún cuando se deseara aplicar algún acabado a los tejidos, resulta complicado hacerlo |
| 5. Flexibilidad | X | | | Suelen ser tejidos ásperos y rígidos al tacto con la piel |
| 6. Método productivo | | | X | |
| 7. Reparable | | X | | El material puede ser cosido para arreglar agujeros o desgarres |

VALORACIÓN DE EVALUACIÓN 11 PTS.

3.4.5

TABLA DE EVALUACIÓN DE MATERIALES

| | LAMINACIÓN | | INYECCIÓN | | | COMPOSITES | | | TEJIDO |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | PIEL | FIELTRO | CAUCHO | EVA | PU | PIEL | COCO | CAUCHO | FIBRAS |
| 1. Durabilidad | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 2. Resistencia | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 3. Factible a reparación | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 4. Separación de materiales al final del ciclo | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5. Estandarizable | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 6. Origen de materiales | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 7. Método productivo | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 8. Fabricación a nivel local | 2 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 9. Reciclabilidad | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 10. Degradabilidad | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| 11. Posibilidad de combinar con plantilla | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 12. Absorbente al shock | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| 13. Resistente al moho, hongos, bacterias | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| TOTAL | 17 | 16 | 16 | 13 | 17 | 17 | 15 | 20 | 14 |

| | RECUP. | PIEL | FIELTRO | TEJIDO |
|--------------------------|--------|-----------|-----------|--------|
| 1. Resistencia | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 2. Origen de materiales | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 3. Degradabilidad | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 4. Acabado natural | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 5. Flexibilidad | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 6. Método productivo | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 7. Factible a reparación | 2 | 1 | 1 | 1 |
| TOTAL | 7 | 12 | 12 | 11 |

Para la elección del material que será utilizado en la suela, se evalúan en una tabla comparativa los materiales previamente explicados, en la que se considerarán diferentes aspectos que son importantes para el desarrollo del calzado. Como puede observarse en la tabla se evaluaron los aspectos del 0 al 2, donde el 0 significaba malo, el 1 regular y el 2 bueno.

Para elegir el material de la suela, el valor más alto de la evaluación era de 26, quedando el composite de reciclado de caucho con el mayor número de puntos, por lo cual se estudiarán sus características productivas y ambientales para confirmar que este material será el elegido para el diseño de la suela de la sandalia.

En la tabla del corte de la sandalia se consideró el 14 como el valor más alto. Como las propuestas de piel y fieltro de lana quedaron empatadas con 12 puntos, se considerarán ambas para el diseño del corte. En este caso no se realizará mayor estudio en los materiales, debido a que ambos fueron estudiados en el capítulo 3.1



3.5 EVALUACIÓN DEL COMPOSITE DE RECICLADO DE CAUCHO

De acuerdo con lo anterior, el reciclado de caucho resultó tener la mayor calificación para utilizarse en la pieza de la suela. Para comprobar que su impacto ambiental sea el adecuado, se utilizará la Evaluación del Ciclo de Vida o LCA (Life Cycle Assessment) acerca de los neumáticos de desecho, realizado por Joseph Fiksel (2010) y también el LCA de Li Wei (2014).

La evaluación de Fiksel (2010), Life Cycle Assessment (LCA), se utilizó para determinar las opciones alternativas más benéficas para utilizar los neumáticos de desecho, basado en la ecología industrial. Basado en Chertow MR, los autores definen que uno de los enfoques sustentables es la ecología industrial, la cual es una práctica que se inspira en el los ciclos de materiales libres de desechos y que implica la conversión de dichos desechos pueden utilizarse como materia prima para otro procesos industriales y por lo tanto, en productos.

En el caso de los neumáticos, son un excelente material para el fin de la ecología industrial. Estos pasan por un proceso de trituración y molienda para posteriormente poder utilizarse como combustible o como materia prima. De esta manera, “al desplazar los materiales vírgenes, incluidos los combustibles fósiles, son aplicaciones que se

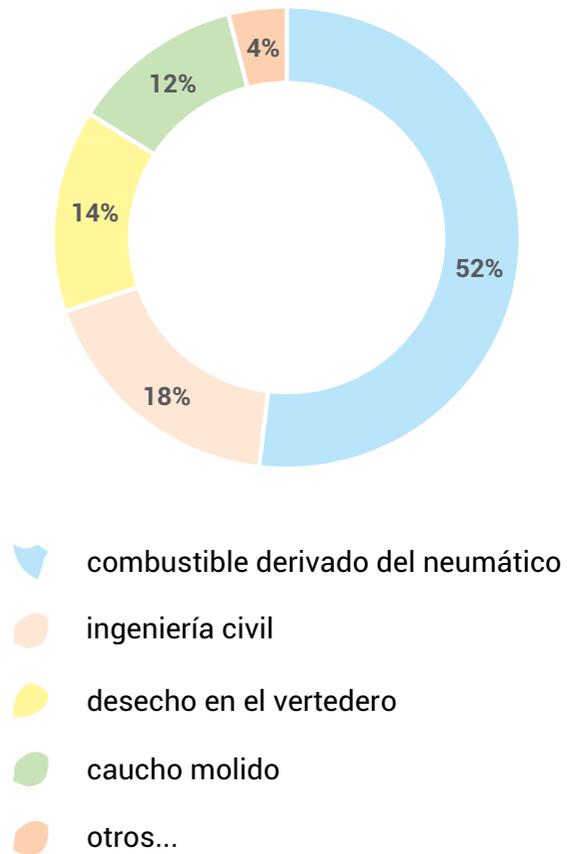


Fig... 3.5.1 Aplicaciones de llantas de desecho (Fiksel et. al 2010)

espera que reduzcan los impactos ambientales generales.” (Fiksel et.al, 2010)

Las aplicaciones que se estudiaron en este artículo son la incineración de los neumáticos para la producción de energía, el uso de los neumáticos en la construcción como agregado al concreto y el uso de caucho molido para diferentes aplicaciones. Todas estas aplicaciones son el 80%

del uso de los neumáticos de desecho hasta el 2005 en Estados Unidos, mientras que el 14% de estas son desechadas todavía a los vertederos (Fiksel et. al 2010) (fig... 3.5.1)

De acuerdo con Fiksel et,al (2010), existen diferentes aplicaciones para caucho molido, como el uso en el atletismo o parques recreativos, donde se han encontrado grandes beneficios como la

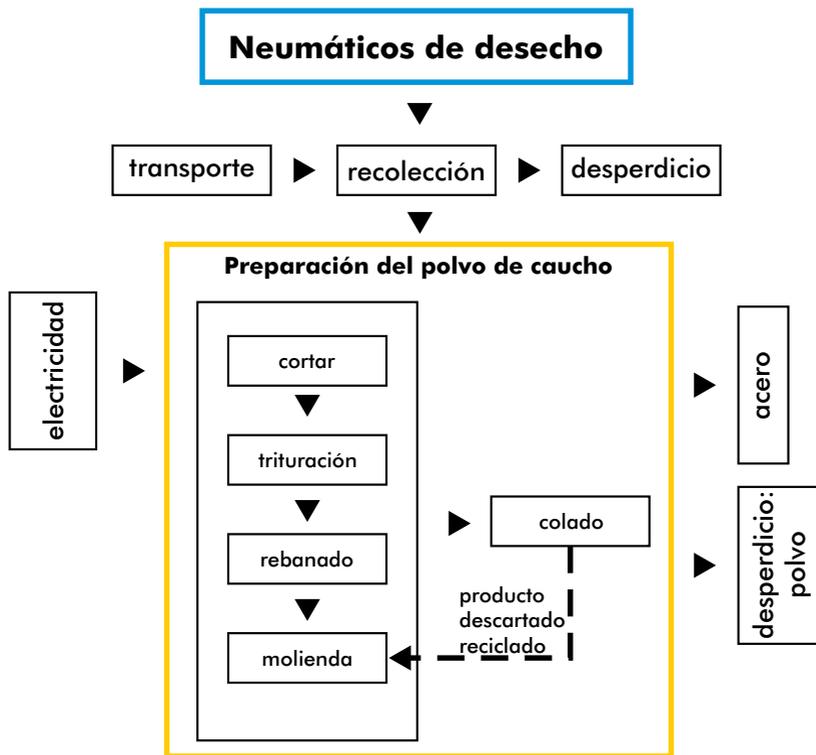


Fig... 3.5.2 Esquema de preparación del polvo de caucho. (Li. 2014)

durabilidad y resiliencia, atenuación al alto impacto y la reducción de accidentes. Al mismo tiempo, el autor de este artículo comenta que se han hecho estudios acerca de los riesgos a la salud con el uso de este material, entre los cuales se encuentra un estudio del estado de California, Estados Unidos, donde concluyen que los riesgos a la exposición es aceptable con ciertos límites. Otro estudio de Connecticut (Connecticut Department of Public Health, 2015) reveló que se hicieron estudios entre el 2010-2011 en 5 campos distintos para entender dichos riesgos, del cual sólo encontraron una pequeña evidencia de exposición a sustancias, cancerígenas o no, en los vapores a las que se encuentra expuesto el usuario en contacto con este material. Dicho así, no se encontró ningún riesgo relacionado directamente con el cáncer, sin considerar la ingesta de los pellets de caucho.

Por otra parte, también se ha evaluado el proceso productivo del caucho triturado, como en el artículo “A Life Cycle Assessment case study of ground rubber production from scrap tires” escrito por Wei Li, Qiaoli Wang, Jiajia Jin y Sujing Li, el cual evalúa el ciclo completo de la producción de caucho molido: obtención de la materia prima, producción, transporte, uso y mantenimiento y el desecho.

Li et al (2014) dice que de acuerdo con el estudio “Life Cycle Assessment of nine recovery methods for end-of-life tires” realizado por Catherine Clauzade et al., se concluyó que la producción de pasto sintético, así como de productos moldeados,

tuvieron el impacto ambiental más positivo, los cuales están hechos con caucho molido.

El proceso productivo del caucho molido se divide en tres partes: preparación del polvo de caucho, devulcanización y refinamiento, del cual sólo se tomó la información respecto al primer paso, puesto que el proceso productivo propuesto para la suela, no se efectuará por devulcanización. Por lo tanto, en la primera etapa, los neumáticos se pulverizan hasta conseguir un polvo fino, separando el acero de los neumáticos para su reciclaje posterior. También se reciclan como subproductos la ceniza de carbón utilizada para otros beneficios, por lo que según Clauzade (en Li, 2014) lo considera otro beneficio. En este paso se aplica un ventilador con una eficiencia de recolección de gas del 90% y una eficiencia de eliminación de polvo del 95%. (Li, 2014) (fig...3.5.2) utiliza el método del Eco-indicador 99, el cual tiene en cuenta once categorías de impacto, que incluyen: carcinógenos, compuestos orgánicos respiratorios, inorgánicos respiratorios, cambio climático, radiación, capa de ozono, eco-toxicidad, acidificación / eutrofización, uso de la tierra, minerales y combustibles fósiles. Estos a su vez pueden clasificarse en 3 tipos de daños: (1) salud humana, (2) calidad del ecosistema y (3) recursos. (Li, 2014)

Siendo así, muestra dos tablas que muestran el tipo de impacto que genera cada fase en, respecto a las 11 categorías y los 3 tipos de daño.

Para la interpretación de estas gráficas, hay que

prep. polvo de caucho, devulcanización y refinado

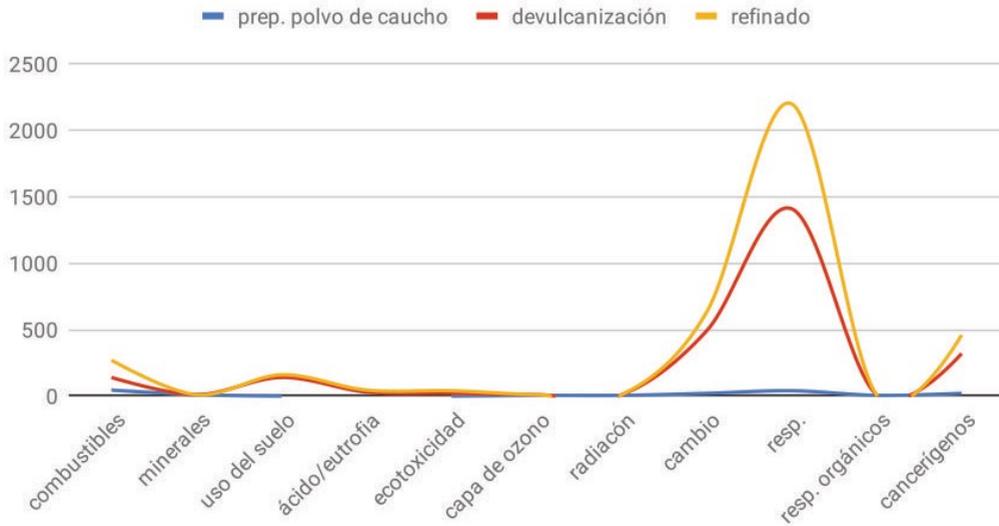


Fig... 2.8.3 11 categorías de daño durante el proceso (Li. 2014)

prep. polvo de caucho, devulcanización y refinado

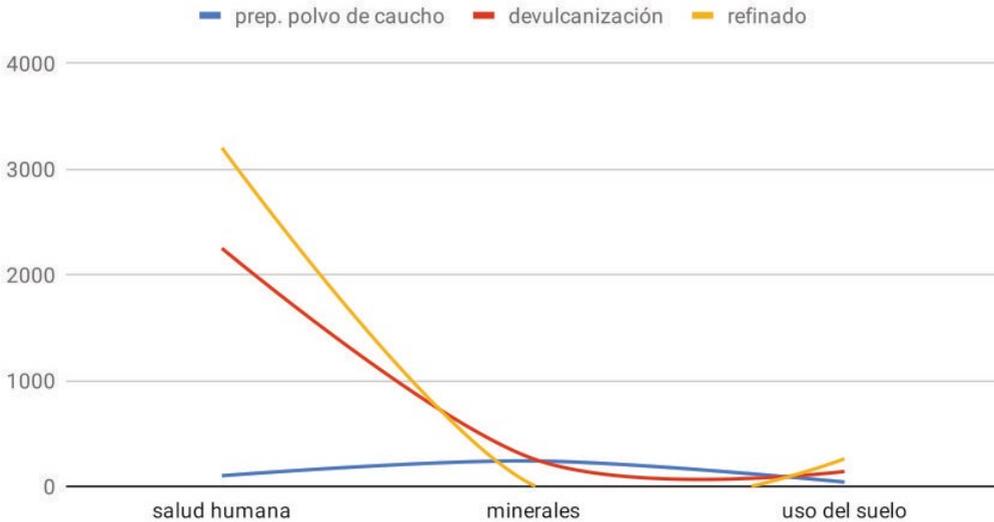


Fig... 3.5.4 Nivel de daño del molido de caucho por categoría de daño. (Li. 2014)

entender que los valores positivos representan impactos ambientales nocivos, mientras que los valores negativos representan impactos ambientales beneficiosos. (fig...3.5.3)

Cabe resaltar que aunque en todas las fases de la producción de caucho molido (preparación, devulcanización y refinamiento) tienen valores positivos, la primera fase de preparación muestra el menor valor, de 8.06% de daños en el medio ambiente, con el mayor impacto negativo en la categoría de inorgánico respiratorio.

Li (2014) destaca también que “La mejora en el tratamiento de los gases de combustión puede contribuir a una producción más limpia y un proceso más respetuoso con el medio ambiente. Cuando el carbón es reemplazado por gas natural para generar energía equivalente, la carga ambiental puede disminuirse más eficientemente”. (fig...3.5.4)

Por otro lado, Fisker (et. al 2010) dice que los productos moldeados de caucho triturado han comenzado a reemplazar los plásticos convencionales en varios productos. Según el autor, de acuerdo con RMA, no hay una diferencia de energía apreciable en el proceso de moldeo en sí como resultado de la inclusión del caucho.

Apoyando lo anterior, el Servicio de Información Comunitario sobre Investigación y Desarrollo (CORDIS, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea (2012), publicó una nota acerca de la Conversión de residuos de caucho en productos

de calidad y el infra-reciclaje, en la cual informa que el infra-reciclaje consiste en es el proceso de conversión de materiales de desecho o productos inútiles en otro material o producto de menor calidad. Según investigadores de «Instituto Fraunhofer de Tecnología del Medio Ambiente, la Seguridad y la Energía» (UMSICHT) en Oberhausen, han logrado optimizar el reciclaje del caucho para desarrollar un material que permite el diseño de piezas de alta calidad. Esta mezcla de materiales es denominada EPMT («termoplásticos modificados con elastómero en polvo»), que consiste en residuos de caucho molidos, que crean un elastómero en polvo y que posteriormente se mezcla con distintos termoplásticos. (CORDIS, 2012)

El doctor Holger Wack, científico de UMSICHT, explicó que el proceso consiste en la mezcla del caucho triturado con diferentes termoplásticos y aditivos, los cuales pueden ser elegidos de acuerdo a la elasticidad, dureza o rotura que se requiera. Uno de los materiales más empleados es el polipropileno (PP) y dicho material puede ser procesado por inyección y máquinas de extrusión. Además, los productos derivados de este material también son reciclables (CORDIS, 2012)

El proceso de molido del caucho resulta más respetuoso con el medio ambiente y más eficiente, desde el punto de vista de la obtención de recursos, que la fabricación de nuevos productos de caucho, un aspecto importante si se tiene en cuenta el aumento de los costos económicos y



Nike Grind. Gránulos de caucho, EVA, fibras, pieles y textiles para formar nuevos productos o accesorios

energéticos de las materias primas. Los termoplásticos modificados con elastómero en polvo (EPMT, por sus siglas en inglés) podrían contener hasta un 80 % de caucho residual. Sólo el 20% restante está compuesto por termoplásticos», afirmó el Dr. Wack.

Finalmente, CORDIS (2012) señala que el compuesto EPMT ha logrado una colaboración con Nike, quienes se han dedicado a recolectar suelas y a través de la plataforma Nike Grind, han creado diversos productos deportivos, mientras que se encuentran desarrollando pruebas para cremalleras y otros productos.

Por otra parte, la empresa francesa de recolección de neumáticos, Aliapur (2017) adiciona que el 40% de los neumáticos recolectados se reciclan en otras formas, por ejemplo: rallado, granulado o en polvo. La única diferencia entre el polvo y los granulados es la granulometría, donde en los granulados, cada gránulo varía entre 0,8 y 20 mm. Mientras que en el polvo cada partícula varía entre 10 μm y 0.8 mm.

Además, explican que existen varios métodos para generar productos mediante el moldeo de caucho. En el método de compresión se aplica una fuerza mecánica al granulado de caucho mezclado con un aglutinante de poliuretano sobre un molde, donde la presión aplicada puede variar, lo que lleva a diferentes porosidades y densidades, método que se utiliza para la fabricación de losetas de caucho para parques de juegos o pistas de correr.

Por otra parte, también existe la posibilidad de moldear el caucho uniendo las partículas mezclado con azufre, usando compresión en un molde a alta temperatura (alrededor de 200 ° C). Resultando en un material denso y sin porosidad.

Y también existe la posibilidad de mezclar el caucho pulverizado con otros plásticos, como componente flexible, para luego ser extruido o inyectado.

Además, Aliapur (2017) explica que este material se compone básicamente de un 50-60% de elastómeros, un 25-30% de negro de carbón y un 10-15% de aditivos. Por lo que el color natural de este material suele ser el negro. La aplicación de color en este material se puede lograr mediante el recubrimiento con una capa de resina de PU que contiene pigmento, pintando la superficie visible de las piezas o utilizando granulados de caucho EPDM.

Aliapur instruye posteriormente que para hacer el comprimido del granulado de caucho, por cada 100 gr de granulado, se deben agregar 2 cucharadas de resina de poliuretano, mezclándolo de 3 a 5 minutos, hasta que el aglutinante esté correctamente distribuido en todas las partículas. Después debe verterse sobre el molde y aplicar presión mecánica. Y esperar 24 horas hasta que el aglutinante se fragüe.

Informan, por otra parte para acelerar el proceso es posible agregar un poco de agua (1 cucharada) al mismo tiempo se agrega el aglutinante; calentando lentamente la mezcla en el molde a 50-60 °C durante unas horas, aunque esto puede provocar olores desagradables; también puede lograrse mediante aceleradores químicos.

Respecto a la seguridad, aseguran que la manipulación del material es segura con las manos descubiertas, que al utilizar el aglutinante de PU se recomienda el uso de guantes y gafas de seguridad y procesar la mezcla debajo de una campana de extracción o en el exterior para evitar respirarlo. Y sugieren desechar los materiales en el centro de reciclaje, evitando sobretodo el desecho del PU en el fregadero, por motivos ambientales y para evitar que el material se solidifique en presencia de agua.



