

# DISEÑO DE UNA ZAPATILLA. IMPRESIÓN 3D Y PERSONALIZACIÓN DE LA ENTRESUELA

Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

---

*Autor: David Candel Romero  
Tutor: Vicente Chulvi Ramos  
Fecha: febrero 2018*







---

# 0. ÍNDICE GENERAL

---



# 0. ÍNDICE GENERAL

## 1. Memoria

1. Objeto .....	11
2. Alcance .....	11
3. Antecedentes .....	12
4. Normas y referencias .....	17
5. Definiciones y abreviaturas .....	23
6. Requisitos de diseño .....	24
7. Análisis de soluciones .....	36
8. Resultados finales .....	52

## 2. Anexos

1. Estudio de mercado.....	67
2. Búsqueda de información .....	69
3. Encuestas.....	84
4. Diseño de detalle.....	94
5. Materiales y componentes empleados.....	120

## 3. Planos..... 127

## 4. Pliego de condiciones

1. Materiales y elementos comerciales .....	155
2. Pruebas y ensayos .....	160
3. Condiciones del producto .....	162
4. Normativa .....	167

## 5. Estado de mediciones y presupuestos

1. Estado de mediciones .....	179
2. Presupuestos.....	182

---

# 1. MEMORIA

---



# ÍNDICE

1. Objeto .....	11
2. Alcance .....	11
3. Antecedentes .....	12
3.1. Antecedentes de materiales .....	12
3.2. Antecedentes de precios y productos.....	14
3.3. Valor añadido respecto a los productos actuales .....	16
4. Normas y referencias .....	17
4.1. Normas.....	17
4.1.1. Normas de documentación .....	17
4.1.2. Normas referentes al calzado .....	18
4.1.3. Normas referentes al Material del calzado.....	18
4.2. Bibliografía principal .....	19
4.2.1. Documentación de la carrera .....	19
4.2.2. Libros de texto.....	19
4.2.3. Productos existentes en el mercado .....	19
4.2.4. Normativa.....	19
4.2.5. Materiales .....	20
4.2.6. Elementos comerciales .....	20
4.2.7. Otros .....	20
4.3. Programas de cálculo.....	21
4.4. Aseguramiento de la calidad .....	22
5. Definiciones y abreviaturas .....	23
6. Requisitos de diseño.....	24
6.1. Definición de objetivos.....	24
6.1.1. Estudio de las Expectativas y razones del promotor.....	24
6.1.2. Estudios de las circunstancias que rodean al diseño.....	24
6.1.3. Estudio de los recursos disponibles .....	25
6.2. Establecimiento de los objetivos esenciales y deseos .....	25
6.2.1. Diseñador-promotor .....	25
6.2.2. Fabricación .....	26
6.2.3. Usuarios.....	26
6.2.4. Distribuidores y transportistas.....	26
6.3. Análisis de los objetivos .....	27
6.4. Establecimiento de especificaciones y restricciones del problema .....	32
6.4.1. Obtención de un conjunto de objetivos .....	32
6.4.2. Transformar los objetivos en especificaciones de diseño .....	32
6.4.3. variables que definen cada objetivo y tipo de escala utilizada para su definición. ....	34
6.5. Encuesta .....	36
7. Análisis de soluciones.....	36
7.1. Primeras ideas .....	36

7.1.1.	Selección de Suela: .....	37
7.1.2.	Selección de tipo de entresuela según su drop: .....	38
7.1.3.	Selección de Upper.....	40
7.1.4.	Selección de Forma de unión Upper-Entresuela .....	42
7.2.	Evaluación de soluciones .....	43
7.2.1.	Método cualitativo .....	44
7.2.2.	Método cuantitativo .....	47
7.3.	Selección del diseño.....	51
8.	Resultados finales.....	52
8.1.	Producto final y configuración .....	52
8.1.1.	Forma.....	52
8.1.2.	Entresuela .....	53
8.1.3.	Zona de menor densidad .....	55
8.1.4.	Grosor de la entresuela.....	55
8.1.5.	Otros .....	56
8.2.	Procesos de fabricación .....	56
8.3.	Descripción del montaje .....	59
8.4.	Nombre comercial y logotipo .....	60
8.5.	Viabilidad económica.....	60

# 1. OBJETO

El objeto de este proyecto final es el diseño completo de una zapatilla deportiva, cuya entresuela será impresa en 3D mediante la tecnología FFF (Fabricación por Filamento Fundido), y su forma y composición estarán adaptadas a la geometría del pie del usuario y a los hábitos del mismo. Además, el coste final será asequible para un público con un poder adquisitivo medio.

Mediante la impresión 3D, se logrará una adaptación a diferentes niveles. Habrá una ergonómica, que además no solo atenderá a las necesidades morfológicas del pie, sino que también tendrá en cuenta el peso del usuario y el tipo de pisada de éste. Del mismo modo, se adaptará a las necesidades prácticas de él, es decir, la cantidad de trabajo que va a soportar, el tipo de uso, el terreno sobre el que van a actuar, etc.

Lo que se desea obtener es un nuevo concepto de zapatilla, totalmente individualizada y aprovechando esta tecnología, que se ahorra al objeto perfectamente debido a la rapidez desde que se obtiene un modelo 3D hasta que se logra el modelo físico, así como el bajo coste de los consumibles utilizados y la facilidad para personalizar múltiples parámetros del objeto a imprimir mediante un software adaptado con el que es posible personalizar características como el tipo de patrón de relleno o el porcentaje de material del mismo.

La idea surge como respuesta a la necesidad de los usuarios de zapatillas deportivas que precisan, en múltiples ocasiones, adaptar estos productos mediante plantillas. Para ello, deben realizar en primer lugar un gasto en la adquisición de una zapatilla estandarizada, y posteriormente un segundo gasto para el ajuste y adecuación de dicho producto mediante la compra de una plantilla, e incluso pueden precisar la adquisición de nuevas zapatillas que resulten más cómodas o menos lesivas. Si se elimina esta estandarización de un producto, con una necesidad ergonómica tan importante, se logrará la consumación del mismo objetivo de una forma óptima; ya que se estará suprimiendo el paso de acondicionamiento de un objeto impersonal.

# 2. ALCANCE

Es necesario realizar un diseño de producto respetando todas las fases del mismo. El alcance del proyecto incluye:

- Búsqueda de información para conocer los productos existentes similares y todos los conceptos, materiales y tecnologías de fabricación que puedan resultar de utilidad.
- Realización de una encuesta que aporta información necesaria para la enunciación de objetivos y restricciones y el diseño conceptual de la solución.

- Enunciar objetivos, especificaciones y restricciones del producto que servirán de base para la elaboración de las diferentes propuestas de diseño.
- Elaboración de diferentes propuestas de diseño para diferentes partes del objeto.
- Selección de la propuesta más adecuada con la ayuda de metodologías necesarias.
- Diseño de detalle y desarrollo de la propuesta seleccionada, teniendo en cuenta toda la información que se ha recopilado.
- Realización de un estudio de la viabilidad económica de la producción del producto.

### **3. ANTECEDENTES**

El uso de la impresión 3D en la fabricación de calzado todavía no tiene un uso demasiado extendido. No obstante, la intención de las marcas es ir introduciendo esta tecnología en sus productos. En la fase inicial de diseño es necesario realizar un estudio de mercado, así como de los materiales y soluciones que se están utilizando actualmente en la fabricación de calzado.

#### **3.1. ANTECEDENTES DE MATERIALES**

Antes de pasar a fases más avanzadas del diseño en las que se seleccionará la solución más adecuada es necesario investigar los materiales que se están empleando actualmente para la realización, tanto de calzado en general, como de zapatillas deportivas en particular, para saber cuál puede ser la solución más recomendable.

Lo materiales más utilizados para el “upper” de zapatos y zapatillas son:

- Cuero
  - Anilina de grano llo
  - Grano llo pigmentado
  - Grano corregido y pigmentado
  - “No Buck”
  - “Crazy horse”
  - “Suede”
  - “Suede presionado”
  - Cuero forrado



Imagen 1. No buck



Imagen 2. Crazy horse

- Materiales sintéticos

- PVC
- Poliuretano
- Nylon
- Licra
- Polipropileno
- Poliéster



Imagen 3. PVC



Imagen 4. Poliuretano

- Textiles

- Lana
- Algodón



Imagen 5. Algodón

### 3.2. ANTECEDENTES DE PRECIOS Y PRODUCTOS

Es necesario conocer hasta qué punto ha llegado la impresión 3D en producción de calzado, saber si ha sido introducida de algún modo en la fabricación de zapatillas y hasta dónde ha abarcado; para comprobar si la idea que se tiene de proyecto es original o ya se ha realizado antes.

#### **New Balance**

Han anunciado el lanzamiento de 44 pares de zapatillas con la entresuela impresa en 3D mediante la tecnología Sinterización Selectiva por Laser (SLS), a través de las impresoras de 3D Systems. El material utilizado es DuraForm® Flex TPU. La razón por la que están empezando a imprimir en 3D es para evitar la fabricación de los moldes de inyección con los que realizan normalmente esta pieza, además de aprovechar la posibilidad de experimentar con diferentes conceptos rápidamente sin tener que crear un molde para cada uno de ellos.

El precio de venta al público será de 400 dólares.



Imagen 6. New Balance

#### **Under Armour Architect**

Lanzarán 96 pares de este modelo. La tecnología utilizada para obtener la entresuela también es SLS, y al igual que New Balance, tendrán un único diseño genérico para esta corta serie de producción. Ha sido diseñada mediante el software Autodesk Within, en el laboratorio de innovación de Under Armour.

Su precio de venta será de 300 dólares.



Imagen 7. Under Armour Architect

### Feetz

Utilizan una aplicación propia para la realización de fotos del pie a partir de las cuales tomarán las medidas generales para la impresión del Upper de la zapatilla. La parte de la entresuela y la suela de la zapatilla no se adaptan al pie, aunque también están impresas en 3D por impresoras 3D de tecnología FDM.

Su precio de venta depende del modelo. La Zapatilla "The Axis" tiene un precio de 165 dólares, mientras que el modelo tiene un PVP de 145 \$.



Imagen 8. Feetz

## Shoetopia

Es un proyecto similar a Feetz, pero que todavía no está lanzado, sino que se encuentra en una fase previa. Se desea, a través de una aplicación, desarrollar una zapatilla cuya parte de arriba esté adaptada al pie. En este caso se realizará mediante la impresión de unas piezas de ajuste que se adaptan más o menos a una tela predefinida. Al igual que en el caso anterior, no adaptan la zapatilla a la planta del pie del usuario.

Todavía no hay un PVP fijado para esta zapatilla.



Imagen 9. Shoetopia

### 3.3. VALOR AÑADIDO RESPECTO A LOS PRODUCTOS ACTUALES

Tras realizar una investigación de mercado se ha podido comprobar que muchas de las marcas más importantes como Nike o Adidas están muy interesadas en implantar la impresión 3D en sus zapatillas de una manera rentable y que probablemente lo harán en un corto-medio plazo de tiempo.

Otras marcas como Under Armour y New Balance ya están trabajando con impresión 3D, aunque no han aprovechado la mayor ventaja de esta tecnología, la capacidad de crear objetos únicos y personales; por lo que parece que de momento se queda en la experimentación y en aumentar su valor como marca.

Hay un tercer grupo de empresas o marcas formado por aquellas que están apostando verdaderamente por la impresión 3D, como es el caso de Feetz o Shoetopia, ya que están relacionando la impresión 3D con la posibilidad de crear zapatillas únicas a partir de fotos y de una app móvil.

Lo que se desea con el producto que se va a diseñar es llevar mucho más allá esta personalización, ya que el objetivo es obtener una zapatilla totalmente personalizada, y para ello se sustentará en tres ideas principales:

- En primer lugar, la personalización no solo se va a quedar en la parte de arriba de la zapatilla como los modelos de Feetz o Shoetopia, sino que la entresuela va a estar totalmente adaptada a la forma de la planta del pie.
- En segundo lugar, la adaptación morfológica va a ser prácticamente perfecta, ya que, para captar la geometría del pie, se va a utilizar un escáner de luz estructurada con una precisión de 0.05 mm y una resolución de 0.16 mm.
- Finalmente, la adaptación de la zapatilla y más concretamente de la entresuela, no va a ser únicamente morfológica, sino que va a adaptarse también a los hábitos deportivos del usuario y a su condición física.

## **4. NORMAS Y REFERENCIAS**

Las normas que hay a continuación son las consideradas más importantes e influyentes para el desarrollo del proyecto. El resto de las mismas se pueden consultar en el pliego de condiciones.

### **4.1. NORMAS**

#### **4.1.1. NORMAS DE DOCUMENTACIÓN**

- UNE 157001. Criterios generales para elaboración de proyectos.
- UNE 1039: 1994. Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
- UNE EN ISO 9001: 2008. Sistemas de Gestión de la Calidad.
- UNE 1026:1950. Criterios generales para la elaboración de planos técnicos.
- UNE 1032:1982. Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 1135:1989. Dibujos técnicos. Lista de elementos.
- UNE 1035:1983. Dibujos técnicos. Cuadros de rotulación.
- UNE 1120:1996. Dibujos técnicos. Tolerancia de cotas lineales y angulares.
- UNE 1027:1995. Dibujos técnicos. Plegado de planos.

#### 4.1.2. NORMAS REFERENTES AL CALZADO

- BS 1000[685]: 1972. Clasificación.
- BS 5131:1991. Métodos de test para calzado y materiales.
- ISO 10335:1990. Calzado de caucho y plástico. Nomenclatura.
- BS 5943:1980. Dimensionado de calzado ortopédico.
- DIN 66074:1975. Dimensiones de la horma.
- NF G60,004: Parte trasera de la horma para calzado urbano masculino.
- ASTM F539-01: 2017. Standard practice for fitting of Athletic footwear

#### 4.1.3. NORMAS REFERENTES AL MATERIAL DEL CALZADO

- UNE 59611:1994. Materiales para calzado. Cordones. Determinación de la resistencia a la tracción.
- UNE 59521:1997. Materiales para calzado. Contrafuertes. Determinación de la resistencia a la deformación y capacidad de recuperación.
- UNE 59231:2017. Calzado. Determinación de la resistencia al roce con caucho, del cuero y materiales sintéticos para empeine de calzado.
- UNE-EN 12749:2000. Calzado. Condiciones de envejecimiento.

## 4.2. BIBLIOGRAFÍA PRINCIPAL

### 4.2.1. DOCUMENTACIÓN DE LA CARRERA

- Materiales I. DI1010
- Materiales II. DI1015
- Ergonomía. DI1023
- Diseño conceptual. DI1014
- Metodología de diseño. DI1022
- Mecánica y resistencia de materiales. DI1013
- Sistemas mecánicos. DI1029
- Procesos y tecnologías I. DI1020
- Procesos y tecnologías II. DI1021
- Diseño gráfico. DI1027
- Marketing. DI1026

### 4.2.2. LIBROS DE TEXTO

- Guía de recomendaciones para el diseño de calzado.
- How shoes are made.

### 4.2.3. PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO

- <http://www.runnersworld.com/running-shoes/new-balance-wins-race-for-3d-printed-running-shoe>
- <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2016/04/12/006017/zapatillas-impresas-3d-new-balance>
- <http://www.idea3dingeneria.com/under-armour-irrumpe-en-la-carrera-por-la-impresion-de-calzado-en-3d-con-los-deportivos-ua-architech-2/>
- <http://www.eleconomista.es/blogs/running-de-ciudad/2016/03/11/zapatillas-impresas-en-3d/>
- <http://www.gizmag.com/under-armour-3d-printed-shoes/42193/>
- <https://www.feetz.com>
- <https://www.designboom.com/technology/shoetopia-project-04-21-2017/>
- <https://www.digitaltrends.com/outdoors/shoetopia-3d-printed-shoe/>
- <https://materia.nl/article/shoetopia-3d-printed-biodegradable-shoes/>

### 4.2.4. NORMATIVA

- <http://www.aenor.es>

#### 4.2.5. MATERIALES

- <https://plastics.ulprospector.com/es/generics/54/c/t/poliuretano-termoplastico-tpu-properties-processing/sp/10>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano\\_termopl%C3%A1stico](https://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3%A1stico)
- [http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide\\_tpu.pdf](http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide_tpu.pdf)
- <http://www.runners.es/nutricion-salud/lesiones/articulo/plantillas-para-todos/1>
- <https://plastics.ulprospector.com/es/generics/54/c/t/poliuretano-termoplastico-tpu-properties-processing/sp/10>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano\\_termopl%C3%A1stico](https://es.wikipedia.org/wiki/Poliuretano_termopl%C3%A1stico)
- [http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide\\_tpu.pdf](http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide_tpu.pdf)
- <https://www.albitashop.com/impresoras-3d/consumibles-para-impresoras-3d/filamento-nylon-pa/bobina-filamento-nylon-pa-para-impresora-3d-1-75-mm-negro-1-kg-330-m.html>

#### 4.2.6. ELEMENTOS COMERCIALES

- <http://e-commerce.colido.es/flexible/12-filamento-flex-6955530950384.html>
- <https://www.telasactivas.es/coolmax-mesh-malla-ligera-negro.html>
- <https://www.telasactivas.es/cordura/cordura-protect-tela-extremadamente-robusta-negro.html>
- <https://kingandclown.com/producto/cordones-zapatillas-sport-negro-planos/>
- <https://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/piel-y-calzado/aparado/>
- <https://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/piel-y-calzado/fabricacion-de-pisos-o-suelas/>
- <https://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/piel-y-calzado/montado/>
- <https://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/piel-y-calzado/pegado-corte-piso/>
- <https://www.adhesivoskefren.com/aplicaciones/piel-y-calzado/productos-auxiliares-para-los-procesos-de-pegado-en-industria-del-calzado/>

#### 4.2.7. OTROS

- <http://dle.rae.es/?id=cMqELil#Ew5OGYx>
- [http://www.trailrunningreview.com/es/Partes\\_de\\_una\\_zapatilla\\_de\\_trailrunning/a/21.html](http://www.trailrunningreview.com/es/Partes_de_una_zapatilla_de_trailrunning/a/21.html)
- <http://baztrailcierzo.blogspot.com.es/2012/01/partes-de-la-zapatilla.html>
- <http://www.soydeporte.es/partes-de-una-zapatilla/>
- <http://www.runnics.com/blog/partes-zapatilla-para-correr>
- <http://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/material-deportivo/claves-para-comprar-unas-zapatillas-de-running-13829>
- <https://www.additively.com/en/learn-about/photopolymer-jetting>

- <https://www.additively.com/en/learn-about/binder-jetting#read-more>
- <https://www.additively.com/en/learn-about/stereolithography>
- <https://www.additively.com/en/learn-about/laser-sintering>
- <http://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes-esperar-de-ellas>
- [http://www.tendencias21.net/La-Fabricacion-Aditiva-conduce-a-una-nueva-revolucion-industrial\\_a8558.html](http://www.tendencias21.net/La-Fabricacion-Aditiva-conduce-a-una-nueva-revolucion-industrial_a8558.html)
- <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/138289-Fabricacion-aditiva-Que-es-cada-tecnologia.html>
- <http://explainingthefuture.com/3dprinting.html>
- <http://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>
- <http://explainingthefuture.com/3dprinting.html>
- <https://www.additively.com/en/learn-about/photopolymer-jetting>
- <http://www.runnea.com/articulos/entrenamiento-running/2015/01/drop-zapatilla-definicion-tipos-funciones-1543/>
- <http://www.runnics.com/blog/consejos/drop-zapatillas-running/>
- <http://blognrmadridmaraton.com/que-es-el-drop-de-una-zapatilla/>
- <http://www.labolsadelcorredor.com/efecto-drop-de-la-zapatilla-sobre-el-pie/>
- <http://www.runnea.com/articulos/entrenamiento-running/2015/01/drop-zapatilla-definicion-tipos-funciones-1543/>
- <http://www.runnics.com/blog/consejos/drop-zapatillas-running/>
- <http://blognrmadridmaraton.com/que-es-el-drop-de-una-zapatilla/>
- <http://www.labolsadelcorredor.com/efecto-drop-de-la-zapatilla-sobre-el-pie/>

### **4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO**

Los programas utilizados para la realización del proyecto son:

- Solidthinking Evolve.
- Microsoft Word.
- Einscan-Pro Software
- Repetier
- Slic3r
- 3D Builder
- Meshmixer
- Adobe Photoshop

#### **4.4. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD**

Para asegurar la calidad del proyecto y su adecuado desarrollo se han llevado a cabo las siguientes medidas:

- Utilización de una nube en la que al finalizar la jornada de trabajo se subía el archivo realizado en forma de Zip con todos los documentos involucrados, sobrescribiendo el archivo subido en la sesión anterior.
- Utilización de libros de texto para extraer la información vital para desarrollar el proyecto y uso de contenido obtenido de internet para ampliar dicha información o para el desarrollo de apartados específicos.
- Revisión periódica de los documentos.
- Envío periódico de la documentación al tutor, así como la modificación de todo lo recomendado por él.
- Seguimiento de la planificación creada para el desarrollo del proyecto de la forma más precisa posible.
- Seguimiento de la norma UNE 157001: criterios generales para la realización formal de los documentos que forman un proyecto técnico; con el fin de desarrollar el proyecto de forma correcta.
- Consulta a otros profesores sobre dudas específicas del Software.
- Revisión por parte de terceras personas de los documentos escritos para minimizar erratas.

## 5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- AENOR: Asociación Española de Normalización
- UNE: Una Norma Española
- ISO: Normativa internacional
- EN: Norma Europea
- ASTM: Organización de Normas Internacionales
- NF: Norma Francesa
- BS: British Standards (Norma francesa)
- IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido
- PVP: Precio de Venta al Público
- VAN: Valor Actual Neto
- TIR: Tasa Interna de Retorno
- PRI: Periodo de Recuperación de la Inversión.
- min: Minuto
- h: Hora
- kg: Kilogramo
- Pa: Pascal
- €: Euro
- Eur: Euro
- \$: Dolar
- mm: Milímetro
- cm: Centímetro
- m: Metro
- km: Kilómetro
- mm<sup>2</sup>: Milímetro cuadrado
- cm<sup>2</sup>: Centímetro cuadrado
- m<sup>2</sup>: Metro cuadrado
- W: Vatio
- $\Sigma$ : Sumatorio
- $\varnothing$ : Diámetro.
- dtex: Decitex
- FFF: Fused Deposition Modeling (Modelado por Deposición Fundida)
- FDM: Fused Filament Fabrication (Fabricación con Filamento Fundido)
- SLS: Selective Laser Sintering (Sinterizado Selectivo por Láser)
- SLA: Esteriolitografía
- DLP: Digital Light Processing (Procesamiento Digital de Luz)
- TPU: Poliuretano Termoplástico.
- PLA: Ácido Poliáctico.
- PVC: Policloruro de Vinilo.
- ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

## 6. REQUISITOS DE DISEÑO

### 6.1. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

En primera instancia, se necesita conocer el nivel de generalidad en el que se va a mover el producto. Aunque se vaya a aportar un elemento fabricado de una forma totalmente diferente a lo existente, el nivel de generalidad es medio, ya que se va a diseñar un nuevo modelo de zapatilla.

#### 6.1.1. ESTUDIO DE LAS EXPECTATIVAS Y RAZONES DEL PROMOTOR

En este caso, promotor y diseñador son la misma persona, y el principal propósito de éste es introducirse en el mercado del calzado deportivo con un producto completamente distinto, único e individualizado; y al mismo tiempo lograrlo con un PVP competitivo y menor al de otras zapatillas que cuentan con componentes impresos en 3D, aun sin estar éstos adaptados al usuario.

#### 6.1.2. ESTUDIOS DE LAS CIRCUNSTANCIAS QUE RODEAN AL DISEÑO

El diseño de las zapatillas se desarrolla con motivo de la realización del Trabajo Final de Grado, como justificante de que el estudiante ha adquirido, durante los cuatro años en los que ha cursado el Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, los conocimientos necesarios para desarrollar un proyecto de esta índole.

Cuando el TFG esté finalizado se presentará ante un tribunal de tres profesores de la Universidad Jaume I especializados en Diseño Industrial y Desarrollo del producto.

Otras circunstancias a tener en cuenta en la realización del proyecto son las siguientes:

- Climatológicas: hay que tener en cuenta que las zapatillas trabajarán en condiciones muy dispares, con lluvia, en seco, a altas o bajas temperaturas, etc.
- Fisiológicas: también hay que contar con la reacción del pie del usuario al esfuerzo físico, al frío y al calor, permitiendo que éste pueda respirar, protegerlo de las inclemencias externas, de posibles impactos, etc.
- Medioambientales: se debe estudiar cómo reducir la contaminación del producto al mínimo, desde una correcta selección de materiales hasta los procesos de fabricación elegidos; de forma que, durante todo el ciclo de vida del producto, el impacto sea el menor posible.

- Sociales: se debe estudiar al público objetivo que puede utilizar este producto y pagar un PVP algo más alto que el de una zapatilla deportiva media.

### 6.1.3. ESTUDIO DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

- Instalaciones de la Universidad Jaume I (Biblioteca, aulas...).
- Conocimientos adquiridos durante la estancia en el Grado.
- Conocimientos adquiridos durante la estancia de prácticas, tanto curriculares como extracurriculares.
- Conocimientos adquiridos en el puesto de trabajo actual.
- Apoyo del tutor del TFG.
- Apoyo de personal especializado en impresión 3D.
- Apoyo de personas del ámbito personal con experiencia relacionada con el proyecto.
- Documentos adquiridos durante la realización del grado.
- Acceso a otros TFGs.
- Acceso a Bibliotecas públicas.
- Acceso a Internet.
- Acceso al profesorado de la Universidad Jaume I.
- Acceso a impresoras 3D de tecnología FFF y DLP.
- Acceso a escáneres 3D de luz estructurada e infrarrojos.
- Acceso a diferentes materiales de impresión.

## 6.2. ESTABLECIMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESENCIALES Y DESEOS

Tras establecer los objetivos, éstos se dividirán en dos tipos: los objetivos secundarios o deseos (D) y los objetivos esenciales (Oe) y se organizarán en departamentos que se deberán tener en cuenta. Éstos son: Diseñador-promotor, fabricación, usuarios, distribuidores y transportistas.

### 6.2.1. DISEÑADOR-PROMOTOR

1. Introducirse en el mercado de calzado deportivo. (Oe)
2. Que el precio no sea superior al precio de las zapatillas existentes con elementos impresos en 3D. (Oe)
3. Obtener beneficio económico. (Oe)
4. Crear un producto de alta calidad. (Oe)
5. Que cada zapatilla sea única e individualizada. (Oe)
6. Que sea atractiva. (D)
7. Que la entresuela se adapte al usuario. (Oe)

8. Que la entresuela se adapte a la forma de la planta del pie de usuario. (Oe)
9. Que la entresuela se adapte a los hábitos de uso del usuario. (Oe)
10. Que la entresuela se adapte al físico general del usuario. (Oe)
11. Que la entresuela se imprima en 3D. (Oe)

#### 6.2.2. FABRICACIÓN

12. Que sea fácil de fabricar. (Oe)
13. Que sea rápido de fabricar. (Oe)
14. Que el montaje sea rápido y sencillo. (Oe)
15. Que el coste de fabricación sea bajo. (Oe)
16. Que haya poco desperdicio de material. (Oe)
17. Que la fabricación tenga un bajo impacto en el medio ambiente. (D)

#### 6.2.3. USUARIOS

18. Que sea ergonómico. (Oe)
19. Que sea ligera. (Oe)
20. Estética adecuada para diferentes ámbitos de uso. (Oe)
21. Que se pueda utilizar para más de una función. (Oe)
22. Que resista tanto el asfalto como el terreno liso. (Oe)
23. Que tenga una larga vida útil. (Oe)
24. Que sea cómoda. (Oe)
25. Que resista impactos. (Oe)
26. Que proteja al pie contra impactos. (Oe)
27. Que se fije al pie. (Oe)
28. Que el pie esté ventilado. (Oe)
29. Que los materiales sean de calidad. (Oe).
30. Que sea fácil de limpiar. (D)
31. Que tenga una estética cuidada. (D)
32. Obtener la zapatilla rápidamente desde que se realice el pedido. (Oe)
33. Que proteja el pie de las condiciones externas. (Oe)

#### 6.2.4. DISTRIBUIDORES Y TRANSPORTISTAS

34. Que tengan la zapatilla pronto en la tienda desde que se realice el pedido. (D)
35. Lograr beneficio. (D)
36. Que sea sencillo hacer el pedido de una zapatilla. (Oe)
37. Que sea sencillo enviar los datos suficientes del cliente para crear el modelo 3D. (Oe)

### 6.3. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Para realizar el análisis de los objetivos marcados se utilizará la relación causa-efecto establecida entre éstos, con el fin de eliminar los objetivos mal establecidos o repetidos. Los objetivos o metas generales de la empresa, que serán comunes tanto al producto que se está diseñando como a cualquier otro producto que pueda salir al mercado lanzado por este diseñador-promotor, son los objetivos 1, 2, 3 y 4.

El resto de los objetivos se encuentran en un nivel inferior y son referidos al diseño del producto; clasificándose en diferentes grupos y encabezados por un objetivo esencial básico (Oe). Estos grupos son:

- I. Resistencia
- II. Seguridad
- III. Estética
- IV. Funcionamiento
- V. Fabricación
- VI. Mantenimiento

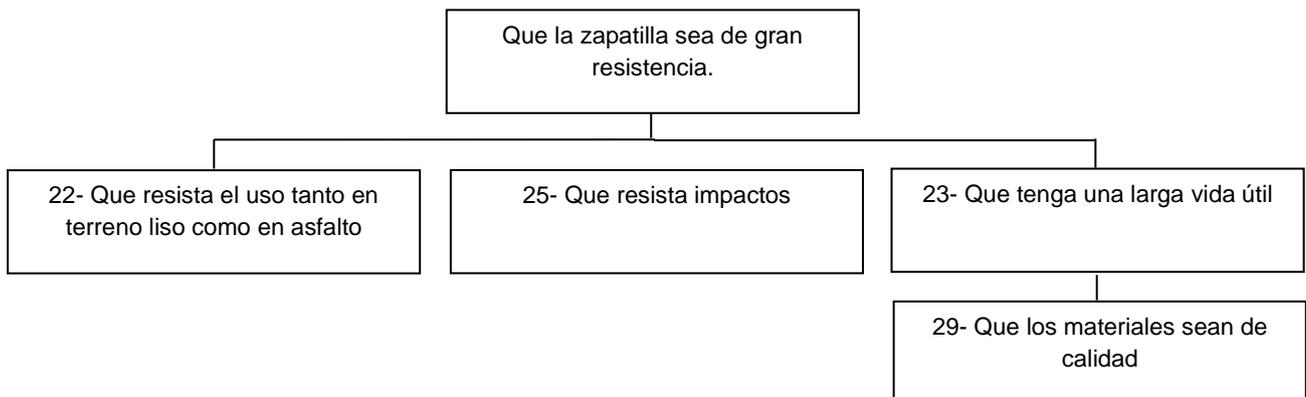
De este modo se eliminarán los objetivos repetidos; dando prioridad para no ser eliminado al que esté presente en forma de objetivo esencial frente al que esté en forma de deseo. En este momento se deben comprobar las relaciones causa-efecto para verificar que la jerarquía que se ha decidido es la correcta. Se buscan las posibles conexiones entre distintos grupos y también se deben convertir los objetivos de forma, pero puesto que no hay ninguno de dicho tipo, no se hará.

El objetivo 35 (Deseo) se ha eliminado, pues coincide con el número 3 (Meta de la empresa). Así se quitan objetivos repetidos.

#### I. Resistencia

- 22- Que resista el uso tanto en terreno liso como en asfalto. (Oe)
- 29- Que los materiales sean de calidad. (Oe)
- 23- Que tenga una larga vida útil. (Oe)
- 25- Que resista impactos. (Oe)

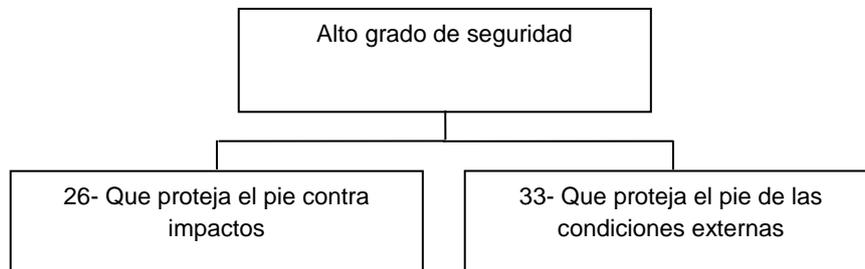
La ordenación jerárquica es la siguiente:



## II. Seguridad

- 26- Que proteja el pie contra impactos. (Oe)
- 33- Que proteja el pie de las condiciones externas. (Oe)

La ordenación jerárquica es la siguiente:

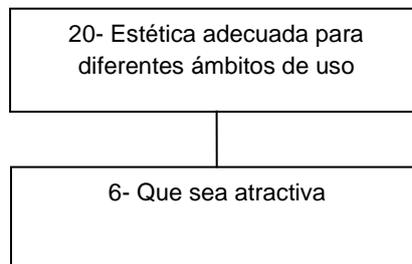


## III. Estética

- 6- Que sea atractiva (D)
- 20- Estética adecuada para diferentes ámbitos de uso. (Oe)
- 31- Que tenga una estética cuidada (D)

El objetivo 31 se elimina, ya que es similar al 20 y este último se refiere a un objetivo esencial, a diferencia del 31 que es un deseo.