Granulado de caucho y pulverizado de caucho. Aliapur (2017)



Productos fabricados mediante el comprimido de caucho. Rubrig. rubrig.com/lv/par-mums/

3.6 PERFIL DE PRODUCTO

La aplicación del Eco-diseño en un proyecto de calzado nos ayuda a avanzar a una etapa de transformación hacia una vida más sostenible, buscando el mayor rendimiento en menos daños ambientales, eficiencia energética y beneficio a nivel social. Dada la cultura desechable, potencializada por las estrategias de marketing de los productos en el mercado y nuestra sociedad de consumo, no es sorprendente que las personas a menudo no sientan una conexión emocional con el mundo de los objetos. Crear esa conexión e inclusión dentro del diseño de objetos cotidianos ayuda a generar objetos que serán muy apreciados por quienes los usan.

¿QUÉ ES?

Sandalia modular

Se trata de un calzado unisex que consiste en una familia de productos, compuesta por una pieza constante, la suela y diferentes piezas variables, el corte, en las cuales se proyectarán diferentes estilos relativos en lo estético a lo deportivo-casual, siguiendo la línea de productos de la empresa con la que se inició el proyecto: Lunge GmbH; buscando el acercamiento al mayor número de clientes bajo un nuevo concepto de calzado en el que las piezas son elegibles, intercambiables y reparables, a través de un enfoque sustentable basado en el método productivo y el uso de materiales reciclados y de bajo impacto ambiental.

FUNCIÓN

La sandalia consiste en dos piezas principales: Una suela que comprende relieves en la parte inferior compuesta por una sola pieza; la cual será abrazada desde abajo hacia arriba y sujeta por el corte de la sandalia, el cual tendrá los huecos correspondientes a los relieves de la suela en la parte inferior. De esta manera, la sandalia se sujetará por la parte de arriba mediante elementos como agujetas, broches o cintas de velcro.

Para facilitar la limpieza, mantenimiento o reparación, es posible separar manualmente las piezas. La suela podrá ser lavada o tallada con agua y jabón, mientras que la pieza del corte deberá seguir las indicaciones de cuidado estándar para la piel o fieltro. De ocurrir algún estropicio, como rotura o rasgadura, podrán separarse ambas piezas manualmente para simplificar la reparación de cualquiera de las piezas.

Se espera que la primer vida útil del producto alcance los 10 años, bajo condiciones de cuidado donde no sea sometida a temperaturas extremas, agentes de abrasión o esfuerzos mayores a los indicados para el calzado.

PRODUCCIÓN

La producción de este producto se plantea para fabricarse en una mediana a alta escala, en la cual se pretende localizar el centro productivo y distribución de manera local, por lo que los procesos productivos deberán ser de relativo bajo costo de montaje de maquinarias o de línea productiva, para incentivar al comercio local. Por lo tanto, el material que será utilizado para la suela será el granulado de caucho procesado mediante moldeo de compresión en frío, con aplicación de calor sólo en el caso de una producción de alta escala. Además, para las partes del corte se utilizarán materiales como la piel y el fieltro, suajadas o cortadas mediante corte láser, buscando siempre la reducción de desperdicio y su recolección para su reciclaje en otras industrias. Además, se buscará utilizar la menor cantidad de costuras y acabados para reducir el consumo de energía y recursos.

ERGONOMÍA

La sandalia deberá satisfacer el confort del usuario, siempre que este no tenga ningún problema ortopédico diferente al arco alto o pie plano. El confort será logrado a través del estudio de una plantilla ergonómica utilizada en las sandalias Birkenstock, buscando el mayor contacto posible con la planta del pie. Además, se utilizará un ancho medio, basado en el sistema de hormas AKA64. También se utilizará un ángulo de 15° para el toe spring, mientras se utiliza un tacón de 2 a 2.5 cm de altura, sin olvidar colocar una concavidad en la suela a un 70% de la longitud midiendo desde el talón a la punta de los dedos para permitir la flexión de los metatarsos.

Así mismo, la elección del material, favorece a la rigidez que la suela debe tener. En cuanto a los estético, será deseable utilizar una suela gruesa para apoyar el equilibrio del individuo.

ESTÉTICA

Como se mencionó previamente, se utilizará un estilo casual-deportivo, basado en las primeras etapas del proyecto con la empresa alemana Lunge- GmbH. Para ello, se hará un *mood board* en el que se aborden las tendencias actuales sobre sandalias y calzado deportivo para un usuario unisex adulto.

MERCADO

Se plantea establecer un comercio destinado a la personalización del producto, sin mantener un retail en tiendas. Por lo que es deseable tener una plataforma virtual en la cual el cliente pueda seleccionar el producto que desea y sea distribuido directamente al mismo.

Por otro lado, si se desea continuar con un esquema de venta y distribución ordinario, es deseable que el producto sea embalado, empacado y entregado al cliente separado por partes, reduciendo el tamaño y material utilizado en empaques y proporcionando la experiencia de armado en casa del producto, retomando el sistema *flat-pack* utilizado en el mobiliario.

Además, será deseable disponer de un sistema de reparación y recolección, en el que la empresa se haga responsable de componer o arreglar cualquier desperfecto del producto y de la recolección del mismo una vez que el usuario decida desecharlo para poder reciclar sus materiales.

De acuerdo con el cliente, el costo de manufactura debe tener un precio máximo de 15€ Euros (\$320 pesos mexicanos) teniendo un precio objetivo minorista inferior a 100€ (\$2,135 pesos mexicanos) y a precio mayorista de 33€ (\$700 pesos mexicanos)





4. VALIDACIÓN



4.1 ANÁLOGOS



Sophia Guggenberger para Shoe Factory



Rolling Shoes, Giuseppe Galetta



Birkenstock Arizona

plantilla
con gusto
ergonómico



TEVA Hurricane



FILA Disruptor White Platform



Tractor Sandals, Rick Owens



Rope sandals, Charles and Keith



Hermanos Campana x Camper

estética
y tipo de
cierre



Sandalias, Tyler, The Creator's x Suicoke



Sandalias Marc Jacobs 2018



calzado
modular

Ki ecobe shoes



Shoe Factory, Eugenia Morpurgo

chicas

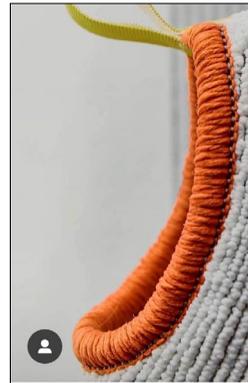




3,917 likes
conceptkicks "Wacky Pack" By Jeff Shen
Industrial Designer, Jeff Shen (@ye_s) recently



809 likes
conceptkicks #ckinspiration | hike 2012
@adidasoriginals



850 likes
conceptkicks #ckinspiration



297 likes
benlorimore An outdoor slide inspired by
@suicoke_official and @switchbackbindings -



3,109 likes
construct10061 A look into our soles today, an often



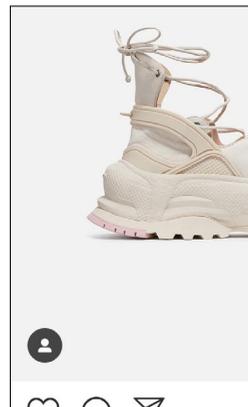
1,639 likes
camper Flex-cut torsion tec
vibe. Use the bio link to disc



1,091 likes
stevensmith Original concept outsole for



693 likes
conceptkicks #ckinspiration | @mikiosakabe
@giddy_up_official



Liked by suzanne.
1,177 others
conceptkicks #ckinspiration





n | @studio_joris_de_groot



suela reciclada



7,722 likes
hypebeastkicks @givenchyofficial reveals its low-top JAW sneaker. The high-end kicks are scheduled for a



corte sandalia



643 likes
conceptkicks #ckinspiration | @sruli_recht



chnology and a refined
cover more about Pix, our



estética ♡



Liked by mrbailey and 668 others
conceptkicks #ckinspiration | new craft
@henderscheme ... more



suela
reciclada



1,564 likes
construct10061 "This shoe was not planned at all. It was a pure experiment in gut feeling.



zapato
sandalia?



oudehengel and

n | @coach @luciofinale



sandalia
simple



Liked by mrbailey and 2,185 others
henderscheme 19ss "NEW CRAFT"
delivery will start from 6th Apr... more



suela rellena
de caucho
reciclado



taaaaabou • Follow
ECAL/Ecole cantonale d'art de Lausanne



Macaron Seats, Ammar Kalo



lafibredutri • Seguir

lafibredutri Qu'ont en commun un tapis de yoga, des prises d'escalades, des éléments de sécurité routière, un matelas ou un tabouret ? ☐

Ils peuvent être fabriqués avec le Nike Grind, matériau mis au point par la société Nike pour revaloriser les chaussures de sport usagées et les déchets de production de ses lignes de fabrication.

Découvrez les 5 projets sélectionnés lors du #NikeGrindChallenge dans notre actualité de la semaine, à lire sur notre site !
 #innovation #upcycling #nikegrind #2emevie #LaFibreduTri

22 sem

127 Me gusta
 19 DE DICIEMBRE DE 2018

Añade un comentario... Publicar





3,875
SQ. FT.

INSTALLATION SIZE

PLAYTOP
WITH NIKE GRIND

PRODUCT

HQE®

CERTIFICATION



Playtop, Nike Grind



Zapatos con suela de caucho reciclado, Michael Ismerio



kasey_swooshlife • Seguir

kasey_swooshlife Nike Grind coasters

#nike #nikeswag #swoosh #swooshswag #nikememorabilia #swooshmemorabilia #swooshlife #kasey_swooshlife #nikegrind #grind #nikecoaster #nikecoasters #swooshcoaster #swooshcoasters #nikecollector #nikecollection #swooshcollection #swooshcollector #nikeeverything #swoosheverything #random #recycle #recycledshoes #goplaces #go #places #nikegrindcoaster #nikegrindcoasters

1 sem

embraceyourinnermermaid_shop
Your page is awesome! Message us to collab and get a discount

99 Me gusta
14 DE MAYO

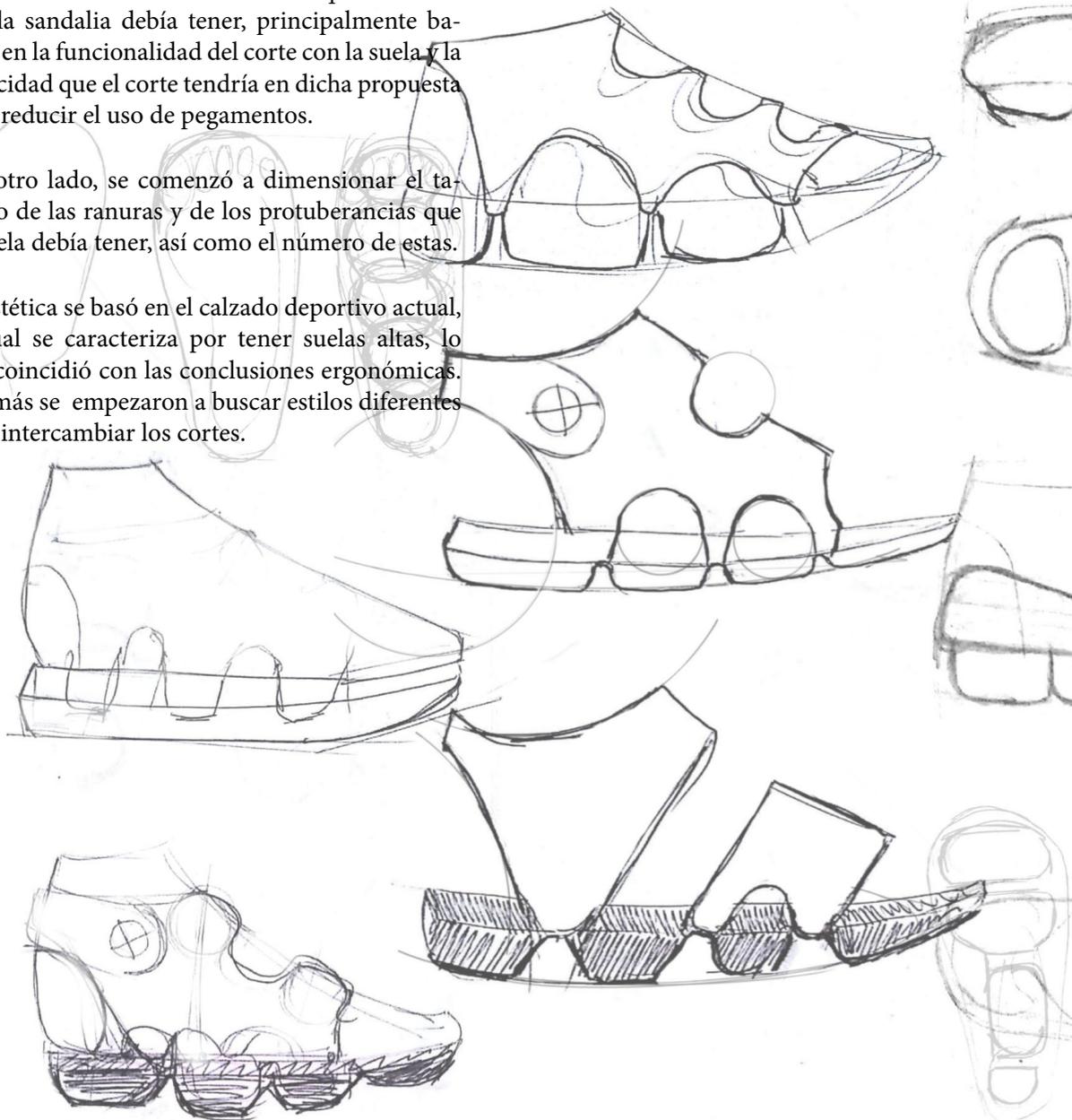
Añade un comentario... Publicar

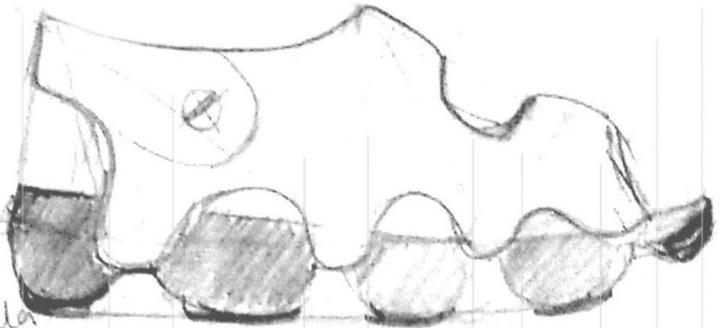
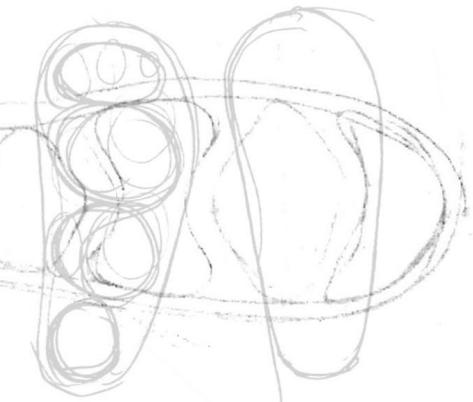
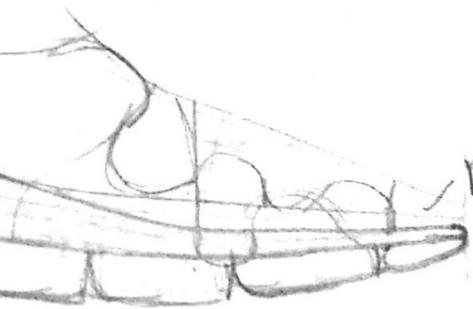
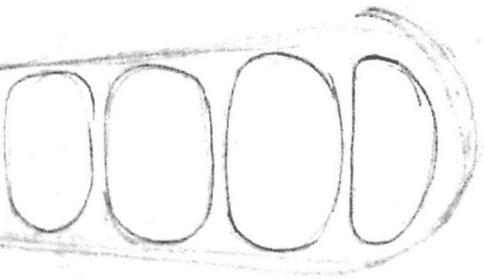
4.2 DESARROLLO DE PRODUCTO

Comenzaron a esbozarse algunas ideas sobre el diseño final de acuerdo con los requerimientos que la sandalia debía tener, principalmente basado en la funcionalidad del corte con la suela y la capacidad que el corte tendría en dicha propuesta para reducir el uso de pegamentos.

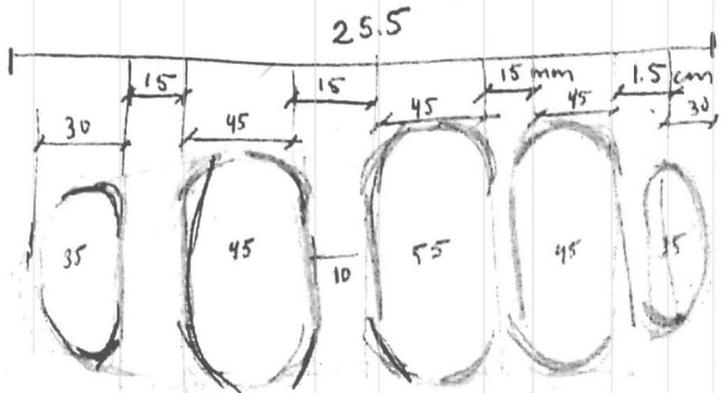
Por otro lado, se comenzó a dimensionar el tamaño de las ranuras y de los protuberancias que la suela debía tener, así como el número de estas.

La estética se basó en el calzado deportivo actual, el cual se caracteriza por tener suelas altas, lo que coincidió con las conclusiones ergonómicas. Además se empezaron a buscar estilos diferentes para intercambiar los cortes.



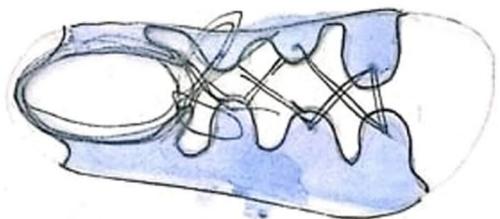
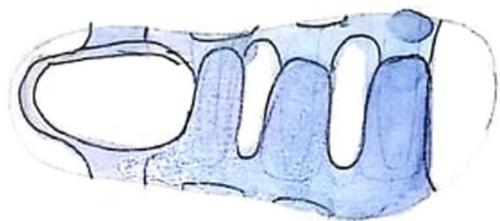
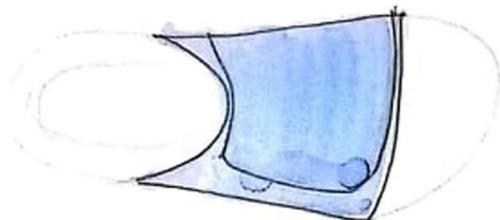
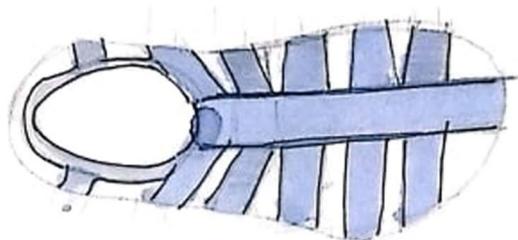
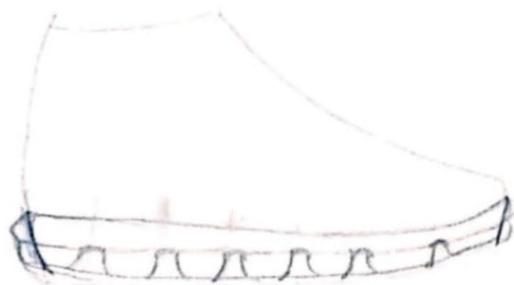
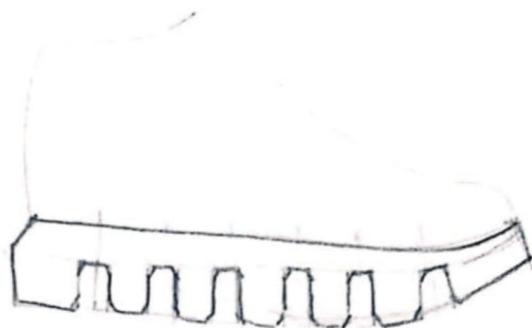


placilla



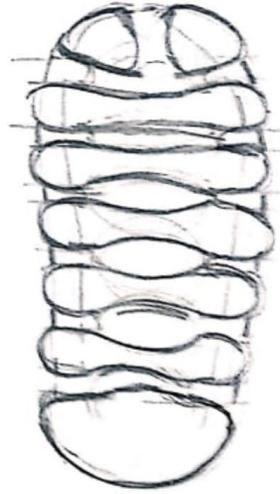
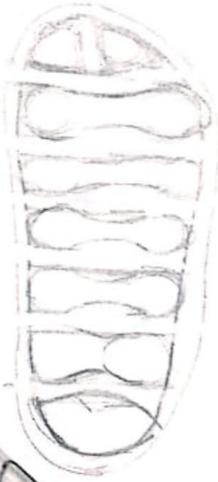
4.2.1

EXPLORACIÓN DE SUELAS Y CORTES



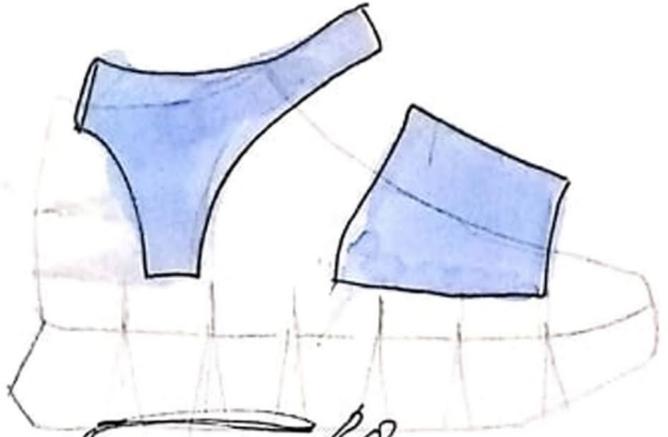
Una vez decidida la estética y el tipo de sandalias que podrían combinarse con esta suela, se detallaron las propuestas con diferentes formas para los relieves, formas para los chaflanes de la suela, el perfil que tendrían las ranuras y los tipos de sujeción.