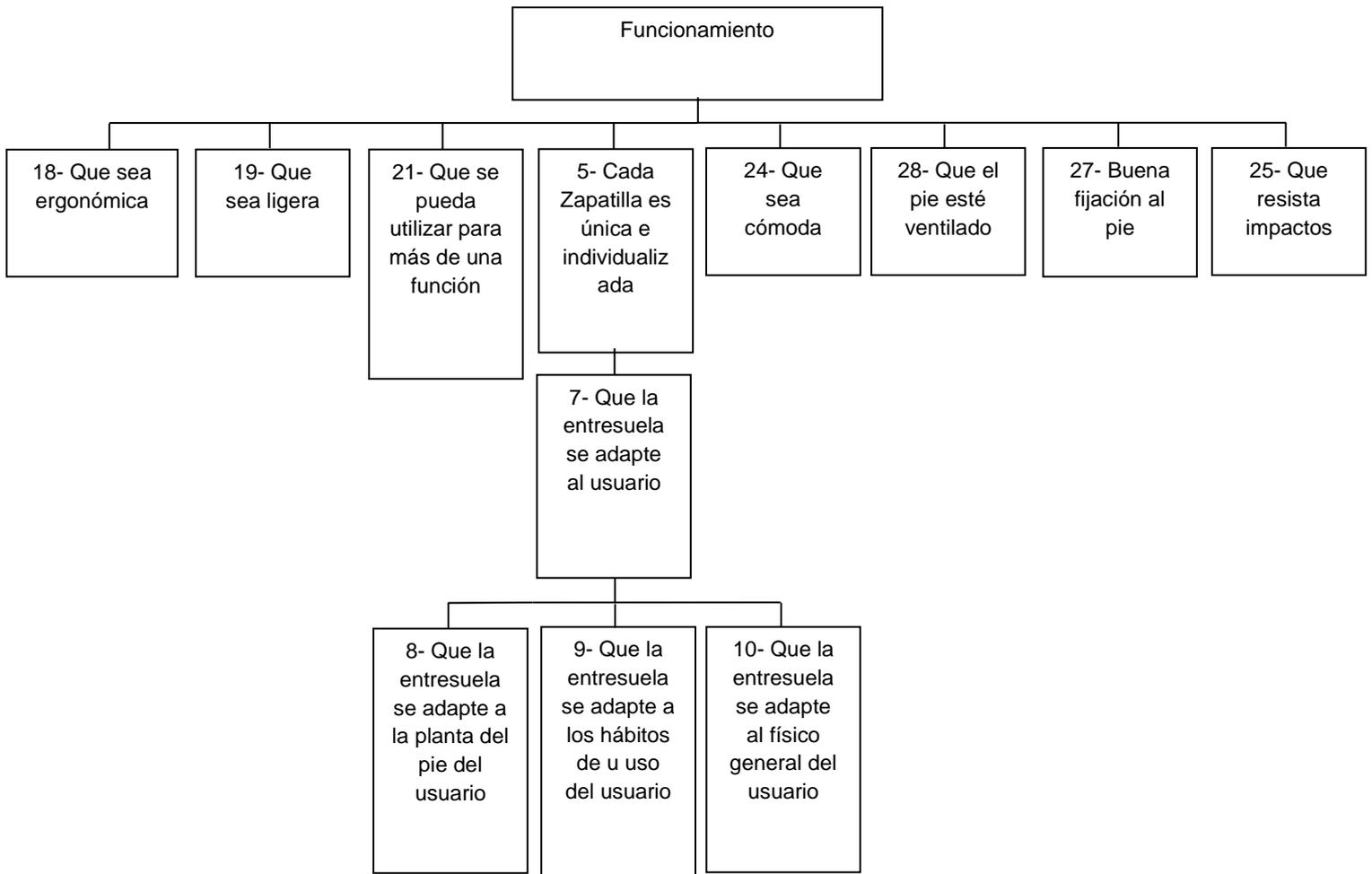
La ordenación jerárquica es la siguiente:



## IV. Funcionamiento

- 5- Que cada zapatilla sea única e individualizada. (Oe)
- 7- Que la entresuela se adapte al usuario. (Oe)
- 8- Que la entresuela se adapte a la forma de la planta del pie de usuario. (Oe)
- 9- Que la entresuela se adapte a los hábitos de uso del usuario. (Oe)
- 10- Que la entresuela se adapte al físico general del usuario. (Oe)
- 18- Que sea ergonómica. (Oe)
- 19- Que sea ligera. (Oe)
- 21- Que se pueda utilizar para más de una función. (Oe)
- 24- Que sea cómoda. (Oe)
- 25- Que resista impactos. (Oe)
- 27- Que tenga una buena fijación al pie. (Oe)
- 28- Que el pie esté ventilado. (Oe)

La ordenación jerárquica es la siguiente:

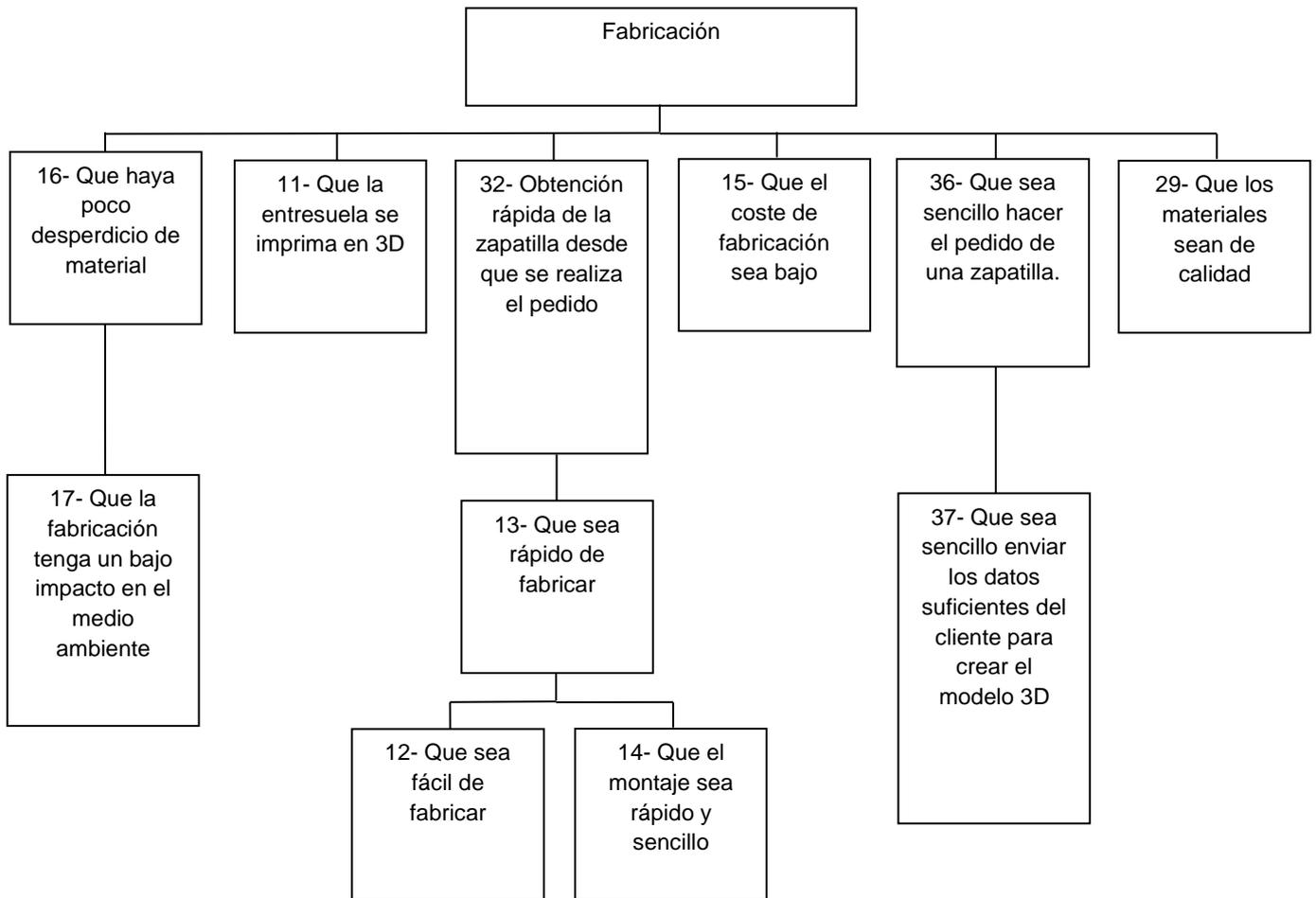


## V. Fabricación

- 11- Que la entresuela se imprima en 3D. (Oe)
- 12- Que sea fácil de fabricar. (Oe)
- 13- Que sea rápido de fabricar. (Oe)
- 14- Que el montaje sea rápido y sencillo. (Oe)
- 15- Que el coste de fabricación sea bajo. (Oe)
- 16- Que haya poco desperdicio de material. (Oe)
- 17- Que la fabricación tenga un bajo impacto en el medio ambiente. (D)
- 29- Que los materiales sean de calidad (Oe).
- 34- Que tengan la zapatilla pronto en la tienda desde que se realice el pedido. (D)
- 32- Obtener la zapatilla pronto desde que se realiza el pedido. (Oe)
- 36- Que sea sencillo hacer el pedido de una zapatilla. (Oe)
- 37- Que sea sencillo enviar los datos suficientes del cliente para crear el modelo 3D. (Oe)

El objetivo 34 se elimina, ya que es similar al 20 y este último se refiere a un objetivo esencial, a diferencia del 34 que es un deseo.

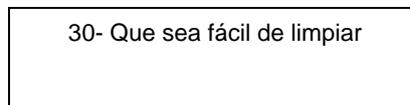
La ordenación jerárquica es la siguiente:



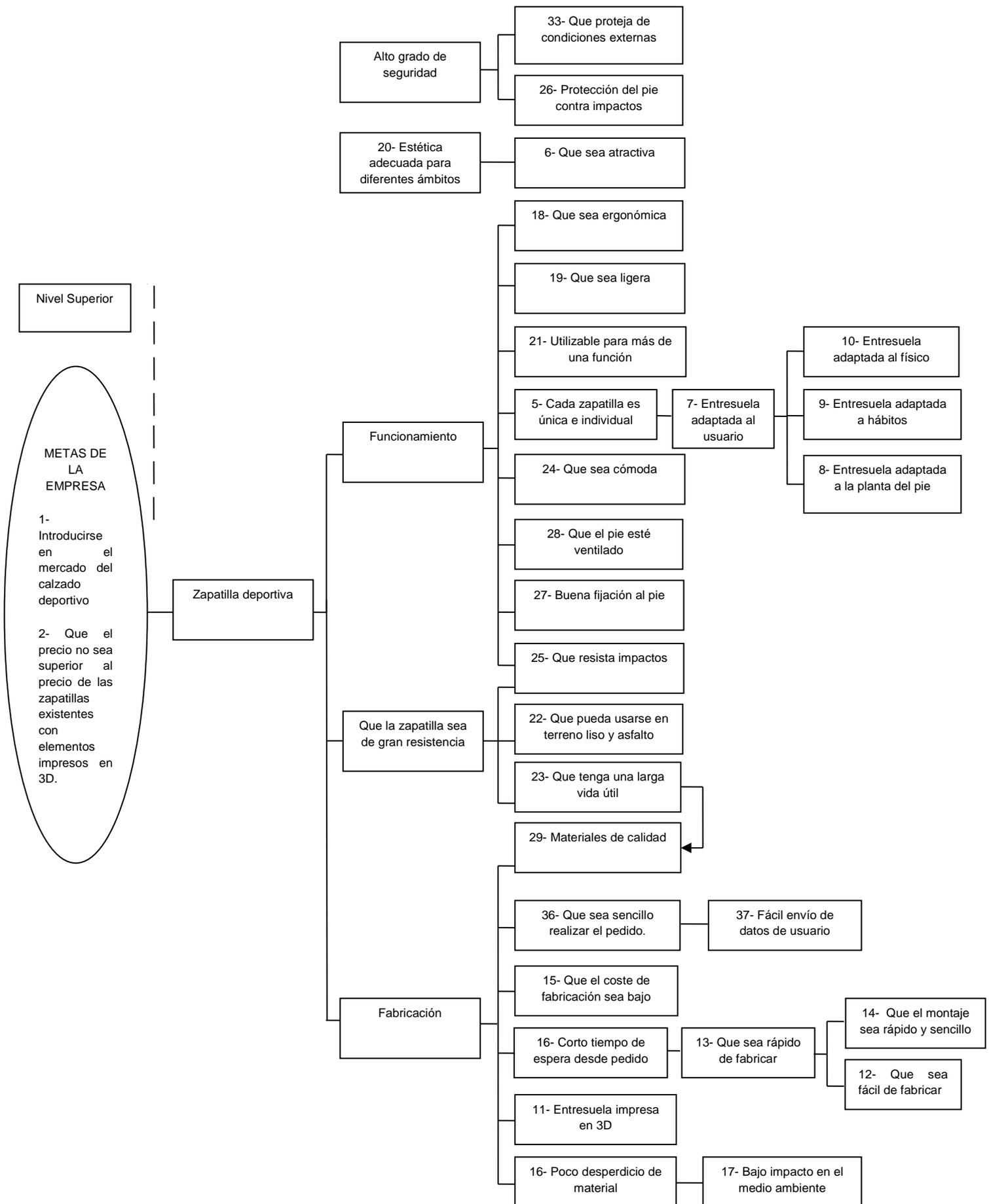
## VI. Mantenimiento

30- Que sea fácil de limpiar

La ordenación jerárquica es la siguiente:



A continuación, se realiza el árbol general de objetivos para buscar las posibles conexiones entre los diferentes grupos y apreciar todos los niveles jerárquicos.



## 6.4. ESTABLECIMIENTO DE ESPECIFICACIONES Y RESTRICCIONES DEL PROBLEMA

Una vez obtenidos los objetivos de diseño, deberán fijarse los límites entre los que se encontrará la solución del problema. Éstos son definidos por:

- Especificaciones.
- Restricciones.
- Variables de cada objetivo y sus escalas de medición.

### 6.4.1. OBTENCIÓN DE UN CONJUNTO DE OBJETIVOS

Como se ha comentado, para obtener las especificaciones es necesario partir de una serie de objetivos previamente definidos. Esto se ha realizado en el apartado anterior, por lo que ya se cuenta con la lista de objetivos completa.

### 6.4.2. TRANSFORMAR LOS OBJETIVOS EN ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

- El objetivo 1 pasa a ser una restricción, ya que no es escalable.
- El objetivo 2 pasa a ser la siguiente restricción: 2' El precio será menor de 300 euros, ya que es la zapatilla más barata que se ha encontrado en el mercado con elementos impresos en 3D.
- El objetivo 3 pasa a ser: 3' Que se obtenga el mayor beneficio total posible con las ventas del producto.
- El objetivo 4 pasa a ser: 4' Que los elementos de la zapatilla se mantengan en perfectas condiciones el mayor tiempo posible.
- El objetivo 5 pasa a ser la siguiente restricción: 5' La zapatilla será única e individualizada.
- El objetivo 6 pasa a ser: 6' Que el diseño de la zapatilla sea atractivo para el mayor número de personas posible.
- El objetivo 7 pasa a ser la restricción: 7' La entresuela se adaptará al usuario.
- El objetivo 8 pasa a ser la restricción: 8' La entresuela se adaptará a la forma del pie del usuario.
- El objetivo 9 pasa a ser: 9' Que la entresuela se adapte lo mejor posible a los hábitos de uso del usuario.
- El objetivo 10 pasa a ser: 10' La entresuela se adaptará lo mejor posible al físico del usuario.
- El objetivo 11 pasa a ser la siguiente restricción: 11' La entresuela se imprimirá en 3D.
- El objetivo 12 pasa a ser: 12' Que intervengan el menor número de procesos en su fabricación.

- El objetivo 13 pasa a ser: 13' Que la fabricación de sus componentes sea la más rápida posible.
- El objetivo 14 pasa a ser: 14' Que el montaje sea lo más rápido posible.
- El objetivo 15 pasa a ser: 15' Que el coste de fabricación sea el más bajo posible.
- El objetivo 16 pasa a ser: 16' Que haya el menor desperdicio posible de material en la fabricación.
- El objetivo 17 pasa a ser: 17' Que la fabricación tenga el impacto más bajo posible en el medio ambiente.
- El objetivo 18 pasa a ser: 18' Que sea lo más ergonómica posible.
- El objetivo 19 pasa a ser: 19' Que sea lo más ligera posible.
- El objetivo 20 pasa a ser: 20' Que tenga una estética acorde con el mayor número de ámbitos de uso posibles.
- El objetivo 21 pasa a ser: 21' Que se pueda utilizar para el mayor número de funciones deportivas.
- El objetivo 22 pasa a ser la siguiente restricción: 22' La zapatilla trabajará tanto en suelo liso como en asfalto.
- El objetivo 23 pasa a ser: 23' Que tenga la mayor vida útil posible.
- El objetivo 24 pasa a ser: 24' La zona interior de la zapatilla deberá ser lo más cómoda posible.
- El objetivo 25 pasa a ser: 25' Que resista lo mejor posible los impactos.
- El objetivo 26 pasa a ser la restricción: 26' Contará con protectores para el pie contra impactos.
- El objetivo 27 pasa a ser: 27' Que fije el pie lo mejor posible.
- El objetivo 28 pasa a ser: 28' Que el pie esté lo más ventilado posible.
- El objetivo 29 pasa a ser la restricción: 29' Los materiales serán de alta calidad.
- El objetivo 30 pasa a ser: 30' Que sea lo más fácil de limpiar posible.
- El objetivo 32 pasa a ser: 32' Que la obtención de la zapatilla desde que se realiza el pedido sea lo más rápida posible.
- El objetivo 33 pasa a ser: 33' Que proteja al pie de las inclemencias externas lo máximo posible.
- El objetivo 36 pasa a ser: 36' Que hacer el pedido de una zapatilla sea lo más sencillo posible.
- El objetivo 37 pasa a ser: 37' Que el envío de los datos suficientes para crear el archivo 3D sea lo más sencillo posible.

6.4.3. VARIABLES QUE DEFINEN CADA OBJETIVO Y TIPO DE ESCALA UTILIZADA PARA SU DEFINICIÓN.

Objetivo	Variable	Escala
1' Introducirse en el mercado de calzado deportivo.	Es una restricción.	
2' El precio será menor de 300 euros, ya que es la zapatilla más barata que se ha encontrado en el mercado con elementos impresos en 3D.	Es una restricción.	
3' Que se obtenga el mayor beneficio total posible con las ventas del producto.	Beneficio obtenido.	Proporcional (dinero).
4' Que los elementos de la zapatilla se mantengan en perfectas condiciones el mayor tiempo posible.	Tiempo de permanencia en condiciones óptimas.	Proporcional (h).
5' La zapatilla será única e individualizada.	Es una restricción.	
6' Que el diseño de la zapatilla sea atractivo para el mayor número de personas posible.	Personas a las que le resulta atractivo el diseño de la zapatilla.	Proporcional (personas).
7' La entresuela se adaptará al usuario.	Es una restricción.	
8' La entresuela se adaptará a la forma del pie del usuario.	Es una restricción.	
9' Que la entresuela se adapte lo mejor posible a los hábitos de uso del usuario.	Kilómetros que recorrerá el usuario.	Proporcional (km).
10' La entresuela se adaptará lo mejor posible al físico del usuario.	La masa del usuario.	Proporcional (kg)
11' La entresuela se imprimirá en 3D.	Es una restricción.	
12' Que intervengan el menor número de procesos en su fabricación.	Número de procesos que intervienen en la fabricación.	Proporcional (procesos).
13' Que la fabricación de sus componentes sea la más rápida posible.	Tiempo de fabricación.	Proporcional (h).
14' Que el montaje sea lo más rápido posible.	Tempo de montaje.	Proporcional (h).

15' Que el coste de fabricación sea el más bajo posible.	Coste de fabricación.	Proporcional (coste).
16' Que haya el menor desperdicio posible de material en la fabricación.	Material desperdiciado en la fabricación.	Proporcional (kg).
17' Que la fabricación tenga el impacto más bajo posible en el medio ambiente.	Impacto en el medio ambiente.	Proporcional (Kg de CO2).
18' Que sea lo más ergonómica posible.	Medidas antropométricas.	Proporcional (mm).
19' Que sea lo más ligera posible.	Masa de la zapatilla.	Proporcional (kg).
20' Que tenga una estética acorde con el mayor número de ámbitos de uso posibles.	Ámbitos de uso.	Proporcional (ámbitos).
21' Que se pueda utilizar para el mayor número de funciones deportivas.	Funciones deportivas.	Proporcional (funciones).
22' La zapatilla trabajará tanto en suelo liso como en asfalto.	Es una restricción.	
23' Que tenga la mayor vida útil posible.	Tiempo de vida útil.	Proporcional (h).
24' La zona interior de la zapatilla deberá ser lo más cómoda posible.	Tenacidad.	Multidimensional.
25' Que resista lo mejor posible de impactos.	Tenacidad.	Multidimensional.
26' Debe contar con protectores para el pie contra impactos.	Es una restricción.	
27' Que fije el pie lo mejor posible.	Presión del pie contra la zapatilla.	Multidimensional (N/m2)
28' Que el pie esté lo más ventilado posible.	Permeabilidad del tejido	Proporcional (porosidad)
29' Los materiales serán de alta calidad.	Es una restricción.	
30' Que sea lo más fácil de limpiar posible.	Tiempo de limpiado.	Proporcional (h).
32' Que la obtención de la zapatilla desde que se realiza el pedido sea lo más rápida posible.	Tiempo de recibido.	Proporcional (h).

33' Que proteja el pie de las inclemencias externas lo máximo posible.	Conductividad térmica (baja).	Multidimensional ( $W/(K \cdot m)$ )
36' Que hacer el pedido de una zapatilla sea lo más sencillo posible.	Tiempo en realizar el pedido.	Proporcional (h).
37' Que el envío de los datos suficientes para crear el archivo 3D sea lo más sencillo posible.	Tiempo en recopilación de datos del usuario.	Proporcional (h).

Tabla 1. Variables y escalas

## 6.5. ENCUESTA

El resumen de la información que se ha obtenido en la encuesta realizada y que se puede consultar en su totalidad en el apartado de anexos es:

- El mercado al que se lanza el producto es considerablemente reducido.
- En cuanto al sexo del usuario, los resultados son muy similares.
- En cuanto a edades, existe homogeneidad en las diferentes franjas, aumentando un poco en grupos más mayores. Por lo que el grupo más favorable es el que se encuentra entre 15 y 55 años.
- Los tonos oscuros y un estilo sobrio es lo que más puede funcionar, ya que un porcentaje considerable utiliza zapatillas deportivas para vestir.
- El público objetivo es deportivamente activo.
- El terreno en el que más va a trabajar la zapatilla es asfalto.

## 7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

### 7.1. PRIMERAS IDEAS

A continuación, se presentan las diferentes alternativas de diseño que se han contemplado para distintas partes elementales del diseño de la zapatilla. En este caso no se presentarán 3 alternativas completas de diseño, sino que la elección de la alternativa final será la suma de varias elecciones.

### 7.1.1. SELECCIÓN DE SUELA:

#### - Propuesta 1

La primera propuesta es una suela para utilizar tanto en suelo liso como en asfalto. Una gran parte de la suela está en constante contacto con el suelo, aportando una alta estabilidad y una mayor superficie de rozamiento, aumentando de esta forma el rozamiento respecto a otro tipo de suelas. Cuenta con estrías de flexión en la parte delantera, reduciendo así el esfuerzo para doblarse y favoreciendo el movimiento del pie. También tiene un espacio por el que puede fluir el posible exceso de agua existente en la superficie para reducir lo máximo posible su efecto en la carrera del usuario. Cuenta con pequeños surcos en toda la superficie que permite adaptarse a terreno más rugoso y aumentar el agarre en estas circunstancias.

Esta suela no podría utilizarse en un terreno multiforme, ya que la abundante superficie plana de la suela no lograría fricción alguna.

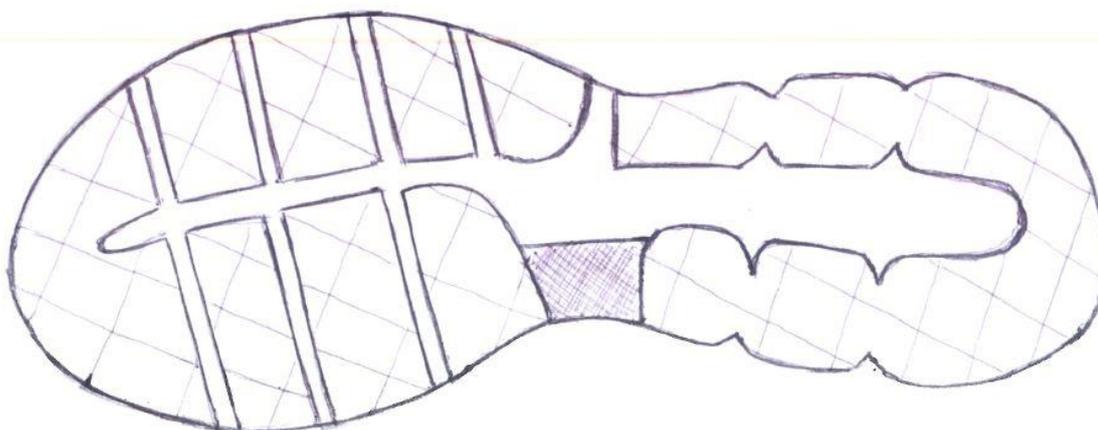


Imagen 10. Suela propuesta 1

#### - Propuesta 2

Este tipo de suela está más pensada para Trail Running, ya que el relieve de los “tacos” de la zapatilla es mucho mayor, pues el objetivo de ésta es adaptarse a terrenos totalmente desiguales en los que habrá zonas granuladas, abrasivas, llanas, con tierra, etc.

Este tipo de suela no está pensada para asfalto, ya que si se utilizara de continuo sobre este tipo de superficie sufriría un desgaste rápido y continuado que acortaría su vida útil drásticamente.

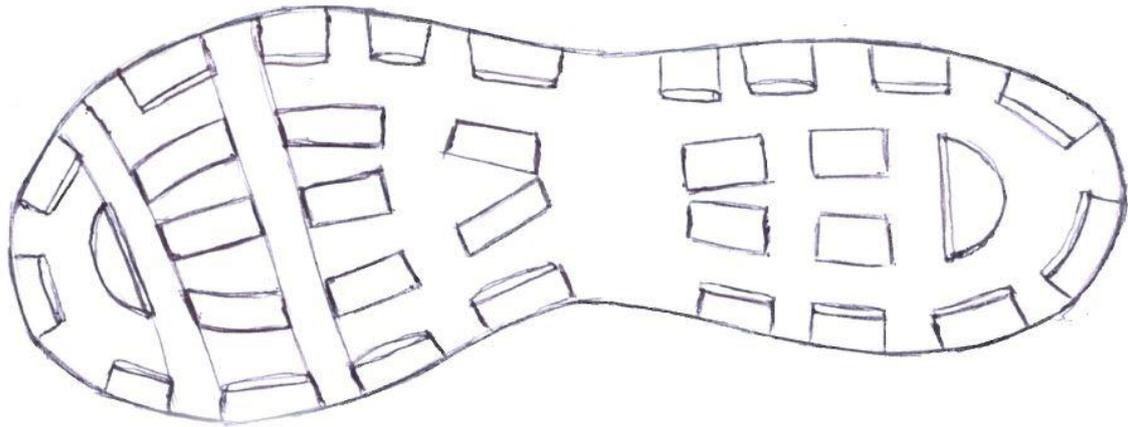


Imagen 11. Suela propuesta 2

#### 7.1.2. SELECCIÓN DE TIPO DE ENTRESUELA SEGÚN SU DROP:



Imagen 12. Drop

- Drop bajo:

La primera opción sería la utilización de una entresuela cuyo drop esté entre 0 y 3 mm, es decir, que una vez el pie esté colocado sobre la zapatilla, la diferencia entre el perfil trasero del pie (distancia del pie entre su punto más alto y el suelo) y el perfil delantero (distancia del pie entre su punto más bajo y el suelo) sea un valor entre 0 y 3.

Con este drop, el pie estará prácticamente horizontal y esto tiene algunas consecuencias, unas negativas y otras positivas. La zapatilla será más ligera, ya que no contará con tanto material en la parte trasera de la zapatilla; y la pisada es más natural, pues el pie se mueve prácticamente igual que cuando se camina descalzo. Por otra parte, no tendrá la misma amortiguación que otra zapatilla con un drop más elevado, lo que puede resultar incómodo y dañino para el pie de un corredor inexperto ya que gran parte de la presión de la pisada recaerá sobre la parte media del pie y el antepié en vez de en el talón. Por todo esto, es necesaria una adaptación técnica, una buena flexibilidad en el tren inferior y una preparación concienzuda de cuádriceps, gemelos e isquiotibiales.



Imagen 13. Drop bajo

- Drop alto:

Una de las dos alternativas es el drop alto, cuyos valores se mueven entre 10 y 14 mm. aproximadamente.

Las características de una entresuela con esta configuración son contrarias a las comentadas en la opción anterior. El pie se encontrará siempre a mayor distancia del asfalto, por lo que tendremos una mayor estabilidad y amortiguación de la pisada. Al ser el drop más utilizado, es con el que se puede tener una mayor comodidad, ya que normalmente son las zapatillas que más porcentaje de usuarios utilizan. El peso extra como consecuencia de un mayor volumen de entresuela es el principal inconveniente. También cuenta con algunos detractores formados en su mayoría por runners que defienden el "Free Running", o lo que es lo mismo, el minimalismo y lado más natural de correr.



Imagen 14. Drop alto

- Drop medio

En este caso, los valores del drop rondan entre 4 y 9 mm.

Se trata de una entresuela que está a medio camino entre la amortiguación tradicional y las nuevas tendencias minimalistas. Son muy utilizadas, sobre todo para la gente que tiene como objetivo correr con un drop bajo, y adquieren una zapatilla con esta configuración de entresuela como paso intermedio en su transición entre dos tipos de pisadas tan diferentes.



Imagen 15. Drop medio

### 7.1.3. SELECCIÓN DE UPPER

- Upper 1:

La primera opción es una zapatilla cuyo upper es lo más minimalista posible, es decir, únicamente cuenta con los elementos imprescindibles (mesh, lengüeta y collar). Este diseño carece tanto de protección como de fijación extra, por lo que tiene una función mucho más estética que el resto de las que se van a presentar. También se podría utilizar para realizar deporte, pero el riesgo de lesión sería más alto, ya fuera por uso continuado (debido a la falta de agarre a causa de la ausencia de nervios fijadores) o por la falta de protección frente a impactos.

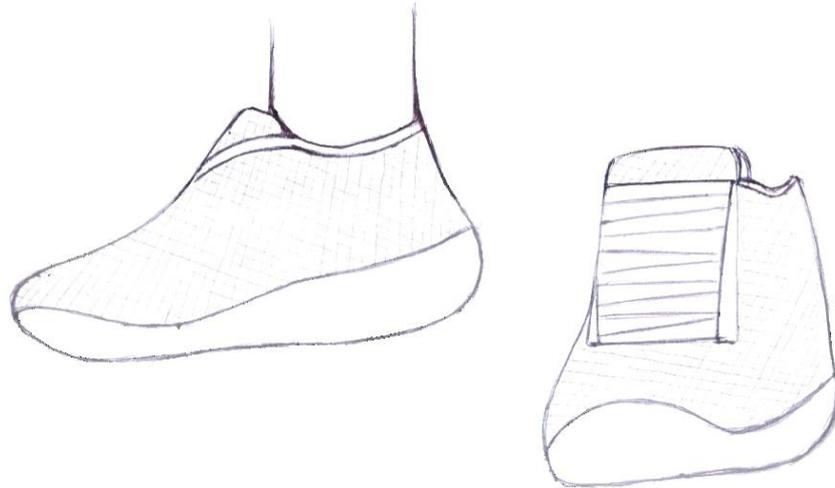


Imagen 16. Upper 1

- Upper 2

En este caso, cuenta con todos los elementos, tanto de sujeción como protectores. Es una zapatilla más funcional, más enfocada a la práctica deportiva.

En ella se pueden apreciar los nervios en la zona central de la zapatilla, que mejoran la fijación del pie a la entresuela, evitando el juego de éste durante la realización de ejercicio físico, y por tanto impidiendo potenciales lesiones que puedan producirse en el pie. También cuenta con un contrafuerte localizado en el talón y una protección extra en la puntera que aporta sujeción y custodia, siendo ésta una zona tan delicada de posibles golpes.

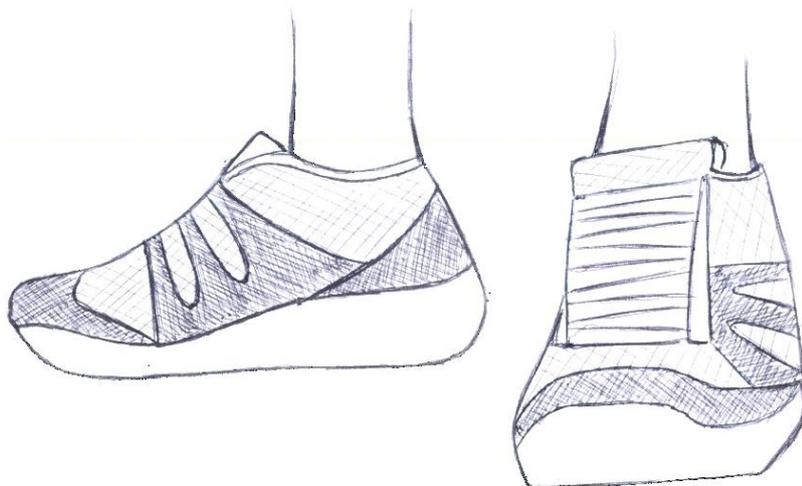


Imagen 17. Upper 2

### - Upper 3

Este diseño es el más polivalente de los tres. Cuenta con todos los elementos, al igual que el anterior, pero simplificando éstos al máximo; de modo que tiene una estética menos llamativa, lo que facilita su uso fuera del entorno deportivo. Al estar en este punto intermedio, no cumple tan satisfactoriamente las diferentes funciones como las otras dos zapatillas por separado.

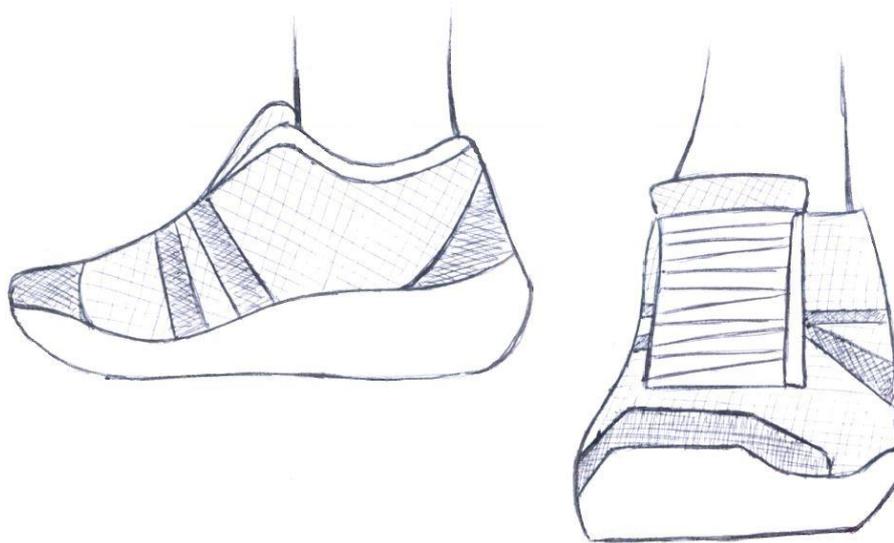


Imagen 18. Upper 3

#### 7.1.4. SELECCIÓN DE FORMA DE UNIÓN UPPER-ENTRESUELA

##### - Ensamblaje por vulcanizado

Para el ensamble por vulcanizado no se puede utilizar goma EVA, ya que el calor del proceso de vulcanización destruiría dicho material. Por ello, la horma debe ser de aluminio para soportar correctamente la temperatura del horno, ya que se va a calentar y enfriar muy rápidamente. El primer paso es colocar el "upper" dentro de la horma y cimentar ligeramente el "lasting board" en la parte inferior de la horma, lo suficiente para mantenerlo en el sitio durante la operación (El "lasting board" es una fibra, tela o cartulina utilizada para hacer la parte inferior del "upper" de la zapatilla).

Los "lasting boards" están hechos de diferentes materiales y pueden ser rígidos o flexibles, delgados o gruesos. Llegado este punto, la horma y el "upper" se llevan a la máquina de la horma.

Dicha máquina tira el "upper" hacia abajo con la horma y une las dos partes de forma segura en una operación. Una vez que el talón de la zapatilla y la parte estrecha de ésta se han endurecido, el "upper" está listo para la suela.

Después del prensado de la suela, la cinta "foxing", hecha de caucho sin curar, se envuelve cuidadosamente alrededor de la zapatilla. Esta cinta solapa la parte de unión entre la entresuela y el "upper" (debe cubrir aproximadamente 5 mm del "upper"). Una vez colocada, es hora de recortar el sobrante.

Con la horma todavía dentro de la zapatilla, ésta se introduce en un horno de vulcanización durante varias horas, de forma que se calienta lo suficiente como para que la cinta sin curar y las dos partes ensambladas se suelden.

Una vez fría, se retira la horma y se agregan la plantilla y los cordones. De este modo, la zapatilla está lista para una inspección final, su limpieza y ensamblaje.

#### - Ensamblaje por cemento frío

En el proceso de cemento frío el "upper" del calzado se prepara con el fondo "Strobel" conectado a él. Éste cierra el "upper", dejándolo preparado para que se pueda introducir la horma en él.