Se decidió trabajar con ranuras rectas, para asegurar la flexión correcta de los dedos sin involucrar diferentes formas. Además se decidió utilizar la propuesta de la agujeta, mientras se siguió trabajando con más propuestas para el otro corte que se pretendía diseñar.

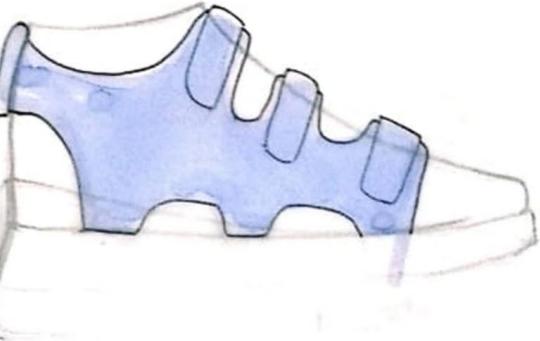
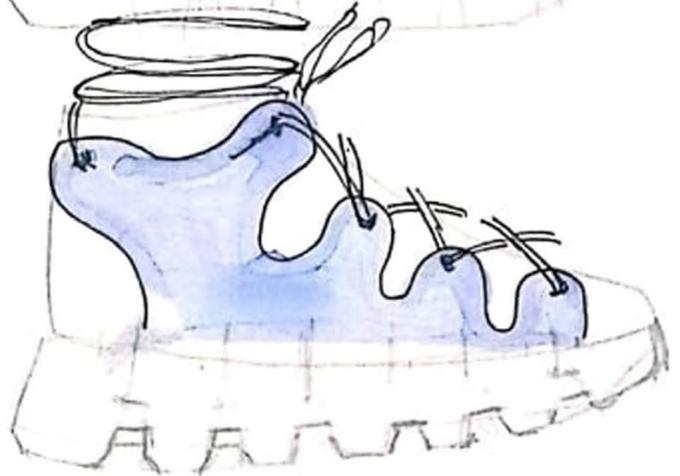


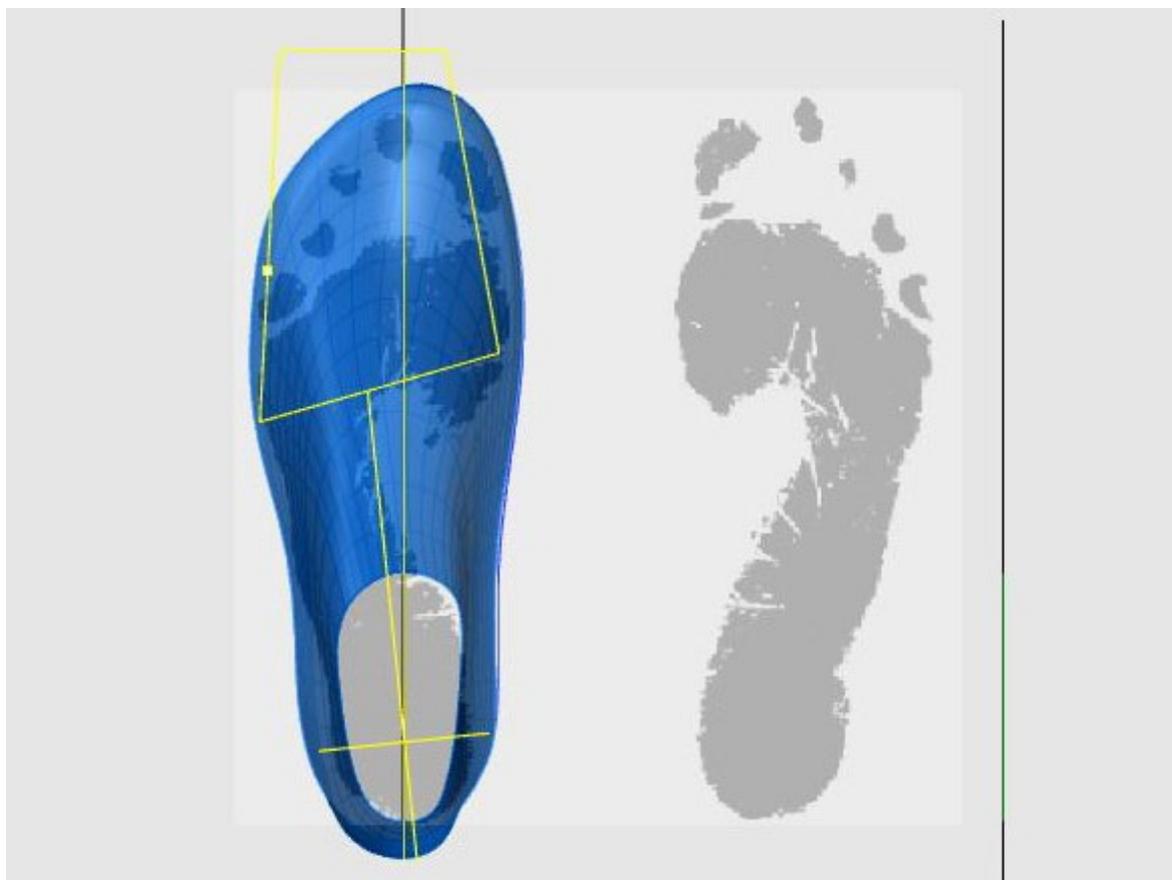
②

3/4



②

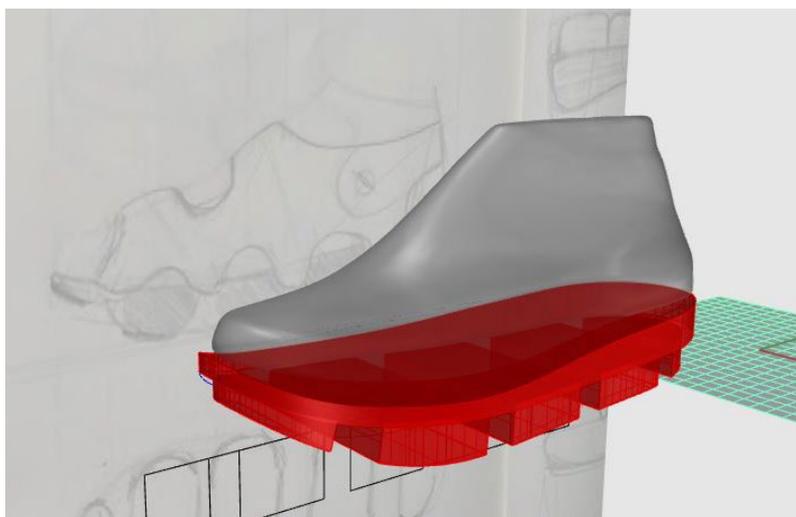
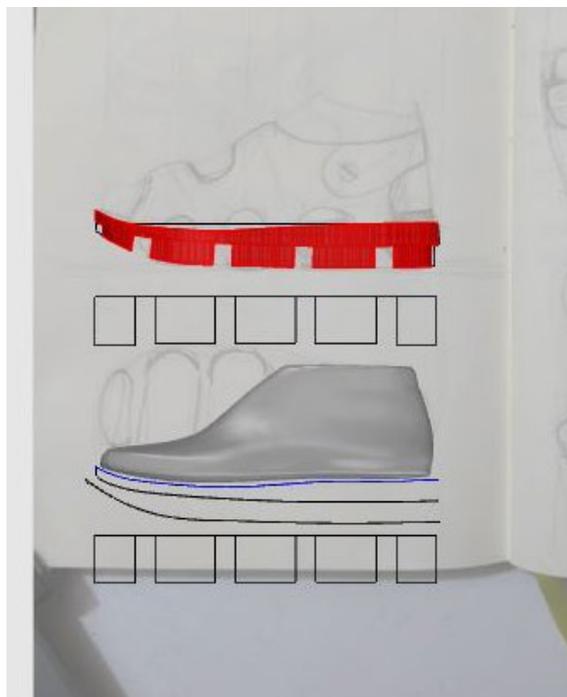


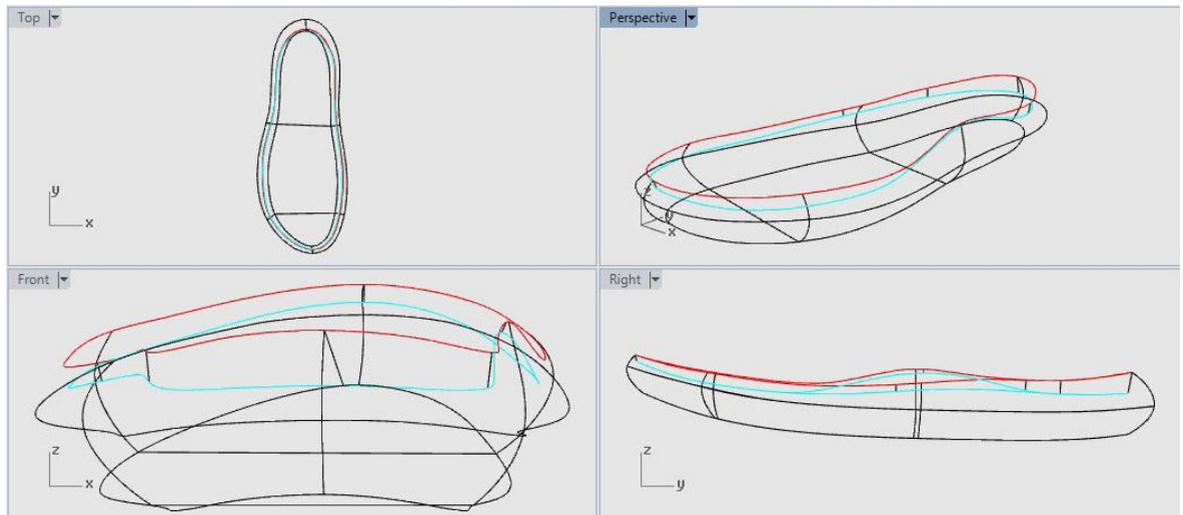


1. Para definir el diseño de la suela, se trazaron las líneas y guías para modelar la horma con la norma AKA64. Se diseñó en talla 36 (24 en numeración mexicana). La horma dicta que para la punta del zapato se debe dejar un espacio de 15 cm delante de los dedos. Debido a que la sandalia consiste en un calzado abierto, el pie puede extender los dedos correctamente, por lo que no fue necesario considerar esta medida. Por lo tanto, la longitud de la horma corresponde a una medida de 246 mm.

2. Para construir los laterales de la horma se consideró una horma de sandalia. Inicialmente también se trabajaron los laterales de la suela para comenzar a establecer la proporción de las propuestas dibujadas y el modelado 3D, comenzando a agregar los 15° para el toe spring y la altura del tacón.

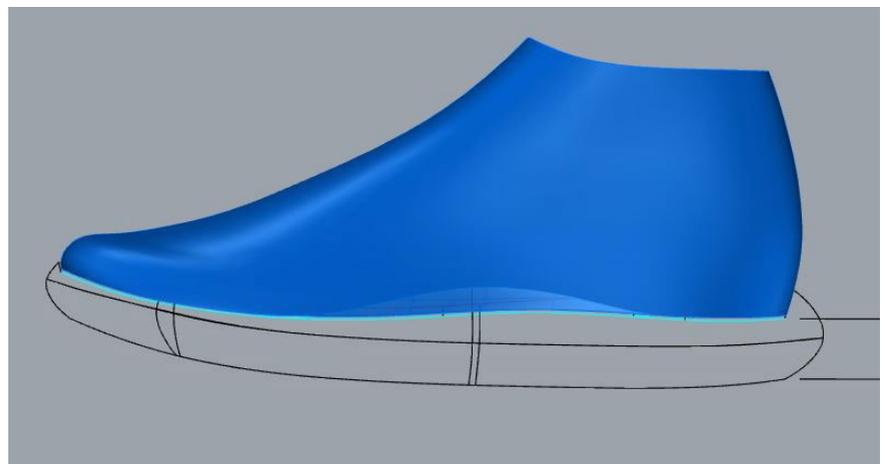
En este punto se establecieron 5 relieves como se había considerado en los dibujos y una altura de la suela de casi 3 cm y con una separación entre cada relieve de aproximadamente 15 mm.

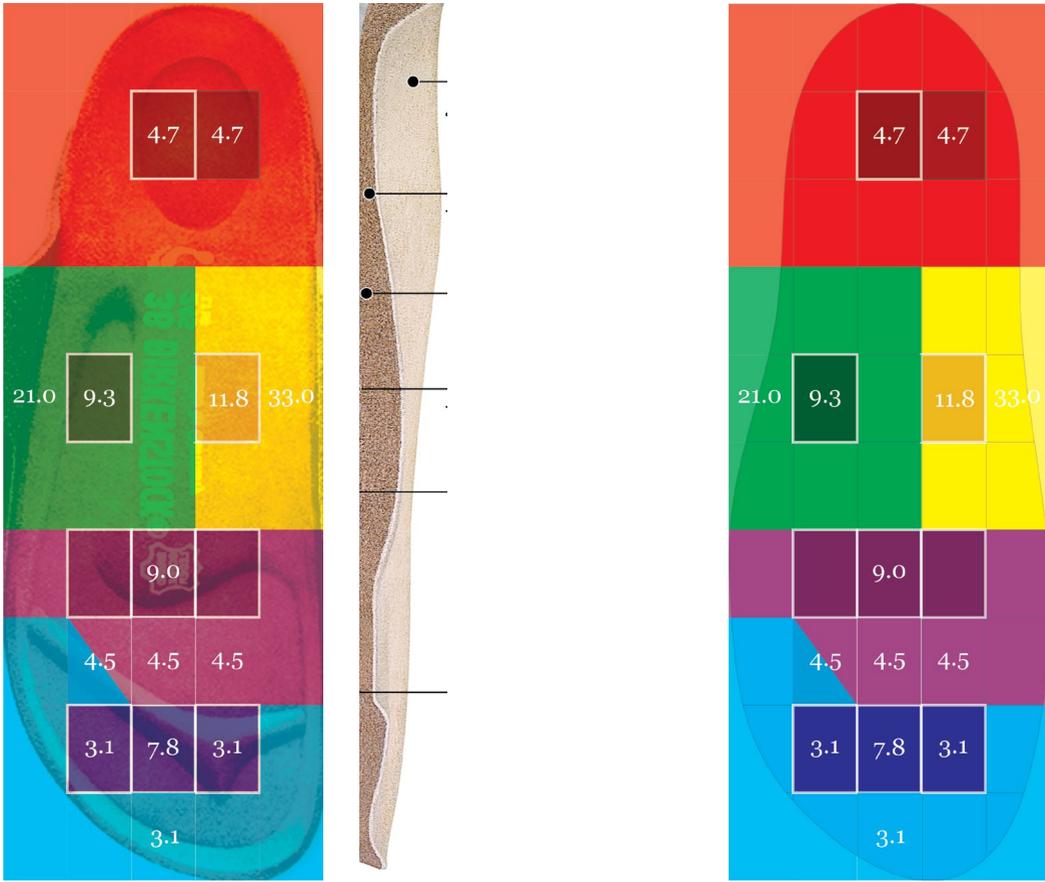




2. Se trazaron las líneas base para formar la malla que conformaría las bases de la suela. Era necesario considerar que a partir de la mitad de la suela hacia el inferior debía tener un ángulo positivo, para permitir que los agujeros de la pieza del corte, es decir, la superior, pudieran introducirse a los relieves de la suela.

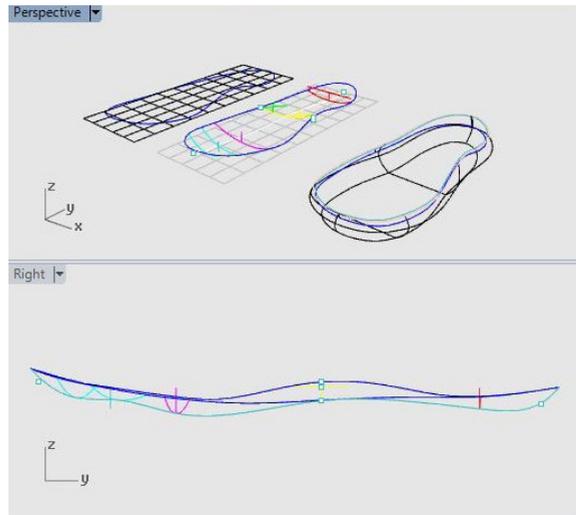
Además, se comenzaron a considerar los laterales de la sandalia para proteger el arco longitudinal medial.

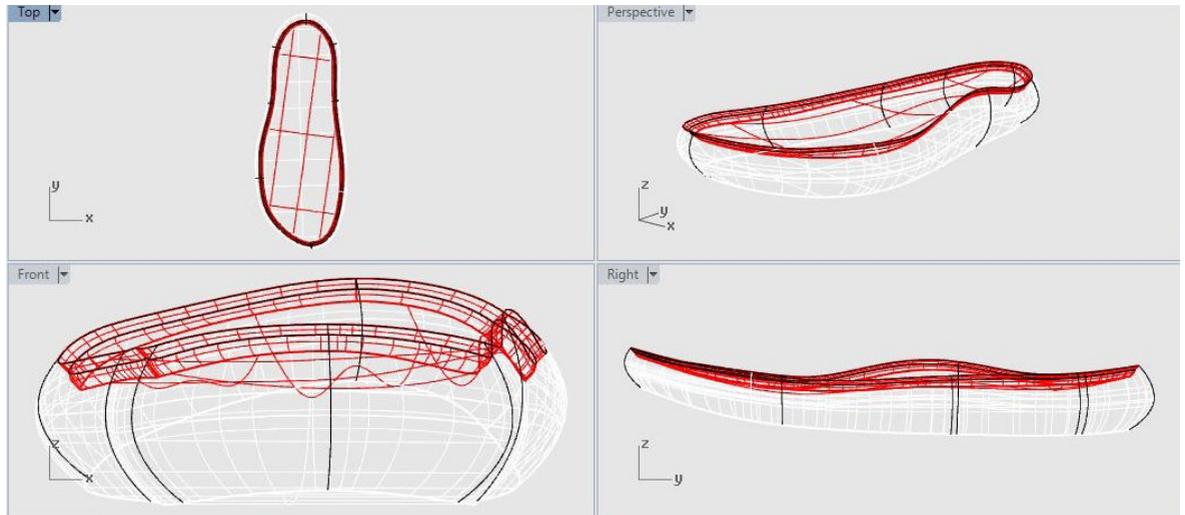




3. Para diseñar los relieves de la plantilla se utilizó como base la suela de las sandalias Birkenstock. Para lograrlo, se hizo una retícula de 50 celdas. Se tomaron medidas de la sandalia desde la parte inferior hasta el punto donde terminaba la suela.

Como la figura de la sandalia es diferente a la de Birkenstock, se tomaron los puntos críticos (talón, arcos longitudinales, metatarsos y dedos) para trazarlos en la suela de la sandalia. Además, debido a que cualquier relieve que esté demasiado marcado puede afectar la sensación del pie, se recolocó 3 milímetros sobre la profundidad.





4. Versión 1

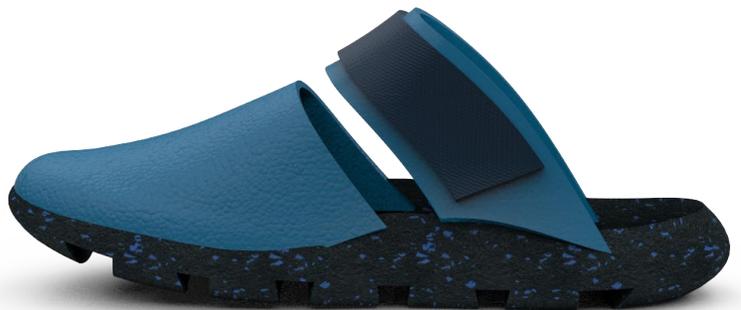
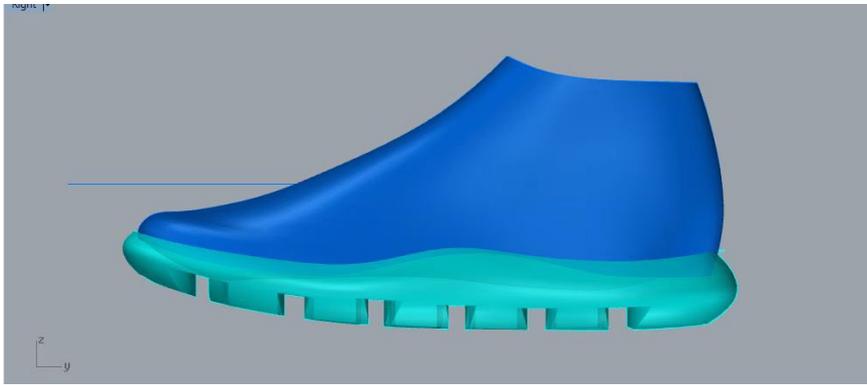
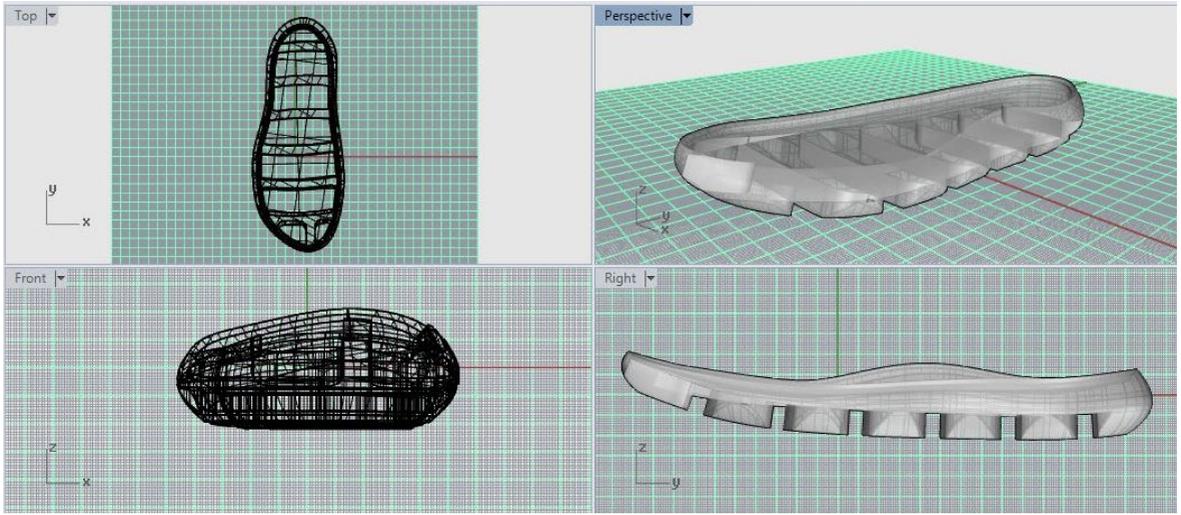
Para la primer versión se utilizó la plantilla basada en la suela de Birkenstock con la forma general que se había planteado previamente. Además tiene 7 relieves repartidos equitativamente en la parte inferior de la suela, con una altura de 12 mm. Estos relieves eran en formas curvas, lo que hacía demasiado inconsistente el espacio determinado para colocar la pieza del corte.

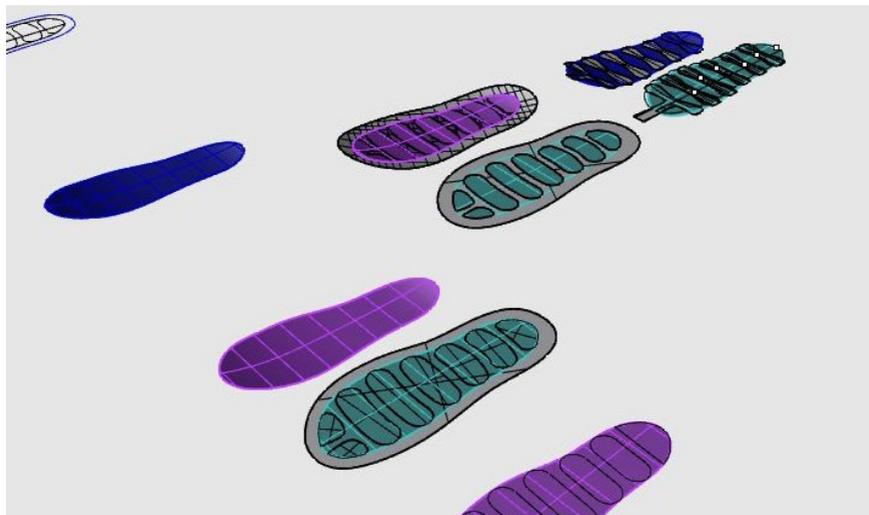
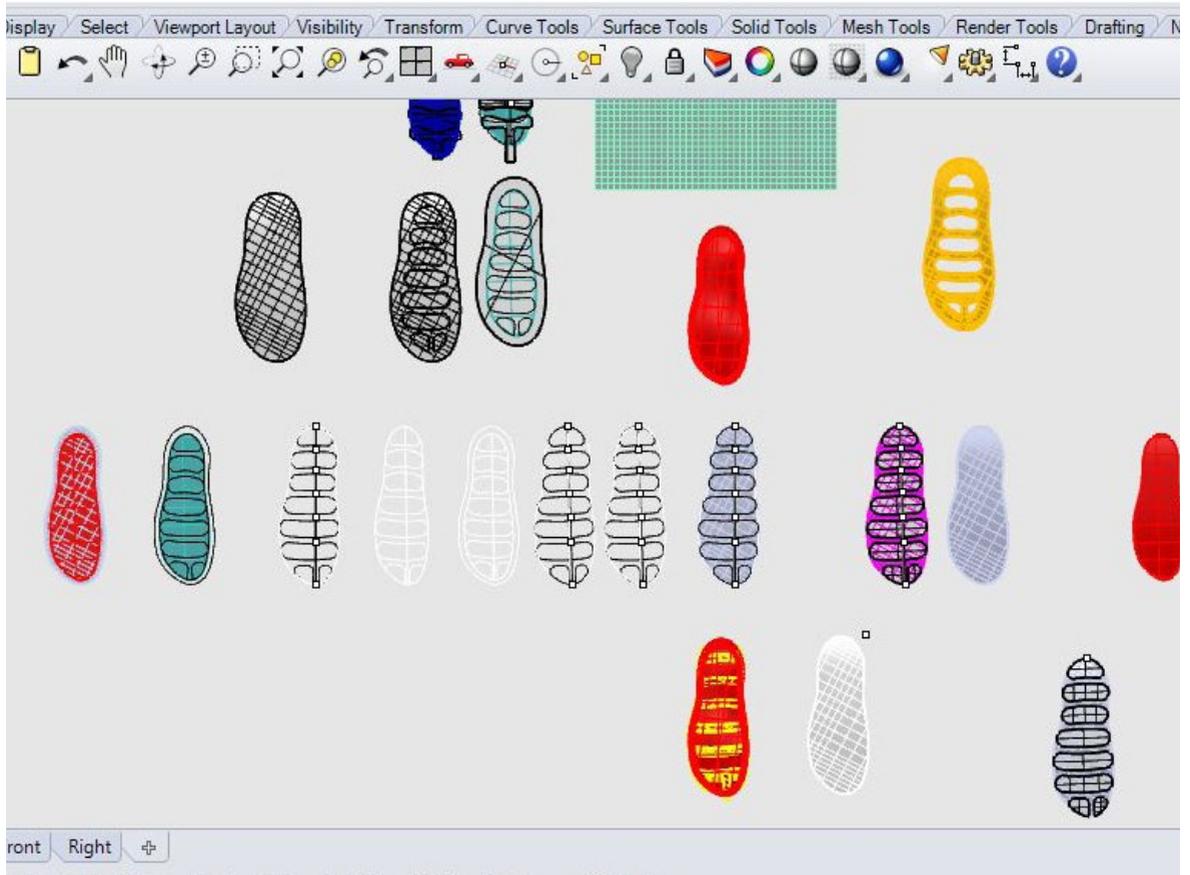
Se diseñaron y probaron 3 diferentes diseños de corte para comprobar la modularidad del producto, pensados en piel y cintas.

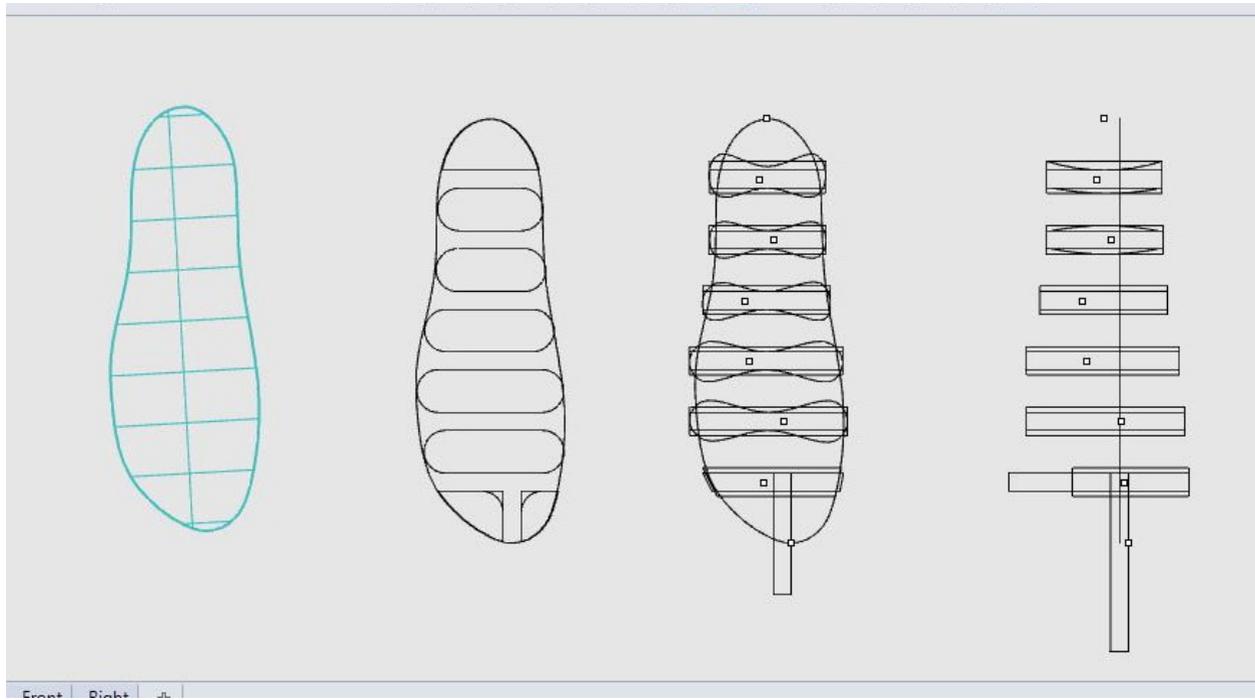
En esta versión se necesitaba incorporar los relieves de la suela a la geometría para conseguir homogeneización en el volumen. Además de corregir la continuación de la suela con la plantilla.

Por otro lado, debido a las múltiples dobles curvaturas, el modelado 3D tenía muchos problemas de construcción, por lo que el prototipado rápido por CNC sería imposible de realizar.



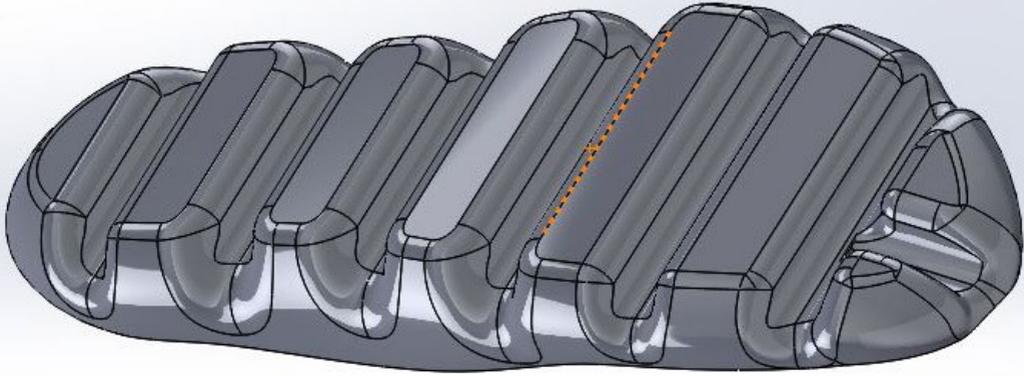






Para preparar la siguiente versión, se trabajó sobre nuevos tipos de relieves, en los que variaban las curvas, siendo cóncavas o convexas, aumentando el tamaño de las cintas que pasarían por las ranuras entre los relieves. También se introdujo la idea de utilizar una ranura de manera perpendicular en medio del zapato. De esta manera se hipotetizaba que podría ayudar a introducir más tipos de diseños para la parte superior, como zapatos cerrados.



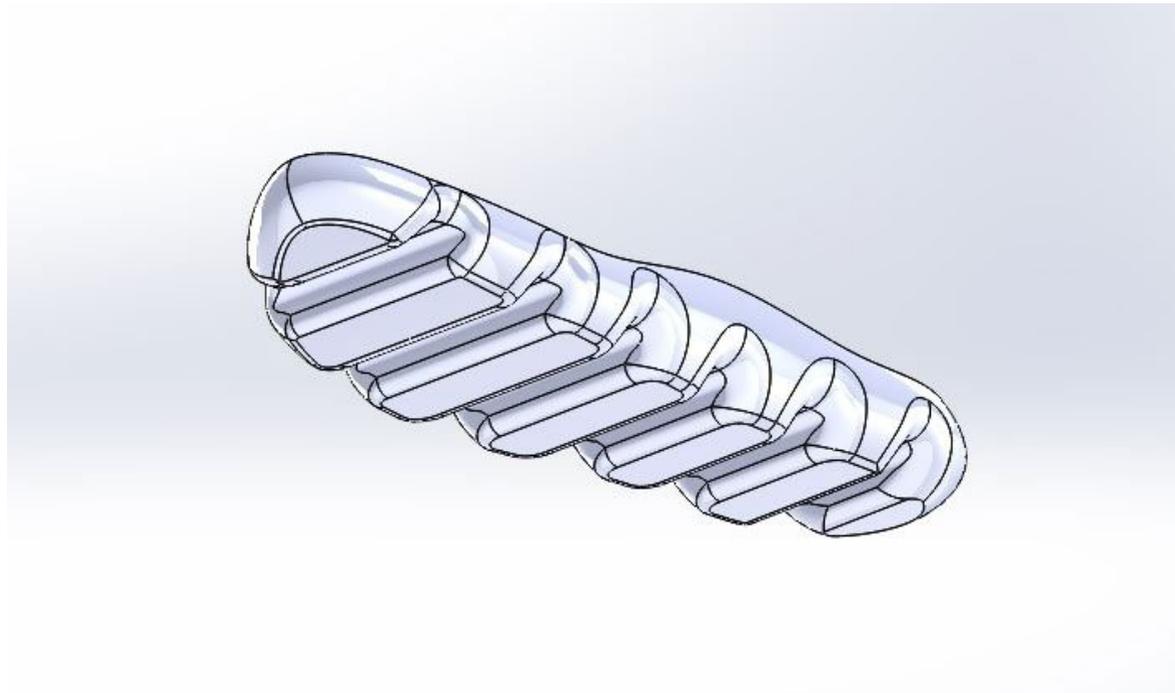


Versión 2

Después de haber trabajado en los diseños 2D de los relieves de la suela, se concluyó que para no afectar la estabilidad o fomentar la fractura de las cintas aumentando y disminuyendo el grosor de las cintas, estas debían ser rectas. De la misma manera, se adaptó la cavidad que se había planteado a la altura de los dedos.

Esta nueva adaptación dejaba una pequeña área de contacto para la punta de los dedos, además de disminuir demasiado el grosor de la suela en esa parte, por lo que comprometía la estabilidad del material y por lo tanto, de la suela en general.

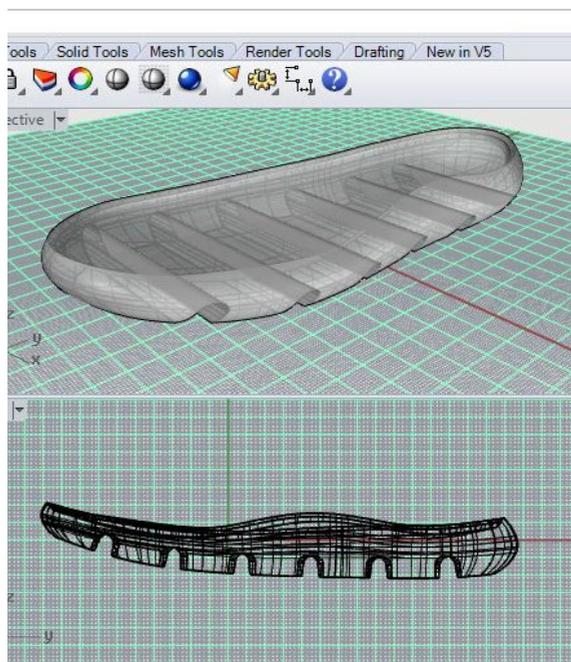
Por otra parte, en esta versión ya se pudo incorporar a un solo volumen los relieves.

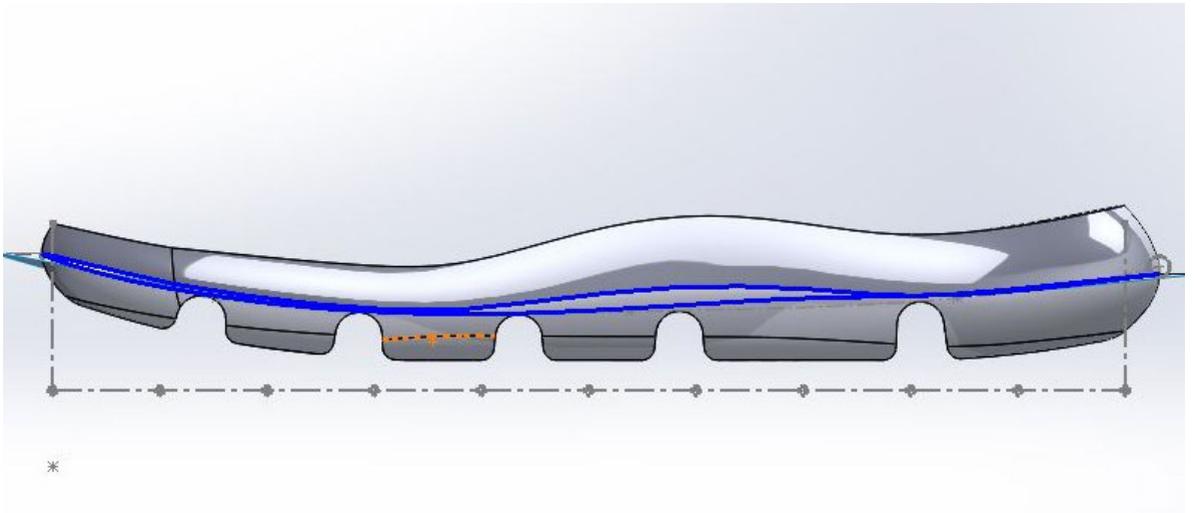
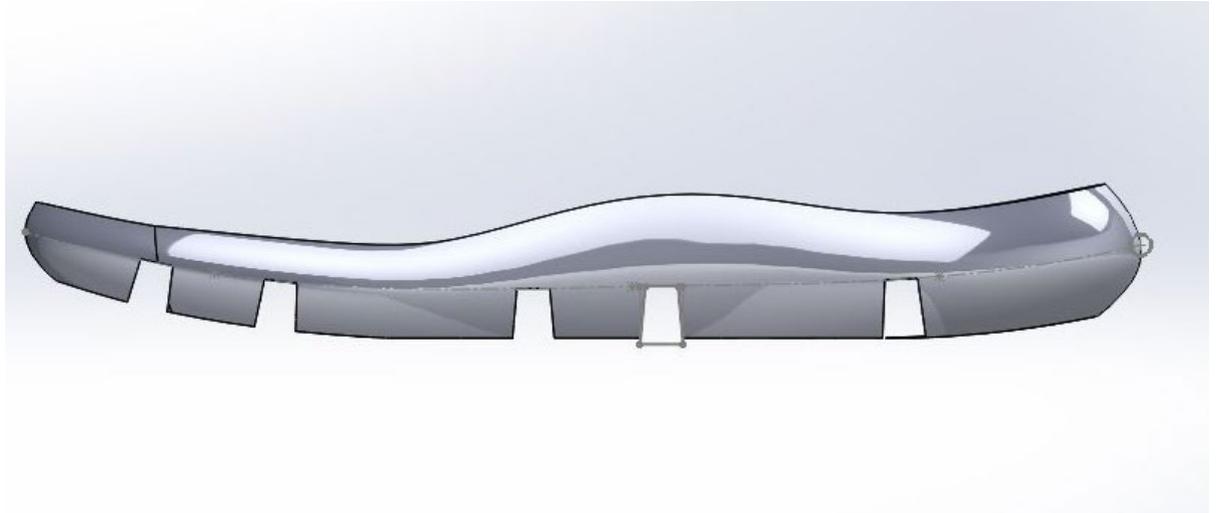


Versión 2.1

Se conservaron todos los atributos de la versión 2, pero se quitó la cavidad de los dedos.