El "upper" es tratado con vapor para ablandarlo y permitir la introducción de la horma. Una vez que ésta se ha introducido, se aprieta a la horma y se enfría el "upper" para que se vuelva a endurecer.

Una vez el "upper" está perfectamente acoplado a la horma, se prepara la entresuela dándole una imprimación especial y, al igual que a la zona inferior del "upper", se le aplica un cemento frío. Una vez que el cemento de contacto y la imprimación son secados en túneles de calentamiento, las dos piezas (entresuela y "upper") se unen de forma semi-manual. Estas dos piezas a ensamblar se alinean manualmente, después se coloca la zapatilla (dentro de la horma) entre 3 prensas hidráulicas, una vertical y dos horizontales, para asegurar el contacto entre la totalidad de las dos superficies. Por último, el conjunto ya ensamblado pasa por un túnel de enfriamiento y se quita de la horma. Solo queda colocar los cordones, realizar una inspección final, limpiarla y ensamblarla.

## **7.2. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES**

Después de realizar diferentes propuestas de diseño para cada una de las partes principales de la zapatilla, así como diferentes métodos de ensamblaje entre Upper y suela, con el fin de lograr un diseño que cumpla con los objetivos establecidos; se va a realizar una evaluación de dichas propuestas. Para ello, se utilizarán dos métodos diferentes, uno cualitativo y otro cuantitativo.

- Método cualitativo: Utiliza una escala ordinal para ordenar las diferentes alternativas de diseño.
- Método cuantitativo: Permite cuantificar la evaluación de las diferentes propuestas de diseño.

El orden de importancia de las especificaciones que se van a utilizar en los dos métodos de evaluación es el siguiente:

- 1- Que la entresuela se adapte lo mejor posible a los hábitos de uso del usuario.
- 2- Que la entresuela se adapte lo mejor posible al físico del usuario.
- 3- Que sea lo más ergonómica posible.
- 4- Que tenga una estética acorde con el mayor número de ámbitos de uso posibles.
- 5- Que el diseño de la zapatilla sea atractivo para el mayor número de personas posible.
- 6- Que se pueda utilizar para el mayor número de funciones deportivas.
- 7- Que tenga la mayor vida útil posible.
- 8- Que los elementos de la zapatilla se mantengan en perfectas condiciones el mayor tiempo posible.
- 9- Que resista lo mejor posible a los impactos.
- 10- Que proteja el pie de las inclemencias externas lo máximo posible.
- 11- Que la zona interior de la zapatilla sea lo más cómoda posible.
- 12- Que la zapatilla sea lo más ligera posible.
- 13- Que la obtención de la zapatilla desde que se realiza el pedido sea lo más rápida posible.
- 14- Que hacer el pedido de una zapatilla sea lo más sencillo posible.
- 15- Que el envío de los datos suficientes para crear el archivo 3D sea lo más sencillo posible.
- 16- Que la fabricación de sus componentes sea la más rápida posible.
- 17- Que el montaje sea lo más rápido posible.
- 18- Que intervengan el menor número de procesos en su fabricación.
- 19- Que fije el pie lo mejor posible.
- 20- Que el pie esté lo más ventilado posible.
- 21- Que sea lo más fácil de limpiar posible.
- 22- Que la fabricación tenga el impacto más bajo posible en el medio ambiente.
- 23- Que haya el menor desperdicio posible de material en la fabricación.
- 24- Que se obtenga el mayor beneficio total posible con las ventas del producto.
- 25- Que el coste de fabricación sea el más bajo posible.

### 7.2.1. MÉTODO CUALITATIVO

Para realizar la evaluación de las diferentes propuestas de diseño utilizando un método cualitativo, es necesario agrupar en columnas las diferentes alternativas propuestas, y en filas las especificaciones ordenadas, creando una matriz.

Una vez tengamos creada dicha matriz o tabla comparativa, una de las propuestas de diseño será la que se utilizará como referencia para comparar a las otras. Ésta se señalará como "DATUM".

Las propuestas que cumplan una especificación mejor que la de referencia, se señalarán con el signo "+". Del mismo modo, las propuestas que cumplan peor con la

especificación, se calificará con un "-". Si una propuesta cumple con una especificación de una manera similar a la de referencia, se señalará con el signo "=".

Una vez se hallan comparado las distintas alternativas de diseño y se les haya aplicado los símbolos correspondientes, se realizará un cálculo de los valores totales de cada propuesta ( $\Sigma$ TOTAL), aplicando un valor de "+1" al signo "+", un valor de "-1" al signo "-" y un valor de "0" al signo "=".

A continuación, se va a realizar el método DATUM para las diferentes propuestas de diseño. Para la realización de este proceso, se va a utilizar el orden de las especificaciones establecido recientemente en este mismo apartado (Evaluación de soluciones).

	Suela		Drop			Upper			Ensamblaje		
	Propuesta 1	Propuesta 2	Bajo	Medio	Alto	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Vulcanizado	Cemento frío	
E1	D	=	=	D	=	=	=	D	D	+	
E2		=	=		=	=	=			=	+
E3		=	=		=	=	=			=	+
E4		-	=		=	=	+			-	=
E5		-	=		=	=	+			-	=
E6		-	-		-	-	-			+	+
E7		=	=		=	=	-			+	+
E8	A	=	=	A	=	=	=	A	A	=	
E9		=	=		=	-	+			+	
E10		=	=		=	=	=			=	=
E11		=	=		=	=	=			=	=
E12		=	+		+	-	+			-	+
E13	T	=	=	T	=	=	=	T	T	-	
E14		=	=		=	=	=			=	=
E15		=	=		=	=	=			=	=
E16		=	=		=	=	+			-	-
E17		=	=		=	=	+			-	-
E18	U	=	=	U	=	=	=	U	U	-	
E19		=	=		=	-	+			=	=
E20		=	=		=	=	+			-	=
E21		-	=		=	=	=			=	=
E22		=	=		=	=	+			-	=
E23	M	=	=	M	=	=	=	M	M	=	
E24		=	=		=	=	=			=	-
E25		=	=		=	=	=			=	=
<b>ΣTOTAL</b>		<b>-4</b>	<b>1</b>		<b>0</b>	<b>3</b>	<b>-3</b>			<b>1</b>	

Tabla 2. Método cualitativo

La mejor propuesta entre las dos suelas ha sido el número uno, ya que la puntuación de la otra propuesta ha sido negativa.

En cuanto al Upper, la alternativa mejor valorada mediante Datum es la número 1.

El proceso de cemento frío ha obtenido un mayor valor que el de vulcanizado.

### 7.2.2. MÉTODO CUANTITATIVO

Una vez realizado el método cualitativo, se procede a la realización del método cuantitativo. Para llevar a cabo dicho método, es necesario utilizar el orden que se ha creado al principio de este apartado, en el que las especificaciones están ordenadas en función de su importancia.

Antes de comparar las diferentes propuestas, es necesario calcular el peso de cada una de las especificaciones que van a ser utilizadas para evaluar dichas propuestas. En la siguiente tabla se puede ver la importancia de cada una de ellas.

Especificación por importancia	1/rj	Wj
1	1	0.2621
2	0.5	0.131
3	0.3333	0.0873
4	0.25	0.0655
5	0.2	0.0524
6	0.1667	0.0437
7	0.1429	0.0374
8	0.125	0.0328
9	0.1111	0.0291
10	0.1	0.0262
11	0.0909	0.0238
12	0.0833	0.0218
13	0.0769	0.0201
14	0.0714	0.0187
15	0.0667	0.0175
16	0.0625	0.0164
17	0.0588	0.0154
18	0.0555	0.0145
19	0.0526	0.0138
20	0.05	0.0131
21	0.0476	0.0125
22	0.0454	0.0119
23	0.0435	0.0114
24	0.0417	0.0109
25	0.04	0.0104
<b>TOTAL</b>	<b>3.8155</b>	<b>1</b>

Tabla 3. Método cuantitativo

Una vez obtenido el peso de cada una de las especificaciones, se debe otorgar una puntuación del 1 al 5 (siendo 1 el menor valor y 5 el máximo) al grado de cumplimiento de cada especificación por parte de las diferentes propuestas de diseño.

	Suela		Drop			Upper			Ensamblaje	
	Propuesta 1	Propuesta 2	Bajo	Medio	Alto	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Vulcanizado	Cemento frío
E1	5	5	5	5	5	5	5	5	2	4
E2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
E3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
E4	4	3	3	3	3	5	3	4	4	4
E5	4	3	3	3	3	5	3	4	4	4
E6	4	3	3	4	3	3	5	4	2	4
E7	3	3	3	3	3	3	5	4	3	5
E8	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
E9	3	3	3	3	3	3	5	4	3	4
E10	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
E11	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3
E12	3	3	5	4	3	5	3	4	3	5
E13	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
E14	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E15	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E16	3	3	3	3	3	5	3	4	3	2
E17	3	3	3	3	3	5	3	4	5	4
E18	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3
E19	3	3	3	3	3	3	5	4	3	3
E20	3	3	3	3	3	5	3	4	3	3
E21	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
E23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
E24	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
E25	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2

Tabla 4. Método cuantitativo II

Una vez valorado el grado de cumplimiento de cada una de las alternativas para todas las especificaciones, se debe obtener la puntuación de las alternativas teniendo en cuenta el peso que se le ha asignado a cada especificación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación} = (\text{Valor de cada especificación del 1 al 5}) \times (W_j)$$

A continuación, se va a realizar el cálculo para las alternativas de las diferentes suelas.

	Suela		Drop			Upper			Ensamblaje	
	Propuesta 1	Propuesta 2	Bajo	Medio	Alto	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Vulcanizado	Cemento frío
E1	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	1.305	0.522	1.044
E2	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.655	0.524	0.655
E3	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.349	0.436
E4	0.262	0.196	0.196	0.196	0.196	0.327	0.197	0.262	0.262	0.262
E5	0.209	0.157	0.157	0.157	0.157	0.262	0.157	0.209	0.209	0.209
E6	0.175	0.131	0.131	0.175	0.131	0.131	0.218	0.175	0.087	0.175
E7	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.187	0.149	0.112	0.187
E8	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.131	0.131	0.131	0.098	0.098
E9	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.145	0.116	0.087	0.116
E10	0.079	0.079	0.079	0.079	0.079	0.105	0.105	0.105	0.079	0.079
E11	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071	0.095	0.095	0.095	0.071	0.071
E12	0.065	0.065	0.109	0.087	0.065	0.109	0.065	0.087	0.065	0.109
E13	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.060	0.080	0.060
E14	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056
E15	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052
E16	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.082	0.049	0.066	0.049	0.033
E17	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.077	0.046	0.062	0.077	0.062
E18	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.043	0.058	0.043
E19	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.041	0.069	0.055	0.041	0.041
E20	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.065	0.039	0.052	0.039	0.039
E21	0.05	0.05	0.037	0.037	0.037	0.05	0.05	0.05	0.037	0.037
E22	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.048	0.059
E23	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057
E24	0.034	0.033	0.033	0.033	0.033	0.0337	0.033	0.033	0.034	0.034
E25	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.042	0.021
<b>ΣTOTAL</b>	<b>4.066</b>	<b>3.843</b>	<b>3.935</b>	<b>3.957</b>	<b>3.891</b>	<b>4.357</b>	<b>4.235</b>	<b>4.296</b>	<b>3.139</b>	<b>4.039</b>

Tabla 5. Método cuantitativo III

La propuesta de suela 1 es la que ha obtenido mayor puntuación.

El tipo de drop que mayor puntuación ha obtenido es el drop medio, seguido por el bajo y quedando el alto como el menos valorado.

Aunque las tres han obtenido puntuaciones similares, la propuesta 1 de upper es la que ha obtenido la más alta.

En el caso del proceso de fabricación, se ha producido la mayor diferencia de puntuación, con casi un punto del cemento frío sobre el vulcanizado.

Se siguen realizando los mismos cálculos para los diferentes drops contemplados.

### **7.3. SELECCIÓN DEL DISEÑO**

El diseño escogido consta de un conjunto de propuestas seleccionadas de cada uno de los diferentes grupos de propuestas. De este modo, se va a comentar de forma individual cada una de las diferentes selecciones.

Se ha elegido la propuesta 1 para la suela, ya que, tanto en el método cualitativo como en el cuantitativo, es la que ha resultado ganadora. Es cierto que esta elección es la que parecía más lógica desde un primer momento, y esto puede haber influido en el momento de la evaluación.

En la evaluación del drop, los resultados del método cualitativo y cuantitativo han sido diferentes. En el primer método realizado, el drop bajo ha sido el que ha obtenido la evaluación más alta, seguido del drop medio y del drop alto empatados. Sin embargo, los resultados del método cuantitativo han dado por opción ganadora al drop medio, seguido del drop bajo y el drop alto respectivamente. Se ha seleccionado la opción del drop medio porque, aun habiendo empatado con el drop bajo en el cómputo general, cumple mejor que éste con unas especificaciones a las que se le dan un valor subjetivo mayor por parte del diseñador.

La selección del upper ha sido más sencilla que la anterior, ya que, tanto en el Datum como el método cuantitativo la propuesta 1 ha sido la mejor valorada y, por tanto, la seleccionada.

Por último, la selección del proceso de ensamblaje ha sido la más sencilla, ya que, si se hubiera seleccionado el vulcanizado, habría sido muy complicado realizar el diseño cumpliendo con todas las especificaciones. En el método Datum y, sobre todo, en el método cuantitativo, la opción de cemento frío ha sido la mejor valorada. Por ello, se seleccionará dicha propuesta.

En resumen, el diseño seleccionado contará con:

- La propuesta 1 de suela.
- El drop medio.
- La propuesta 1 del upper.
- El ensamblaje por cemento frío.

## 8. RESULTADOS FINALES

### 8.1. PRODUCTO FINAL Y CONFIGURACIÓN

El producto final es una zapatilla que se adapta totalmente al usuario a través del uso de la tecnología 3D. Esto es posible gracias a dos componentes:

- Escáner 3D: con una precisión geométrica de entre 0.16 y 0.5 mm, es el encargado de captar la geometría del pie, que posteriormente servirá como plantilla para el modelado de la horma, la suela, la entresuela, la zona de menor densidad de la entresuela, el contrafuerte y el patrón inferior.
- Impresora 3D de FDM: con una exactitud posicional de 0.011 en los ejes X e Y, y 0.1 mm de altura de capa mínima en Z, es la encargada de fabricar la gran mayoría de los componentes de la zapatilla.

La personalización y configuración de la zapatilla va a alcanzar diferentes niveles, y cada uno de ellos se deberá dejar bien definido antes de proceder a la fabricación de la misma. En concreto, el diseño realizado en este proyecto es de una zapatilla diseñada a partir de mi propio pie derecho.

#### 8.1.1. FORMA

La geometría del pie es probablemente el factor más importante para la individualización del calzado. El método seguido para la obtención de unos componentes adaptados es el siguiente:

- Escaneado del pie apoyado sobre el suelo cargando el peso sobre el mismo y sin apoyar, obtención de nube de puntos y exportación del archivo en forma de malla (fichero Stl). Por lo que, para la consecución del proyecto, se ha llevado a cabo el escaneado de mi propio pie derecho.
- Reparación de la malla Stl mediante el software 3D Builder.
- Utilización del archivo 3D como plantilla para el diseño, mediante el software solidThinking Evolve, de los siguientes componentes (siguiendo las recomendaciones de diseño explicadas en los puntos 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 de los anexos):
  - Horma.
  - Entresuela.
  - Zona de menor densidad.
  - Suela.

- Contrafuerte.
  - Patrón inferior.
- Exportación del archivo, de nuevo, a formato Stl desde el software de modelado.
  - Nueva reparación del archivo Stl mediante el software 3D Builder.
  - Ya en el software de impresión (Repetier), creación por simetría de los componentes del otro pie (si no se precisa de la diferenciación de la geometría de cada zapatilla; de ser este el caso se contemplaría en el apartado 8.2.4), selección de los parámetros de impresión y creación del GCode (tipo de archivo que imprime la impresora 3D).

### 8.1.2. ENTRESUELA

Para la entresuela se va a utilizar la masa total del usuario para adaptar la amortiguación del componente a las necesidades de éste. Para ello se utilizará la siguiente tabla, en la que se relaciona diferentes tramos de peso con diferentes densidades.

Masa del usuario (kg)	Densidad de relleno de la entresuela (%)
< 55	15
55 – 64	20
65 – 74	25
75 – 84	30
85 – 100	35
> 100	40

Tabla 6. Relación entre masa del usuario y densidad de relleno de la entresuela

En el caso de la zapatilla que se ha desarrollado en el proyecto, el porcentaje de densidad del relleno de la entresuela que corresponde con mi peso será del 30%.

La modificación de este parámetro se realizará en un paso final, justo antes de imprimir la zapatilla.

Antes de realizar la conversión de Stl a GCode, con el software Repetier, se deberá ir a la configuración de Slic3r. Para ello se deberá hacer “clic” en la ventana “Slicer” y seleccionar “Configuration”.

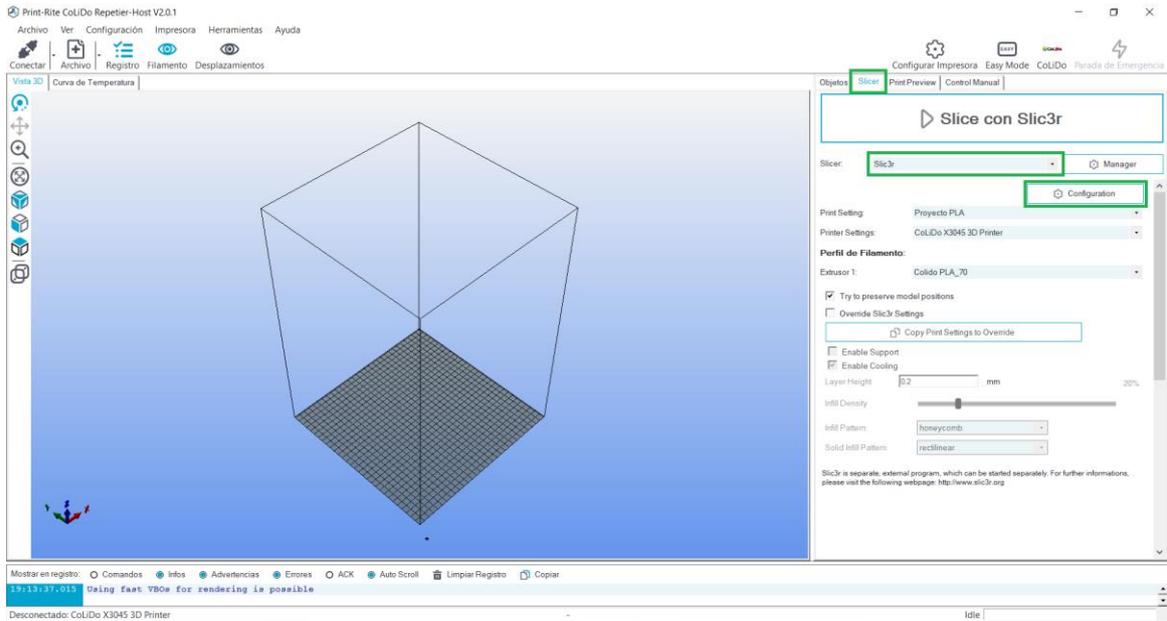


Imagen 19. Software Repetier

Llegado a este punto, se habrá abierto el Software Slic3r. En él se deberá seleccionar la ventana "Print Settings" y dentro de ésta la pestaña "Infill", para modificar el porcentaje de relleno y seleccionar el 30 % obtenido de la tabla dentro del parámetro "Fill density".

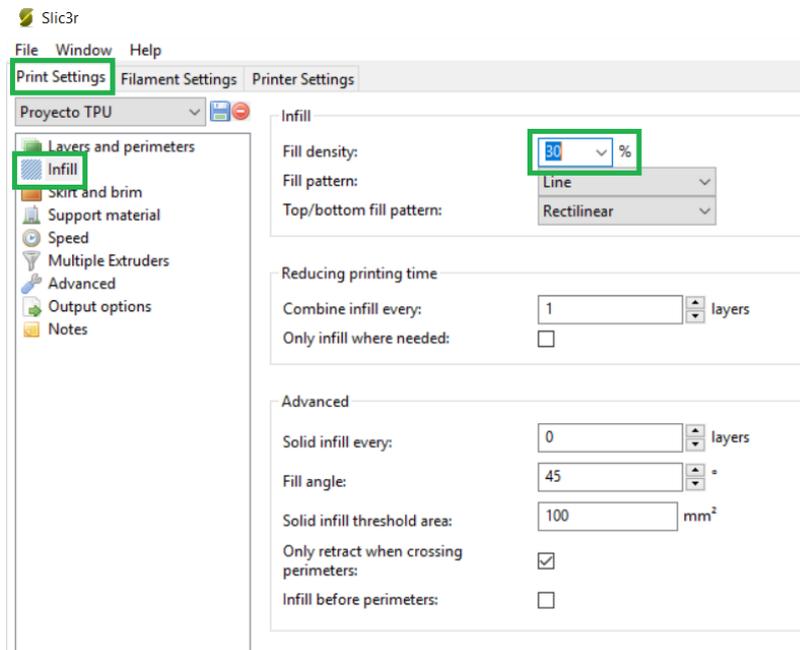


Imagen 20. Software Slic3r

Una vez realizada esta operación, solo queda guardar el perfil que se ha modificado para poder utilizarlo en la conversión del STL a Gcode.

### 8.1.3. ZONA DE MENOR DENSIDAD

Al igual que para el componente anterior, el porcentaje de relleno de la zona de menor densidad situada en la parte superior-posterior de la entresuela va a estar directamente relacionado con la masa del usuario. En la siguiente tabla se puede apreciar dicha relación.

Masa del usuario (kg)	Densidad de relleno de la zona de menor densidad (%)
< 55	10
55 – 64	
65 – 74	15
75 – 84	
85 – 100	20
> 100	

Tabla 7. Relación entre masa del usuario y densidad de relleno de la zona de menor densidad

En el caso de la zapatilla referente al trabajo, el porcentaje seleccionado es del 15%.

Para realizar la modificación de este parámetro, se debe repetir la misma operación que se ha visto con la entresuela.

### 8.1.4. GROSOR DE LA ENTRESUELA

Otro parámetro que se debe configurar es el grosor de la entresuela, que en este caso va a estar directamente relacionado con la experiencia deportiva del cliente, ya que no es recomendable una entresuela demasiado fina para personas cuyas articulaciones no están habituadas a amortiguar esfuerzos. Para ello se va a utilizar la siguiente tabla:

Experiencia del usuario	Grosor de la entresuela (mm)
Baja	15
Media	20
Alta	25

Tabla 8. Relación entre la experiencia del usuario y el grosor de la entresuela

En la tabla existe un valor subjetivo llamado “experiencia”. Este valor se deberá obtener mediante diferentes preguntas al cliente como:

- ¿Cuántos días corres a la semana?
- ¿Cuántos kilómetros corres de media un día de entrenamiento?
- ¿Qué ritmo medio llevas un día de entrenamiento?

- ¿Qué experiencia consideras que tienes en el Running?

En el caso de la zapatilla desarrollada en el proyecto, se va a seleccionar un grosor de 20 mm.

#### 8.1.5. OTROS

Otros parámetros que pueden personalizarse, siempre por petición expresa del cliente, y teniendo en cuenta que aumentarán el PVP de la zapatilla, son:

- **Drop.** Aunque se ha seleccionado un drop medio en el apartado 7.3 como configuración estándar para el diseño y fabricación de la zapatilla, el cliente podrá modificar este parámetro en función de su gusto, ya que cada vez son más personas las que prefieren correr con drops muy bajos y, al mismo tiempo, existen gran cantidad de runners que prefieren el clásico drop alto.

- **Doble adaptación.** Por diferentes motivos, en multitud de ocasiones, la geometría de los pies de una misma persona puede diferir considerablemente, por lo que se hace imprescindible contemplar esta posibilidad. En este caso se realizaría el escaneo de los dos pies y el diseño individual de cada una de las zapatillas.

- **Suela.** En la selección de alternativas de diseño, se ha decidido que la suela más adecuada es la que está diseñada para asfalto y superficies llanas, ya que la mayoría de usuarios utiliza el calzado deportivo sobre este tipo de superficies. No obstante, es necesario contemplar la opción de poder integrar una suela con un mayor grosor de tacos adaptada a otros tipos de pavimento (ej: pavimento de montaña).

- **Estética.** La estética es un factor muy importante para algunos usuarios de zapatillas deportivas, por lo que se podrán modificar los siguientes componentes estéticos.

- Colores: se permitirá al usuario que seleccione la paleta de colores con la que se fabricarán las diferentes partes.
- Texto: el usuario podrá seleccionar un texto que será bordado sobre el Upper.

## 8.2. PROCESOS DE FABRICACIÓN

Para la consecución de la zapatilla, se realizarán varios procesos de fabricación. A continuación, se enumeran en orden y se detallan para cada pieza.

- **Impresión en 3D:** para la fabricación de la entresuela, el contrafuerte, la suela y la horma.
- **Cortado:** para la obtención de los patrones de tela necesarios para construir el upper de la zapatilla.

- **Pegado:** para la unión de las diferentes partes de la zapatilla además de ayudar a la adhesión de las piezas cosidas.
- **Cosido:** para unir los patrones de tela que forman el upper.
- **Remachado:** para realizar los agujeros por donde pasarán los cordones.

Las diferentes piezas que se van a ver afectadas por los procesos de fabricación descritos son, en el siguiente orden:

### Horma

- Impresión en 3D



Imagen 21. Horma

### Entresuela

- Impresión en 3D
- Pegado

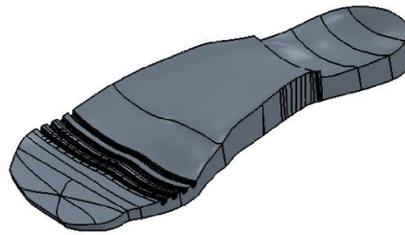


Imagen 22. Entresuela

### Suela

- Impresión en 3D
- Pegado

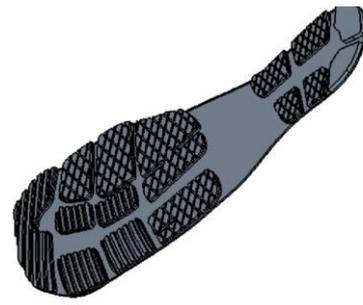


Imagen 23. Suela

### Zona de menor densidad

- Impresión en 3D
- Pegado

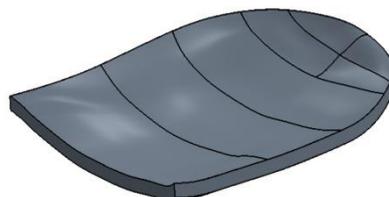


Imagen 24. Zona de menor densidad

### Contrafuerte

- Impresión en 3D
- Pegado

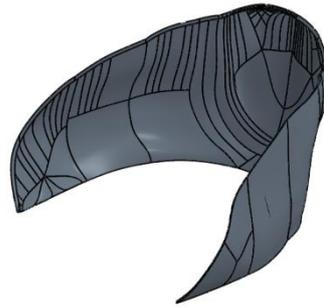


Imagen 25. Contrafuerte

### Patrón anterior

- Cortado
- Cosido
- Pegado

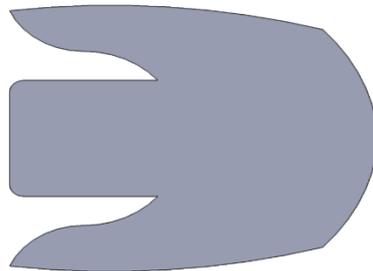


Imagen 26. Patrón anterior

### Patrón posterior

- Cortado
- Cosido
- Remachado
- Pegado



Imagen 27. Patrón posterior

### Patrón inferior

- Cortado
- Cosido
- Pegado

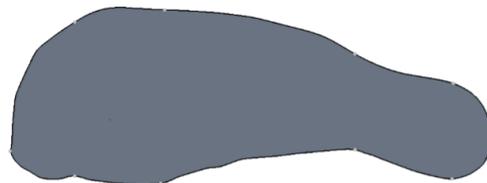


Imagen 28. Patrón inferior

### 8.3. DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE



Imagen 29. Descripción del montaje

La zapatilla se va montar del siguiente modo:

- 1- Cosido de las 3 partes que conforman el upper con la ayuda del adhesivo “M-64” alrededor de la horma.
- 2- Limpiado de todas las zonas a las que se vaya a aplicar pegamento con la ayuda de un cepillo de cerdas metálicas y el disolvente “LP”.
- 3- Forrado y adhesión del contrafuerte mediante el pegamento “533” al upper.
- 4- Pegado de la zona de la entresuela de menor densidad a la entresuela mediante el adhesivo “S-21”.
- 5- Unido de la suela a la entresuela mediante el adhesivo “S-21”.

6- Unido del upper al conjunto suela-entresuela mediante la técnica de cemento frío explicada en el apartado 7.1.4 de la memoria y con la ayuda del adhesivo “29C”

7- Pasado de los cordones por los remaches dejándolos colocados.

#### **8.4. NOMBRE COMERCIAL Y LOGOTIPO**

Para la comercialización del producto, se procede a establecer un nombre comercial y un logotipo.

El nombre comercial va a ser uniqueFoot, haciendo referencia a la individualidad de la morfología humana. El uso de la palabra “unique” en el nombre también tiene el objetivo de otorgar al producto atributos de exclusividad.



Imagen 30. Logotipo

En el mercado del calzado, y en especial en el ámbito de las zapatillas deportivas, hay un gran número de marcas, y algunas de ellas muy reconocidas. Para facilitar el aprendizaje de este nuevo nombre comercial se ha decidido incluir dicho nombre en el logotipo. Por otro lado, se ha seleccionado una tipología simple y no demasiado informal ya que se desea transmitir una imagen de profesionalidad sobre un producto que está relacionado con tecnologías económicas al alcance de muchos. La forma que acompaña al texto representa la utilización de la tecnología 3D (impresión 3D y escáneres 3D) mediante la profundidad del semi-marco.

#### **8.5. VIABILIDAD ECONÓMICA**

El PVP calculado en el apartado de presupuestos, localizado al final del proyecto, ha sido de 180.96 €. En el cálculo se han tenido en cuenta las siguientes variables:

- Los elementos fabricados.
- Los elementos comerciales adquiridos.
- Los elementos auxiliares adquiridos.
- La mano de obra contratada.
- El porcentaje de beneficio.
- El IVA.

Tras este cálculo, se ha realizado un análisis del PVP en el mismo apartado teniendo en cuenta la inversión realizada y la estimación de ventas anuales para un periodo de tres años.

Tras dicho análisis se llega a las siguientes conclusiones:

- El valor actual neto (Van) tras 3 años es de 34880.61 €.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) tiene un valor del 22.73 %.
- El periodo de Recuperación de la inversión es de (PRI) es de 359 días.



---

## 2. ANEXOS

---



# ÍNDICE

1.	Estudio de mercado .....	67
	New Balance.....	67
	Under Armour Architect .....	68
	Feetz.....	68
	Shoetopia.....	69
2.	Búsqueda de información .....	69
	2.1. Definición de zapatilla.....	69
	2.2. Partes de una zapatilla deportiva .....	70
	2.3. Impresión 3D y tecnologías existentes .....	72
	2.3.1. Impresión 3D.....	72
	2.3.2. Tecnologías existentes .....	74
	2.3.3. Impresión FFF.....	77
	2.4. Precios .....	78
	2.5. Materiales.....	79
	2.5.1. Materiales para el upper .....	79
	2.5.2. TPU.....	83
3.	Encuestas .....	84
	3.1. Información interesante para recopilar por la encuesta.....	84
	3.2. Grupo de personas al que va destinada la encuesta .....	84
	3.3. Encuesta .....	84
	3.4. Datos extraídos de la encuesta .....	87
	3.5. Análisis de la información extraída .....	93
4.	Diseño de detalle .....	94
	4.1. Medidas y parámetros dimensionales del pie.....	94
	4.1.1. Medidas longitudinales con el pie en carga .....	96
	4.1.2. Medidas longitudinales con el pie en descarga.....	97
	4.1.3. Medidas de alturas.....	98
	4.1.4. Medidas de contornos sobre el pie .....	98
	4.2. Diseño de la horma .....	99
	4.2.1. Definición de superficies y ejes de la horma .....	100
	4.2.2. Definición de las medidas de la horma .....	102
	4.3. Diseño del upper .....	111
	4.3.1. Contrafuerte .....	111
	4.3.2. No utilización de refuerzos en la parte delantera .....	113
	4.3.3. Evitar que la zona de los cordones influya en los dedos.....	113
	4.4. Diseño de la entresuela.....	113
	4.4.1. Densidad de la entresuela .....	113
	4.4.2. Grosor de la entresuela.....	114
	4.4.3. Inserción de una zona con menor porcentaje de relleno en el talón. ....	116

4.4.4.	Cortes transversales en la entresuela.....	116
4.4.5.	Diseño geométrico de la entresuela.....	116
4.5.	Diseño de la suela.....	117
4.5.1.	Material de la suela.....	117
4.5.2.	Redondeo del borde posterior de la suela .....	118
4.5.3.	Dibujo de la suela.....	118
5.	Materiales y componentes empleados.....	120

# 1. ESTUDIO DE MERCADO

Hoy en día existe muy poco en cuanto a la producción de calzado impreso en 3D, ya que esta tecnología tiene un uso mucho más particular y puntual. No obstante, ya existen marcas que han comenzado a pensar en las nuevas tecnologías de impresión 3D como una alternativa y otras que ya la utilizan de manera real.

NEW BALANCE



Imagen 31. New Balance

Han anunciado el lanzamiento de 44 pares de zapatillas con la entresuela impresa en 3D mediante la tecnología Sinterización Selectiva por Laser (SLS), a través de las impresoras de 3D Systems. El material utilizado es DuraForm® Flex TPU. La razón por la que están empezando a imprimir en 3D es para evitar la fabricación de los moldes de inyección con los que realizan normalmente esta pieza, además de aprovechar la posibilidad de experimentar con diferentes conceptos rápidamente sin tener que crear un molde para cada uno de ellos.

## UNDER ARMOUR ARCHITECT



Imagen 32. Under Armour Architect

Lanzarán 96 pares de este modelo. La tecnología utilizada para obtener la entresuela también es SLS, y al igual que New Balance, tendrán un único diseño genérico para esta corta serie de producción. Ha sido diseñada mediante el software Autodesk Within, en el Laboratorio de innovación de Under Armour.

## FEETZ



Imagen 33. Feetz

Utilizan una aplicación propia para la realización de fotos del pie a partir de las cuales tomarán las medidas generales para la impresión del upper de la zapatilla. La parte de la entresuela y la suela de la zapatilla no se adaptan al pie, aunque también están impresas en 3D por impresoras 3D de tecnología FDM.

## SHOETOPIA



Imagen 34. Shoetopia

Es un proyecto similar a Feetz pero que todavía no está lanzado, sino que se encuentra en una fase previa. Se desea, a través de una aplicación, desarrollar una zapatilla cuya parte de arriba esté adaptada al pie; en este caso mediante la impresión de unas piezas de juste que ajustarán más o menos una tela predefinida. Al igual que en el caso anterior, no adaptan la zapatilla a la planta del pie del usuario.

## 2. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

### 2.1. DEFINICIÓN DE ZAPATILLA

Del diminutivo zapata.

f. Calzado cómodo y ligero, de paño, piel, etc., y con suela delgada, que se usa para estar en casa. 2. f. zapatilla de deporte.

f. En ballet, calzado plano, hecho con tejido de seda y suela de cuero, que se ata con cintas alrededor del tobillo.

f. Zapatilla de deporte.

f. Calzado de calle ligero de suela muy delgada.