Debido a que los relieves estaban repartidos equitativamente, la zona del talón tenía un área de apoyo muy pequeña, considerando que es uno de los puntos con mayor presión plantar.



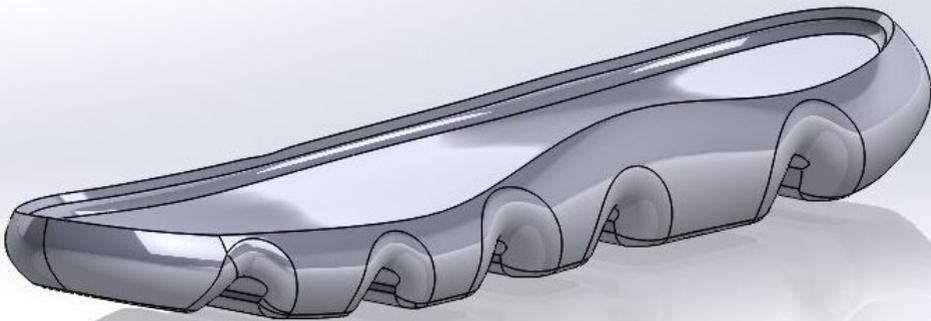
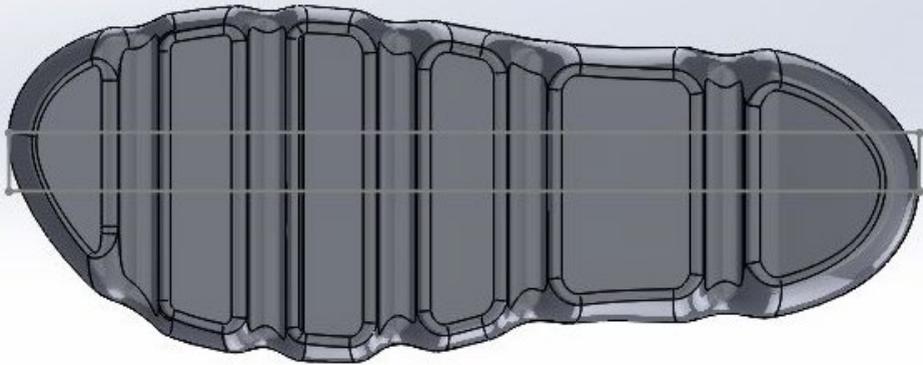


Versión 3

Para este punto, se reconfiguraron la cantidad y situación de los relieves, para poder otorgar más área de apoyo á la zona del talón- Y al mismo tiempo para colocar la cavidad que permitiera la flexión de los metatarsos a un 70% de la longitud desde el talón a la punta.

En primera instancia se buscó poner también una zona de apoyo más amplia antes de la cavidad de flexión de los metatarsos, pero por cuestiones de estética se decidió utilizar 4 relieves en la parte frontal, iguales y equidistantes. Y dos más amplios para la zona del talón y arco medial





x



4.3 ETAPA DE PRUEBAS

4.3.1 SUELAS



Se cortaron los primeros prototipos rápidos en una máquina de corte CNC.



Se detallaron algunos desperfectos del modelo causados principalmente por el corte



Para poder hacer pruebas con materiales, se decidió hacer un molde de fibra de vidrio. Primero se harían unas réplicas del modelo inicial. Por ello, a los modelos se les hizo una cama de plastilina para sacar el primer lado de los modelos.



Para sacar las réplicas se hizo un molde de silicón P-48 con respaldo de yeso. Se utilizó una gasa para el soporte del silicón.





El procedimiento se repitió en la otra parte de los modelos



Se obtuvieron los moldes de silicon para proceder al vaciado de relleno plástico.



Se vació en los moldes de yeso una réplica por cada lado de relleno plástico. Estas piezas se realizaron con la finalidad de obtener un respaldo en caso de que algo ocurriera con las piezas de madera. Además, se afinaron algunos detalles y ajustaron algunas medidas que fueron comentadas respecto al moldeo y construcción del modelo final.





Para fabricar los moldes de fibra de vidrio era necesario encontrar la línea de partición de cada suela. Una vez más se utilizó una cama de plastilina para montar el primer lado del molde de fibra de vidrio, para después aplicar el segundo.





La importancia de estos moldes era poder probar diferentes opciones de materiales compuestos con caucho, considerando que varias de estas opciones podían adherirse a otros tipos de molde.



AGLUTINANTE 1- SELLADOR ACRÍLICO

En esta prueba se utilizó un sellador acrílico con base agua. Las instrucciones consistieron en colocar un 16% de sellador del total de la mezcla, mezclar hasta humedecer todas las partículas y comprimir el molde.

PRUEBA 1

50 gr de granulado + 8 gr de sellador

Proceso: Mezclado por 3 minutos, vaciado y presión manual. Secado de 48 hrs

Resultado: Solamente se secó la parte superior de la prueba, siendo imposible desmoldarla.



PRUEBA 2

250 gr de granulado + 40 gr de sellador

Proceso: Mezclado por 5 minutos, vaciado y comprimido con ayuda prensas mecánicas. Secado durante 72 horas

Resultado: La muestra salió húmeda pero completa. Se secó al aire libre por 24 horas más y salió una pieza completa seca con algunos huecos donde el material no se pegó completamente. Consistencia muy flexible. Sobró aproximadamente 100 gr de mezcla

PRUEBA 3

150 gr de granulado + 24 gr de sellador

Proceso: Mezclado por 5 minutos, vaciado y comprimido con prensas mecánicas. Secado durante 24 horas

Resultado: La pieza no secó y se partió en dos partes, además de desmoronarse.





Prueba 2. Después de abrir el molde, salió una pieza muy flexible húmeda pero completa con algunos huecos



Prueba 3. Al desmoldar, la pieza se partió y desmoronó, además de salir húmeda



AGLUTINANTE 2- ESPUMA DE PU FLEXIBLE

Para esta prueba se utilizó espuma de poliuretano como aglutinante. Aunque lo ideal era no utilizar este material, se decidió experimentar hasta para saber qué dureza proporcionaba así como el porcentaje de carga de caucho que este podía tener.

PRUEBA 1

60 gr polioliol + 20gr isocianato + 30 gr caucho

Proceso: Primero se mezclaron 30 gr de polioliol con la carga. Como este no daba la consistencia de liquidez, se agregaron otros 30 gr de polioliol. Se mezcló con un batidor durante 10 segundos y se vació una parte de la mezcla en cada lado del molde. Se cerró a presión con prensas mecánicas durante 10 minutos

Resultado: Se desmoldó una pieza muy “acolchonada” y demasiado flexible. Esta pieza se pigmentó de fosforescente era demasiado porosa y la carga de caucho sólo consistió de un 27%.

PRUEBA 2

60 gr de polioliol + 23 gr isocianato + 30 gr caucho

Proceso: Se mezcló el polioliol con la carga de caucho, se pigmentó de amarillo, se añadió el isocianato y se batió por 10 segundos. Se cerró el molde con prensas mecánicas durante 8 minutos.

Resultado: La pieza tenía mayor dureza comparada con la prueba 1, pero continuaba demasiado flexible. La carga de caucho era de 26%



PRUEBA 3

60 gr de polioliol + 25 gr isocianato + 30 gr caucho

Proceso: Se mezcló pigmento azul con el polioliol, después con los gramos de caucho. Se mezcló durante 10 segundos en el batidor, se vació y cerró el molde con prensas mecánicas durante 10 minutos.

Resultado: La pieza tenía mayor dureza que las pruebas anteriores y no era tan flexible, aunque no lo suficientemente rígida para una sandalia. El porcentaje de caucho fue de 26%

PRUEBA 4

60 gr de polioliol + 30 gr isocianato + 30 gr caucho

Proceso: Se mezcló el polioliol con la carga de caucho, se pigmentó de naranja, se añadió el isocianato y se batió por 10 segundos. Se cerró el molde con prensas mecánicas durante 12 minutos.

Resultado: La pieza perdió la dureza a pesar de haber tenido la mayor cantidad de isocianato. La carga de caucho fue de 25%

Prueba 1: Demasiado acolchonada y flexible. Además de gran porosidad y pobre porcentaje de carga de caucho.

Prueba 2: Buen aspecto, aumentó la dureza pero demasiado flexible. Muy baja carga de caucho.

Prueba 3: Buen aspecto, mayor dureza, pero no suficiente para la función de la suela. Muy baja carga de caucho.

Prueba 4: Perdió dureza en la reacción con mayor cantidad de isocianato. Muy flexible y el más bajo porcentaje de carga de caucho



AGLUTINANTE 3- POLIURETANO MONOCOMPONENTE

Esta prueba se realizó en conjunto con la compañía Granutec, la cual se hizo cargo de todo el proceso.

PRUEBA 1

Proceso: Se mezcló el granulado de caucho con un porcentaje de resina del 15%. Se aplicó presión mecánica por medio de prensas. Se dejó fraguando por 24 horas

Resultado: Los operarios no aplicaron ningún desmoldante, por lo que la pieza se adhirió al molde. Al momento de abrirlo, no se encontraba completamente seco, por lo que al no haber aplicado desmoldante, la pieza se despegó por la mitad debido a la fuerza.

A pesar de ello, ciertas partes de la pieza fueron rescatadas para comprobar la dureza del material. Posterior a 72 horas, los fragmentos se fraguaron completamente. El aglutinante no permitió el desmoronamiento de la pieza.

El experto de la compañía aseguró que el único error en la fabricación fue la falta de aplicación de desmoldante, por lo que el procedimiento consistiría en un 15-20% de aglutinante del total de peso del granulado, con una presión mecánica y un secado aproximado de 72 horas.





RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON AGLUTINANTE DE POLIURETANO MONOCOMPONENTE

Posterior a las recomendaciones por el experto en la compañía Granutec, se hicieron algunas pruebas sobre el porcentaje contenido de resina, de la cantidad contenida en cada prueba y el tiempo de secado.

PRUEBA A

250 gr de granulado + 40 gr de resina (16%)

Secado: 36 hrs

Observaciones: El modelo se pegó al molde y no se encontraba completamente seco, además de que no tenía suficiente material.

PRUEBA B

315 gr de granulado fino+ 50 gr de resina (15%)

Secado: 36 hrs

Observaciones: Se utilizó un granulado más fino. El material no fraguó, ni parecía ser suficiente material para llenar el molde.

PRUEBA C

315 gr de granulado + 50 gr de resina (15%)

Secado: 48hrs

Observaciones: Se utilizó la misma cantidad con el granulado normal con la misma cantidad de resina. Aunque el modelo no se pegó al molde y se encontraba seco, parecía que algunas de las zonas no estaban cubiertas con la resina, se desmoronaba con facilidad y no presentaba la dureza necesaria.

PRUEBA D

150 gr de granulado + 25 gr de resina (17%)

Secado: 48hrs

Observaciones: Se hizo una prueba con un solo lado de las sandalias, replicando la cantidad de material que se agrega a cada lado, con el mismo tiempo de secado pero con más porcentaje de resina. El modelo se despegó bien del molde, no se encontraba húmedo y aunque había mayor dureza, todavía presentaba demasiada flexión.

PRUEBA E

400 gr de granulado + 70 gr de resina (17.5%)

Secado: 48hrs

Observaciones: Finalmente se aumentó a 17.5% del contenido de resina, ofreciendo la dureza que faltaba para el correcto funcionamiento como suela. Disminuyó considerablemente el desmoronamiento y no tenía exceso de flexión del material.



Prueba b. La pieza no se unió porque las partículas no fueron mezcladas correctamente con la resina.



Prueba e. La pieza salió completa del molde y no presentaba desmoronamientos.

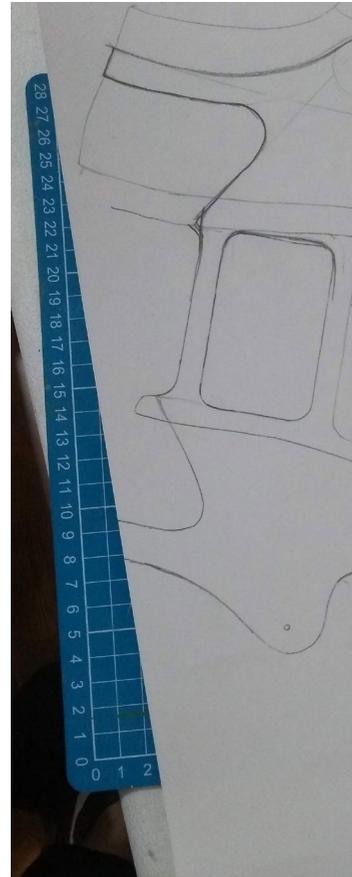


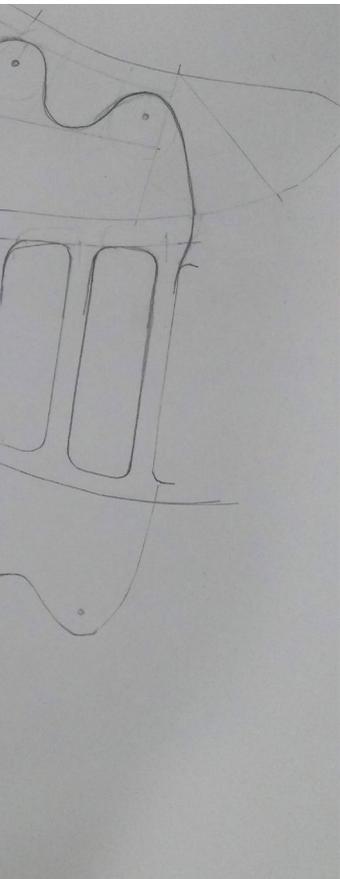
4.3.2 CORTES

Respecto a lo trazado en los bocetos de ideación, se trazaron dos modelos distintos de patrones sobre una horma Keny del 3^{1/2}. Para diseñar estos patrones se dibujó por encima de la línea de profundidad y la línea del recio. Así mismo se tomó una altura del talón de 55 mm.

Para diseñar estos patrones se consideró utilizar la menor cantidad de costuras, no utilizar forro y reducir el uso de pegamentos en medida de lo posible.

Se diseñaron dos modelos con dos tipos de cierre distintos. El modelo 1 consiste en una sola pieza, lo que beneficiaría la velocidad e producción y la reducción de consumo de energía. Esta pieza requiere una sola costura o pegamento en uno de los costados para unir el látigo al corte. Además, se sujeta y cierra por medio de una agujeta.







Para el segundo modelo se propuso un patrón compuesto por dos piezas, las cuales se unen por medio de broches a presión o piolines. La primer pieza consiste en una lengüeta que incluye el látigo. La segunda pieza es la pieza que atrapa a la suela y en cada una de las puntas se sujeta con un broche a la lengüeta. Se plantea en uno o dos materiales, los cuales tampoco deberán tener forro.

Adicionalmente, para aumentar la resistencia en la parte inferior de ambas piezas, se propuso aplicar dos capas del material para aumentar el grosor y durabilidad. Esto se realizaría por medio de pegamentos de contacto, en el que se pueden unir piel con piel (posterior a un proceso de cardado) o piel con fieltro, sin necesidad de aplicar ningún proceso adicional. Es importante dejar secar el pegamento por lo menos 1 hora, activarlo con calor y pegar ambas piezas a presión.



1. Se pegó piel con carnaza sin cardar. Las piezas se despegaron con facilidad.
2. Se pegó carnaza con piel cardada y aumentó su resistencia.
3. Se pegó carnaza con fieltro y demostró tener alta resistencia.



4.3.3 MODELOS



El primer modelo, Gladiator, está inspirado en los cortes de sandalia de los griegos, compuestos por correas. Este modelo consiste en dos piezas principales que componen al corte de la sandalia: el empeine y la pieza de correas; las cuales son unidas mediante herrajes de piolín, que son fácilmente ajustables y reemplazables.

Como fue propuesto, las piezas del corte se pueden solicitar en el material deseado. En la imagen se presenta con fieltro y piel.



El segundo modelo, Runner, está inspirado en el calzado deportivo, el cuál se ata por medio de cordones o agujetas. Este modelo se forma por una pieza principal y la agujeta.

De igual forma, el material y colores pueden ser elegidos por el usuario. En la imagen se presenta en piel color negro.





V. DISEÑO FINAL









5.1 FUNCIÓN

La arquitectura del producto consiste en una pieza común, la suela; y diferentes módulos, las diversas variables de cortes. La suela se conforma por 2 piezas, el moldeado de caucho y una plantilla de piel, la cual protege al pie de la sudoración.

Los módulos o las piezas variables consisten en un desarrollo plano unido con broches metálicos o costuras. Los cortes se realizan en piel o fieltro, para evitar el uso de forros y por lo tanto, de más costuras o adhesivos.

Adicionalmente, el corte se une a un refuerzo en la parte inferior, unido mediante adhesivos para soportar los esfuerzos mecánicos ejercidos por el caminar del usuario.

En el modelo 1, el corte del zapato se cierra con una sola costura y se ata con una cinta de aguja por en medio. Para el modelo 2, los látigos se unen a las lengüetas por medio de broches piolines e incluso pueden retirarse. En ambos casos, los herrajes o cintas pueden ser retirados manualmente para su posible desmontaje y reciclaje.

Los módulos pueden separarse manualmente de la suela para limpiar y aplicar mantenimiento a las mismas. Los módulos, por su parte pueden ser limpiados con un paño húmedo para la piel y con agua fría para la lana. La suela puede ser lavada con un paño o cepillo, agua y jabón. Posteriormente, las piezas pueden unirse nuevamente.



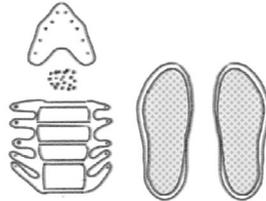
5.1.1 STORYBOARD



Las sandalias son recibidas por medio de paquetería. El paquete no supera las dimensiones de un sobre tamaño oficio.



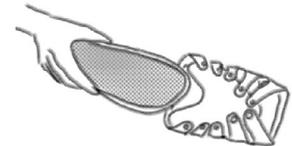
El usuario abre el paquete para encontrar el calzado, el cual viene desensamblado.



El paquete contiene un par de suelas, el cuerpo del modelo de sandalias elegido y los herrajes o cintas. De otra manera, el usuario recibiría solamente las piezas que fueron solicitadas en línea.



En el modelo Gladiator los herrajes se colocan en la pieza del empeine.



La suela se introduce en el corte hasta ubicarse en donde corresponde cada hueco de la suela



Cuando se han colocado todos los herrajes, se sitúa en la posición con la que debe coincidir el corte de piel.



El usuario debe introducir todos los herrajes "piolines" a los orificios que se encuentran en el corte de piel.



Al inferior del calzado, el corte se debe ajustar a las hendiduras de la suela.



Cuando el corte ha sido ajustado a la suela, el calzado está listo para usarse





Para limpiar las piezas, basta con separarlas y limpiar un paño húmedo.



Si alguna de las piezas sufra de algún daño o se desea cambiar de modelo, se solicitan dichas piezas en la plataforma web.



Las piezas solicitadas se recibirán una vez más por paquetería.



Para el caso del modelo Runner, primero se ajusta la pieza en las hendiduras de la suela.



Después se coloca una agujeta en los agujeros que tiene el corte de piel



La sandalia termina de ajustarse con las cintas y se anuda como las zapatillas deportivas.



Se solicita que las piezas o el calzado que ya será desechado, sea acopiado por la misma empresa.



Puede acopiarse el calzado completo o piezas por separado.

5.2 PRODUCCIÓN

La suela de la sandalia está fabricada en un compuesto o aglomerado de caucho reciclado combinado con un aglutinante monocomponente de poliuretano, con una proporción del 17.5% de resina, por medio de compresión en frío. Este tipo de proceso no conlleva desperdicio energético ni supone producción de desechos.

A la suela se le adiciona una plantilla de piel multiperforada con adhesivo de contacto 30-80.

Los cortes, por su parte, son fabricados en una o dos piezas, por medio de corte láser en el caso de mediana producción y troquelado para alta producción. Una vez listos los cortes, los desechos se envían al proveedor para su reciclaje. Los materiales a utilizar son pieles oscarias y fieltros de lana de 2 mm.

Para dar forma al corte de los zapatos, se une el látigo a la zona del empeine con una sola costura al corte, dependiendo del diseño. Para cerrar los cortes, se utilizan broches metálicos “piolín” o cintas de nylon. Ambas opciones son adquiribles, reparables y reemplazables.

Todos los procesos de producción están pensados para poder ser adaptados a una mediana escala, para poder establecer centros productivos que permitan la activación económica local y así mismo reducir el uso de distribución por medio de avión o barco.



5.3 ERGONOMÍA

Se diseñó una plantilla “*ergonómica*” basada en la plantilla utilizada por Birkenstock, la cual consiste en brindar el mayor contacto posible con la planta del pie, sobretodo en la zona del arco y el talón, reduciendo así la presión plantar, el cual representa una de las mayores incomodidades en los zapatos.

Además, la suela fue diseñada con un tacón de 2cm de alto y un “*toe spring*” de 10°. El material demostró tener aparente amortiguación y un peso por cada zapato de máximo 200 gr. Además, se colocó una hendidura a la altura de la flexión de los metatarsianos.

En el caso de los módulos, al no tener un forro, el material fue escogido para que el interior de este no irritara de alguna manera el pie del usuario, en este caso, la carnaza de la piel y la lana.



5.4 ESTÉTICA

Los colores de la sandalia en general están basados principalmente en colores naturales del material o colores neutros. Esto, apoyando una estética unisex, en la cual no exista un sesgo de asignación de género a través del color.

Para la suela se consideró la tendencia de calzado deportivo-casual, la cual consiste en suelas altas y amplias. Además, se utiliza el color natural de los materiales.

Los cortes tienen una estética de uso casual -informal (dentro de la vestimenta adecuada para salir a la calle con una apariencia de simplicidad, naturalidad, comodidad y elegancia) y doméstico (dentro del hogar para el descanso), ya que los materiales y la construcción del zapato no permitían ser un zapato deportivo.



5.5 MERCADO

Se sugiere que la venta del producto sea a través de una plataforma virtual, en la cual el usuario pueda interactuar para elegir el modelo, material, color y talla. Evitando el mantenimiento de una locación para resguardo de los productos que no han sido vendidos. Además, de esta manera se ofrece una mayor personalización del producto. El producto es enviado directamente del productor al usuario y se empaca desarmado para que el usuario lo ensamble.

Por otra parte, los módulos pueden ser estandarizados de manera que se muestre un catálogo de los modelos del producto y sean vendidos de la manera ordinaria por retail. De la misma manera, el producto se empaca y embala desmon-

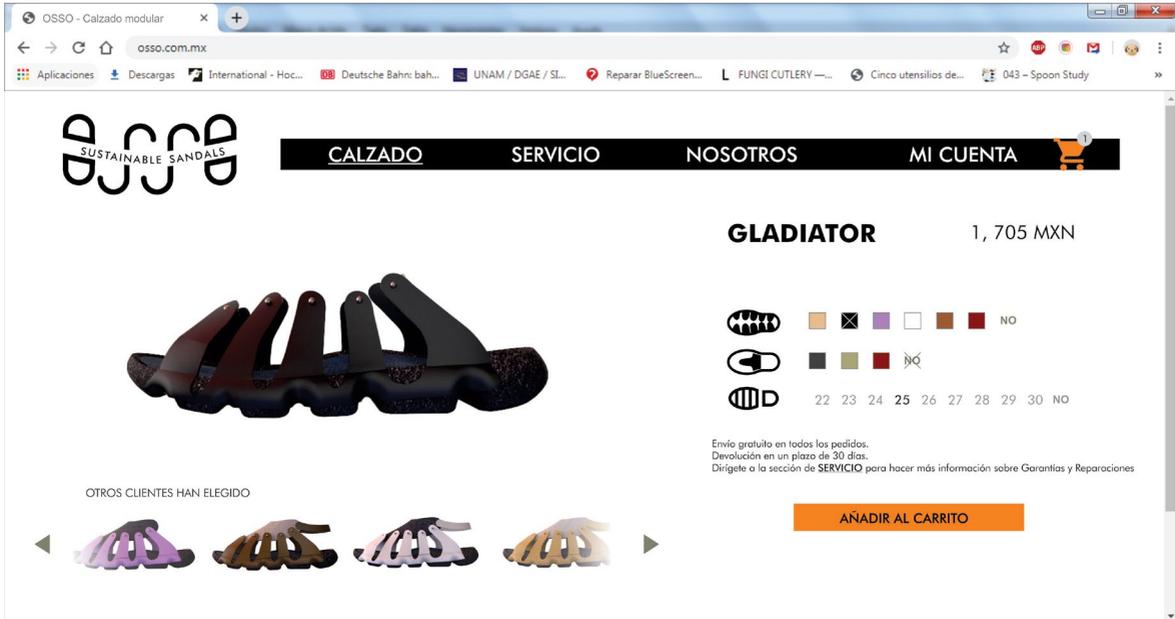
tado para evitar espacio y material utilizado en cajas.

Se sugiere además que exista un sistema de reparación y recolección, en el que se haga responsable por el mantenimiento, restauración, desensamble y reciclaje de cada una de las partes del producto.

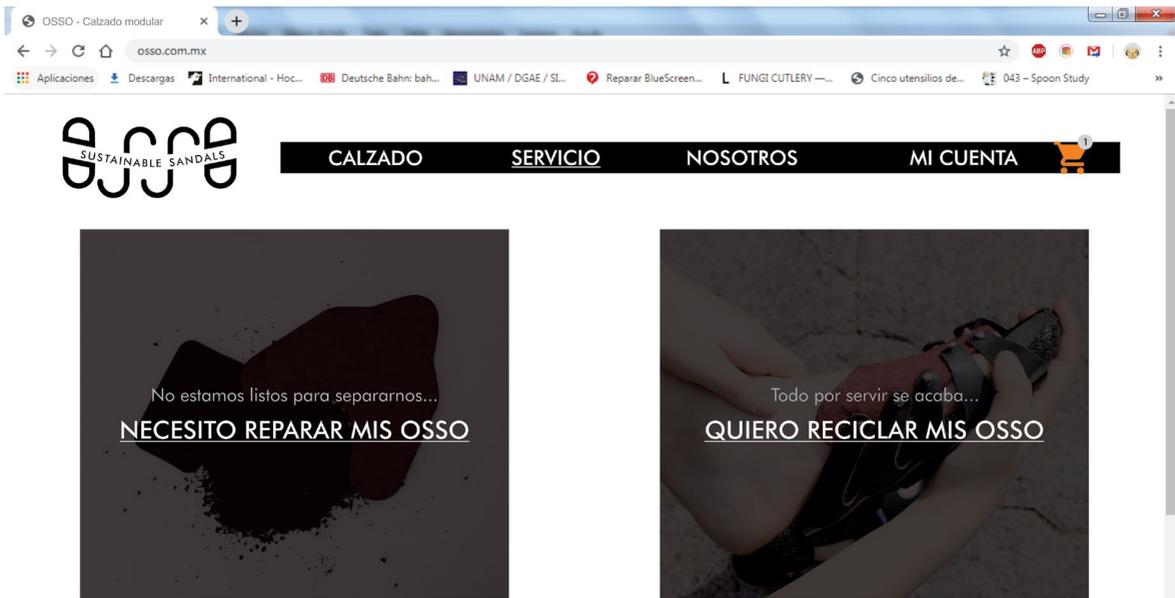
El mercadeo del producto fue realizado por la empresa Lunge GmbH, quienes establecieron un costo de venta mínimo de \$700 pesos mexicanos y máximo de \$2135 pesos mexicanos, con un costo bruto máximo de \$320 pesos mexicanos. La utilidad varía entre el 54% y el 85%. El costo de fabricación en México es el siguiente:

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| Suelas | \$73.80- \$147.60 pesos mexicanos |
| Corte de piel por par | \$42.50 pesos mexicanos |
| Corte de fieltro por par | \$45.00 pesos mexicanos |
| Accesorios | \$10.50 pesos mexicanos |

Por ello, el costo bruto de un par de sandalias varía entre \$126.80 y \$203.10. De esta manera, la utilidad del producto puede alcanzar una utilidad del 90 al 95% para ventas minoristas y el 70-81% para ventas mayoristas.



Simulación de pantalla en la página de Internet de la empresa, donde puede verse que se pueden solicitar piezas individuales y se puede hacer la elección de color y material.



Simulación de pantalla en la página de Internet, en la sección donde puede solicitarse reparación de piezas o acopio para reciclar del calzado completo o de alguna de sus piezas.



CONCLUSIONES

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Mediante la hipótesis del método y procesos productivos, así como del modelo de negocio propuesto, se puede concluir que la problemática de obtener una sandalia que reduzca su impacto ambiental y que pueda ser utilizada tanto por hombres y mujeres en un contexto cotidiano, es positiva, basada en la investigación de materiales, proceso y la experimentación con los prototipos.

PERFIL DE PRODUCTO

Se consiguió una arquitectura del producto que permitiera la modularidad y favoreciera la personalización del producto. Además, se proponen procesos productivos que generen la menor cantidad de desechos y gasto de recursos, así como la utilización de materiales reciclados y reciclables, además de plantear un modelo de negocio que se comercialice de manera local, evitando el consumo de energías durante la distribución. Asimismo, se logró implementar una plantilla con una adecuada adaptación del pie, favoreciendo el confort del usuario, aunque no se utilizó la medida de 15° en el *toe spring*. Además, el costo bruto en la producción mexicana está por debajo de lo establecido por una empresa productora de calzado, lo que ayudó a aumentar el porcentaje de utilidad.

SUSTENTABILIDAD

Si bien, estaba definido desde un inicio que el proyecto se enfocaría en una orientación hacia el Eco-diseño, se buscó implementar una economía circular, encausando el camino de la producción de calzado hacia un enfoque sostenible.

El enfoque central del producto se basó en las estrategias del final del ciclo de la vida útil del un producto: En primer lugar se buscó satisfacer el reúso del producto, lo que requirió indagar sobre la conservación digna del producto. Posteriormente se atendió la estrategia de reparación, donde la separación de las partes posibilita y simplifica esta acción. Consecuentemente, el remplazo de piezas que no pueden ser reparadas. Después el reciclaje por piezas, donde se buscó que cada pieza contuviera un solo material para poder desensamblar y clasificar por material, lo que beneficia también la última estrategia deseable: el desecho del producto, esperando que el sistema de “pepena” consiga de la misma forma separar los materiales.

Por otra parte, la personalización masiva supone que el apego hacia un producto con el que el cliente se siente mayormente identificado, reducirá su probabilidad de desecho.

Acerca de los materiales, se indagó sobre la durabilidad de estos, atendiendo las estrategias previamente explicadas. Respecto a los procesos productivos, se buscó la reducción de consumo de energía, agua y de desperdicios, en el que de ser provocados estos últimos, se deben coleccionar y llevar a un centro de reciclaje. Además, con estos procesos se buscó que fueran de fácil implementación para conseguir una activación a nivel local, favoreciendo la sostenibilidad social. También, durante el proceso de distribución, la configuración del producto permitió que el embalaje del mismo pueda reducir espacio y por lo tanto materiales.

Finalmente, el modelo de negocio sugerido, se hace cargo de los productos que se encuentren en mal estado o que serán desechados, para asegurar que estos materiales puedan ser reciclados o reprocesados correctamente.

De esta manera, se planteó un esquema del producto que beneficie la sostenibilidad ambiental, económica y social.



PROSPECTIVA DEL PRODUCTO

Las principales consideraciones a futuro del producto es el sometimiento del mismo a pruebas de laboratorio para comprender su comportamiento y calidad para poder comercializarlo. Entre ellas deben aplicarse pruebas de abrasión, estabilidad de dimensión, resistencia al desgarre y tracción, flexión y resistencia a la fatiga, absorción y desorción de agua, aislamiento térmico, resistencia al derrape y rigidez longitudinal y torsional.

Además, es posible desarrollar el producto sobre diversos enfoques: buscar soluciones más sustentables para aplicarlas a la suela, utilizando menos materiales plásticos o más materiales biodegradables.

Por otra parte, es posible experimentar con la modularidad de la misma suela, donde los relieves pueden estar enfocados en diferentes escenarios: excursionismo, acuáticas, con puntos de acupuntura o problemas de pie diabético.

Además, explorar la configuración de la suela para conseguir un zapato cerrado completamente bajo la misma premisa de la reducción de uso de adhesivos y costuras.

Finalmente, sería ideal implementar un sistema de tejido similar al *flyknit* de Nike, el cual teje el corte del calzado sin necesidad de generar diferentes piezas, evitando así el uso de pegamentos o costuras. Esta técnica podría ser utilizada con el tejido de fibras naturales, material que demostró ser bastante resistente y favorable con el medio ambiente. Este sistema de producción no genera desperdicio, es industrializado y ofrece una estructura adecuada para el zapato.

Asimismo, el mismo concepto de modularidad y personalización masiva podría ser aplicado a diferentes accesorios como: mochilas, carteras o prendas en general.

REFLEXIONES PERSONALES

Este trabajo de tesis me deja con muchos más cuestionamientos respecto a la solución definitiva para este proyecto: sobre las mejoras que pueden hacerse a este mismo producto en el aspecto formal cambiando las profundidades de las ranuras de la suela y la forma que éstas tienen para hacer un producto más atractivo y así poder competir realmente con productos que forman la industria del calzado; también sobre cómo utilizar materiales que puedan perdurar más que la propuesta que se ha generado, aunque estos no sean de origen reciclado, pues el propósito inicial es que sea longevo y reutilizar este producto tantas veces como sea posible; sobre los diversos modelos de calzado que podrían utilizarse sobre esta misma suela, como zapatos cerrados y tal vez hasta botas.

Entiendo ahora también dos herramientas que pueden ser utilizadas en el diseño y que comprobé que pueden ser bastante generosas para explorar el tema de la sustentabilidad: La modularidad y la personalización masiva. Me pregunto si estos conceptos pueden aplicarse de la misma manera en productos más ordinarios, pero sobre todo cotidianos como el mobiliario, que en México se caracteriza por ser heredable y por lo tanto, reutilizable. Y aunque entiendo

que estos conceptos son aplicados desde hace muchos años en diferentes industrias, como la automotriz, creo que sería necesario democratizarlos y ponerlos al servicio de la mayoría de la población.

Aprendo de este proyecto la atención y respeto que debe tenerse al medio ambiente en mi quehacer como diseñadora, que en el proceso creativo se deben considerar cada uno de los diferentes pasos en el ciclo de la vida de un producto. Aprendo a concientizarme sobre el impacto que un producto mal o bien diseñado puede tener en el mundo. Me queda la mayor satisfacción de haber elaborado este trabajo, que fue profundizar sobre un tema que siempre me pareció necesario durante mi desarrollo profesional: la sustentabilidad. Mientras estoy consciente de que el deterioro ambiental sigue avanzando, estoy convencida que el diseño tiene una labor fundamental para proporcionar soluciones a la industria actual y proponer productos innovadores que puedan generar un impacto. Que no todo está inventado y que en verdad tenemos en nuestras manos el futuro del planeta.



BIBLIOGRAFÍA

1. AETNA (s.f.) Advantages of Felt <https://www.aetnafelt.com/pages/advantages-of-felt>
2. Alemany, S., Olaso, J., Puigcerver, S. and González, J. (2013). Virtual Shoe Test Bed. In: R. Goonetilleke, ed., *The Science of Footwear*. CRC Press.
3. Aliapur GitHub. (2017). Aliapur/Wiki. <https://github.com/Aliapur/Wiki/wiki>
4. Azariadis, P. (2013). Finite Element Analysis Methods in Footwear Design. In: R. Goonetilleke, ed., *The Science of Footwear*. CRC Press.
5. B. Maté (s.f.) Advantages & Disadvantages of Felt Clothing. LEAF. <https://www.leaf.tv/articles/advantages-disadvantages-of-felt-clothing/>
6. Branthwaite, H., Chockalingam, N. and Healy, A. (2013). Footwear—The Forgotten Treatment—Clinical Role of Footwear. In: R. Goonetilleke, ed., *The Science of Footwear*. CRC Press.
7. Brunø T.D., Nielsen K., Taps S.B., Jørgensen K.A. (2013) Sustainability Evaluation of Mass Customization. In: Prabhu V., Taisch M., Kiritsis D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Sustainable Production and Service Supply Chains*. APMS 2013. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 414. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41266-0_22
8. Capuz, S. (2004). Eco-diseño: Ingeniería del Ciclo de Vida para el desarrollo de productos sostenibles. *Ecología Industrial-Producción Industrial Sostenible*, Alfaomega
9. Choklat, A. (2012). *Diseño de calzado*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
10. Clauzade, C., Osset, P., Hugrel, C. et al. (2010) Life cycle assessment of nine recovery methods for end-of-life tires En: *The International Journal of Life Cycle Assessment* Vol. 15. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0224-z>
11. Connecticut Department of Public Health (2015), Recent news concerning artificial turf fields, State of Connecticut Department of Public Health, EE.UU, <http://www.southhadley.org/DocumentCenter/View/1559/CT-Turf-Support-Letter?bidId=>
12. Coronel, R. (n.d.). Esperanza ambiental: bacterias contra el poliuretano* - Revista ¿Cómo ves? - Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM. <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/117/esperanza-ambiental-bacterias-contr-el-poliuretano>
13. Echt, A. (s.f.). Cultivo del árbol del caucho. En: *Industrial del caucho, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. España, <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/80.pdf>