- f. Pedazo de ante que en los instrumentos musicales de viento se pone debajo de la pala de las llaves para que se adapte bien a su agujero.
- f. Pieza de cuero, goma, etc., que sirve para mantener herméticamente adheridas dos partes diferentes que están en comunicación, como cañerías, depósitos, etc.
- f. Suela (cuero del taco de billar).
- f. Uña o casco de los animales ungulados.
- f. Rasgo horizontal que suelen llevar por adorno los trazos rectos de las letras.
- f. Pedazo pequeño de ante que se ponía detrás del muelle de la llave de un arma de fuego para que no lastimase la mano.
- f. Esgr. Forro de cuero con que se cubre el botón de hierro que tienen en la punta los floretes y espadas negras para que no puedan herir.

#### Zapatilla de deporte

1. f. Esp. Calzado hecho generalmente con piel o lona y suela de goma, que se ata con cordones o se sujeta con velcro, y se usa para practicar algunos deportes.

## 2.2. PARTES DE UNA ZAPATILLA DEPORTIVA

**Upper.** Zona que está por encima de la planta del pie, contiene al pie y le da el ajuste necesario para que éste quede fijado, se subdivide en:

- *Mesh.* también llamada malla o rejilla. Es toda la tela que envuelve el pie, tanto interior como exterior. Generalmente es fino y tiene microperforaciones para permitir una correcta transpiración que favorezca la ventilación del pie.
- *Nervios o refuerzos superiores.* Se encuentran en los laterales, tanto en el interior como en el exterior de la zapatilla. Están formados por un material más duro y tensionado que el resto del Mesh. Pueden formar parte de la malla o estar ensamblados como un elemento independiente. Su objetivo es la fijación de la parte superior de la zapatilla al pie.
- *Puntera.* Parte delantera de la zapatilla.
- *Contrafuerte.* Zona de mayor rigidez que rodea al talón, protegiéndolo y evitando el movimiento de éste.
- *Lengüeta.* Cubre y protege la parte del empeine del pie, evitando que la presión de los cordones se transmita a esta zona. También facilita la introducción del pie en la zapatilla. Puede ir cosida en todo su perímetro o solo por la parte delantera.
- *Cuello o collar.* Es la abertura a la parte interior de la zapatilla. Rodea el tobillo y evita la aparición de rozaduras en el talón.
- *Cordones:* Se utilizan para ajustar el apriete de la zapatilla al pie. También refuerzan la acción de los nervios.

**Interiores.** La función de los interiores es que el pie quede ajustado, así como la comodidad del mismo.

- *Acolchado*: Todo añadido interior exceptuando el que está en contacto con la zona de la planta del pie. No es un elemento que aparezca siempre, sobre todo en zapatillas deportivas, ya que dificulta la transpiración.
- *Plantilla*: Puede estar fijada o no. Su función en la zapatilla deportiva es de vital importancia. Equilibra la pisada del usuario, aporta la estabilidad necesaria al pie y es la parte más cercana al pie (está en contacto) encargada de la repartición de cargas.

**Media suela o entresuela.** Es la parte que se encuentra entre la suela y el upper. Es la principal encargada de la absorción de impactos. Mediante la amortiguación protege la planta del pie, así como las articulaciones involucradas al correr, de la superficie sobre la que esté actuando la zapatilla y de las irregularidades existentes en ésta, proporcionando estabilidad a la pisada.

Un concepto relacionado con la media suela es el *drop*, que se define como la diferencia entre el perfil trasero y el delantero. El valor recomendado se encuentra entre los 9 y 12 mm. Un drop bajo induce a pisar con la parte media y delantera del pie, mientras que uno alto aumenta la pisada con la parte del talón. En un usuario con poca experiencia o que corra a bajas velocidades es aconsejable un drop de más de 10 mm. Cuanto más bajo sea el drop, más adaptación y técnica es necesaria por parte del corredor. Los drops más bajos son muy exigentes con la cadena de músculos posteriores de la pierna.

Drop = Perfil trasero o de talón – Perfil delantero o de antepié.

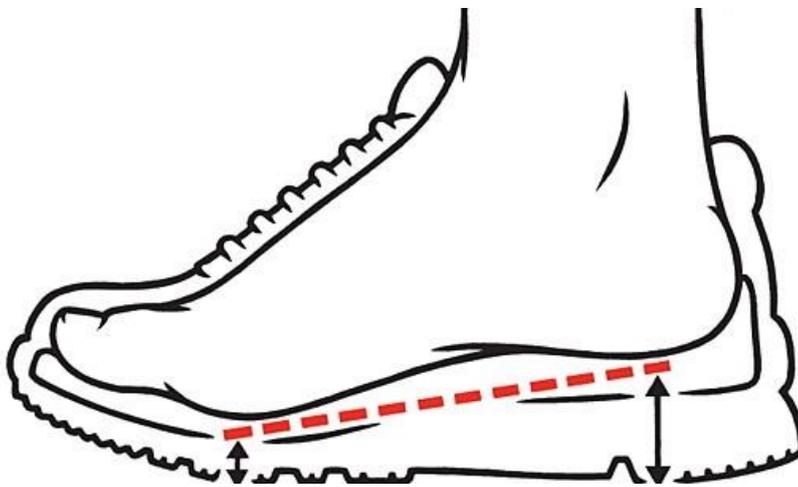


Imagen 35. Drop

El perfil de una zapatilla es la distancia entre la planta del pie y el suelo, por lo tanto, es la suma del ancho de la suela y la entresuela; siendo este último elemento el que determinará en mayor medida el perfil, ya que el espesor de la suela es muy reducido. El valor más común para estos valores es de 30 mm para el talón y 20 mm para el delantero. El valor del perfil de talón aumentará con el peso del usuario. El valor del delantero funciona de forma similar en cuanto al peso, sin embargo, se suele utilizar uno

menor para los usuarios noveles, ya que esto le aporta mayor velocidad de pisada a la zapatilla al ser más baja esta zona. Para el usuario con más experiencia, esta configuración le puede resultar incómoda, ya que se trata de una postura antinatural, y en una carrera larga puede llegar a ser muy molesto.

La *corrección* es otro concepto relacionado directamente con la entresuela. Se trata de una modificación de la zona de la entresuela situada en el arco interior del pie mediante un estabilizador, un refuerzo de mayor dureza. Dicho refuerzo evita la pronación del usuario. La corrección se utiliza para corredores pronadores y también para neutros de largas distancias, ya que, debido al cansancio, el corredor neutro tiende a pronar, es decir, a colocar su peso en la zona interna del pie.

**Suela.** Parte de la zapatilla que se encuentra en contacto directo con el terreno, protege a la media suela de éste y proporciona el rozamiento necesario para lograr un buen agarre. Dependiendo del terreno puede tener protuberancias para mejorar el agarre.

Un concepto relacionado con la suela son las *estrías de flexión*, necesarias para reducir la resistencia de ésta a la flexión. Suelen estar presentes en la zona delantera del pie en perpendicular al sentido de la marcha.

## 2.3. IMPRESIÓN 3D Y TECNOLOGÍAS EXISTENTES

### 2.3.1. IMPRESIÓN 3D

Una impresora 3D es una máquina capaz de producir piezas de una forma totalmente inversa a los procesos de mecanizado por arranque de viruta actuales, es decir, en vez de eliminar material a un bruto para lograr la pieza final (fabricación sustractiva), se basan en la fabricación aditiva, aprovechando prácticamente el 100% del material con el que trabajan. Además, no necesitan de elementos auxiliares como utillajes o moldes para conseguir la pieza final, como también ocurre en otras tecnologías convencionales de conformado como en el moldeado, troquelado, etc.

Algunas ventajas de la fabricación aditiva frente a los procesos de fabricación convencionales son las siguientes:

- No existen limitaciones morfológicas. Algunas piezas serán más fáciles de obtener que otras y algunas tecnologías tienen limitaciones dimensionales, pero no hay un diseño para fabricación. Esto permite modelar con total libertad el diseño de nuestro objeto.
- La complejidad geométrica no encarece el proceso de fabricación puesto que no vamos a utilizar elementos auxiliares de ningún tipo para lograrla
- La personalización, e incluso la individualización del producto, no encarece el proceso de fabricación. Se le puede aportar un valor añadido a cualquier diseño, ya que se puede realizar a medida sin influir en el tiempo de fabricación. Esto

también favorece el diseño conceptual del producto y la posibilidad de obtener diferentes modelos físicos con un bajo coste y en poco tiempo.

- Para obtener un objeto finalizado se utiliza menos energía y menos material, por lo que también se reducen las emisiones y residuos.
- Ideal para series cortas, prototipos, recambios y diseños personalizados. Como ya se ha comentado, la no utilización de elementos auxiliares hace a la impresión 3D la tecnología más económica para este tipo de productos, evitando grandes gastos iniciales (molde), gastos de mantenimiento, de almacenamiento, etc.
- Se puede fabricar más de una pieza a la vez, incluso ensamblajes (engranajes, rodamientos, uniones roscadas, objetos dentro de otros...).

Lo único que necesita cualquier impresora 3D de las diferentes tecnologías de impresión que existen, además de una fuente de alimentación y materia prima, es un modelo 3D y un software que convierta dicho modelo (normalmente deberá estar guardado en formato STL) en un tipo de archivo que le comunique a la impresora todas las acciones que debe realizar. La obtención de nuestro modelo puede lograrse de diferentes modos:

- Mediante modelado 3D con cualquier tipo de software CAD.
- Mediante escaneado 3D de la pieza a replicar.
- Mediante la descarga de modelos 3D existentes.

El problema del escaneado es el restrictivo precio de los escáneres con una alta calidad. A diferencia de las impresoras 3D, que dependiendo de la tecnología su precio puede ir desde 300 a más de 100.000 euros, los escáneres 3D acordes en precio a las impresoras 3D más asequibles tienen muchas limitaciones. Cualquier escáner con un precio menor de 1000 euros no podrá escanear objetos de menos de 20 cm de tamaño. Los escáneres con una resolución más que aceptable suelen sobrepasar los 4000 euros.

Mediante la descarga de archivos existentes, se pueden imprimir objetos que los usuarios de múltiples webs hayan diseñado. Existen miles de modelos 3D totalmente gratuitos. Algunas de estas páginas son:

- <https://www.thingiverse.com>
- <https://www.youmagine.com>
- <https://www.myminifactory.com>

### 2.3.2. TECNOLOGÍAS EXISTENTES

Existen diferentes tecnologías de impresión 3D. Cada una de ellas tiene unas características propias, un método de fabricación y un hardware y software específico, pero todas ellas se basan en la fabricación aditiva. Algunas de las tecnologías más extendidas son las siguientes:

#### PHOTOPOLYMER JETTING (POLYJET) O MATERIAL JETTING

El funcionamiento de esta tecnología se basa en la continua extrusión de material en estado líquido (mediante un cabezal que puede extruir diferentes tipos de materiales y colores) y su inmediata curación mediante un foco de luz localizado en el mismo cabezal.

Capa a capa va creando el modelo a obtener, pudiendo utilizar más de un material por pieza. Los soportes necesarios para sostener las geometrías en voladizo se suelen realizar de un material diferente que suele ser soluble al agua, para facilitar su extracción en el postprocesado.

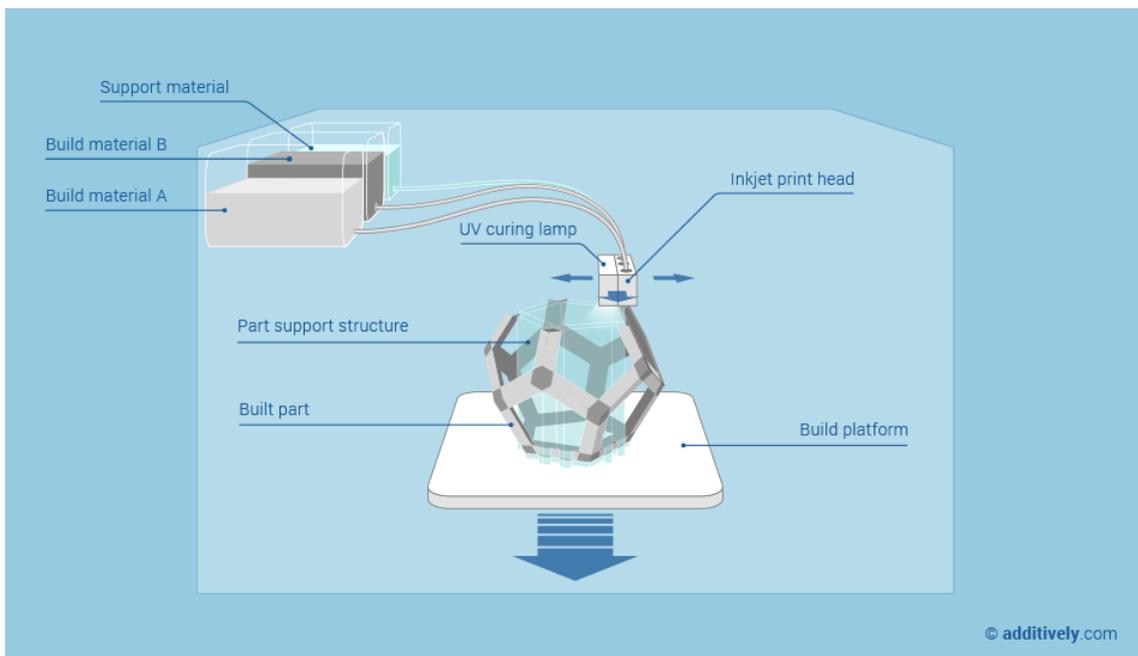


Imagen 36. Photopolymer Jetting (polyjet)

<https://www.additively.com/en/learn-about/photopolymer-jetting>

## ELECTRON BINDER JETTING

Una máquina de inyección de aglutinante distribuirá una capa de polvo sobre una plataforma de construcción. Estas capas de polvo se irán apilando unas encima de otras, provenientes de otra plataforma de almacenamiento. Cada vez que se añada una nueva capa, un cabezal extrusor aplicará un agente adhesivo sobre estas, uniendo las partículas entre sí.

Puede trabajar con prácticamente cualquier material que se encuentre en polvo y con multitud de colores, ya que el agente adhesivo está tintado. Los soportes para mantener los posibles voladizos existentes en los diseños están formados por el mismo polvo aglutinado, ya que las piezas impresas yacen sobre él.

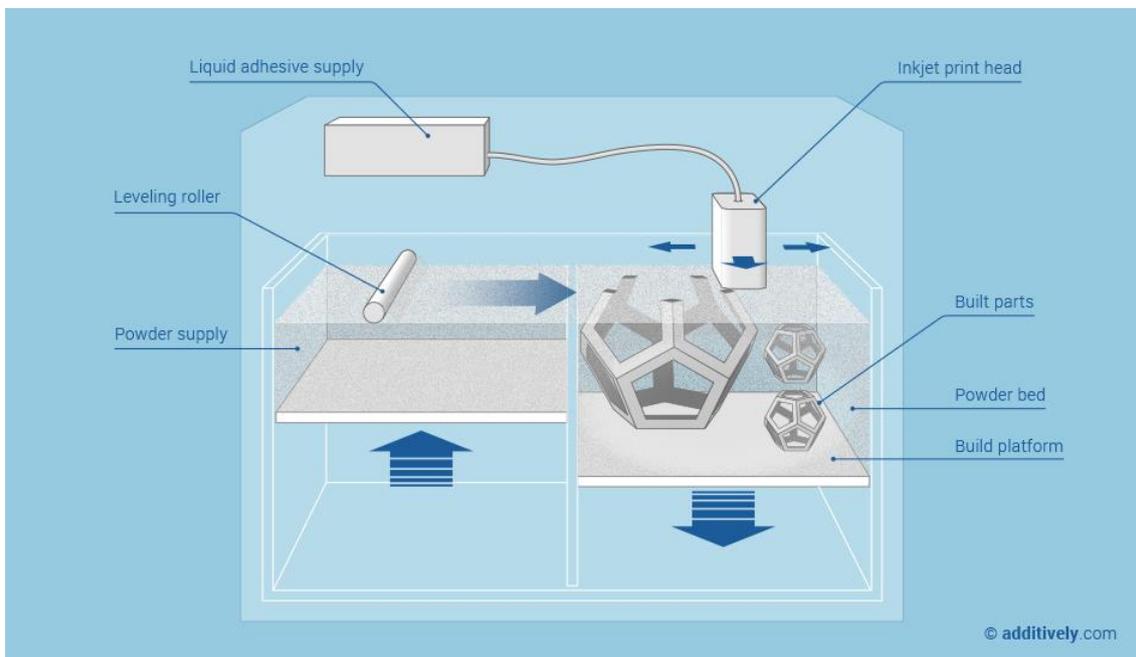


Imagen 37. Electron Binder Jetting

## ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA)

Es un método de impresión 3D que se basa en la solidificación de un líquido fotosensible almacenado en un tanque a través de láser de luz ultravioleta. Al igual que el resto de tecnologías trabaja capa a capa.

El haz de luz va solidificando diferentes secciones transversales de la pieza, siendo cada una de ellas el soporte para la siguiente. El grosor de dichas capas suele ser de entre 0.05 y 0.15 mm, dicho grosor viene determinado por el motor encargado de mover la varilla roscada del eje z y por dicha varilla.

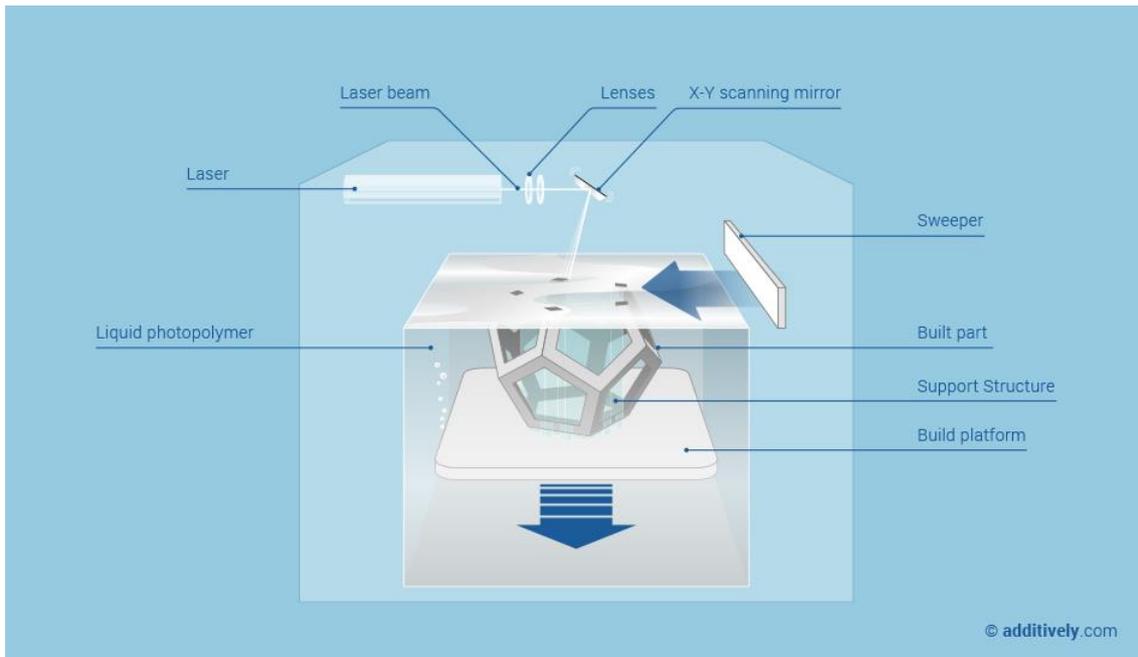


Imagen 38. Estereolitografía (SLA)

## DLP

Es una variante o evolución de la tecnología SLA. Al igual que en el anterior tipo de impresión 3D, consta de un depósito de material fotosensible que se irá curando mediante luz ultravioleta capa a capa, solidificando secciones transversales de la pieza mediante una proyección con un proyector DLP.

El elemento diferenciador es la sustitución del láser por un proyector, lo que permite solidificar toda la sección transversal simultáneamente, reduciendo así los tiempos de impresión.

## SINTERIZACIÓN SELECTIVA POR LÁSER (SLS)

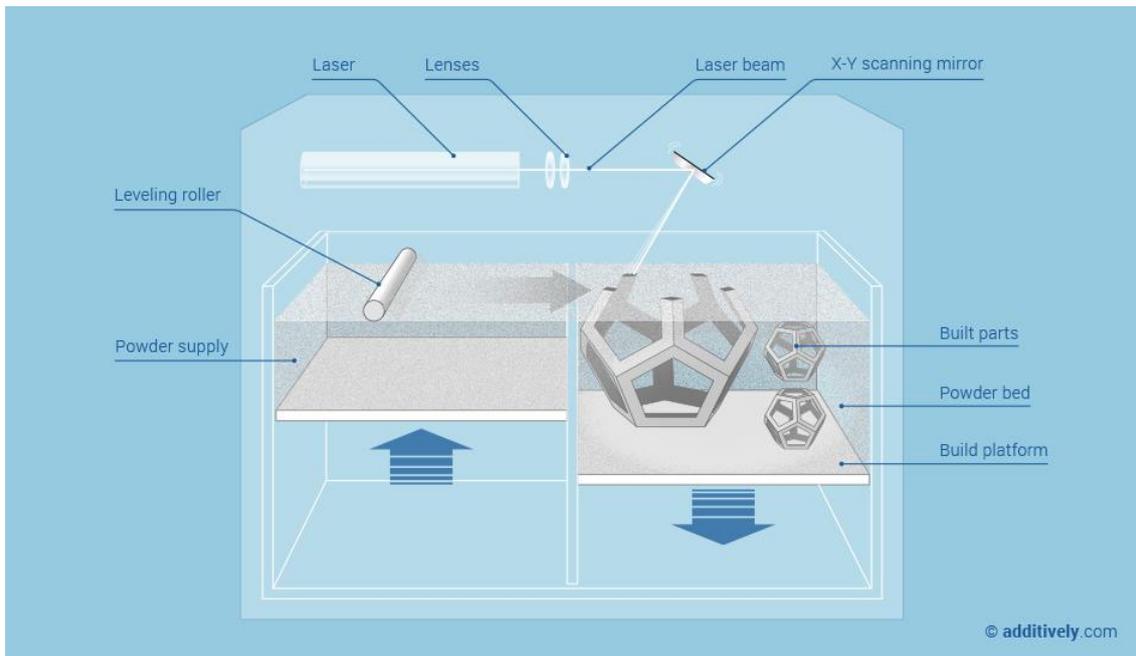


Imagen 39. Sinterización Selectiva por Láser (SLS)

A diferencia de la tecnología SLA o DLP que utiliza como material base un líquido fotocurable, la Sinterización Selectiva por Láser emplea polvo, que puede estar formado por materiales de muchos tipos (cerámicos, plásticos, metálicos, vidrio, nylon...). Para lograr el objeto físico del modelo 3D, el láser impacta en este polvo sinterizándolo (la temperatura de sinterización es aproximadamente el 70% de la temperatura de fusión) y creando, capa a capa (transversales) la pieza finalizada. También es necesaria una alta presión para lograr piezas con una densidad de material aceptable.

El polvo no fundido y solidificado hará la función de soporte para las partes en voladizo. Una vez finalizado el procedimiento, únicamente hay que apartar la parte endurecida de la que no lo está.

Para evitar la oxidación de las piezas, el proceso se realiza en una atmósfera controlada, habitualmente reductora (hidrógeno, monóxido de carbono, amoníaco...).

### 2.3.3. IMPRESIÓN FFF

La impresión 3D FFF (fabricación por filamento fundido) o también conocida como FDM cuando mantenía la patente (modelado por deposición fundida) es la tecnología de fabricación aditiva más común.

Su funcionamiento se basa en la deposición de un termoplástico habitualmente, siendo cada capa depositada el soporte para la siguiente. Se suele alimentar de bobinas de filamento en estado sólido, que mediante un motor paso a paso se van introduciendo en

un cabezal alimentado por una resistencia eléctrica. Una vez el termoplástico llega a este componente, se funde, pasando al estado líquido de la materia y fluyendo a través de un extrusor que va depositando el material sobre una superficie de impresión.

Las temperaturas más utilizadas para dicho cabezal de impresión oscilan entre 195°C y 230°C ya que ésta es la temperatura de los dos materiales más utilizados para este tipo de tecnología, el PLA y el ABS. Existen muchos más tipos de materiales y configuraciones de temperaturas que son compatibles con la tecnología FFF, como el chocolate, el TPU o el nylon.

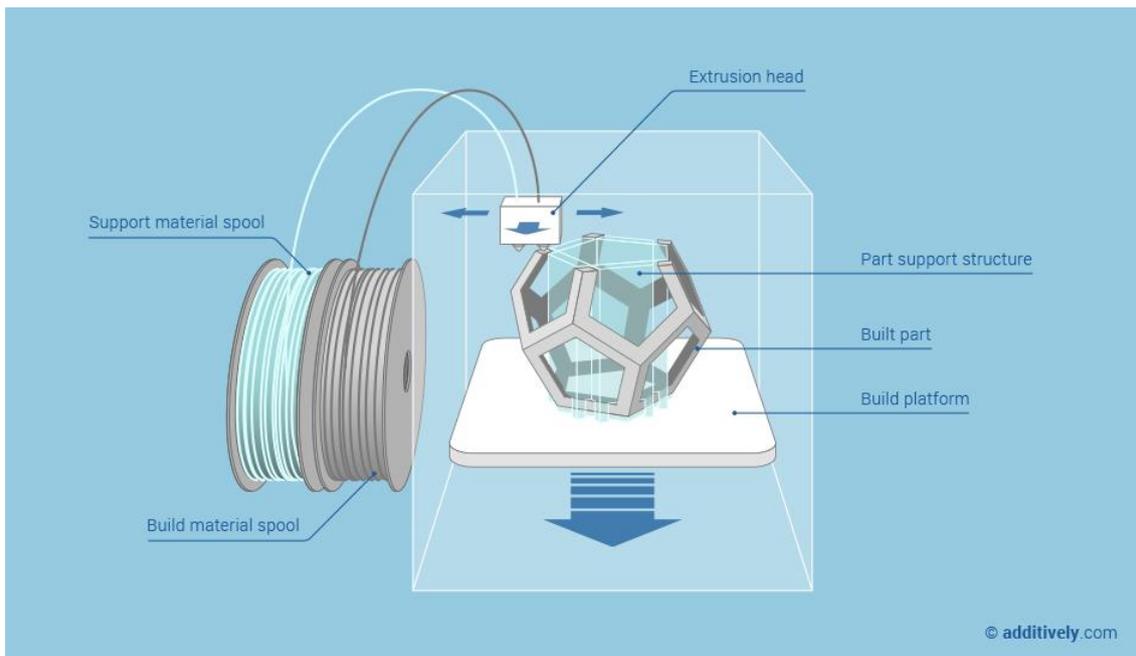


Imagen 40. Fabricación por filamento fundido (FFF)

## 2.4. PRECIOS

Los precios actuales de zapatillas deportivas cuya entresuela se ha impreso en 3D, están en torno al doble del precio de una zapatilla de alta gama fabricada mediante los métodos de producción convencionales. Hay que tener en cuenta que solo hay dos modelos hoy en día que se vayan a poner a la venta y que son series muy pequeñas de producción.

- New Balance: 400 \$.
- Under Armour Architect: 300 \$
- Feetz: 145 – 165 \$

## 2.5. MATERIALES

### 2.5.1. MATERIALES PARA EL UPPER

#### CUERO

El cuero es el material más utilizado para realizar zapatos, es duradero y flexible y se puede encontrar en diferentes colores y rangos de precios. Sus principales inconvenientes son el peso, el calor que aportan y la susceptibilidad a la absorción de agua y a la degradación si no son tratados correctamente. Además, su precio es mayor que el de los materiales sintéticos.

Debido a que cada trozo de cuero viene de diferentes animales, éstos van a tener un tamaño, marcas y cicatrices distintas, por lo que siempre va a existir un porcentaje de material que deberá ser desechado. Este porcentaje varía entre el 5% y el 15%.

Los cueros más utilizados normalmente para zapatillas son el cuero de vaca, seguido del de cerdo, de cabra, de oveja, de cocodrilo, de avestruz...

En la piel de vaca utilizada para el cuero hay dos partes diferenciadas, la cara superior o "grano", parte más valiosa de la piel, cuyas fibras de cuero son densas, firmes y con una superficie suave; y la otra parte del cuero llamada "split" o gamuza. Cuanto mayor es la profundidad de la piel, mayor es la suavidad de ésta.

- Tipos más comunes de cuero de "grano".
  - Anilina de grano lleno: este cuero ha mantenido su grano lleno con una textura completamente natural. Su coloración se logra mediante colorantes solubles sin recubrir la superficie de cuero con una pintura de acabado. Es el cuero de mayor calidad y el más caro, aunque puede oscurecer con la edad.
  - Grano lleno pigmentado: al igual que el anterior, conserva su grano lleno, pero con la diferencia de que a este tipo de cuero se le aplica un acabado opaco coloreado que unifica y oculta pequeños defectos y protege el cuero. También es resistente al agua.



Imagen 41. Grano lleno pigmentado

- Grano corregido y pigmentado: para suavizar la superficie de cuero y eliminar sus imperfecciones, tales como arrugas y arañazos, se le aplica un grano tintado a su superficie que está ligeramente en relieve. Su estética es ligeramente artificial, sin embargo, es muy resistente al desgaste.
- “No buck”: este tipo de cuero tiene un acabado aterciopelado. Es suave al tacto y de alta calidad, pero es frágil y requiere de un mantenimiento cuidadoso. Normalmente requiere de un tratamiento impermeabilizante.



Imagen 42. No buck

- “Crazy Horse”: este estilo de cuero es de menor calidad. Es tratado con un compuesto pesado, ceroso y aceitoso que oscurece el material. En este tipo de cuero se suelen apreciar rasguños, cicatrices y arrugas en su superficie. También puede mostrar cambios de color en las zonas de flexión.



Imagen 43. Crazy horse

- Tipos más comunes de cuero “split”.
  - Suede: material muy utilizado en calzado. La gamuza de alta calidad tiene una apariencia similar al cuero “no buck”, mientras que la gamuza de menor calidad tiene una apariencia “peluda”. Este material está disponible en casi cualquier color y es muy utilizado en las zapatillas de skate y zapatillas vulcanizadas en general.



Imagen 44. Suede

- Suede presionado: la superficie es tratada con una resina plástico-aceitosa. Más tarde la piel es presionada, obteniéndose de este modo un cuero con una textura fina y ligeramente brillante. Se trata de un material barato y de menor calidad, cuya superficie se agrietará con facilidad.

- Cuero forrado:

La superficie puede ser comprimida o enrollada. Esta piel se forra de una película delgada de PVC o PU, por lo que la capa exterior es coloreable. Una vez que la película y el cuero están unidos, el acabado es muy suave.

Este tipo de cuero es muy común, por ejemplo, se utiliza en todas las zapatillas de cuero blanco que se ven comúnmente. Es barato y tiene un acabado liso y libre de arañazos y cicatrices. Además, se puede encontrar con multitud de acabados.



Imagen 45. Cuero forrado

## TEXTILES

Existen multitud de telas aplicadas al calzado, naturales y sintéticas, cada una de ellas con unas propiedades diferentes y unas aplicaciones específicas. La selección de la tela vendrá influenciada por características como el tamaño del hilo, la composición de la fibra, el patrón del tejido, el material de apoyo, el tamaño de la pieza a realizar o los tratamientos superficiales que se le van a aplicar posteriormente.

El hilo más utilizado para zapatillas suele tener 110 denieres para tejido muy ligero, 420D y 600D para el calzado más común; y 1000D para los zapatos más pesados. (El denier es una unidad de medida; 1 denier = 1 gramo por cada 9000 metros de hilo).

Las telas más utilizadas en calzado son la lana, el algodón, el nylon, el poliéster, el polipropileno y la licra. Para el diseño del zapato los dos materiales más comunes son el poliéster y el nylon. La licra se suele utilizar para la fabricación de forros y fijaciones; mientras que el algodón es necesario en los zapatos vulcanizados, y también se suele utilizar, al igual que la lana, para el acabado de algunas partes.

Hay diferentes maneras de tejer las fibras. Las fibras que corren a lo largo del tejido se denominan “urdimbre”, mientras que las que corren de un lado al otro de la tela se denominan “trama”. Hay muchos tipos de tejidos, siendo los más utilizados la llanura, tela cruzada, satén, cesto, “dobby” y “rip stop”.

Las telas recién tejidas son suaves y sin forma definida, por lo tanto, es necesario darles un tratamiento de resina líquida, calentarlas, estirarlas y tratarlas con una resina de encolado que las mantendrá en su lugar.



Imagen 46. Materiales textiles

## MATERIALES SINTÉTICOS

Actualmente, es común utilizar materiales sintéticos (cuero sintético) para la fabricación de calzado de alto rendimiento, compuestos por varias capas en muchos casos. Los materiales sintéticos más baratos están compuestos por un forro exterior fibroso de PVC tejido, frente al calzado de alta gama que utiliza micro fibras de poliuretano con superficies lisas que pueden ser teñidas para obtener cualquier color.

Como ya se ha comentado, el PVC es el cuero sintético más barato, generalmente este material es gravado bajo relieve. El PVC líquido se vierte sobre un papel de liberación texturizado que produce en la superficie una textura característica de este material, el grosor varía entre 0.8 y 2 mm dependiendo del tratamiento superficial.

El cuero sintético de PU es un material que se puede encontrar en casi cualquier color. El espesor de estas fibras de PU suele estar entre 0.5 y 2 mm y se les puede dar un

tratamiento para convertirlas en resistentes al agua. Al igual que el PVC, se utiliza en el proceso papel de liberación, pero en este caso, es un proceso en seco. El patrón en bajo relieve se realiza mediante un rodillo de acero caliente, lo que permite que dicho patrón sea más profundo y nítido. Además, la piel sintética fabricada en PU es más flexible y duradera que la fabricada en PVC.



Imagen 47. Materiales sintéticos

### 2.5.2. TPU

El Poliuretano Termoplástico será el material que se utilizará para la entresuela, tanto por sus propiedades mecánicas como por su fácil procesado, ya que se trata de un elastómero lineal, es decir un termoplástico. Esto permitirá que se pueda utilizar en nuestra impresora de FDM, ya que podremos embobinarlo con el diámetro de filamento que vamos a trabajar (1.75mm) y más tarde lo podremos volver a fundir para lograr nuestra media suela. Su temperatura de trabajo es la ideal para la tecnología con la que vamos a trabajar (220-230°C) y su adherencia a dicha temperatura es muy buena, por lo que podremos trabajarlo tanto con impresoras FFF que tengan cama caliente como con las que no tengan.

Sus propiedades más destacables son las siguientes:

- Alta elongación
- Alta resistencia a tracción
- Alta elasticidad
- Resistente a grasas, aceites, oxígeno, ozono y productos químicos
- Resistente a abrasión

El TPU es una de las variables del poliuretano y está formado por tres materias primas principalmente.

- Polioles (Dioles de cadena larga)
- Diisocianatos
- Dioles de cadena corta

## **3. ENCUESTAS**

### **3.1. INFORMACIÓN INTERESANTE PARA RECOPIRAR POR LA ENCUESTA**

A través de la encuesta se intentará compilar toda la información que pueda resultar útil tanto para conocer al usuario que va a utilizar el producto a desarrollar, como para definir el diseño de dicho objeto y posicionarlo dentro de unas limitaciones. Para ello, se pondrán cuestiones relacionadas con los siguientes temas:

- Información general del usuario
- Precio que está dispuesto a pagar el usuario
- Ámbito en el que se va a utilizar la zapatilla
- Terreno en el que se va a utilizar la zapatilla
- Frecuencia de utilización de la zapatilla
- Cuestiones relacionadas con el diseño de la zapatilla

### **3.2. GRUPO DE PERSONAS AL QUE VA DESTINADA LA ENCUESTA**

El grupo al que va destinada la encuesta está formado por hombres y mujeres mayores de 15 años aproximadamente.