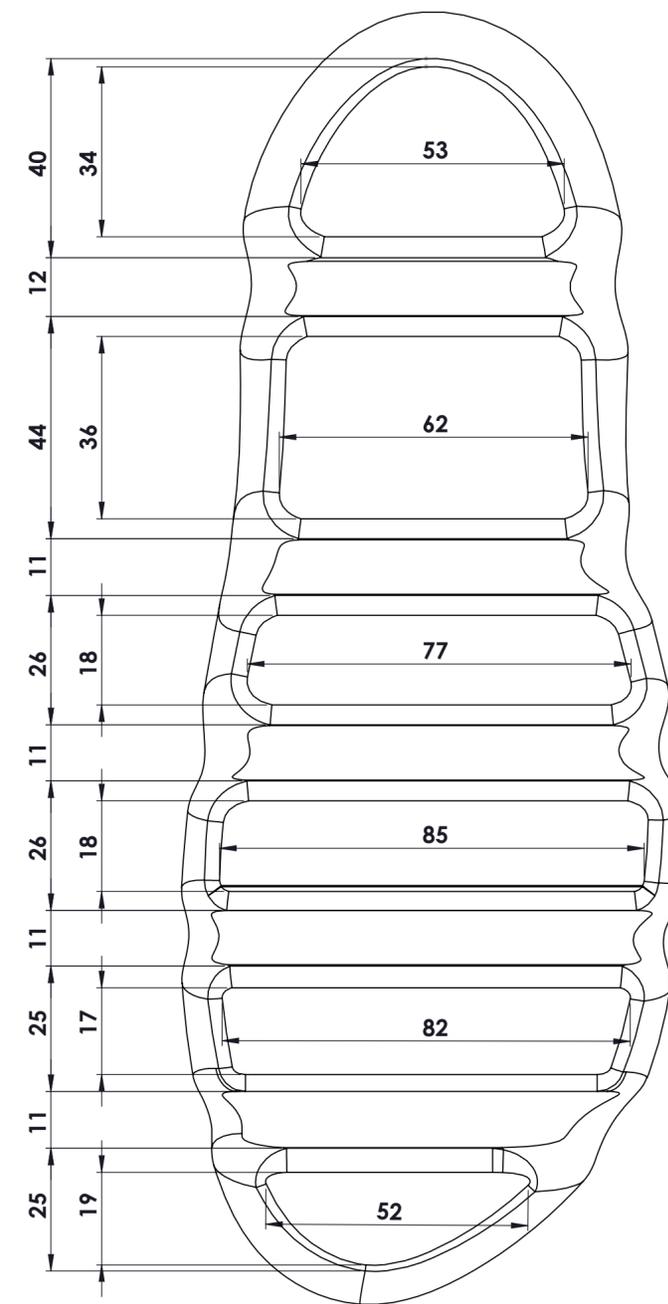
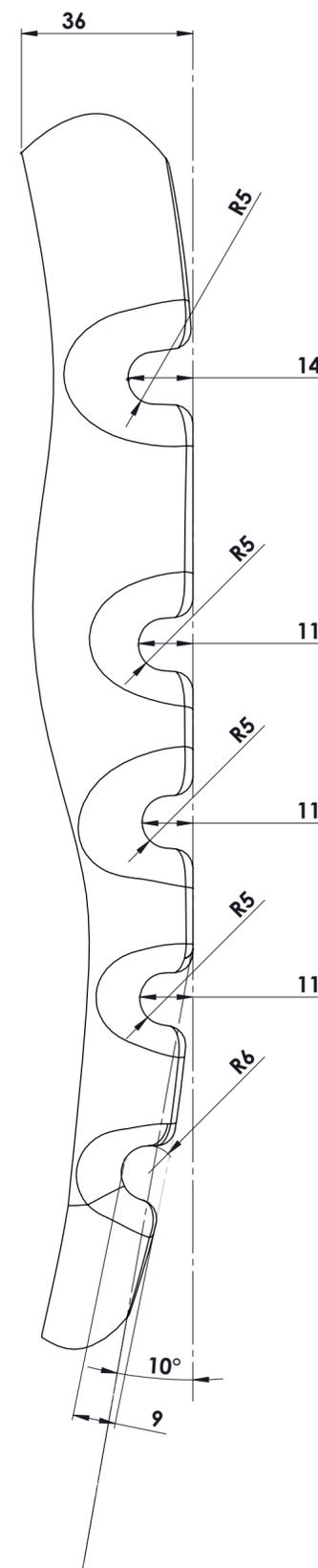
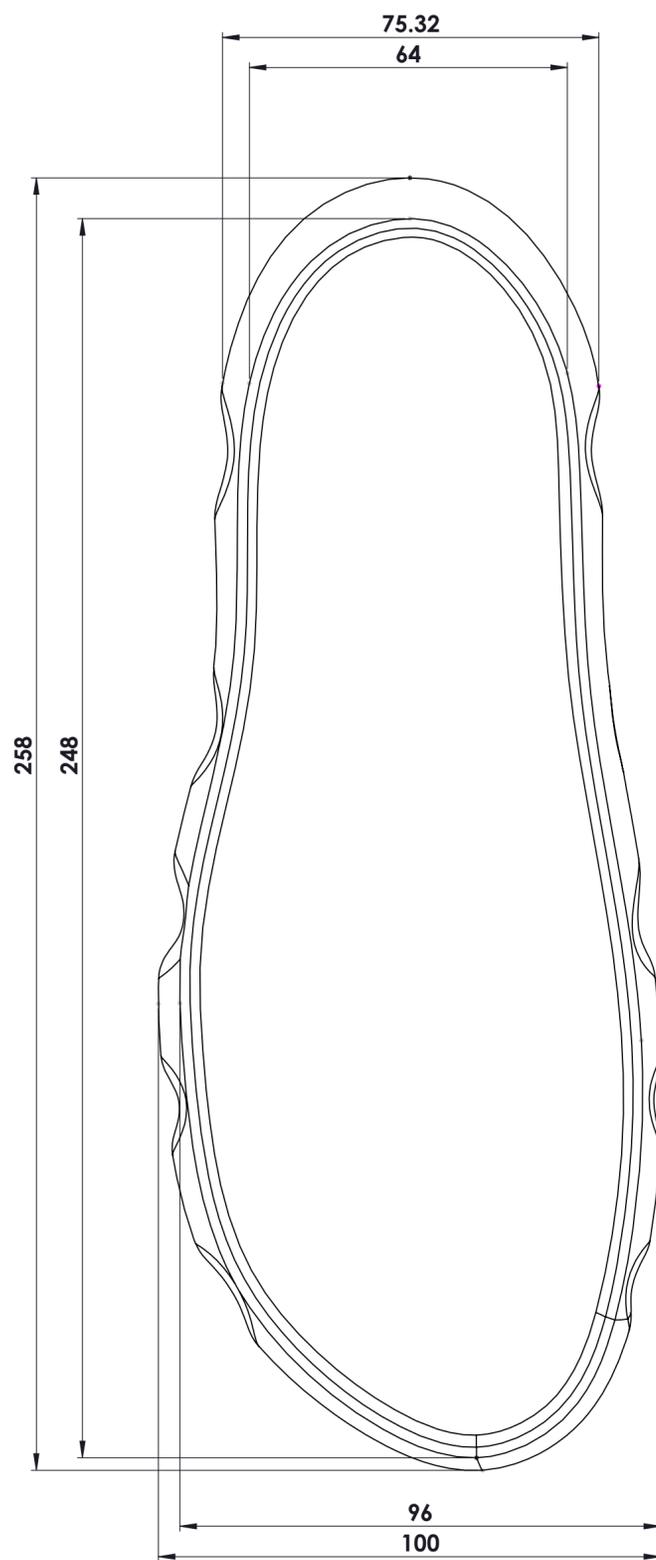
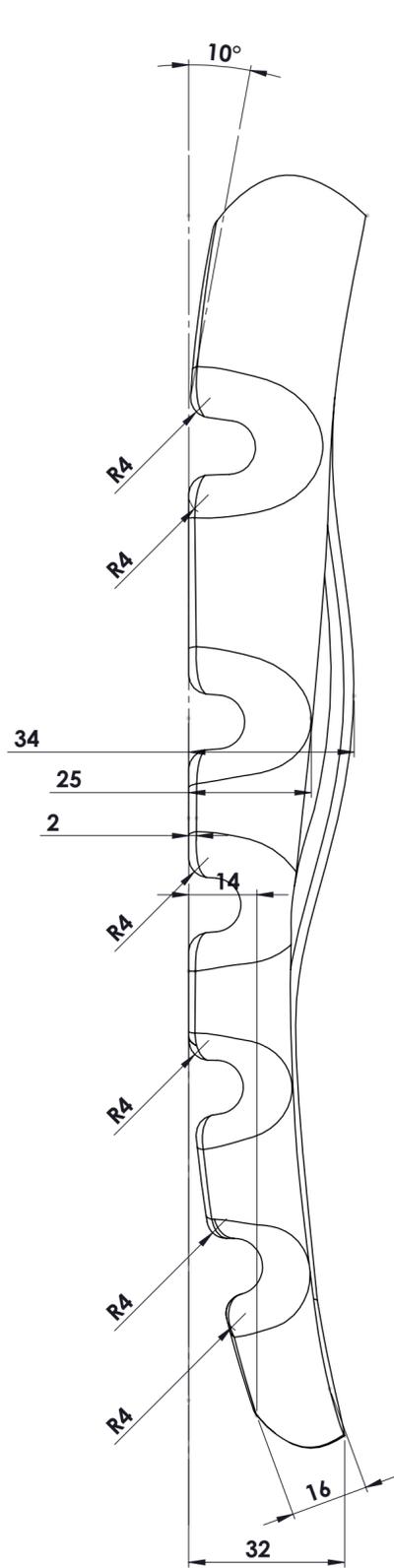
14. Fargnoli, Mario and Kimura, F. (2006). Sustainable design of modern industrial products. *International Conference of Life Cycle Engineering*. 14062. 189-194.
15. Fiksel, J., Bakshi, B.R., Baral, A. et al. (2011) Comparative life cycle assessment of beneficial applications for scrap tires. In: *Clean Technologies and Environmental Policy*, Volume 13 <https://doi.org/10.1007/s10098-010-0289-1>
16. FitzPatrick, J. (2018) Leather Soles vs Rubber Soles, *The Shoe Snob*, 1 de junio. <https://www.theshoesnobblog.com/2017/06/leather-soles-vs-rubber-soles.html>
17. Goonetilleke, R. and Weerasinghe, T. (2013). *Footbed Design*. In: R. Goonetilleke, ed., *The Science of Footwear*. CRC Press.
18. GreenMax (s.f.) Can EVA Foam Be Recycled. <https://www.intcorecycling.com/can-eva-foam-be-recycled.html>
19. Honeywell .(2011). Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer, http://www51.honeywell.com/sm/common/documents/GPS0043_Public_Risk_Summary_-_Ethylene-Vinyl_Acetate.pdf
20. Instituto Nacional del Emprendedor (s.f.), Flujo del proceso productivo y escalas de producción. <http://www.contactopyme.gob.mx/guiasempresariales/guias.asp?s=14&guia=101&giro=&ins=717>
21. Li, W., Wang, Q., Jin, J. et al. (2014). A life cycle assessment case study of ground rubber production from scrap tires. In: *The International Journal of Life Cycle Assessment* Volume 19, <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0793-3>
22. Madge, P (1997), "Ecological Design: A New Critique." *Design Issues*, vol. 13, no. 2, 1997, pp. 44–54. JSTOR, JSTOR, www.jstor.org/stable/1511730.
23. MAHI Leather. (s.f.). All You Need to Know About Bonded Leather. <https://mahileather.com/blogs/news/all-you-need-to-know-about-bonded-leather>
24. McLennan, J. F. (2004). *The philosophy of sustainable design: The future of architecture*. Ecotone publishing.
25. Mohanty, A.K., Misra, M. & Drzal, L.T. (2002) Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World In: *Journal of Polymers and the Environment* Vol. 10. <https://doi.org/10.1023/A:1021013921916>
26. Ortíz. M. (2013). El impacto de los plásticos en el ambiente, . *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2013/05/27/eco-f.html>
27. Parra, B. G. (2008). *Eco-diseño: nueva herramienta para la sustentabilidad*. DR Editorial Designio.



28. Pilloton, E. (2009). *Design revolution: 100 products that are changing people's lives.* Thames & Hudson.
29. Robledo, C. (2014) Fieltro, un material que se impone, *El Clarín*, 12 de Febrero https://www.clarin.com/buena-vida/vida-eco/Fieltro-material-impone_0_ByTvOjkiwXx.html
30. Sneaker Factory, (2018). *Shoe Materials: EVA Midsoles*, <https://sneakerfactory.net/sneakers/2018/06/shoe-materials-eva-midsoles/>
31. Step2Sustainability. (2016). *Unit 2: Sustainable Materials and Components for Footwear*, <https://www.step2sustainability.eu/docs/Unit2.pdf> [12 de noviembre de 2018].
32. Thompson, R. (2007). *Manufacturing processes for design professionals.* London: Thames & Hudson.
33. Thompson, R. (2011). *Product and furniture design.* 1st ed. Thames and Hudson.
34. Thompson. R. (2013) *Sustainable Materials, Processes and Production (The Manufacturing Guides)* Thames & Hudson
35. Tseng, M. M., J. S. Hu and Y. Wang. (2013). *Mass Customization.* In: Laperrière L., Reinhart G. (Ed.) *CIRP Encyclopedia of Production Engineering.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, DOI: 10.1007/SpringerReference_367415
36. Verma, D., Gope, P.C. , Shandilya, A. et al (2012) *Coir Fibre Reinforcement and Application in Polymer Composites: A Review* In: *Journal of materials and environmental science.* https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol4/vol4_N2/33-JMES-363-2013-Verma.pdf
37. VFG (s.f.) *How felt is manufactured.* Alemania, http://www.vfg.de/fileadmin/VFG/Brosch%C3%BCren/How_Felt_is_manufactured.pdf
38. Walford, J. (s.f.). *History of Sandals.* *Fashion-history.lovetoknow.com.* <https://fashion-history.lovetoknow.com/fashion-accessories/history-sandals>
39. Yasukawa, O. and Page, T. (2017). *Why your flip flops are killing the oceans.* CNN. <https://edition.cnn.com/2017/04/12/africa/flip-flops-pollution-ocean-sole/index.html>



VI. PLANOS



| | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Graciela Meredith Gómez Figueroa | CIDI - UNAM | Fecha: 07/06/2019 | esc: 1:1 |
| Vistas generales Suela | | A2 | |
| Sandalia modular osso | | cotas: mm | 1/4 |

1

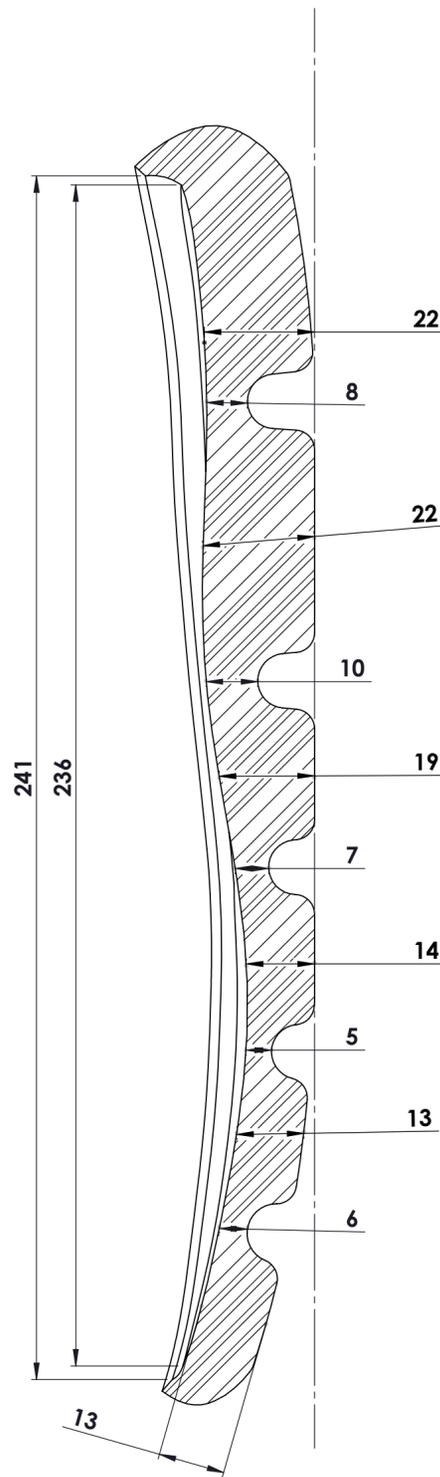
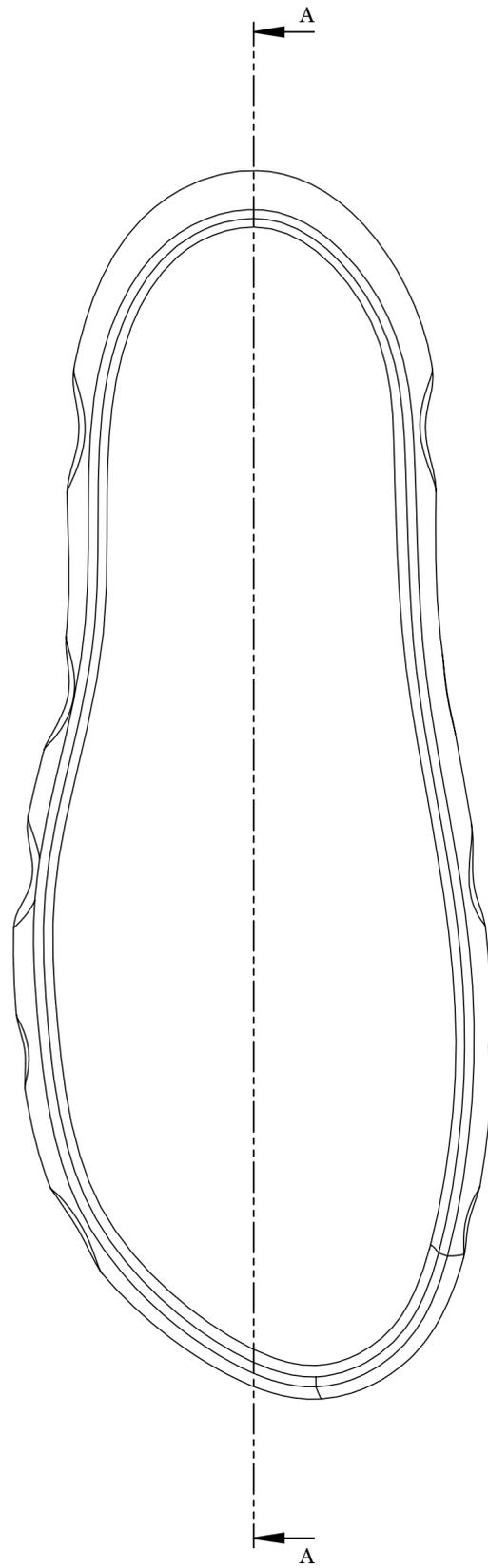
2

3

4

5

6



CORTE A-A

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Graciela Meredith Gómez Figueroa | CIDI - UNAM | Fecha: 07/06/2019 | esc: 1:1 |
| Corte A-A' Suela | | A2 | |
| Sandalia modular osso | | cotas: mm | 2/4 |

A

B

C

D

1

2

3

4

5

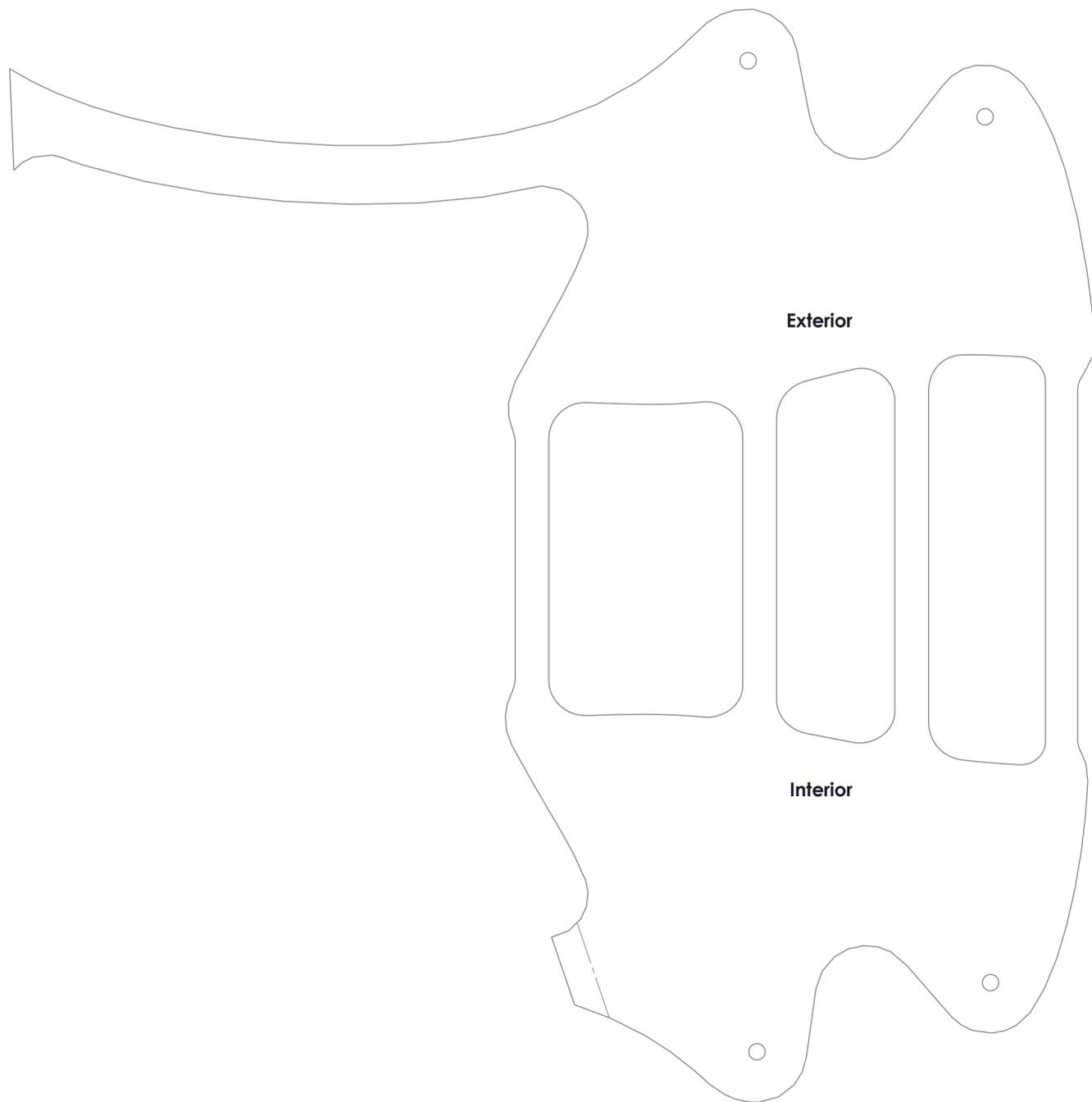
6

A

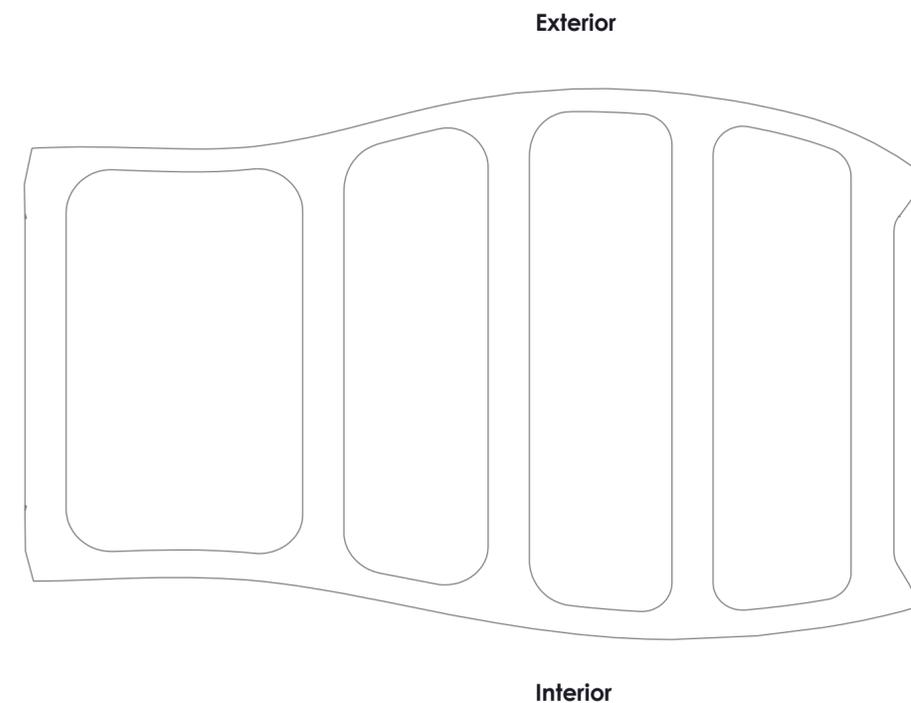
B

C

D



Corte Modelo 1. Red agujetas



Respaldo Modelo 1

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Graciela Meredith Gómez Figueroa | CIDI - UNAM | Fecha: 07/06/2019 | esc: 1:1 |
| Desarrollo plano Modelo 1 | | A2 | |
| Sandalia modular osso | | cotas: mm | 3/4 |