La encuesta se ha repartido a este grupo de personas a través de un enlace, por WhatsApp y Facebook Messenger, que da acceso a la web [www.onlineencuesta.com](http://www.onlineencuesta.com) donde podrán contestar de manera online. Todas las respuestas quedarán registradas en la cuenta desde la cual se ha diseñado la encuesta. Esta herramienta también realizará un Excel y un PDF en el que se podrá ver un resumen gráfico con todas las respuestas. Además, permite realizar filtros para estudiar los resultados de grupos de personas específicos o que hayan seleccionado en ciertas preguntas opciones que puedan resultar interesantes.

### **3.3. ENCUESTA**

1- Seleccione su rango de edad:

- De 15 a 22 años
- De 23 a 30 años
- De 31 a 40 años
- De 41 a 50 años
- Más de 50 años

2- Sexo:

- Masculino
- Femenino

3- Seleccione su rango de peso:

- Menos de 65 kg
- De 66 a 80 kg
- De 81 a 95 kg
- Más de 96 kg

4- Estado civil:

- Soltero/a
- Con pareja

5- Situación laboral:

- Estudio
- Trabajo
- Ambos
- Jubilado
- Otros

6- ¿Con qué frecuencia realiza algún tipo de deporte activo?

- Nunca
- Una vez a la semana
- Dos veces a la semana
- Tres veces a la semana o más

7- ¿Para qué utiliza calzado deportivo? (selección múltiple)

- Running
- Ir al gimnasio
- Vestir
- Otros

8- ¿Sobre qué tipo de superficie suele practicar deporte con su calzado deportivo?  
(selección múltiple)

- Asfalto
- Montaña
- Suelo liso
- Otros

9- ¿Utiliza plantillas personalizadas con sus zapatillas?

- Sí
- No

10- ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar por unas zapatillas que se adaptaran a la planta de su pie de forma totalmente individualizada?

- Menos de 100 euros
- Entre 100 y 150 euros
- Entre 151 y 200 euros
- Entre 201 y 250 euros
- Entre 251 y 300 euros
- 301 euros o más

11- Ordene las siguientes opciones según la importancia que tienen para usted en el momento de adquirir unas zapatillas, siendo 1 el más importante y 7 el de menor importancia:

- Protección contra golpes
- Estética
- Fijación al pie
- Comodidad
- Resistencia al uso
- Ligereza
- Bajo precio

12- En caso de que realice Running, ¿Cuántos kilómetros corre de media por día de entrenamiento?

- Entre 0 y 5 km
- Entre 5 y 10 km
- Entre 10 y 15 km
- Más de 15 km
- No realizo Running

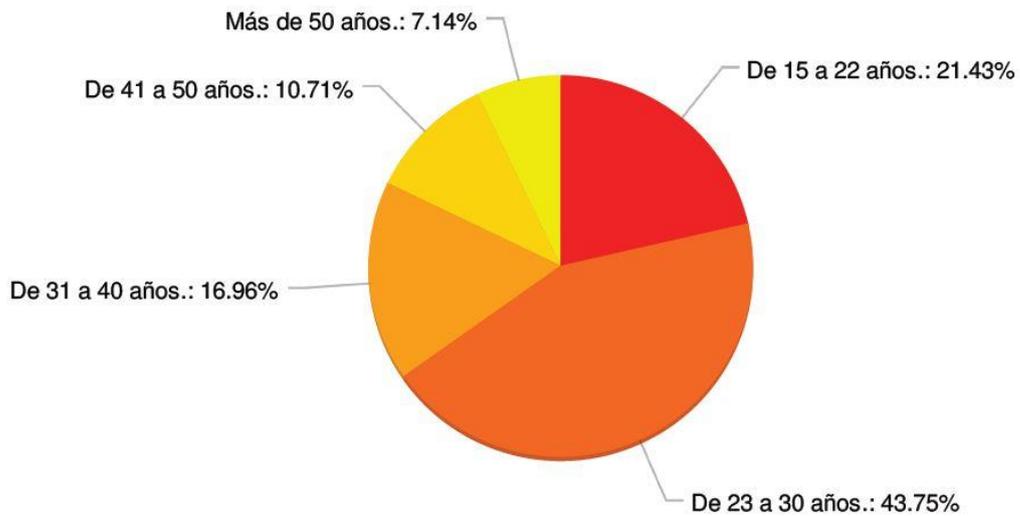
13- Las zapatillas que suele comprar, ¿Qué colores predominan?

- Colores oscuros (negro, gris...)
- Colores claros (blanco, gris...)
- Colores vivos (naranja, amarillo...)
- Colores fríos (azul, verde...)

### 3.4. DATOS EXTRAÍDOS DE LA ENCUESTA

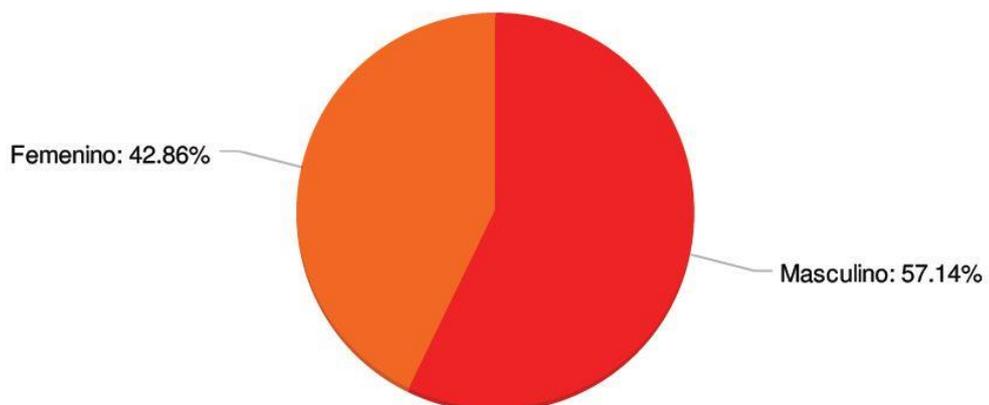
La encuesta ha sido realizada por 112 personas. A continuación, se puede ver el resultado de dicha participación.

#### 1- Seleccione su rango de edad



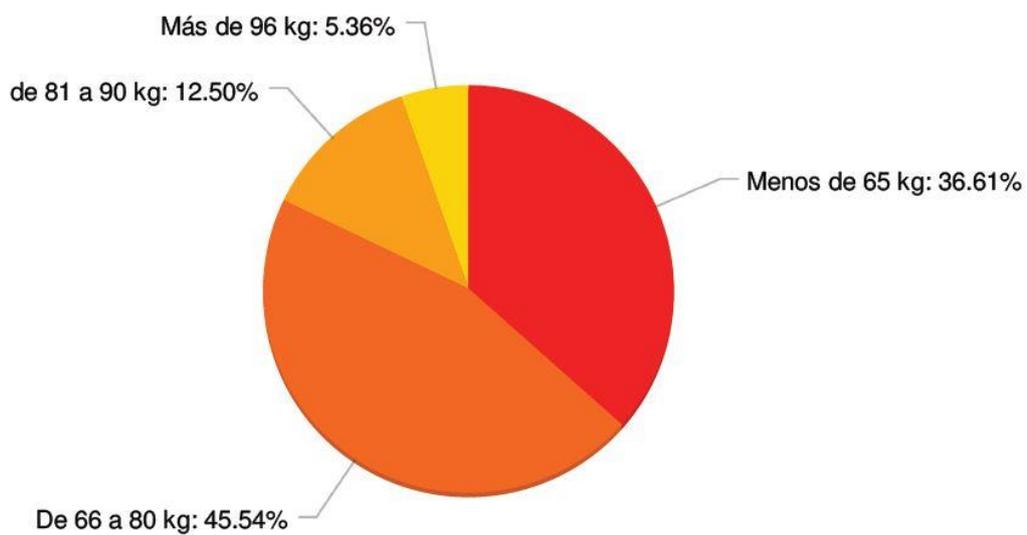
Gráfica 1. Rango de edad

#### 2- Sexo



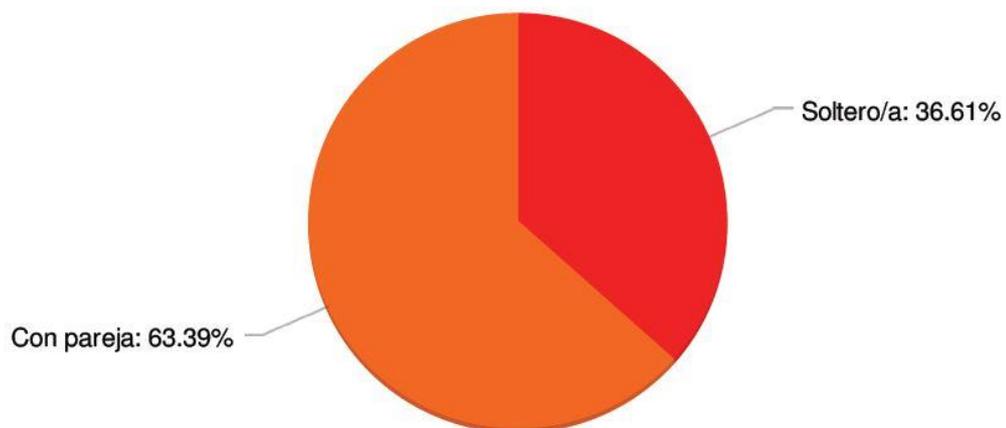
Gráfica 2. Sexo

### 3- Seleccione su rango de peso



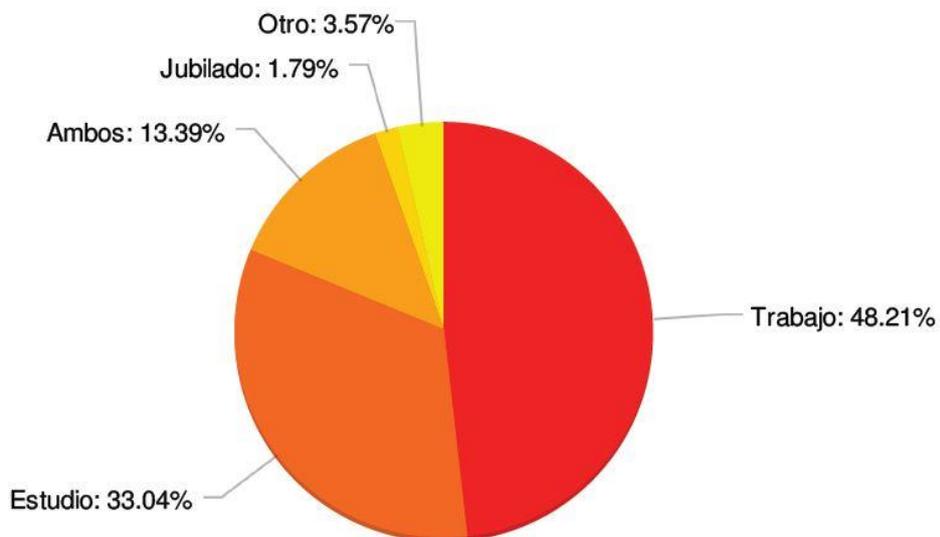
Gráfica 3. Rango de peso

### 4- Estado civil



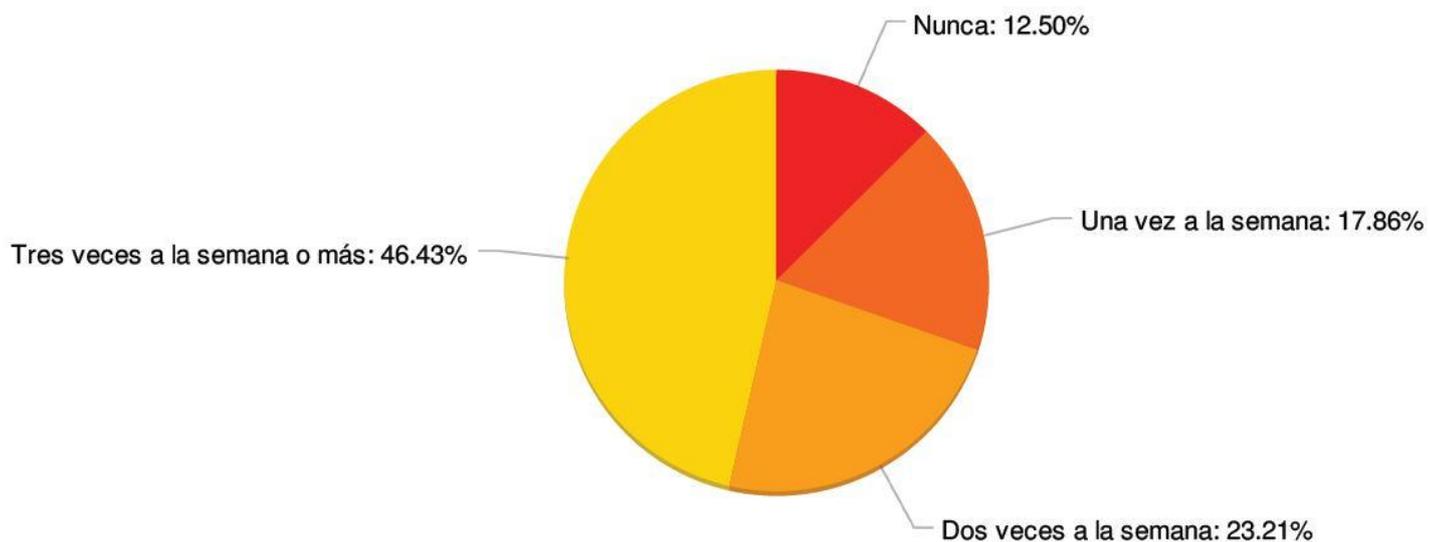
Gráfica 4. Estado civil

### 5- Situación laboral



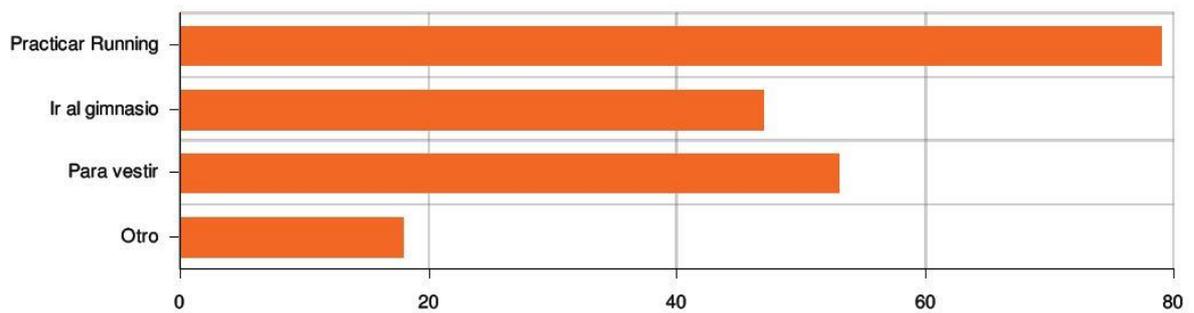
Gráfica 5. Situación laboral

### 6- ¿Con qué frecuencia realiza algún tipo de deporte activo?



Gráfica 6. Realización de deporte activo

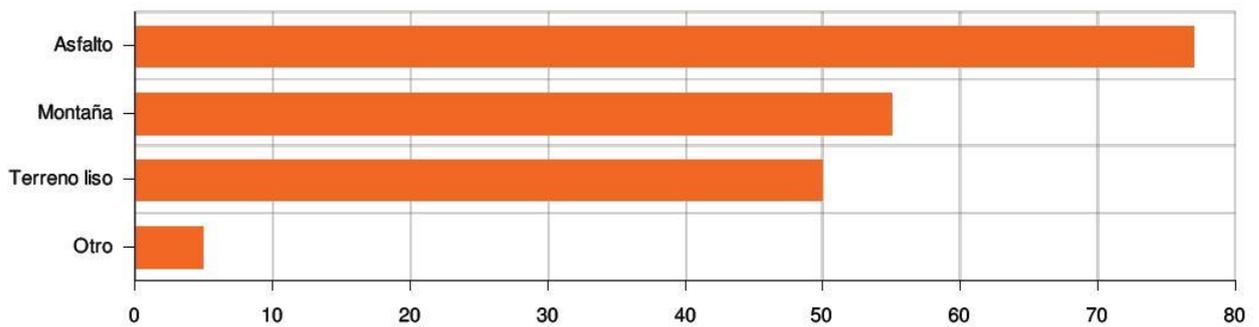
7- ¿Para qué utiliza calzado deportivo? (selección múltiple)



Gráfica 7. Uso de calzado deportivo

Otros: pasear, andar, ir al campo, uso diario, eventualmente para trabajar, senderismo de montaña, ir a la piscina, jugar al baloncesto, trail running, para nada.

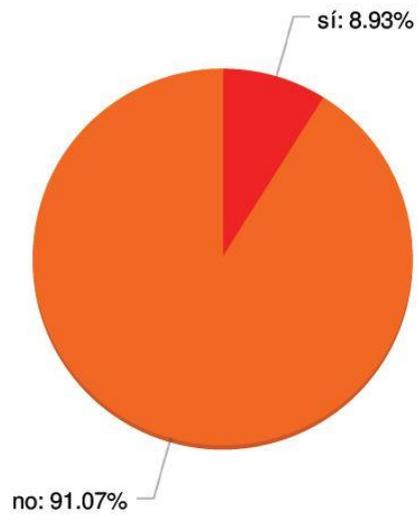
8- ¿Sobre qué tipo de superficie suele practicar deporte con su calzado deportivo? (selección múltiple)



Gráfica 8. Superficie sobre la que se practica deporte

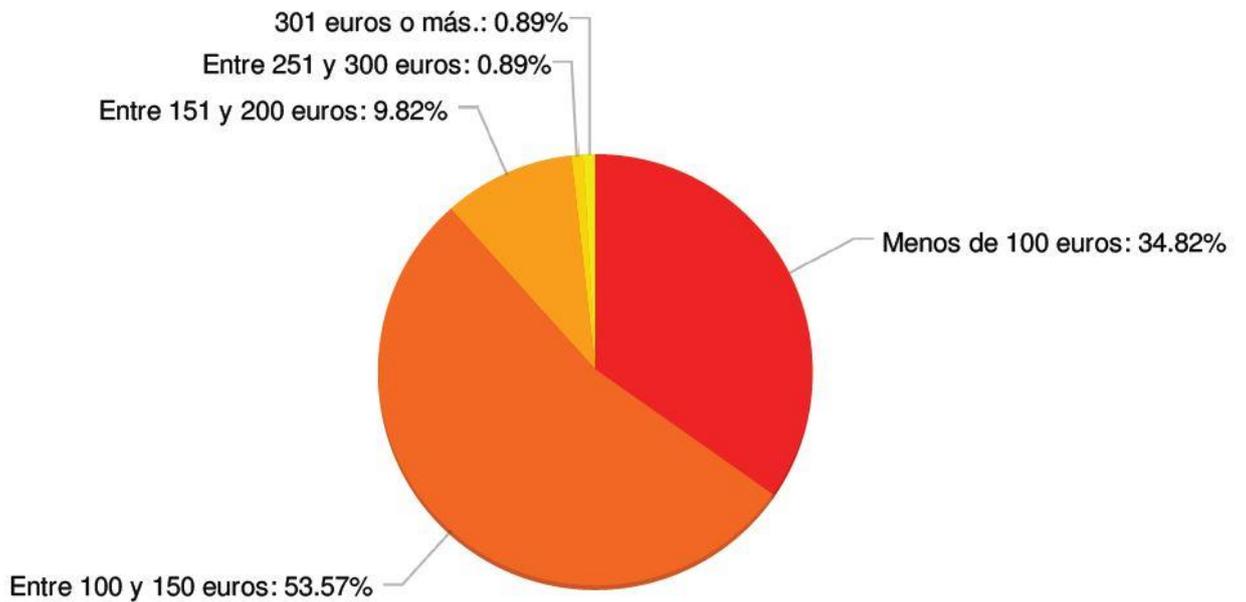
Otros: césped, cinta, pistas de goma, no practico deporte.

9- ¿Utiliza plantillas personalizadas con sus zapatillas?



Gráfica 9. Uso de plantillas personalizadas

10- ¿Qué precio estaría dispuesto a pagar por unas zapatillas que se adaptaran a la planta de su pie de forma totalmente individualizada?



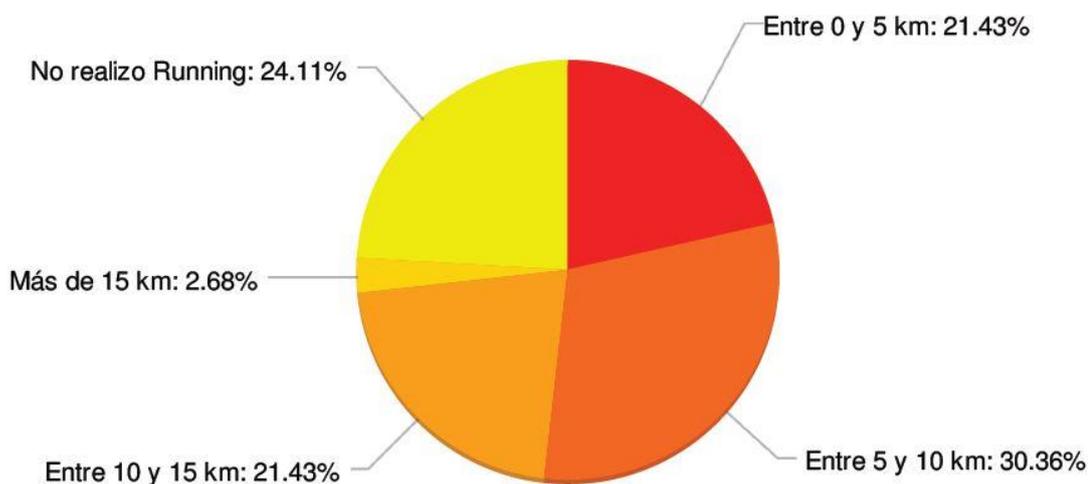
Gráfica 10. Precio a pagar por zapatillas personalizadas

11- Ordene las siguientes opciones según la importancia que tiene para usted en el momento de adquirir unas zapatillas, siendo 1 el más importante y 7 el de menor importancia



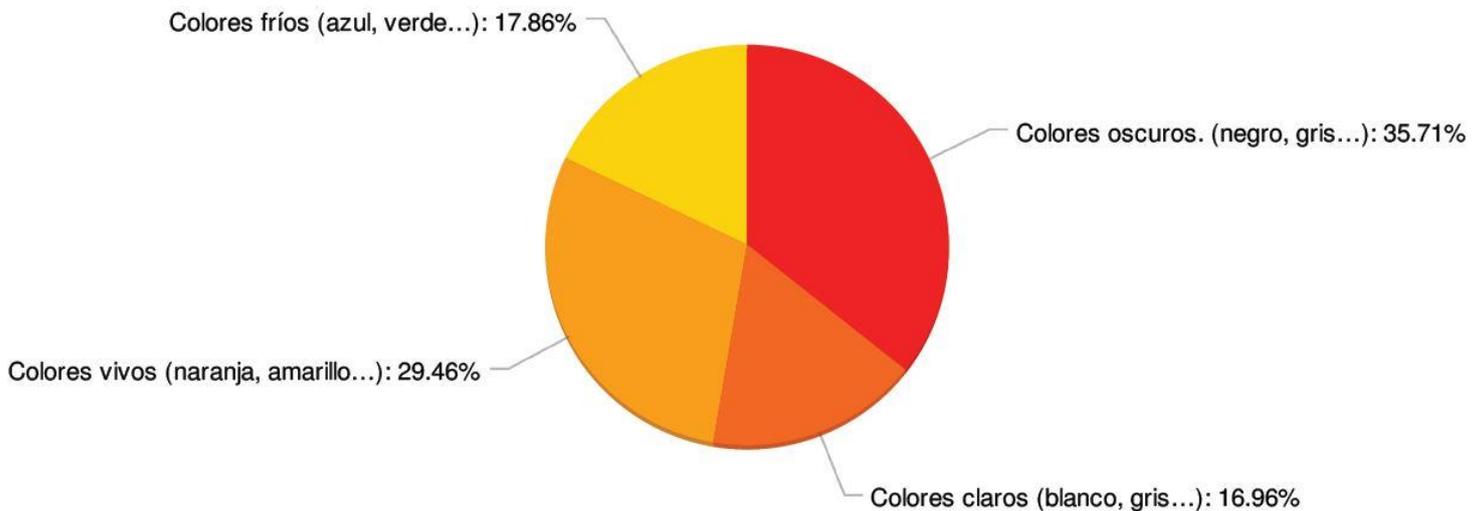
Gráfica 11. Criterios de importancia al adquirir unas zapatillas

12- En caso de que realice Running, ¿Cuántos kilómetros corre de media por día de entrenamiento?



Gráfica 12. Km recorridos por día de entrenamiento

### 13- Las zapatillas que suele comprar. ¿Qué colores predominan?



Gráfica 13. Colores predominantes

### 3.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXTRAÍDA

Con los resultados de la encuesta se pueden llegar a multitud de conclusiones que servirán de base para el desarrollo del producto.

De las 112 personas encuestadas, solo había una persona que no tuviera zapatillas deportivas, por lo que el público objetivo de unas zapatillas deportivas es cercano al 100% de las personas. El mercado al que se dirigirá nuestro diseño es mucho más reducido.

En cuanto al sexo, las diferencias entre hábitos deportivos, gustos y expectativas son muy similares. Cabe destacar únicamente que las mujeres están dispuestas a pagar un mayor precio por un producto de este tipo, ya que el porcentaje de personas que no están dispuestas a pagar más de 150 euros se reduce de un 90% en ellos a un 80% en ellas.

Una conclusión algo llamativa es el dato de que únicamente el 12.5% de las personas han respondido que no realizan ningún tipo de deporte, y que solo un 29.5% de las personas no realiza Running. También es cierto que solo han participado 8 personas mayores de 50 años y 12 personas con edades comprendidas entre 45 y 50 años. Pero todavía es más sorprendente el hecho de que si aislamos a dichos grupos, el porcentaje de personas que no practican Running todavía desciende más (hasta un 19%), aunque sube el número de personas que no practican ningún deporte. Si solo tenemos en cuenta las respuestas de las personas mayores de 50 años, los porcentajes comienzan a caer hasta el 50% aproximadamente.

Otro dato muy útil a la hora de realizar el diseño es que el 47.3% de las personas encuestadas utiliza las zapatillas para vestir en su día a día; aumentando hasta un 61,5% si solo se toma como muestra a las personas dispuestas a pagar más de 150 euros.

Algo que puede aumentar la edad del público objetivo, es que el porcentaje de encuestados que utilizan plantillas a medida es del 9%. Sin embargo, en mayores de 40 años aumenta hasta el 20%, y también es mayor en los encuestados dispuestos a pagar más de 150 euros por las zapatillas, con un 15.4%.

En cuanto a los tonos, los preferidos son los oscuros, seguido de los cálidos o vivos. Esto no varía ni en el sexo ni en la edad de las personas encuestadas.

También se ha podido observar que los factores más importantes para los consumidores, a la hora de decidir si comprar o no una zapatilla, son en primer lugar la comodidad y la fijación al pie; seguidos de la estética, la protección contra golpes y el precio. Si solo tomamos como muestra las personas que estarían dispuestas a pagar más de 150 euros, la estética aumenta en importancia.

Los kilómetros recorridos de media por día de entrenamiento servirán para el diseño de la entresuela y su grosor, sabiendo que solo un 2.7% de los encuestados corren más de 15 km cuando practican Running. También resulta llamativo el hecho de que, de todos los encuestados que estarían dispuestos a pagar más de 150 euros por unas zapatillas de este tipo, ninguno de ellos corre más de 10 km de media por día de entrenamiento.

El 68% de los encuestados utilizan las zapatillas en asfalto, por lo que la zapatilla a diseñar deberá estar preparada, como mínimo, para trabajar sobre esta superficie.

El 12.38% de los encuestados estaría dispuesto a pagar más de 150 euros por una zapatilla que se adaptara de forma totalmente individualizada a su pie y solo un 2.65% pagaría más de 200 euros. Estos datos son muy importantes para poder saber el porcentaje de la población que va a ser un posible comprador, ya que es muy poco probable que la zapatilla vaya a tener un PVP menor de 150 euros.

Por lo tanto, el público objetivo, son hombres y mujeres de entre 15 y 55 años que practican deporte con regularidad, o les gustan las zapatillas exclusivas o personalizadas, o bien, utilizan plantillas a medida.

## **4. DISEÑO DE DETALLE**

### **4.1. MEDIDAS Y PARÁMETROS DIMENSIONALES DEL PIE**

En el momento de realizar estudios de dimensiones de los pies de determinados grupos de poblaciones resulta fundamental que todas las medidas se realicen bajo un criterio uniforme, tanto sobre las dimensiones que deben tomarse como referencia como las condiciones en las que se debe realizar. Existe una falta de criterio generalizada para

tomar las medidas dimensionales del pie, por lo que se van a utilizar las propuestas por el IBV (Instituto de Biomecánica de Valencia) en su publicación “Guía de recomendaciones para el diseño de calzado”, que se enumeran a continuación:

- Pie en carga, sujeto de pie repartiendo de forma homogénea el peso entre ambos pies, ya que existirá una variación en las dimensiones del pie en descarga o soportando la carga del cuerpo.

- Algunas de las medidas se repetirán en descarga, es decir, con el sujeto sentado.

- Para realizar las medidas se definirán los siguientes puntos:

A. Cabeza del 1<sup>er</sup> Metatarsiano.

B. Cabeza del 5<sup>o</sup> Metatarsiano.

C. Apófisis estiloides del 5<sup>o</sup> Metatarsiano.

D. A la altura de la apófisis del 5<sup>o</sup> Metatarsiano C, se traza el contorno sobre la cara dorsal del pie. El punto más alto sobre el dorso del pie dará el punto D.

E. Sobre el mismo contorno, por la cara interna del pie, se marca la apófisis inferior del 1<sup>er</sup> cuneiforme.

F. Punto de encuentro de la pierna con el pie donde se curva el flexor del dedo gordo.

G. Extremo posterior del talón.

H. Punto más prominente del maléolo externo.

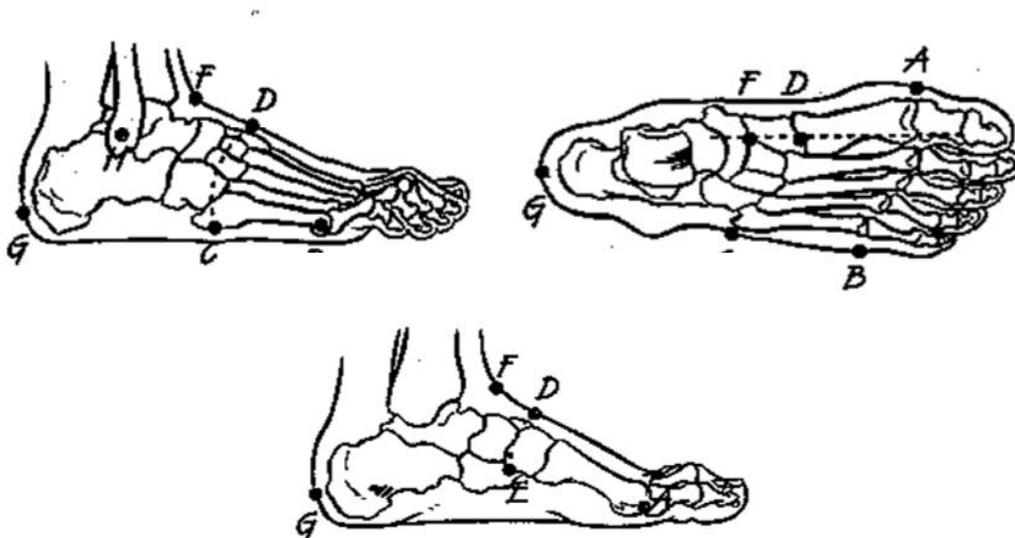


Imagen 48. Posiciones de los puntos de referencia del pie en las vistas interna, externa y superior

A partir de estos puntos de referencia marcados sobre el pie, se toman diferentes medidas que han sido divididas en los siguientes grupos:

- a) Medidas longitudinales con el pie en carga.
- b) Medidas longitudinales con el pie en descarga.
- c) Medidas de alturas con el pie en carga.
- d) Medidas de contornos.

#### 4.1.1. MEDIDAS LONGITUDINALES CON EL PIE EN CARGA

##### 1. Longitud total del pie

Medida que va desde la parte trasera del talón G hasta el dedo más largo, es decir, desde el extremo posterior del pie hasta el extremo anterior.

##### 2. Longitud cabeza primer metatarsiano

Es la longitud entre el punto más atrasado del talón G hasta la cabeza del primer metatarsiano A, donde empieza la articulación metatarso-falángica.

##### 3. Longitud de antepié.

Distancia entre el dedo más largo y el punto de encuentro de la pierna con el pie, punto F.

##### 4. Achura del talón

Anchura entre los puntos más prominentes en la zona media del talón, al nivel del apoyo en el suelo.

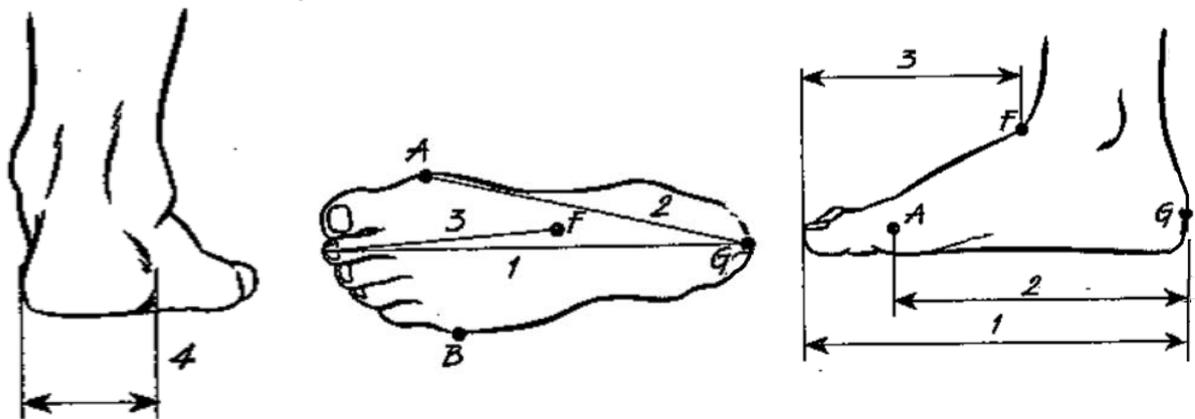


Imagen 49. Vistas posterior, superior e interna del pie

### 5. Longitud entre talón y cabeza del quinto metatarsiano

Es la longitud que va desde el punto más atrasado del talón G hasta la cabeza del quinto metatarsiano B, donde empieza la articulación metatarso-falángica.

### 6. Longitud entre el talón y la apófisis del quinto metatarsiano

Distancia que va desde la parte posterior del talón al punto C, apófisis estiloides del quinto metatarsiano.

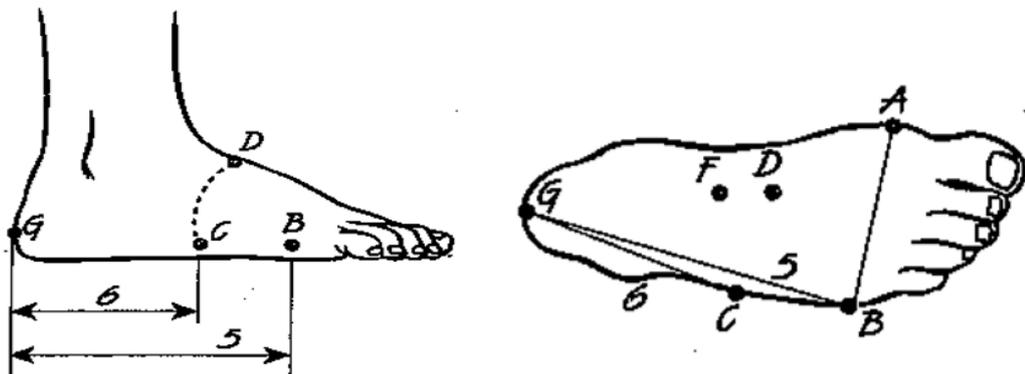


Imagen 50. Vistas externa y superior del pie

### 7. Anchura del antepié

Anchura entre las articulaciones metatarso-falángicas, correspondientes a los puntos cabeza del primer metatarsiano y cabeza de quinto metatarsiano.

#### 4.1.2. MEDIDAS LONGITUDINALES CON EL PIE EN DESCARGA

### 8. Longitud del pie

Medida que va desde la parte trasera del talón G hasta el dedo más largo.

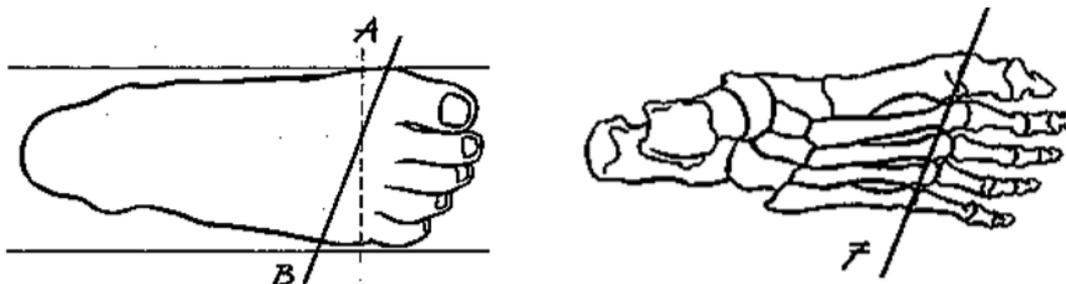


Imagen 51. Diferencias entre la anchura total del pie y la anchura del antepié

## 9. Anchura del pie

Entre los puntos A y B.

### 4.1.3. MEDIDAS DE ALTURAS

#### 10. Altura del tobillo

Altura medida verticalmente desde el suelo hasta el punto más prominente del maléolo externo H.

#### 11. Altura del dedo más alto

Esta medida corresponde a la altura del dedo más alto, estando el pie en apoyo y en carga sobre el suelo.

#### 12. Altura del empeine

Es la distancia F medida verticalmente desde el suelo.

#### 13. Altura de la bóveda

Altura, medida verticalmente, desde el suelo al punto de la bóveda plantar, marcado como punto E.

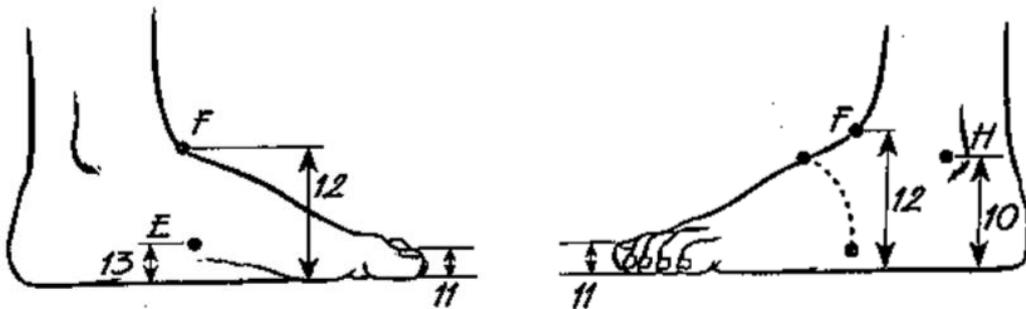


Imagen 52. Alturas a medir en la cara externa y en la cara interna del pie

### 4.1.4. MEDIDAS DE CONTORNOS SOBRE EL PIE

#### 14. Contornos en las articulaciones

Perímetro alrededor de las articulaciones metatarso-falángeas, pasando por los puntos A y B.

### 15. Contorno de mediopié

Perímetro obtenido alrededor de los puntos C y D.

### 16. Contorno talón-cuñas

Perímetro que pasa por el borde del talón y por el punto más alto del contorno de mediopié trazado previamente D.

### 17. Contorno talonera-empeine

Contorno alrededor del talón y el punto F.

### 18. Contorno de los maléolos

Medida alrededor de los maléolos.



Imagen 53. Medidas de contornos del pie

## 4.2. DISEÑO DE LA HORMA

La horma es un modelo del pie que se utiliza para fabricar el calzado a partir de ella. Es necesario indicar que tiene una doble función. Por un lado, ha de servir de modelo de pie y, por tanto, debe estar relacionada con su anatomía funcional. Por otro lado, se trata de una herramienta para la fabricación de calzado, por lo que sus dimensiones deberán estar pensadas para dicha producción.

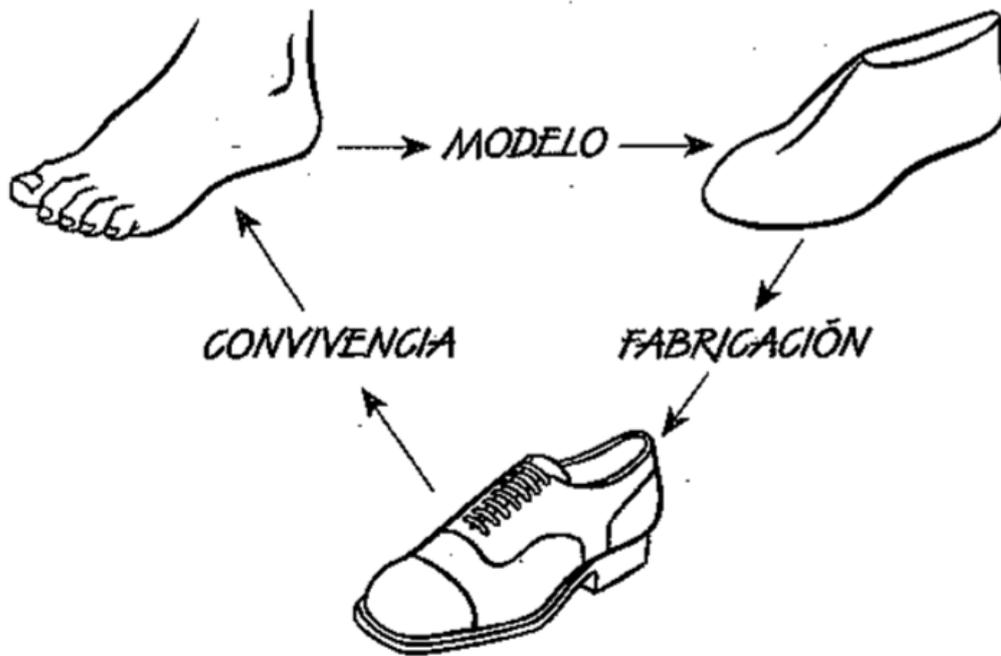


Imagen 54. Relación entre el pie, la horma y el calzado

En el caso de la zapatilla que se va a diseñar y producir, se va a recurrir a la utilización de un escáner 3D para captar la geometría exacta del pie del usuario, por lo que no se van a utilizar tablas con medidas antropométricas. Sin embargo, para la realización de calzado común es totalmente imprescindible, ya que contar con dicha información es vital cuando se desea estimar a priori la demanda de tallas que se va a tener para cada modelo, así como prever que la zapatilla sea confortable para la gran mayoría de la población y discernir entre diferentes anchos para una misma talla.

Para realizar el diseño de las hormas, generalmente se utilizará solo un pie, y por simetría se creará el otro. Si el usuario lo desea o se detectan diferencias dimensionales relevantes entre el pie izquierdo y el derecho, se procederá al escaneo de los dos pies ajustando el presupuesto de la zapatilla en relación al aumento de coste producido por dicha acción.

#### 4.2.1. DEFINICIÓN DE SUPERFICIES Y EJES DE LA HORMA

##### 1. Superficies de la horma

La horma se puede dividir en tres superficies:

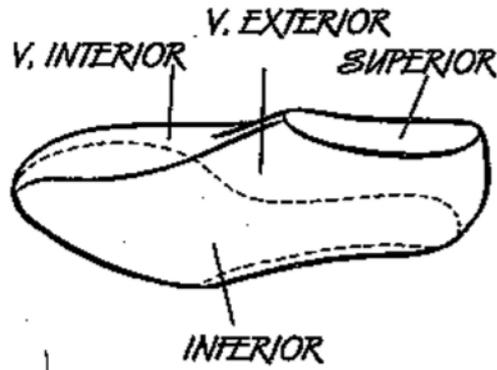


Imagen 55. Superficies de la horma

- **Inferior:** la superficie plantar.
- **Laterales:** con dos vertientes, la interior y la exterior.
- **Superior**

A su vez, la superficie inferior o plantar se divide en tres partes:

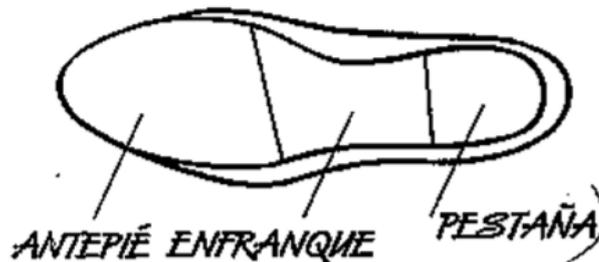


Imagen 56. Partes de la superficie plantar

- **Antepié:** Zona que va desde la puntera hasta la parte delantera más ancha de la horma y que está relacionada con la posición de las articulaciones metatarsofalángeas del pie.
- **Enfranque de la horma:** Corresponde a la zona de mediopié que ubica la posición del arco plantar. En la horma es un puente curvado que va desde el talón al antepié.
- **Pestaña del talón:** es la zona que recoge el talón. Está relacionado con la anchura máxima del talón (que suele estar a 1/12 de la longitud total de la horma).

Las superficies laterales con dos vertientes (interior y exterior) están separadas por una línea imaginaria que se traza siguiendo el perfil de la horma desde una vista lateral. Esta línea corresponde a la recta de corte de la sección longitudinal (anterior-posterior) de la horma. Las superficies laterales definen:

- Los perfiles de los flancos laterales interior y exterior.

- Las aristas o líneas de transición entre las superficies laterales y la superficie plantar.
- La puntera en la que confinen las dos vertientes laterales. La puntera está caracterizada por su altura, su forma y su inclinación.

## 2. Ejes de la horma

### - Línea divisoria o de partición de la horma

Es una línea trazada sobre la parte superior de la horma que pasa por encima de la cuña y por el punto más prominente de la puntera si se trata de una horma con punta redondeada o puntiaguda. En el caso de las punteras cuadradas, dicho eje pasa por el punto medio de la parte recta de la puntera.

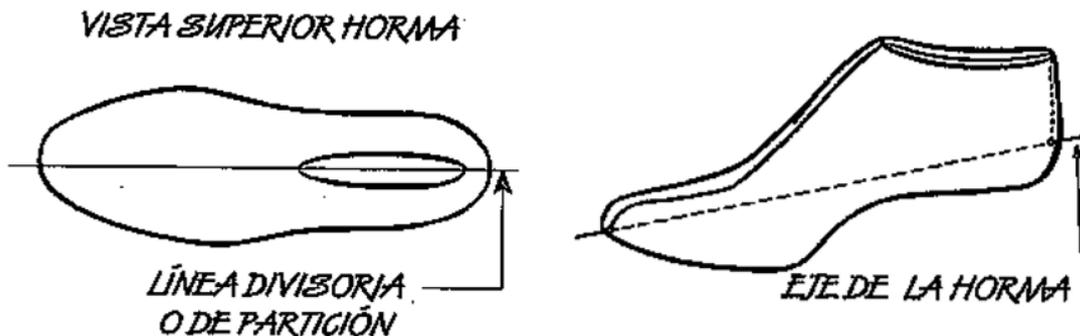


Imagen 57. Ejes de la horma

### - Eje de la horma o eje plantar

Pasa sobre dos puntos en los extremos de la misma: el punto medio de la puntera sobre la arista formada por la intercesión de la superficie plantar y las superficies laterales, y el punto más prominente de la parte trasera de la horma.

## 4.2.2. DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS DE LA HORMA

### 1. Longitud calzable

Esta dimensión de la horma toma como base la longitud del pie. La longitud calzable es la longitud máxima de la horma.

Esta dimensión expresa la talla del calzado en el punto francés. La longitud calzable base es el resultado de multiplicar la talla por el valor del punto (2/3).

La longitud calzable se obtiene a partir de la longitud del pie escaneado más los valores de corrección que permiten la elongación del pie durante la marcha y el alojamiento óptimo del pie de forma independiente al tipo de puntera que se utilice.

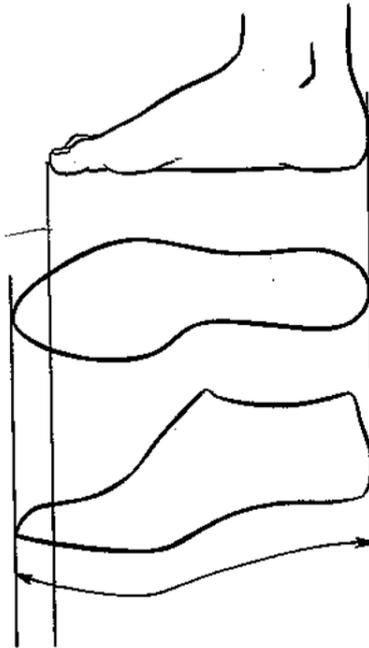


Imagen 58. Longitud calzable

## 2. Perímetro alrededor de las articulaciones

Es el perímetro mayor, medido en sentido transversal, rodeando los flancos de la horma, es decir, rodeando la zona del antepié en su parte más ancha. Esta medida corresponde al perímetro alrededor de las articulaciones metatarso-falángicas y proporciona el volumen del calzado en esa zona.

El perímetro de la horma debe ser menor al del pie correspondiente para ocasionar una compresión en el mismo. Entre 5 y 10 mm menor para el calzado de hombre y entre 10 y 15 mm menor para el calzado de mujer. El perímetro también debe ser inversamente proporcional a la altura del tacón y a la elasticidad del material utilizado.



Imagen 59. Perímetro alrededor de las articulaciones

### 3. Longitud del talón al flanco interior

Es la distancia entre el extremo del talón y la prominencia interior de la horma que tiene que albergar la articulación del primer dedo.



Imagen 60. Longitud del talón al flanco interior

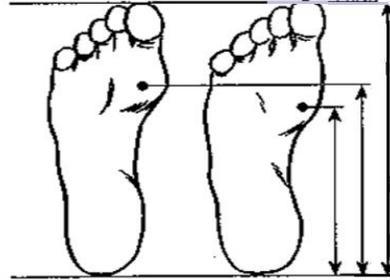


Imagen 61. Dos pies de igual longitud total con diferente arco plantar

### 4. Perímetro de entrada (talonera-empeine)

Este perímetro rodea la parte más baja del talón y la parte de la horma correspondiente al empeine. Es necesario que la horma no presente una mayor dimensión respecto al pie, ya que esta zona es una de las más importantes en cuanto a la sujeción del pie.



Imagen 62. Perímetro de entrada

### 5. Perímetro del empeine

Esta medida pasa por la línea de partición superior y la parte más estrecha del quebrado de la horma. En esta zona no es recomendable la compresión del pie, por lo que este perímetro deberá ser igual o superior que el del pie al que vaya destinado.



Imagen 63. Perímetro del empeine

## 6. Longitud talón empeine/longitud de la pala

La longitud talón-empeine es la distancia entre la parte posterior del talón y el empeine sobre la línea divisoria o de partición de la horma, que es ligeramente superior a la mitad de la longitud del pie.

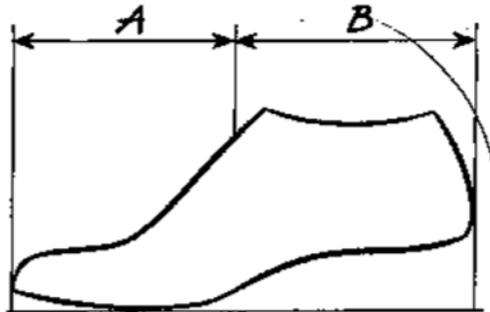


Imagen 64. A: Longitud de la pala, B: Longitud talón-empeine

## 7. Perímetro de retención

Es el perímetro más pequeño entre las articulaciones de los dedos y el empeine. Al calzar el zapato, esta parte debe quedar perfectamente ajustada al pie para contribuir a que el pie no se deslice en el interior de la zapatilla; por lo que este perímetro deberá ser ligeramente inferior al del pie del usuario.



Imagen 65. Perímetro de retención

## 8. Anchura de flancos

Es la máxima anchura pasando por los flancos exterior e interior más prominentes de la horma. Esta medida corresponde a la anchura a nivel de las articulaciones metatarso-falángicas.

## 9. Anchura de flancos sobre la superficie plantar

Es la misma medida que la anterior tomada al nivel del suelo.

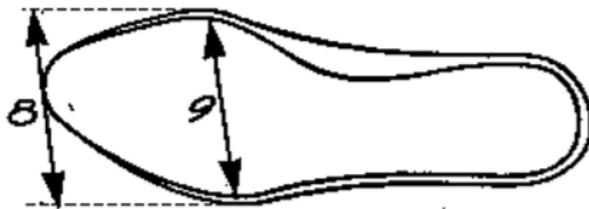


Imagen 66. Anchura de flancos

### 10. Altura de flancos interior y exterior

Flanco interior: Altura de la horma al nivel de la prominencia interior destinada a alojar el primer dedo del pie.

Flanco exterior: Altura de la horma al nivel de la prominencia exterior destinada a alojar el quinto dedo del pie.

Para un ajuste correcto del calzado, en estas zonas debe haber una pequeña holgura entre el pie y la horma, pero las dimensiones deben ser prácticamente las mismas.

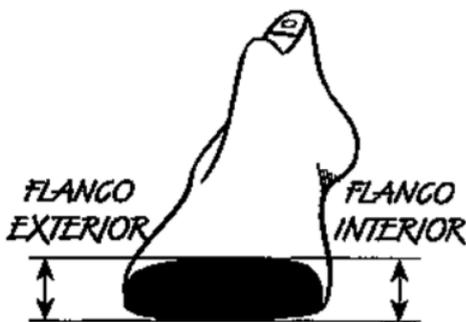


Imagen 67. Altura de flancos

### 11. Ángulo de los flancos

Es el ángulo, tomado sobre la superficie plantar, que forman la tangente interior (que pasa por la parte más ancha del talón y el saliente interior de la horma) y la recta que pasa por los puntos más prominentes de los flancos interior y exterior. Este ángulo corresponde en el pie al ángulo de la articulación metatarso-falángica.

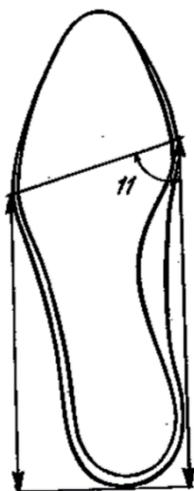


Imagen 68. Ángulo de los flancos y longitud al flanco exterior

### **12. Longitud talón flanco exterior**

Es la longitud que va desde el extremo posterior de la trasera de la horma hasta el saliente o flanco exterior destinado a albergar la cabeza del quinto metatarsiano. Esta dimensión, junto a la distancia tomada del talón al flanco interior, sitúa la recta que une el 1<sup>er</sup> y 5<sup>o</sup> metatarsianos, que corresponde a la línea de flexión del antepié y que tiene una importancia máxima en la marcha.

### **13. Anchura del talón o pestaña de la horma**

Es la anchura entre los puntos más prominentes del talón o pestaña. Da la máxima anchura del talón.

### **14. Anchura del talón sobre la superficie plantar**

Dimensión tomada en la misma posición que la anchura del talón, pero a nivel de la superficie plantar, superficie en contacto con la base de la horma. Esta dimensión de la horma deber ser igual o ligeramente más pequeña que la anchura del talón del pie en la zona de contacto con el suelo.

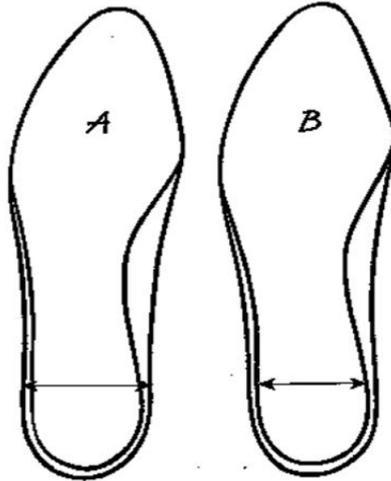


Imagen 69. A: Pestaña de la horma, B: Anchura del talón sobre la superficie plantar

### 15. Altura del tacón

Distancia tomada descansando la pared del antepié sobre el plano de apoyo, entre la arista posterior de la horma y dicho plano. En el caso del tacón bajo, el plano de apoyo del talón sobre el calzado queda perfectamente paralelo al suelo.

### 16. Inclinación del asiento del talón

Es el ángulo de elevación de la parte más atrasada de asiento de talón respecto a la más adelantada. Este ángulo es prácticamente nulo en zapatos de tacón bajo. A medida que el tacón aumenta, este ángulo también lo hace de forma proporcional.

### 17. Curva del talón o curva posterior

Es la curva del zapato en la parte posterior del contrafuerte. Corresponde al perfil de la sección, tomada por la línea divisoria de la horma en la trasera. La altura debe ser la correcta para que el borde del calzado no lesione el tendón de Aquiles.



Imagen 70. Curva del talón

### **18. Volumen en los flancos del talón**

Se refiere a la forma curvada que adoptan los flancos interior y exterior de la zona del talón. La forma de los laterales del talón debe comprimir el pie para mantenerlo estrechamente unido al calzado sin causar presiones insoportables, respetando la forma del mismo.

### **19. Altura del empeine**

Distancia comprendida entre el punto de referencia del empeine y el punto asociado a la posición de la clave del arco situado en la parte más estrecha del enfranque de la horma.



Imagen 71. Altura del empeine

### **20. Quebrante de la puntera**

Elevación de la puntera del zapato tomada desde el plano de apoyo de la horma. Esta elevación tiene como misión dejar espacio para la acción de palanca del extremo del antepié durante la marcha. Cuanto más bajo es el tacón, mayor deberá ser el espacio del quebrante. Del mismo modo, si aumenta el grosor o la rigidez de la suela, se deberá aumentar este valor.

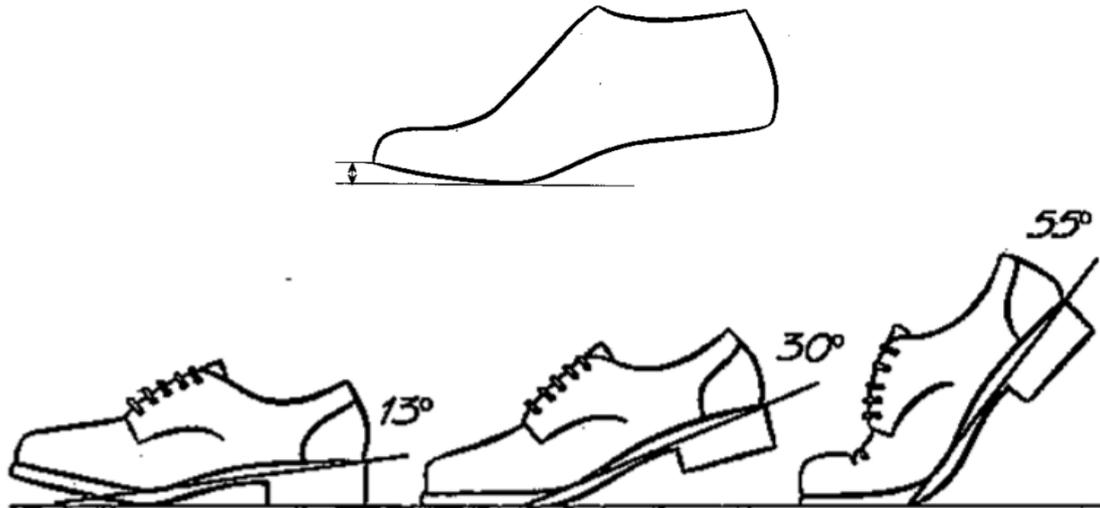


Imagen 72. Quebrante de la puntera

### 21. Espesor de la puntera

Altura tomada desde el plano inferior de la horma hasta el nivel del extremo anterior del pie sobre la horma. Esta altura bajo ningún concepto debe ser inferior a la altura del dedo más alto, ya que se produciría un roce de los dedos con el material de corte, pudiendo provocar lesiones.



Imagen 73. Espesor de la puntera

### 22. Curva del enfranque de la horma

Es el puente curvado que une el talón y la zona del antepié que se encuentra al nivel de la posición del arco anterior del pie. El grado de curvatura del enfranque depende de la altura del tacón, a mayor altura, mayor curvatura. Tanto la longitud como el perfil de esta línea debe ajustarse correctamente a la planta del pie.

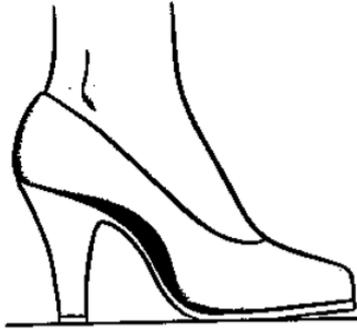


Imagen 74. Puntos de apoyo sobre el perfil del enfranque del arco mediano

### 23. Área del cuboide

Es el espacio disponible en el borde lateral exterior de la horma, desde el talón hasta el principio del flanco exterior. Sirve para acomodar la base del quinto metatarsiano y el tejido blando que lo rodea. El espacio disponible dependerá del tipo de calzado, ya que influirá tanto en la comodidad de la parte externa del pie, como en la estética de la zapatilla.

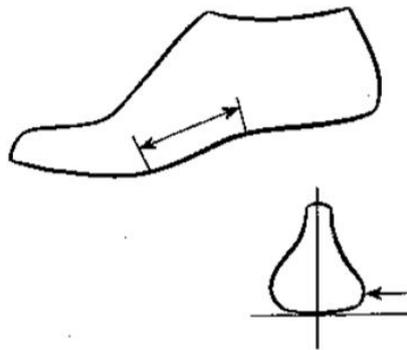


Imagen 75. Área del cuboide

## 4.3. DISEÑO DEL UPPER

### 4.3.1. CONTRAFUERTE

Algunos estudios, como el realizado por el IBV, han demostrado que la incorporación de un contrafuerte externo en la trasera de la zapatilla favorece una mejora de la amortiguación global de la misma. Por lo tanto, y aunque en la selección de diseño se ha optado por un modelo sin contrafuerte, se añadirá uno de corte minimalista y en el mismo tono de la zapatilla, de modo que prácticamente no se distinguirá.

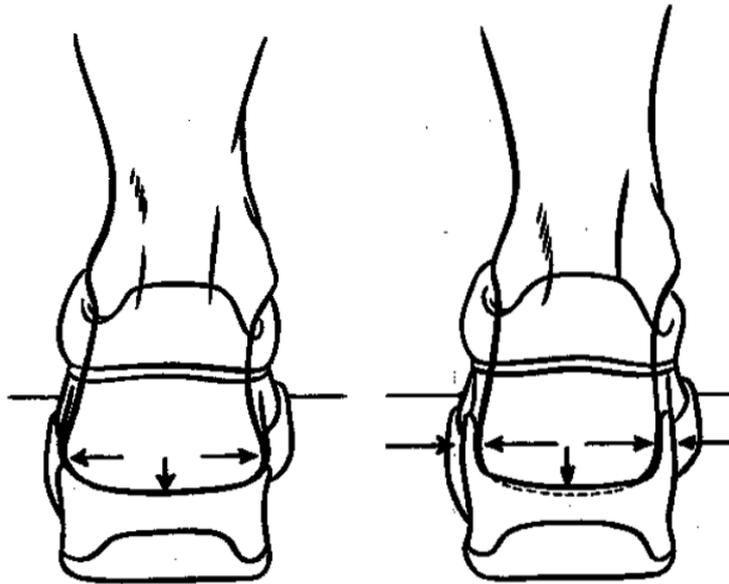


Imagen 76. Efecto del contrafuerte sobre el talón

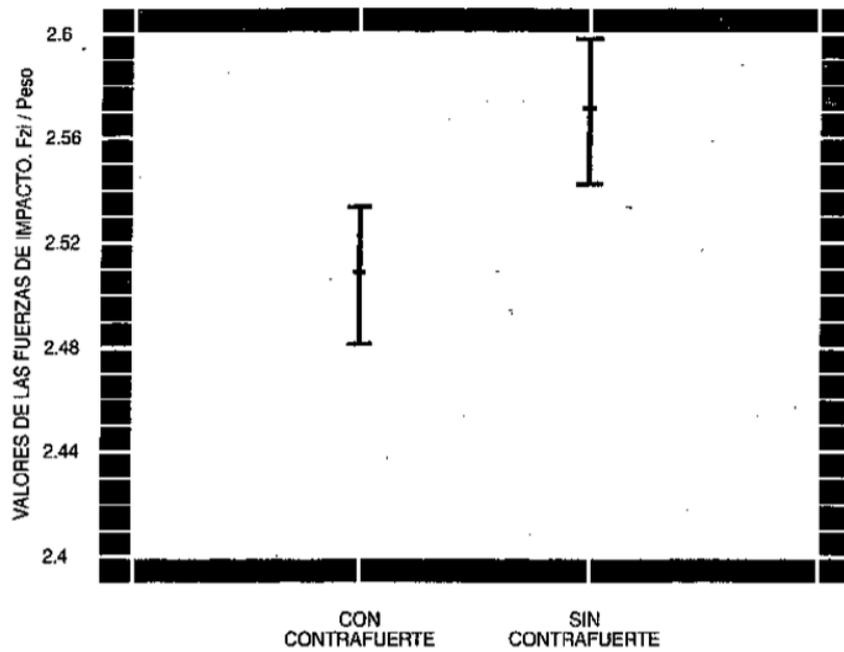


Imagen 77. Efecto del contrafuerte sobre las fuerzas de impacto

Su uso también influye de forma positiva en impedir la pronación, aunque en baja medida.

#### 4.3.2. NO UTILIZACIÓN DE REFUERZOS EN LA PARTE DELANTERA

Al igual que el elemento anterior, había sido desechado en la selección de propuestas de diseño, pero a diferencia del contrafuerte, este elemento no va a ser incluido a posteriori con el fin de impedir la rigidez del material de corte en la zona de flexión de los dedos y favorecer la flexibilidad del “upper” en esta zona.

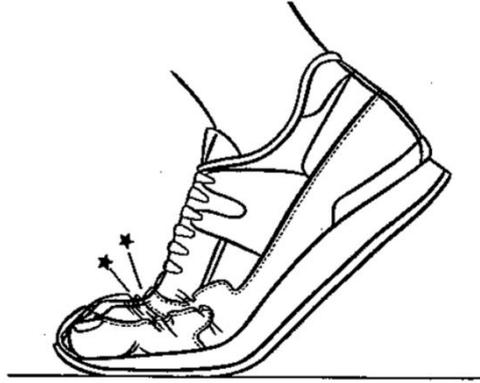


Imagen 78. Refuerzo de anclaje delantero

#### 4.3.3. EVITAR QUE LA ZONA DE LOS CORDONES INFLUYA EN LOS DEDOS

Es necesario evitar que el refuerzo que sirve de anclaje para el acordonado no influya negativamente sobre la flexión de los dedos. No se debe permitir que su longitud alcance la zona de flexión y se debe evitar el empleo de refuerzos rígidos a su alrededor.

### 4.4. DISEÑO DE LA ENTRESUELA

Una entresuela de un material y altura adecuados es uno de los mejores sistemas de amortiguación que pueden incorporarse en una zapatilla para mejorar la amortiguación.

#### 4.4.1. DENSIDAD DE LA ENTRESUELA

Si el material de la entresuela es demasiado blando, al producirse el contacto inicial con el borde externo del pie, la suela se deforma bajo el efecto de la carga y su punto de aplicación se acerca al eje de amortiguación. Por tanto, un usuario con una mayor masa necesitará una densidad mayor en la entresuela para evitar este problema.

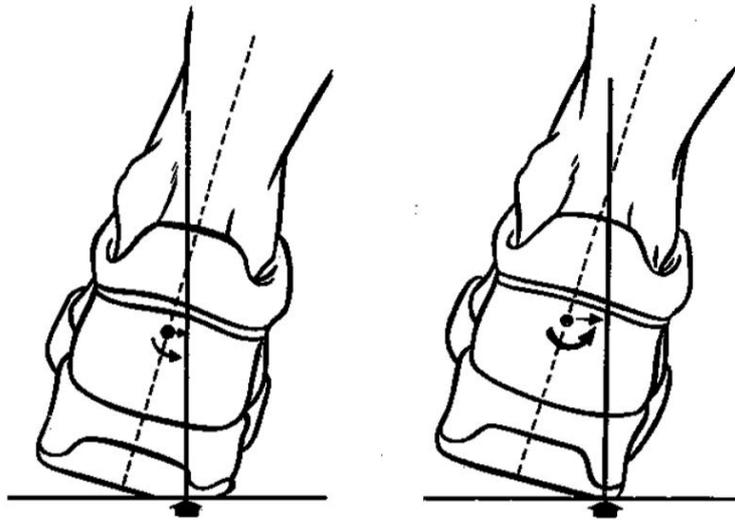


Imagen 79. Efecto de la deformación del material de la suela sobre el movimiento de inclinación-pronación del retropié

Además, se ha comprobado que valores por debajo de 35 Shore A favorecen una pronación superior, por lo que se tomará como límite para la impresión.

#### 4.4.2. GROSOR DE LA ENTRESUELA

En general, y a no ser que el usuario de la zapatilla esté acostumbrado a trabajar con zapatillas minimalistas con grosor de entresuela muy bajo o mínimo, es recomendable una altura de entresuela de entre 15 y 25 mm como norma general, ya que aumenta la capacidad de amortiguación del calzado, reduciendo aproximadamente un 10% de la masa del usuario en cada impacto.