1

2

3

4

5

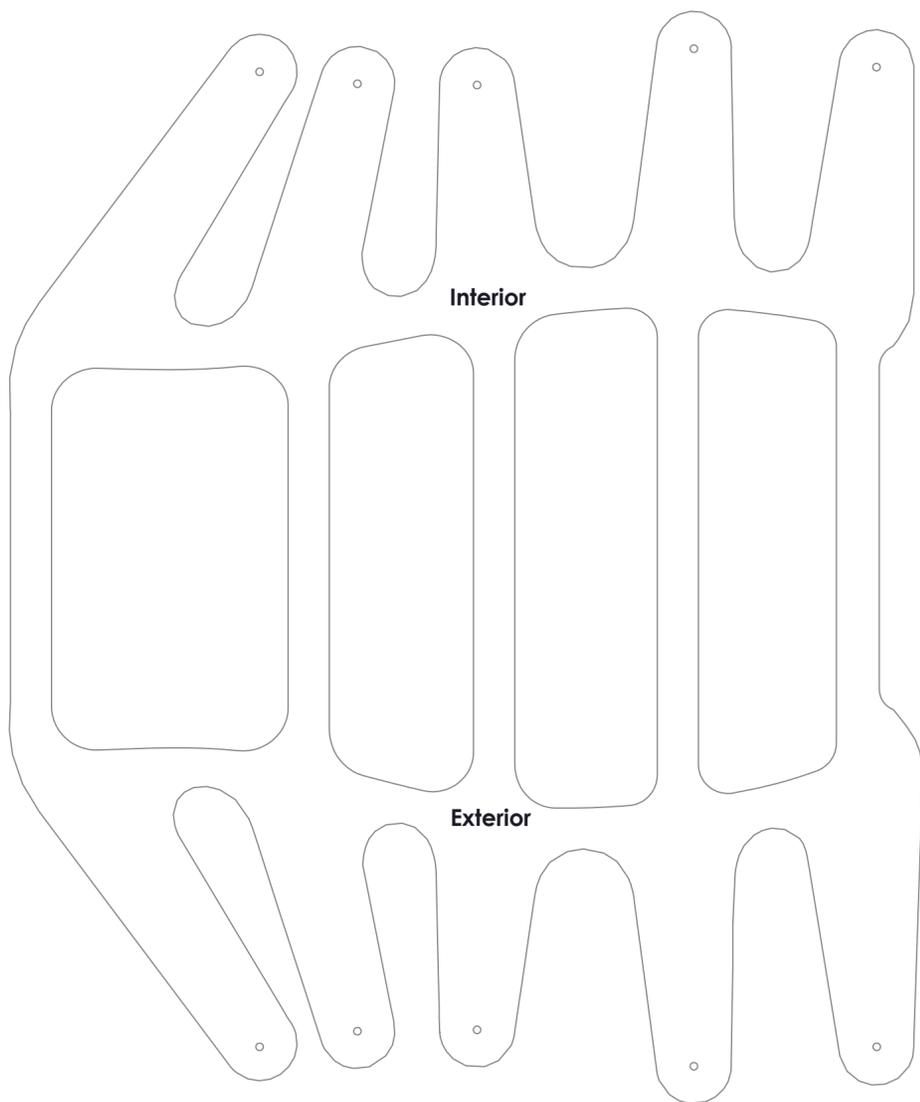
6

A

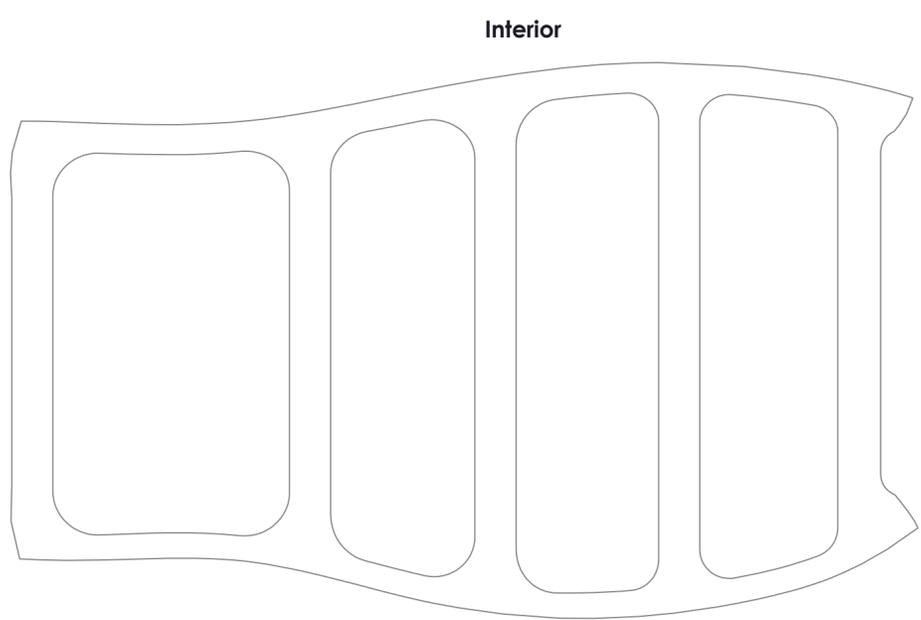
B

C

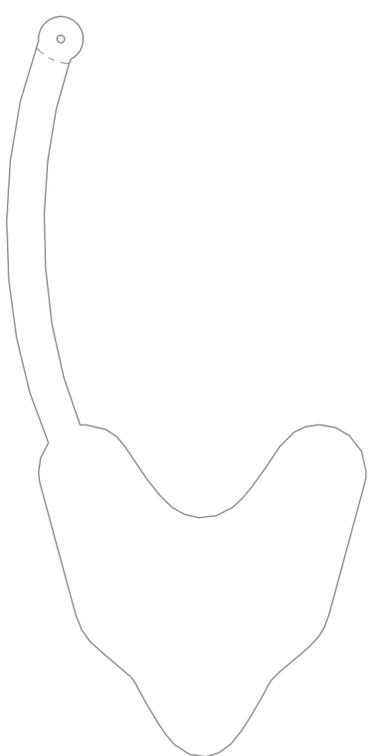
D



Corte Modelo 2. Red con broches



Respaldo Modelo 2



Corte Modelo 2. Lengüeta con latiguilo

| | | | |
|-------------------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| Graciela Meredith Gómez Figueroa | CIDI - UNAM | Fecha: 07/06/2019 | esc: 1:1 |
| Desarrollo plano Modelo 2 | | A2 | |
| Sandalia modular osso | | cotas: mm | 4/4 |



VII. ANEXO MATERIALES

6.1. CUERO

PROCESO DE CURTIDO

Según lo estipulado en la Unidad 2: “Sustainable Materials and Components for Footwear de Step2Sustainability (2016), el proceso de fabricación de cuero con frecuencia incluye tres fases: preparación del cuero para el curtido, proceso de curtido y proceso de acabado. Las diversas etapas del proceso se describen brevemente a continuación:

Remojo: Se restaura la humedad perdida durante la conservación y almacenamiento de los cueros.

Pelambre: Se utiliza para eliminar el pelo o la lana, la epidermis y las proteínas interfibrilares, para preparar la piel para eliminar la carne y la grasa, utilizando sulfuro de sodio y la cal hidratada se utilizan para destruir el material queratinoso de la epidermis y el cabello o la lana.

Descarnado: Es una operación mecánica que se utiliza para cortar la capa de carne, normalmente, con cuchillos de rotación rápida. En esta etapa, las pieles o cueros se pueden dividir en dos o más capas, es decir, una capa de grano y una o más capas de carne. El número de capas depende del grosor de la piel.

Desencalado: Es un tratamiento con ácido utilizado para neutralizar y eliminar los iones de

calcio de la piel. Se aplica para eliminar los componentes de la piel que no son colágeno, los productos de degradación de la queratina, las proteínas globulares, la elastina y los residuos de la estructura celular.

Piquelado: Es otra operación para preparar la piel o los cueros para el curtido. En esta operación y se ajusta la acidez y el pH de la piel.

Curtido: Es el proceso responsable de convertir el cuero con propiedades de resistencia adecuadas y resistencia a diversos agentes biológicos y físicos. Durante este proceso, el agente de curtido se introduce en la piel y es entrecruzado con colágeno. Hay varios tipos de procesos de curtido para convertir la piel o los cueros. Estos se pueden dividir en curtido mineral (con sales de cromo, aluminio, circonio, hierro o titanio) y curtido orgánico (con extractos vegetales, aldehídos o resinas). El más común mundialmente es el uso de cromo. Estos representan un problema de desechos significativo.

Neutralización: La neutralización aumenta el pH y las sustancias químicas se utilizan para reducir el rigor del cuero a los productos químicos aniónicos, tales como agentes de retención, colorantes y engrasantes.

6.2 CAUCHO

PROCESO DE EXTRACCIÓN

Retención, teñido y engrase: El objetivo es estabilizar mejor los materiales de cuero, aclarar el color del cuero y facilitar la penetración de los tintes, engrasadores y agentes de acabado. El teñido de cuero contribuye a dar al material el color deseado. Los engrasantes se agregan para conferir a las propiedades de suavidad y flexibilidad del cuero.

Secado: El cuero se lava y se seca antes de las etapas finales

Acabado: El proceso de acabado es responsable del aspecto final de los materiales de cuero. El proceso de acabado podría usarse para ocultar defectos, aumentar las propiedades de belleza del cuero y conferir efectos de moda. Durante esta etapa se podrían usar resinas, pigmentos, tinte.

El autor Alan Echt (s.f.) explica que el látex se obtiene de la incisión en espiral a la corteza del árbol del caucho, donde la frecuencia y el método pueden variar. Posteriormente, el látex se recoge en contenedores bajo dichas incisiones y luego se transporta a las estaciones de procesamiento. Los métodos de producción son distintos. El método más común consiste en añadir al caucho un agente disgregante antes de su coagulación. Posteriormente pasa a una trituración con cilindros de crepado. “ Las planchas estriadas ahumadas se obtienen pasando el látex coagulado a través de una serie de cilindros, de los que salen láminas finas que se estampan con un patrón estriado para aumentar la superficie del material y mejorar su secado. Las planchas se tratan en un ahumador a 60°C durante una semana y a continuación se clasifican visualmente y se acondicionan en pacas” dice Echt. Después de esto se le podrán agregar aceleradores, activadores, antioxidantes, materiales de relleno, agentes plastificantes o vulcanizantes, dependiendo de las propiedades que se deseen obtener. (Alan Echt, s.f.)

De acuerdo con el manual de Step2 Sustainability (2016), para vulcanizar el caucho, cada polímero tiene su propia combinación de propiedades y el polímero se elige de acuerdo con el uso final. Los dos principales polímeros utilizados son el caucho natural (poliisopreno) y los cauchos de



estireno-butadieno (SBR). Aunque también hay caucho sintético de poliestireno, polibutadieno, nitrilo y policloropreno (neopreno). La mayor parte del caucho utilizado en el calzado es vulcanizado.

Durante la vulcanización, las macromoléculas se reticulan mediante enlaces transversales (con mayor frecuencia a través de las moléculas de azufre). El proceso de vulcanización puede verse afectado por la temperatura, la presión y el tiempo de aplicación de la temperatura y la presión. Los compuestos utilizados para la fabricación de suelas de caucho vulcanizado resultan de la mezcla de varias materias primas. Los más importantes son:

- Polímeros (cauchos): caucho natural (NR), caucho sintético (caucho de estireno-butadieno (SBR), polibutadieno (BR), caucho de nitrilo (NBR) y poliisopreno (IR);
- Rellenos de refuerzo: sílice y carbón.
- Plastificantes - Aceites minerales y sintéticos.
- Azufre.
- Agentes protectores.

Para producir suelas, el compuesto se pone en un molde y se le aplica calor (150-170°C).

Durante el tiempo de conformación (6-12 minutos) se produce una sustancia química (vulcanización). Los principales parámetros en el proceso son la temperatura y el tiempo de vulcanización. El proceso es:

1. Peso de los materiales en bruto
2. Mezcla de los materiales
3. Corte de preformas
4. Moldeo y vulcanización
5. Desbarbado
6. Acabado

6.3 FIELTRO

PROCESO DE FABRICACIÓN

A medida que la lana se entrega en pacas prensadas, esta debe aflojarse mientras se aplican algunos materiales específicos requeridos para ciertas aplicaciones. Dicen también se debe agregar un agente de engrase para hacer que las fibras sean flexibles. Estos procesos se describen con el término “willowing”. (VFG, s.f.)

Posteriormente, sigue el cardado, un proceso bastante sensible en el que las pacas se dividen en fibras individuales, se mezclan, se limpian y se convierten en una pila uniforme y porosa. Esto se produce en capas de varios grosores para producir una lámina cardada más delgada o más gruesa. El fieltro se calienta y se humedece, y luego se frota y se presiona. Las fibras no tienen más remedio que abrirse, de modo que se enganchan unas con otras, formando un tapete para producir el fieltro. Sin embargo, en este estado todavía carece de cuerpo, siendo algo demasiado blando y dependiendo de cada aplicación, se requiere una cantidad particular de densidad. (VFG, s.f.)

En el proceso de fulling se martilla, se estira y se comprime para que sea adecuado para su uso posterior, con el grado de dureza requerido. Inmediatamente después de lavarlo, para eliminar el agente de relleno y las impurezas presentes y una vez que el fieltro está absolutamente limpio, se puede teñir.

6.4 EVA

PROCESO DE FABRICACIÓN

De acuerdo con los artículos publicados por Sneaker Factory (2018), el EVA se produce por copolimerización. El porcentaje en peso de acetato de vinilo varía generalmente de 10% a 40%, y el resto es plástico de etileno. La cantidad de acetato de vinilo afecta las características del material, ya que mientras tenga mayor cantidad de Acetato de vinilo, el EVA tendrá mejor calidad. El EVA es un plástico suave, hecho por un proceso de espumación, que se logra al agregar a la mezcla un agente que introduce burbujas de aire en el plástico. Este agente es la azodicarbonamida y ocurre puesto que cuando se calienta, la azodicarbonamida sólida se descompone en un gas. Cuando queda atrapado dentro de un compuesto de EVA de plástico semi-líquido, el gas se expande para crear pequeñas burbujas.

Para procesar el EVA se puede lograr de dos formas: La primera es utilizar una prensa de expansión donde el compuesto de EVA se mezcla en una consistencia similar a la masilla y luego se enrolla en hojas planas. Estas láminas se colocan en moldes cuadrados, se apilan en una prensa y luego se calientan bajo presión. A medida que el EVA se calienta, se expande gradualmente para llenar el molde. (Sneaker Factory, 2018)

Sneaker Factory explica que la forma más moderna de expandir EVA es utilizando una má-

6.5 PU

PROCESO DE FABRICACIÓN

quina de inyección. En lugar de hacer un bloque grande, este proceso crea hojas individuales, donde el material se calienta en el interior y luego se empuja bajo presión en un molde. Este molde es aproximadamente el 50% del tamaño de la pieza terminada. El molde se enfría lo suficiente para que la espuma de EVA se solidifique. El molde se abre y con la presión liberada, las partes de EVA se expanden. Este proceso es muy eficiente con poco desperdicio.

También explican que otra forma de expandir EVA es mediante la expansión de pellets. Se carga en un molde el compuesto de EVA en bruto en forma de pellets secos con azodicarbonamida. Al igual que el proceso de moldeo por inyección, este molde también es aproximadamente el 50% del tamaño final. El molde se monta en una prensa de alta velocidad, se cierra y los gránulos se expanden dentro de la cavidad. La pieza de EVA debe ser recalentada para hacer la forma exacta posteriormente. Además, existen métodos de procesamiento en frío, entre los cuales está el troquelado y el resado de láminas previamente moldeadas.

Según el proyecto Step2sustainability (2016), describen los productos de Poliuretano como suaves con un alto nivel de confort y aislamiento térmico, además de ser más livianos que la mayoría de los plásticos. El Poliuretano es diferente en comparación con otros plásticos porque la flexibilidad se logra mediante la saturación de gas en lugar de los plastificantes. Una suela de PU se fabrica dosificando los ingredientes químicos necesarios en forma líquida en una cámara de mezcla, mezclándolos y transfiriendo la mezcla a un molde. Mientras aún están en el molde, los líquidos reaccionan y se catalizan.

Por otro lado, se encuentra también el poliuretano termoplástico (TPU) descrito por los mismos autores (Step2sustainability, 2016) como un plástico que tiene como ventaja el uso de tecnología de no desperdicio (inyección). Este polímero versátil es suave y procesable cuando se calienta, duro cuando se enfría y puede ser reprocesado varias veces sin perder la integridad estructural. También es utilizado como un reemplazo para el caucho duro, puesto que el TPU ofrece alta resistencia a la tracción, elasticidad y en diversos grados, su capacidad para resistir aceites, grasas, disolventes, productos químicos y abrasión.

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional del Emprendedor (s.f.), el proceso productivo para la espuma de poliuretano consiste en hacer pasar a través de un cabezal la mezcla que contiene polioli e isocianato a alta presión hacia el vertedero. “Este mezclado se inyecta en un vertedero continuo y la espumación se realiza a lo largo del recorrido dentro del vertedero.”

Se inyecta a un molde que tiene un respiradero para permitir sacar el gas que la reacción química de estas sustancias genera. Las condiciones ambientales como la humedad y la temperatura condicionan las propiedades químicas y físicas del material, mientras sean más altos, más rápido se cura el material. El tiempo aproximado desde que se genera un líquido cremoso hasta que se empieza a generar y crecer la espuma es de 10 a 20 segundos.

“La reacción del poliuretano es muy exotérmica (transformación que desprende calor) y la espuma muestra un significativo aumento en el período siguiente a la reacción. Este incremento aunado al carácter aislante de las espumas ayuda a curarlo por completo y a desarrollar sus propiedades finales, el curado se realiza por reposo sin agentes externos.” describe el Instituto Nacional del Emprendedor

El tiempo que toma para curar completamente para desmoldarse es de 30 minutos, aunque pueden utilizarse calentadores para acelerar este proceso. Posteriormente se recorta el bloque para lograr la forma final y los desperdicios suelen usarse como subproducto.