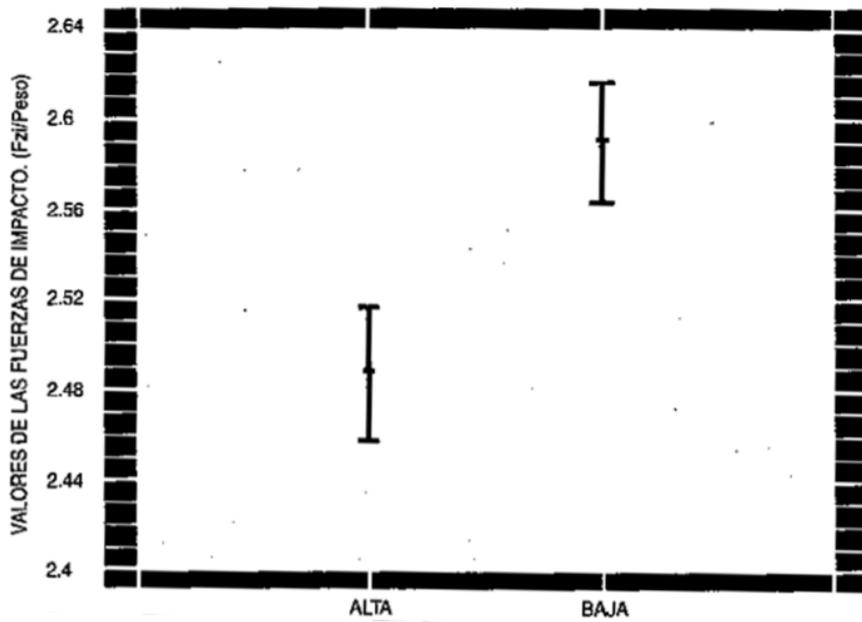


Imagen 80. Efecto de la altura de la entresuela en la amortiguación de impactos en carrera

Si el usuario tiene una considerable experiencia con zapatillas con una entresuela menor, puede ser recomendable reducir su grosor, ya que una entresuela gruesa provoca un mayor movimiento de pronación e impiden al usuario una movilidad para realizar algunas prestaciones técnicas como, por ejemplo, cambios de dirección bruscos.

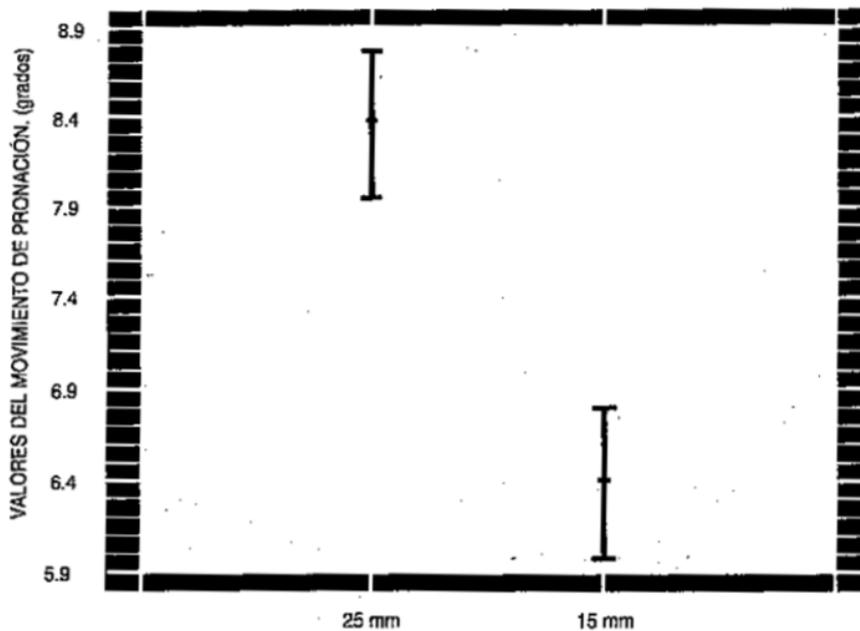


Imagen 81. Efecto de la altura de la entresuela sobre la máxima pronación inicial

#### 4.4.3. INSERCIÓN DE UNA ZONA CON MENOR PORCENTAJE DE RELLENO EN EL TALÓN.

Esta operación se va a realizar para lograr los efectos que muchas plantillas realizan sobre el pie. En el caso de la zapatilla a diseñar, se va a prescindir del uso de plantillas, por lo que se deberá incluir una zona en contacto con el talón que tenga un menor porcentaje de relleno en el momento de su impresión 3D. De este modo, se mejorará la capacidad de amortiguación del calzado en esa zona, que recibe constantes impactos durante la carrera.

El grosor de esta zona debe ser al menos de 4 mm, pero hay que tener en cuenta que esta zona de menor densidad tenderá a aplastarse bajo cargas elevadas perdiendo efectividad, por lo que en caso de que el usuario tenga una masa considerable, será recomendable aumentar el grosor de esta zona.

#### 4.4.4. CORTES TRANSVERSALES EN LA ENTRESUELA

Añadir cortes transversales en la entresuela a nivel del quiebre facilita la flexión de los dedos. Estos cortes también facilitan el movimiento de torsión del calzado respecto a zapatillas sin cortes.

#### 4.4.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ENTRESUELA

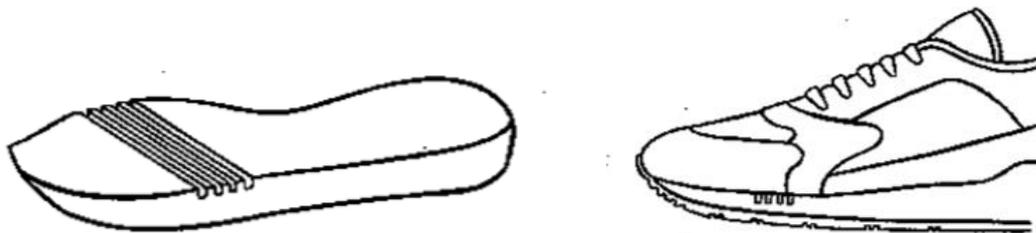


Imagen 82. Diseño geométrico de la entresuela

El ángulo de acampanado debe ser neutro para evitar problemas de hiperpronación en el instante del contacto inicial.

El ángulo de quiebre debe ser como mínimo de  $10^{\circ}$  para evitar que la puntera del calzado roce con el suelo durante la fase de vuelo (cuando se separa el pie del suelo). También facilita la acción de rodillo del antepié durante la fase de despegue (cuando el pie se está separando del suelo).

El biselado posterior es recomendable para evitar deslizamientos durante la fase de contacto inicial, ya que en el momento en el que se apoya el pie sobre el suelo, no se hace con la suela de la zapatilla en paralelo a éste. También reduce la velocidad de

extensión del tobillo en el paso de la fase de contacto inicial a la fase de apoyo completo del pie.

## 4.5. DISEÑO DE LA SUELA

El objetivo principal de la suela de una zapatilla es tener una fricción longitudinal elevada con la superficie con la que va a entrar en contacto y una fricción rotacional pequeña para facilitar los giros y evitar posibles lesiones de rodilla.

- La fricción longitudinal determina cuánta fuerza debe aplicarse para que la zapatilla deslice sobre la superficie en sentido longitudinal. Cualquier deslizamiento longitudinal en el pavimento supone una pérdida de rendimiento en la ejecución de un gesto.

- La fricción rotacional determina el par de fuerza necesario para producir un giro del calzado respecto a la superficie. Si la fricción rotacional es elevada será más costoso realizar giros y, dependiendo de la intensidad del movimiento, podrá sobrecargar las estructuras esqueléticas.

Una fricción longitudinal elevada suele suponer una fricción rotacional alta, por lo que se debe alcanzar un compromiso entre ambos factores. Por un lado, se debe conseguir una fricción longitudinal suficiente para que no afecte al rendimiento de los movimientos, y por otro lado, una fricción rotacional lo más reducida posible para evitar lesiones.

El espesor mínimo de la suela debe ser de 5 mm.

### 4.5.1. MATERIAL DE LA SUELA

Cuanto más blando sea el material de la suela y la entresuela, mayor será la adaptación a cualquier irregularidad de la superficie. Esto hace que aumente la superficie de contacto entre la suela y el terreno, lo que provoca que las fuerzas de fricción se incrementen. Sin embargo, los materiales más blandos normalmente tienen problemas de abrasión, por lo que es necesario dar con un material blando con una resistencia elevada a la abrasión.



Imagen 83. Adaptación de una suela blanda a las irregularidades del terreno

#### 4.5.2. REDONDEO DEL BORDE POSTERIOR DE LA SUELA

Tanto al realizar una marcha como una carrera aeróbica, la primera parte que entra en contacto con el suelo es el borde posterior de la suela, de forma que para tener una superficie de contacto considerable y aumentar la fricción longitudinal en ese momento, es necesario realizar un redondeo en el borde posterior de la suela.

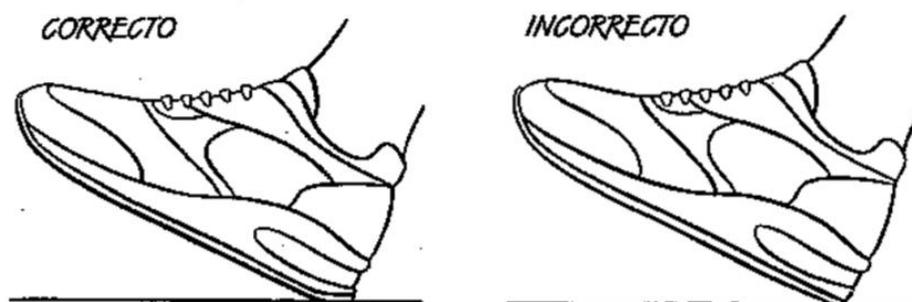


Imagen 84. Efecto del redondeo del borde posterior de la suela

#### 4.5.3. DIBUJO DE LA SUELA

El dibujo en la suela es completamente necesario, ya que, a no ser que se esté pisando una superficie completamente plana y limpia (en cuyo caso una suela plana sería ideal porque la superficie de contacto sería mayor), es de vital importancia para conseguir la fricción necesaria. Los terrenos tienen formas no continuas ni planas y tienen contaminantes como agua, polvo o tierra; por lo que el dibujo va a ser lo que disperse el contaminante y ancle la suela de la zapatilla al suelo.

##### Listados

Este tipo de dibujo favorece el deslizamiento en la dirección del listado, por lo que se utilizan para disminuir la fricción en una dirección dada. Para no obtener un deslizamiento excesivo en dicha dirección, es necesario su discontinuidad. Algunas recomendaciones relacionadas con estos elementos son:

- La anchura del listado debe estar entre 3 y 20 mm.
- El ancho del canal entre listas debe ser de 2 mm como mínimo para dispersar el contaminante y permitir la correcta flexión evitando fisuras.
- Se recomienda que los canales sean redondeados para reducir el riesgo de fisura por flexión.
- La profundidad mínima del canal debe ser de 2 mm para superficies sintéticas y 5 mm para superficies exteriores.
- Para aumentar la fricción se recomienda que las esquinas sean lo más cuadradas posibles (entre 90° y 110°).

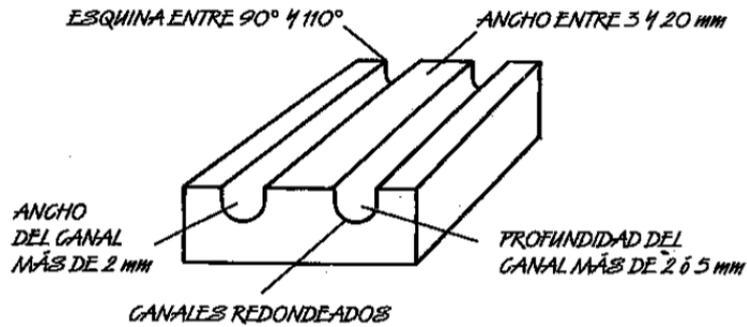


Imagen 85. Listados

### **Salientes**

Aumentan la fricción al dejar aristas abiertas en varias direcciones. Para aumentar la superficie en contacto se suele recomendar que su superficie sea lisa. Una terminación en cuña daría lugar a un área de contacto pequeña y por tanto a una fricción baja.

### **Entrantes**

En ningún caso se deben diseñar entrantes que formen superficies cerradas, ya que pueden actuar como depósitos del contaminante.

### **Granulados**

Si son pronunciados aumentan la fricción, pues generan aristas en todas las direcciones. Si son suaves y en suelas duras disminuyen la fricción al reducir el área de las superficies de contacto.

### **Dibujos circulares**

Se suelen colocar bajo la cabeza del primer metatarsiano y su objetivo es favorecer el giro. Funcionan igual que los listados, colocando un conjunto de listados formando un círculo en torno a un centro situado bajo la cabeza del primer metatarsiano.

Está comprobado que este tipo de dibujos disminuyen la fricción al giro y aumentan la fricción longitudinal.

### **Barras de flexión**

Las barras situadas en el eje de flexión de la suela para aumentar la flexibilidad de la misma, provocan un aumento de fricción rotacional al dar lugar a aristas perpendiculares a la dirección de giro.

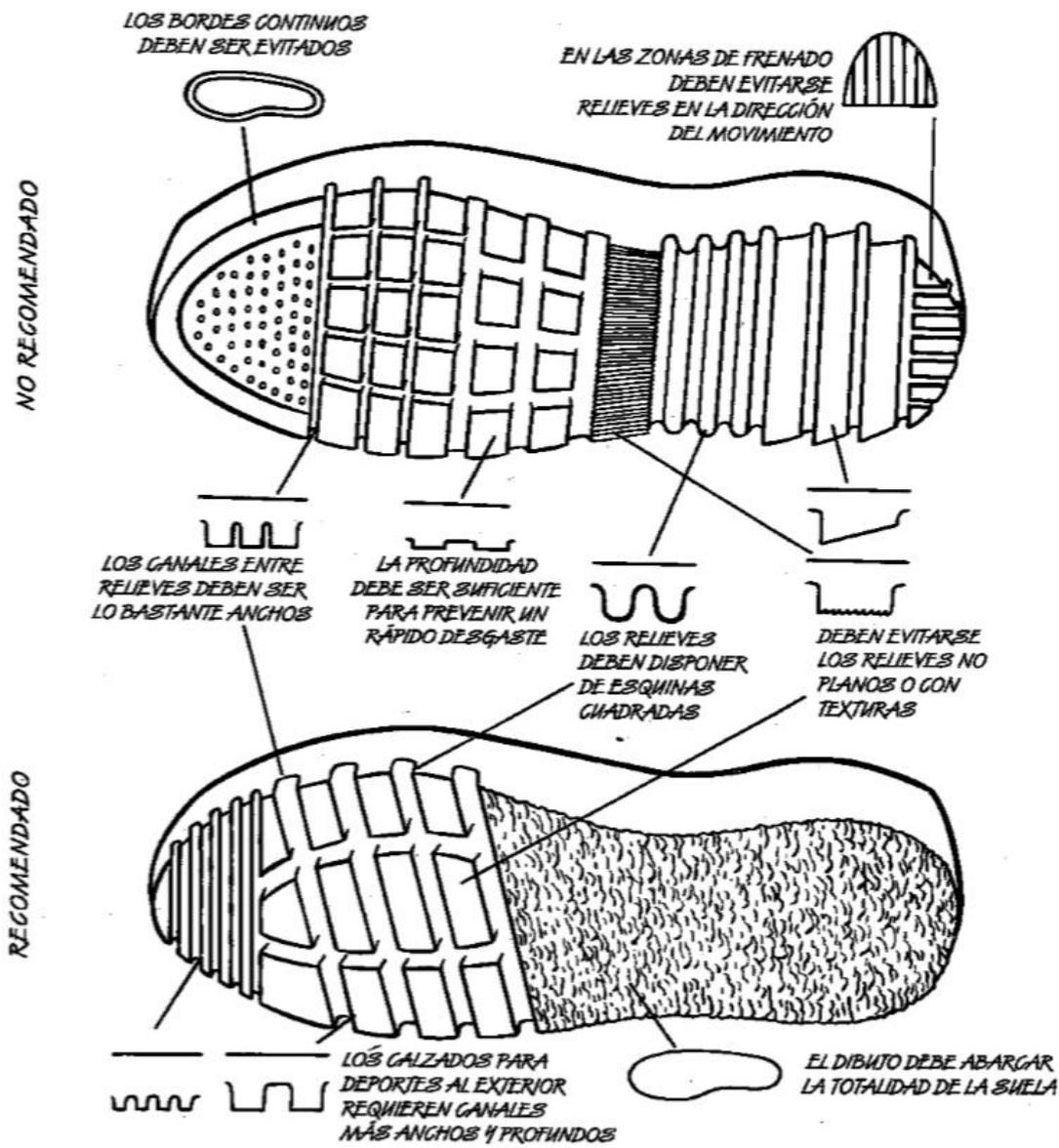


Imagen 86. Recomendaciones de diseño de elementos de suela para calzados de interior y exterior

## 5. MATERIALES Y COMPONENTES EMPLEADOS

Los materiales empleados para la fabricación y los componentes adquiridos para el ensamblado del producto son los siguientes:

### **Cordones Sport planos**

Proveedor: King and Clown

Material: 100 % poliéster

Color: negro

Longitud: 120 cm

Ancho: 7 mm

Precio: 3.99 €



Imagen 87. Cordones Sport planos

### **Cordura Protect**

Proveedor: Telas activas

Material: poliamida (tafetán y PVC)

Color: negro

Peso por m<sup>2</sup>: 490 g/m<sup>2</sup>

Ancho: 1.48 m

Precio del metro: 14.99 €

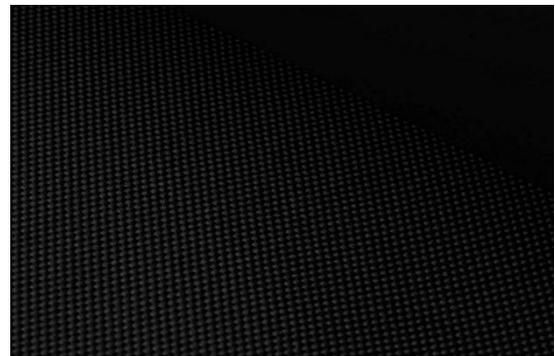


Imagen 88. Cordura Protect

### **Malla Coolmax**

Proveedor: Telas activas

Material: poliéster

Color: negro

Peso por m<sup>2</sup>: 80 g/m<sup>2</sup>

Ancho: 1.52 m

Precio del metro: 6.99 €



Imagen 89. Malla Coolmax

### Hilo de coser Passat

Proveedor: Hicomán

Material: nylon

Color: negro

Precio de 600 metros: 2 €



Imagen 90. Hilo de coser Passat

### Bobina de TPU

Proveedor: Colido

Material: poliuretano termoplástico

Color: blanco

Masa (g)	Precio (€)
500	44.79
1000	54.92

Tabla 9. Precio TPU



Imagen 91. Bobina de TPU

### Bobina de Nylon

Proveedor: Albita-Shop

Material: nylon

Color: negro

Masa: 1 kg

Precio: 34.95 €



Imagen 92. Bobina de Nylon

### Bobina de PLA

Proveedor: Colido

Material: PLA

Color: Negro

Masa (g)	Precio (€)
500	31.80
1000	19.58

Tabla 10. Precio PLA



IMAGEN 93. Bobina de PLA

### Disolvente LP

Proveedor: Kefrén

Volumen (ml)	Precio (€)
500	2.22
1000	2.80

Tabla 11. Precio LP



Imagen 94. Disolvente LP

### Adhesivo 533

Proveedor: Kefrén

Volumen (ml)	Precio (€)
500	3.71
1000	6.72

Tabla 12. Precio adhesivo 533



Imagen 95. Adhesivo 533

### Adhesivo M-64

Proveedor: Kefrén

Volumen (ml)	Precio (€)
500	3.22
1000	5.46

Tabla 13. Precio adhesivo M-64



Imagen 96. Adhesivo M-64

## Adhesivo 29C

Proveedor: Kefrén

Volumen (ml)	Precio (€)
500	4.86
1000	8.90

Tabla 14. Precio adhesivo 29C



Imagen 97. Adhesivo 29C

## Adhesivo S-21

Proveedor: Kefrén

Volumen (ml)	Precio (€)
500	3.40
1000	5.62

Tabla 15. Precio adhesivo S-21



Imagen 98. Adhesivo S-21

## Ojales

Proveedor: Kimidori

Material: Acero

Color: negro

Longitud: Ø 0.5 cm

Ancho: 7 mm

Cantidad: 100

Precio: 3.99 €



Imagen 99. Ojales





---

## 3. PLANOS

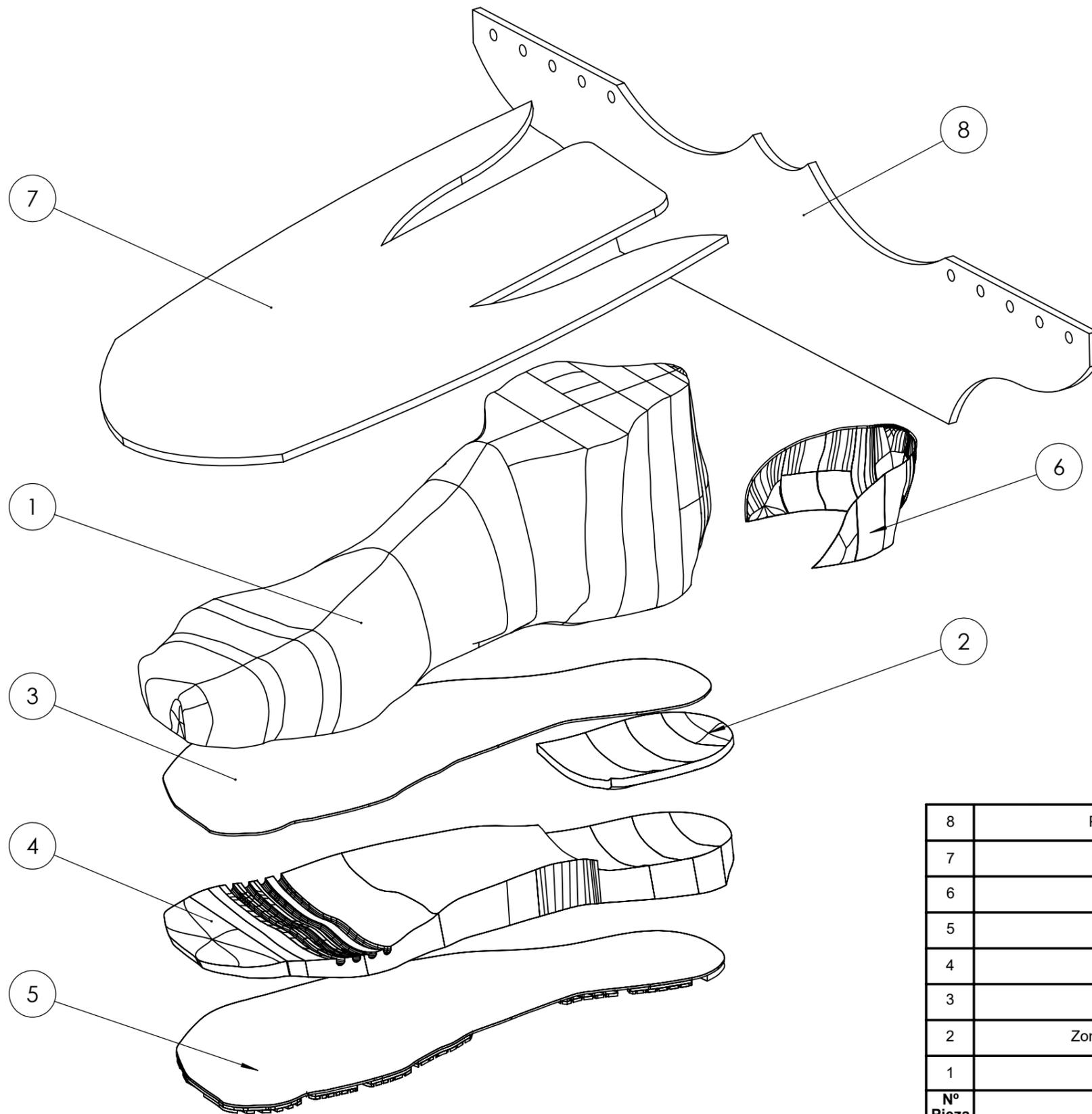
---



# ÍNDICE

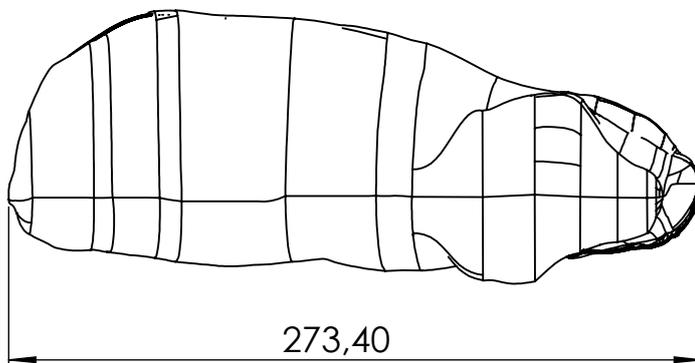
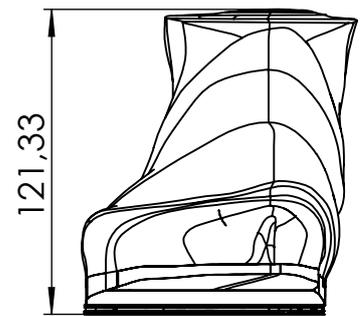
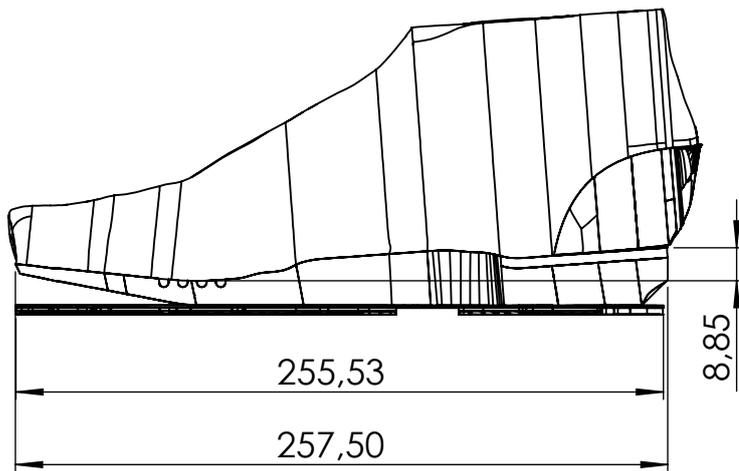
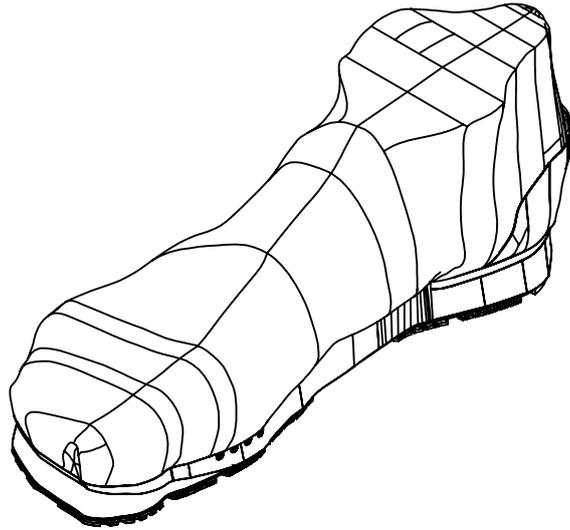
1. Explosión .....	131
2. Conjunto de piezas impresas en 3D .....	133
3. Patrón anterior.....	135
4. Patrón posterior .....	137
5. Patrón inferior.....	139
6. Horma.....	141
7. Contrafuerte.....	143
8. Zona de menor densidad .....	145
9. Entresuela .....	147
10. Suela .....	149

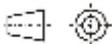


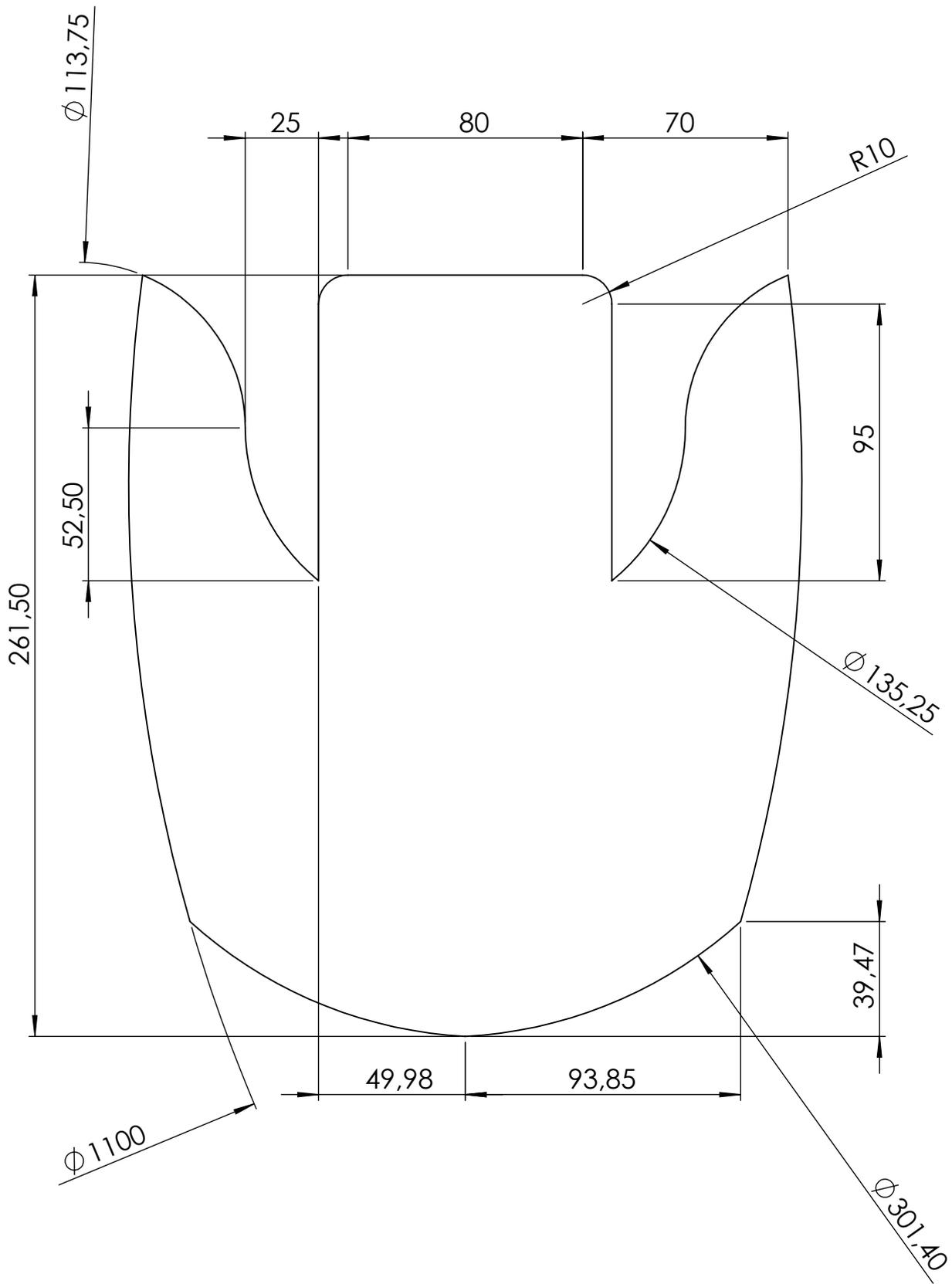


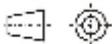
8	Patrón Posterior	Poliéster	1
7	Patrón Anterior	Poliéster	1
6	Contrafuerte	Nylon	1
5	Suela	TPU	1
4	Entresuela	TPU	1
3	Patrón inferior	Poliéster	1
2	Zona de menor densidad	TPU	1
1	Horma	PLA	1
Nº Pieza	Componente	Material	Cantidad

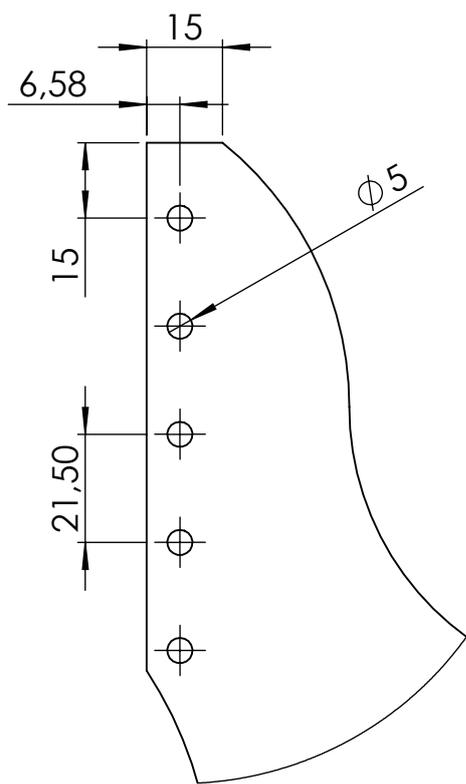
Tolerancia ± 0.5		Título: Explosión		Plano nº: 1
Escala 1:2		Un. dim. mm		Hoja nº: 131
				Dirigido por: David Candel Romero
				Fecha: Febrero 2018
				Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos
				Fecha: Febrero 2018



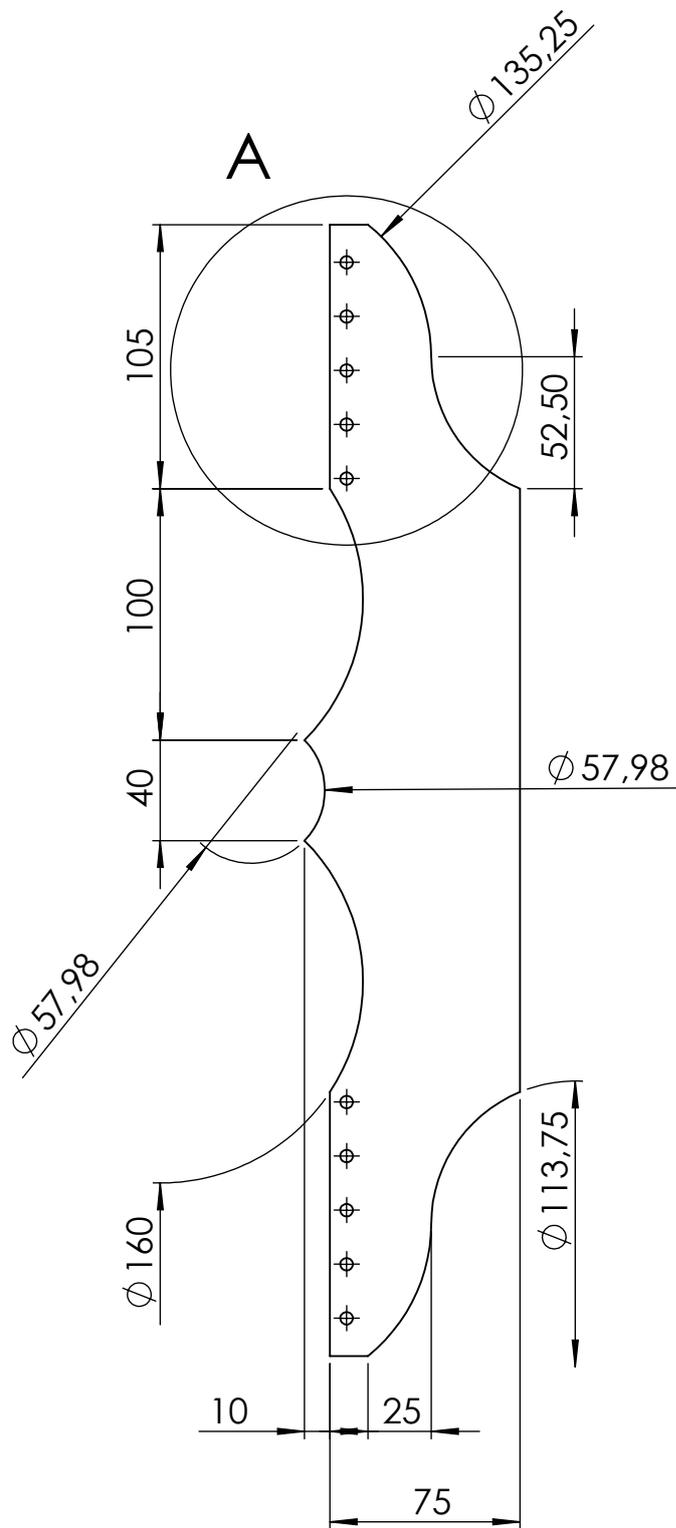
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Conjunto de piezas impresas en 3D		Plano nº: 2
				Hoja nº: 133
Escala 1:3	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018

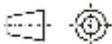


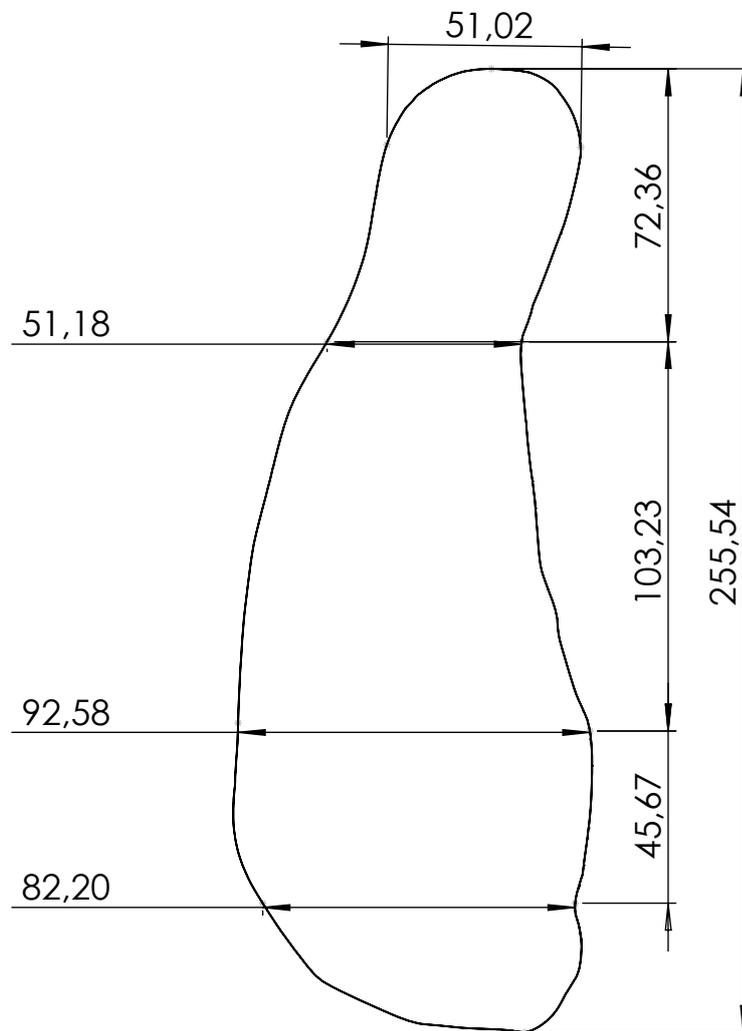
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Patrón anterior		Plano nº: 3
				Hoja nº: 135
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018

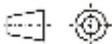


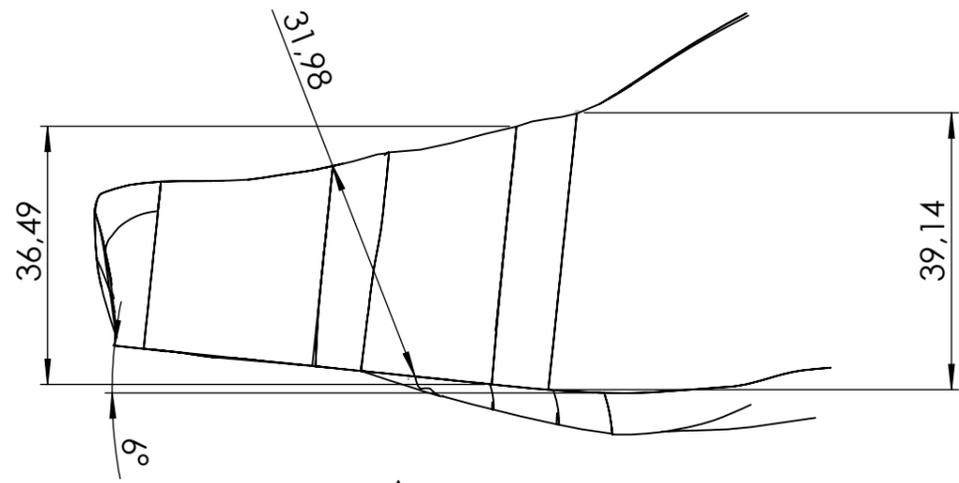
A ESCALA 2 : 3



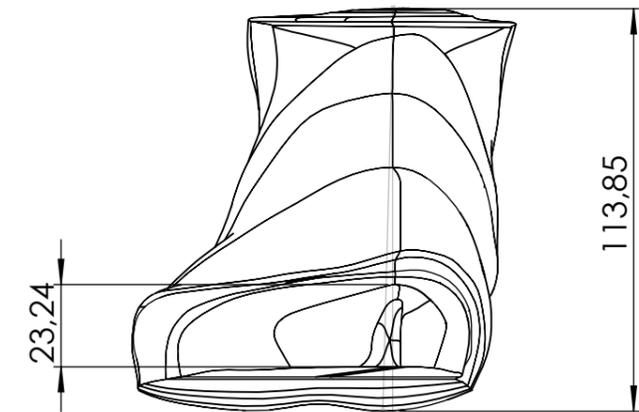
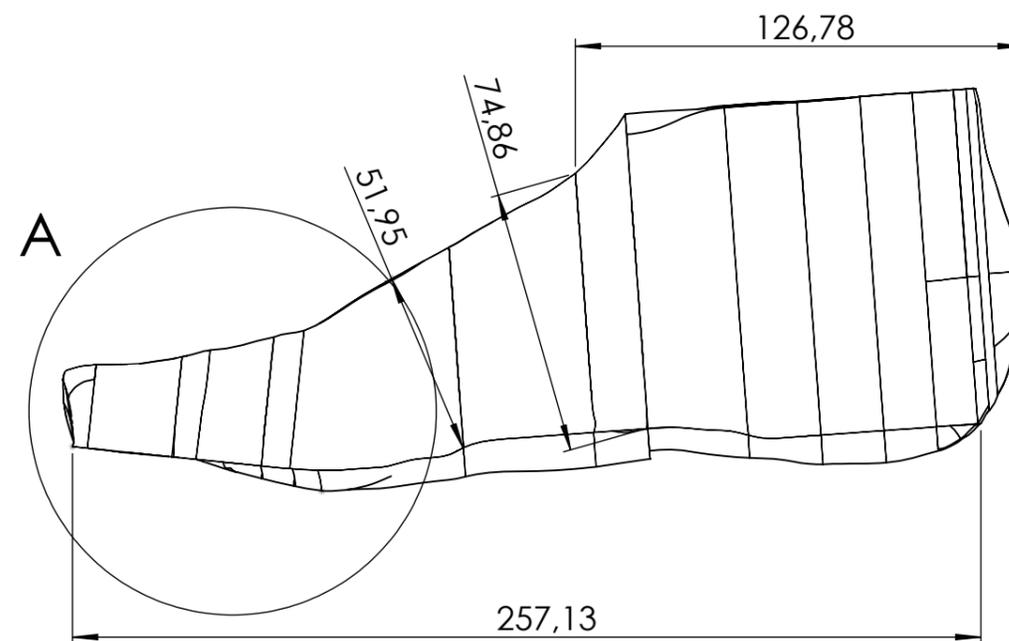
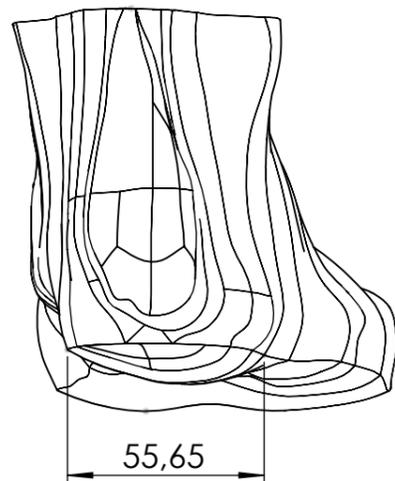
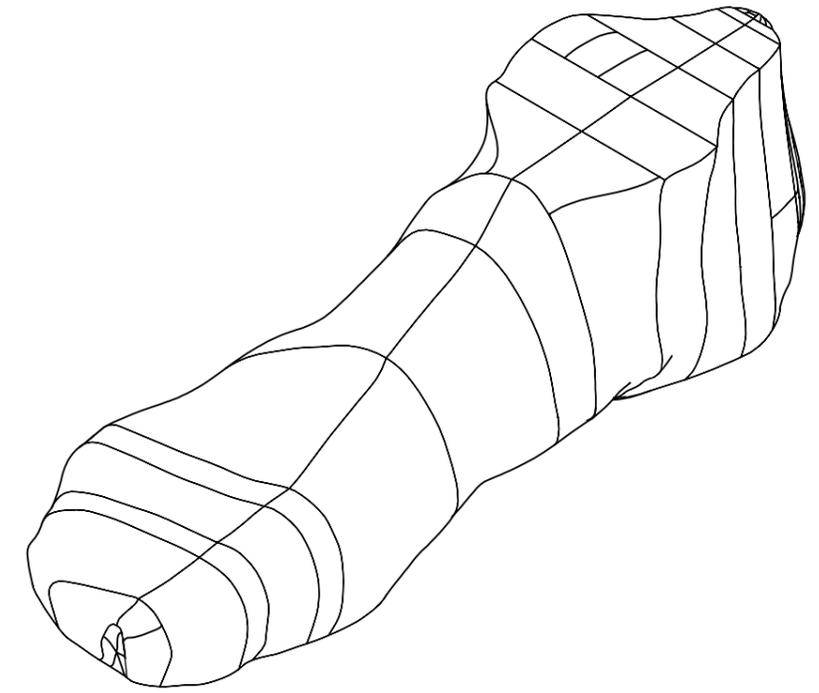
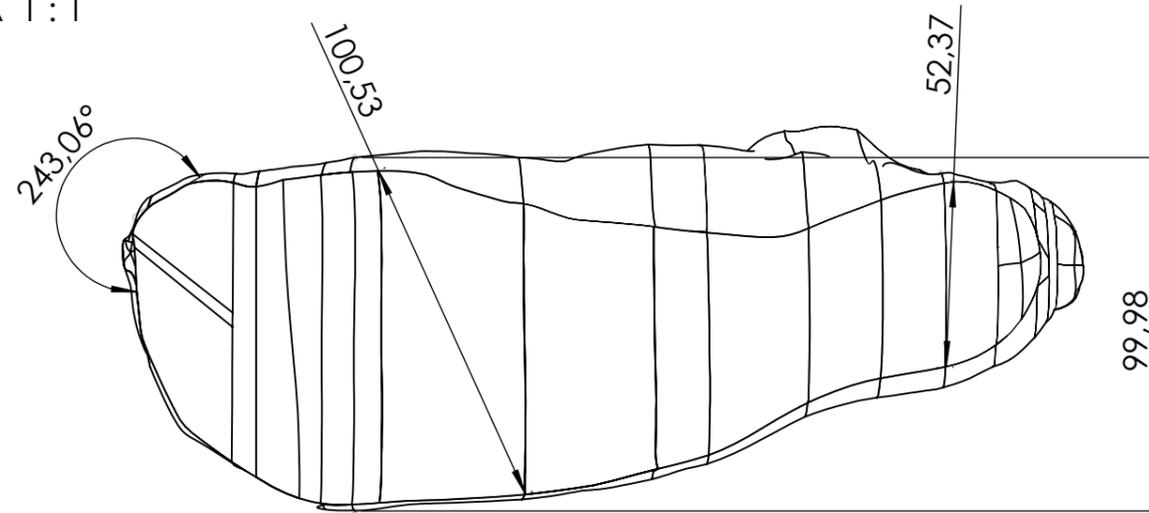
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Patrón Posterior		Plano nº: 4
				Hoja nº: 137
Escala 1:3	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018



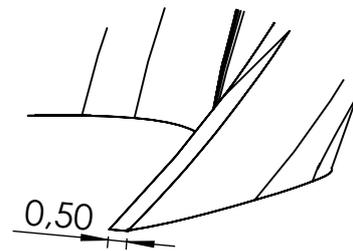
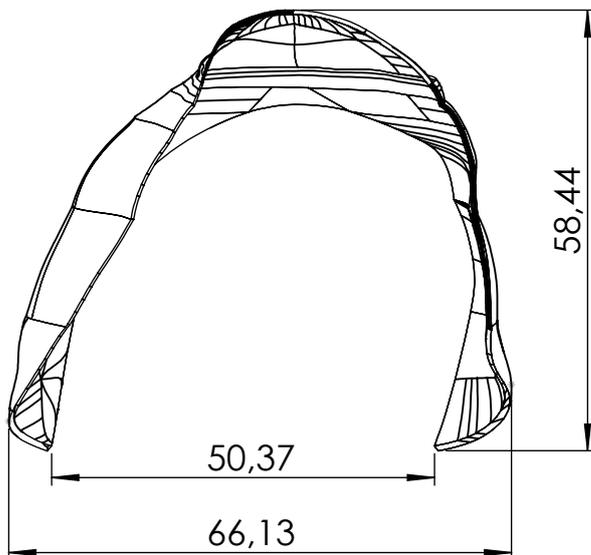
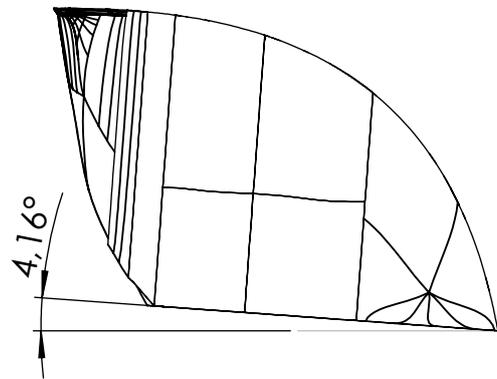
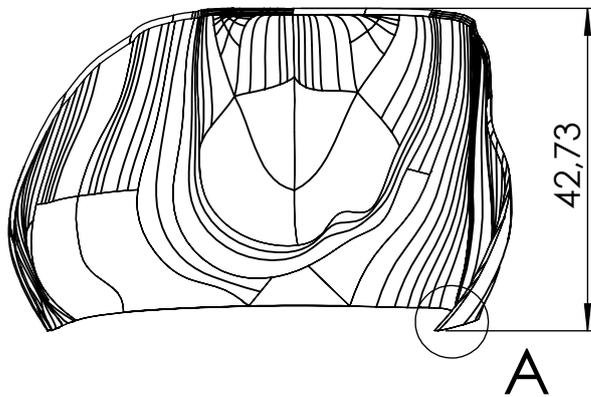
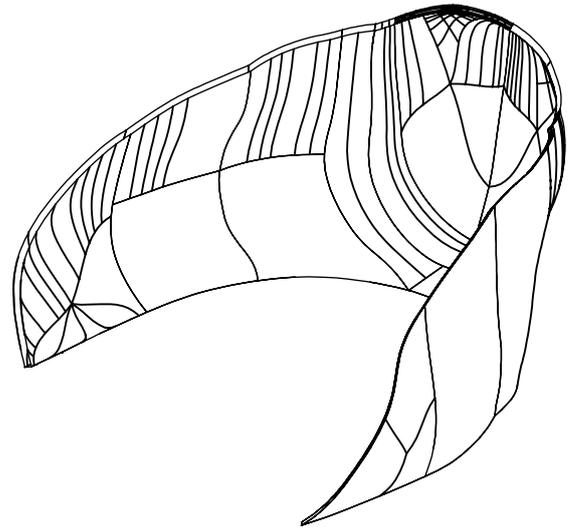
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Patrón Inferior		Plano nº: 5
				Hoja nº: 139
Escala 1:2	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018



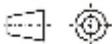
A ESCALA 1:1

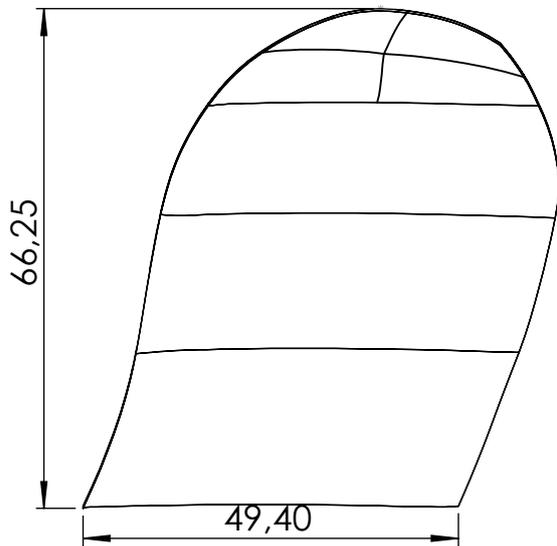
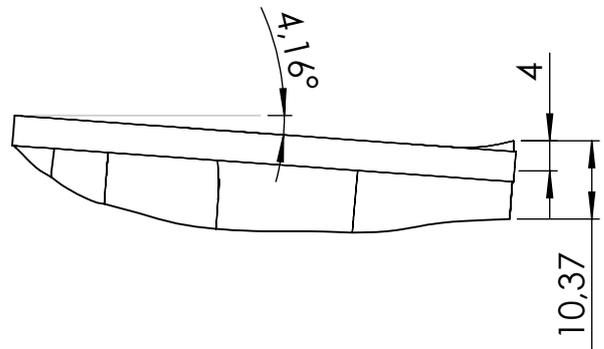
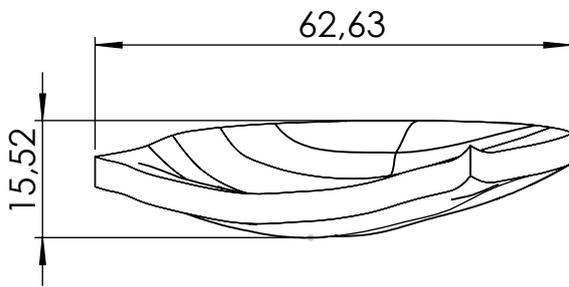
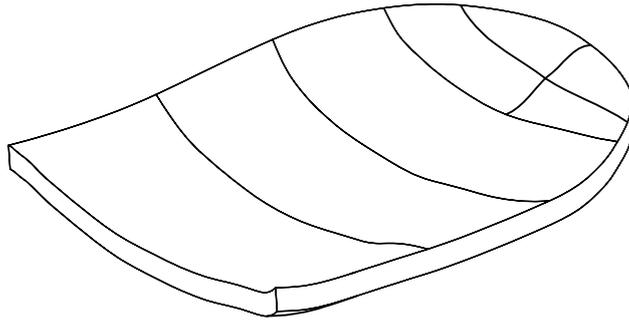


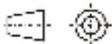
Tolerancia: $\pm 0.5$		Título: Horma		Plano nº: 6
Escala 1:2		Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Hoja nº: 141
		 		Dirigido por: David Candel Romero
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018

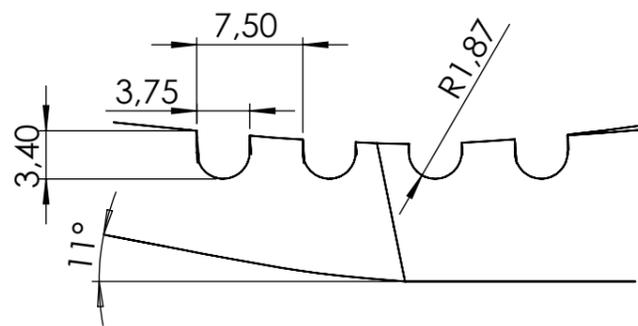
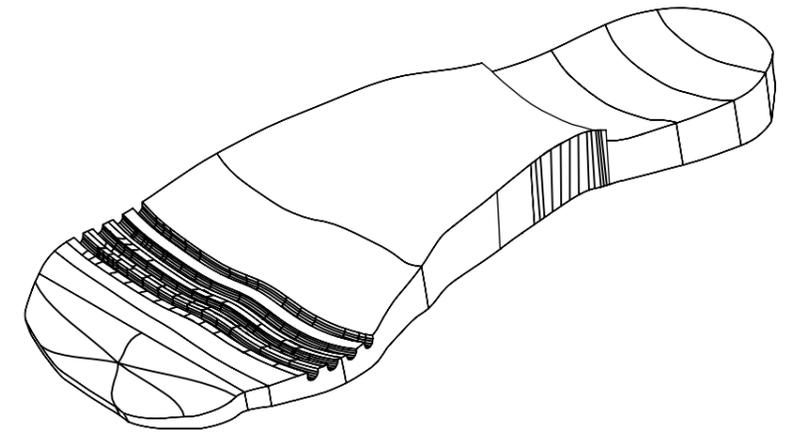
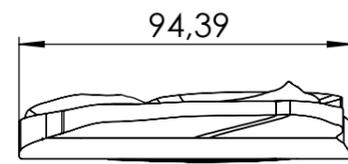
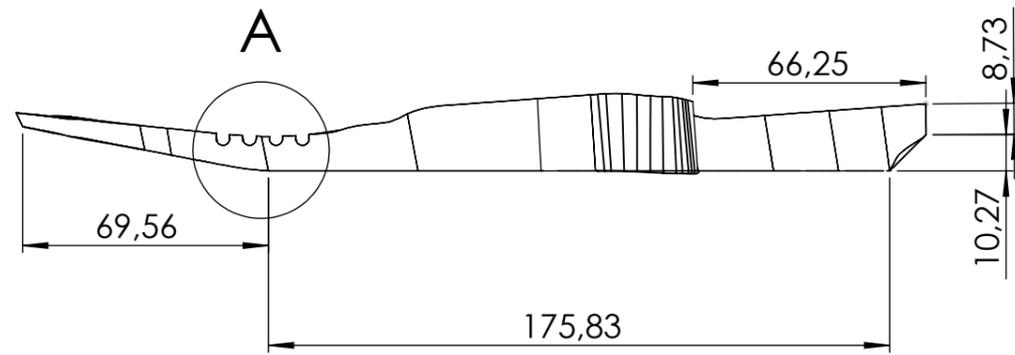


**A** ESCALA 5 : 1

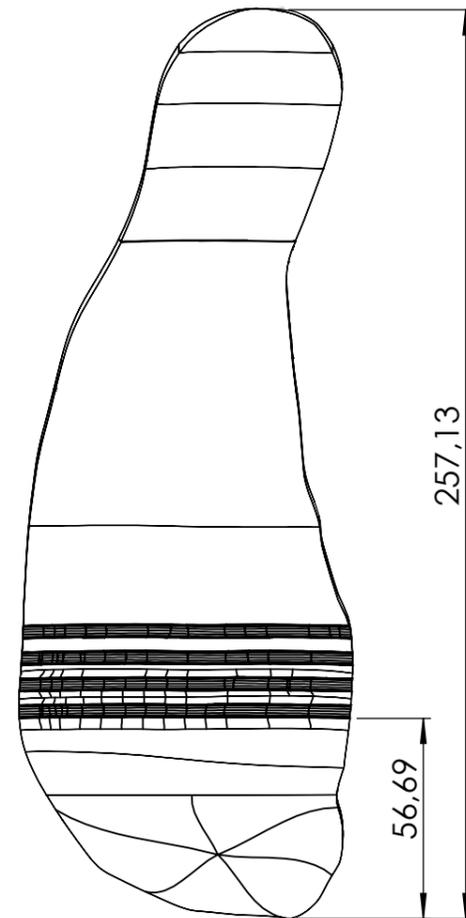
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Contrafuerte		Plano nº: 7
				Hoja nº: 143
Escala 1:1	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018



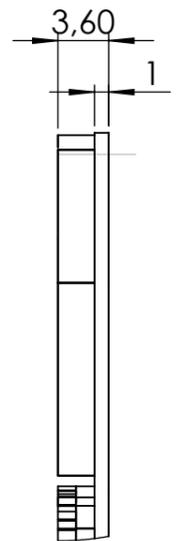
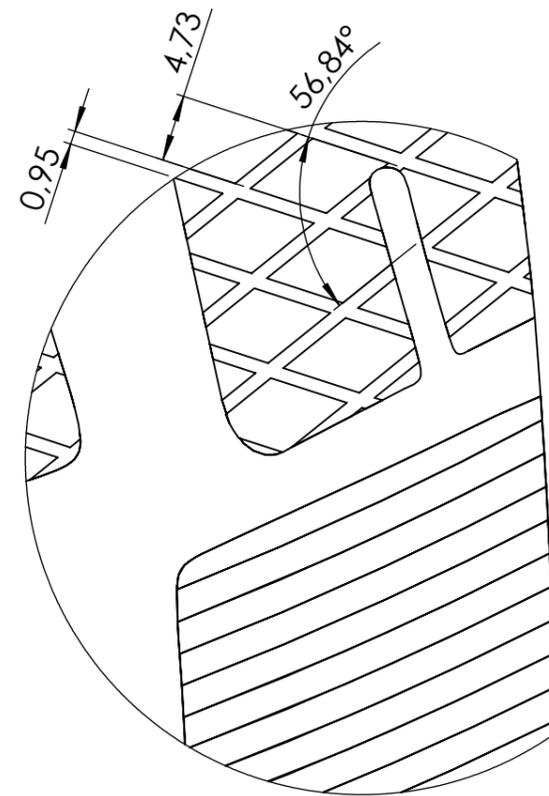
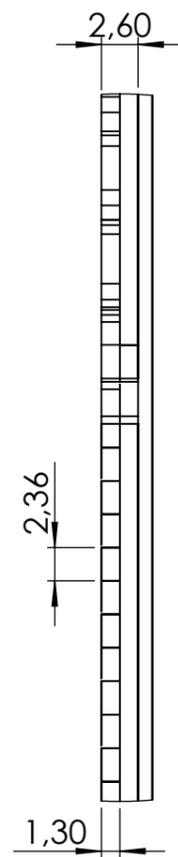
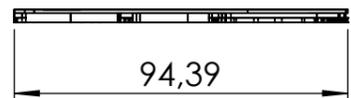
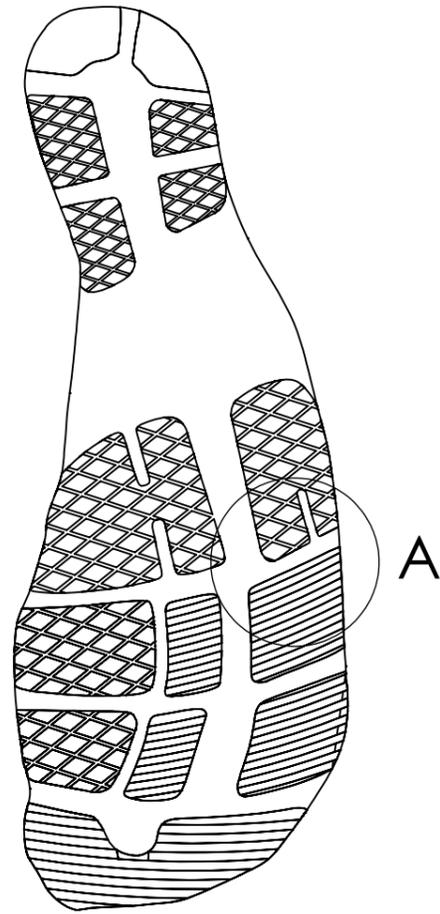
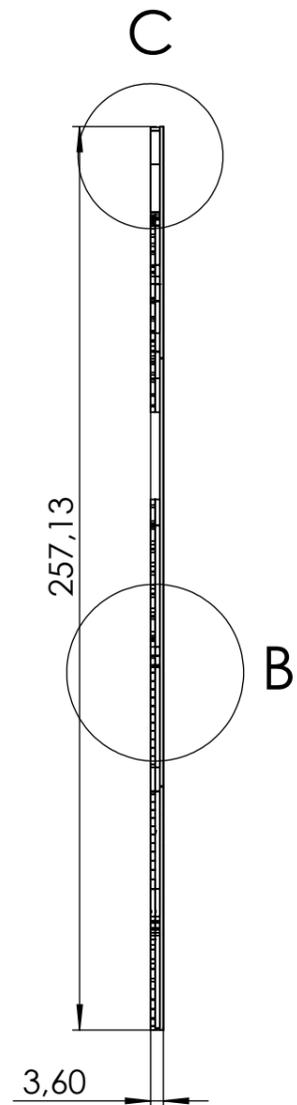
Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Zona de menor densidad		Plano nº: 8
				Hoja nº: 145
Escala 1:1	Un. dim. mm	 Escuela Superior de Tecnología	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
			Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos	Fecha: Febrero 2018



A ESCALA 2:1



Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Entresuela		Plano nº: 9
Escala 1:2		Un. dim. mm	Dirigido por: David Candel Romero	Fecha: Febrero 2018
				Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos
				Fecha: Febrero 2018



B ESCALA 2 : 1

A ESCALA 2 : 1

C ESCALA 2 : 1

Tolerancia $\pm 0.5$		Título: Suela		Plano nº: 10
Escala 1:2		Un. dim. mm		Hoja nº: 149
		 Escuela Superior de Tecnología		Dirigido por: David Candel Romero
				Comprobado por: Vicente Chulvi Ramos
				Fecha: Febrero 2018

---

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

---



# ÍNDICE

1. Materiales y elementos comerciales .....	155
1.1. Materiales.....	155
1.2 Elementos comerciales .....	156
2. Pruebas y ensayos .....	160
3. Condiciones del producto.....	162
1.1. Condiciones de diseño del Producto .....	162
3.1.1 Piezas impresas en 3D .....	162
3.1.2 Patrones.....	164
3.2 Condiciones de fabricación del producto .....	165
3.3. Condiciones de montaje del producto .....	166
3.4 Condiciones de uso del producto .....	166
4. Normativa.....	167
4.1 Normas de documentación.....	167
4.2 Normas referentes al calzado.....	167
4.3 Normas referentes al Material del calzado .....	172



# 1. MATERIALES Y ELEMENTOS COMERCIALES

## 1.1. MATERIALES

Los materiales necesarios para la fabricación de la zapatilla son los siguientes:

**PLA:** Es un termoplástico, conocido también como poliácido láctico, cuyo nombre químico es ácido 2-hidroxipropanoico, fabricado a base de almidón de maíz. Es el material más utilizado en impresión 3D. Ofrece una buena resistencia a tracción, aunque dentro de la gama de los materiales más utilizados en impresión 3D, probablemente sea uno de los que menos resistencia mecánica tenga

El motivo de su selección es que es el material más fácil de imprimir en impresión 3D, el que menos incidencias provoca, uno de los que mejor acabado superficial logra y el que menos tensiones crea en la pieza impresa. Estas características permitirán dar una cierta estabilidad al proceso de impresión de la horma, ya que es la pieza más grande y, por lo tanto, la más propensa a producir un fallo en la impresión. Además, esta pieza únicamente servirá como base para la creación de los patrones.

**Nylon:** Es un polímero sintético perteneciente a la familia de las poliamidas (PA). Es un material complejo de imprimir, ya que sufre grandes dilataciones y contracciones con la temperatura. Precisa de un mayor control ambiental y de la temperatura de extrusión, por lo que en ocasiones es necesario más de un intento para lograr una impresión satisfactoria en ciertos tipos de geometrías.

El motivo por el que se ha seleccionado este material es que tiene unas propiedades mecánicas muy buenas, siendo las más destacable para la función que va a cumplir (fabricación del contrafuerte) su resistencia a tracción y su flexibilidad en bajos espesores.

**TPU:** El Poliuretano Termoplástico, como ya se ha visto en el apartado anexos, es un material con unas propiedades muy características: alta elongación, alta elasticidad, gran resistencia a tracción, gran resistencia a abrasión, gran resistencia química...

Tiene una complejidad media de impresión, pero sus características son perfectas para la impresión tanto de la suela, como de la entresuela de la zapatilla, por ello va a ser el material más importante del producto.

## 1.2 ELEMENTOS COMERCIALES

Los materiales empleados para la fabricación y los componentes adquiridos para el ensamblado del producto son los siguientes:

**Cordones:** cordones deportivos de fabricación española, adquiridos en King and Clown. Son de forma plana, para evitar que puedan soltarse durante la práctica del ejercicio. Fabricados en poliéster en las siguientes dimensiones:

- Longitud: 120 cm
- Ancho: 7 mm

La longitud está adaptada para 5-6 ojales permitiendo una zona considerablemente amplia de amarre.

Están disponibles en diferentes colores y configuraciones, por lo que se trata de un elemento que puede ser personalizable.



Imagen 100. Cordones Sport planos

**Cordura Protect:** tela adquirida a “Telas activas” y fabricada en poliamida.

Se trata de un tejido repelente al agua, impermeable y con unas propiedades mecánicas muy buenas. Tiene una gran resistencia a la abrasión y a temperaturas extremas.

El grosor de la tela es de 1.48 m.

Está elaborada con ligamento tafetán y la parte exterior de la tela está formada por una estructura granulada con hilos de un grosor de 1100 dtex. La parte interna está recubierta de una capa gruesa y espesa de PVC.

Es la tela que va forrar el contrafuerte y reforzar la parte inferior del upper.

Las instrucciones de lavado son las siguientes:



Imagen 101. Cordura Protect

**Malla Coolmax:** tela adquirida a “Telas activas” y fabricada en poliéster.

Se trata de una tela reversible y muy ligera con pequeños agujeros ovalados. El secado es muy rápido y tiene una gran capacidad de transpiración, ideal para realizar ejercicio.

El grosor de la tela es de 1.52 m. Es la tela que va a formar el upper.

Las instrucciones de lavado son la siguientes:



Imagen 102. Malla Coolmax

**Hilo de coser Passat:** adquirido a Hicomman.

Hilo de coser compuesto de Nylon 6.6 de alta tenacidad, con una gran resistencia al desgaste por abrasión y a la rotura. Tiene una considerable elasticidad y está disponible en 10 modelos de carretubos y en 90 colores.

Está disponible con los siguientes tratamientos:

- Tratamiento hidrófugo y oleófugo

- Tratamiento de semi-encerado
- Tratamiento de extralubricado
- Tratamiento Filtro anti-UV



Imagen 103. Hilo de coser Passat

**Disolvente LP:** disolvente adquirido a Kefrén para la limpieza de materiales de calzado. Se utilizará para limpiar las partes de la zapatilla antes de pegarlas.



Imagen 104. Disolvente LP

**Adhesivo 533.** Adhesivo adquirido a Kefrén, de base acuosa, track alto y tiempo abierto largo. Su aplicación puede ser manual o en Spray.

Este adhesivo se utilizará para pegar el contrafuerte (Nylon) a la tela.



Imagen 105. Adhesivo 533

**Adhesivo M-64.** Adhesivo adquirido a Kefrén, su viscosidad es media, de track alto, montado manual o con horno de baja temperatura.



Imagen 106. Adhesivo M-64

**Adhesivo 29C.** Adhesivo de poliuretano adquirido a Kefrén con una baja densidad, una elevada resistencia al calor, a los plastificantes y a la hidrólisis. Logra una gran fuerza inicial y final, así como una cristalización rápida.



Imagen 107. Adhesivo 29C

**Adhesivo S-21.** Adhesivo de Policloropreno de densidad media adquirido a Kefrén. Tiene una considerable resistencia al calor, un excelente track inicial y desarrolla una gran fuerza, tanto inicial, como final.

Este es el adhesivo utilizado para unir la suela a la entresuela.



Imagen 108. Adhesivo S-21

**Ojales:** Adquiridos a Kimidori, de 0.5 mm de diámetro. Se utilizarán un total de 20 ojales para un par de zapatillas.



Imagen 109. Ojales

## 2. PRUEBAS Y ENSAYOS

Los siguientes ensayos son aplicables a la zapatilla que se ha diseñado, todos ellos están extraídos de las normas que se nombrarán en el siguiente apartado.

- Ensayos para uniones:
  - De resistencia al calor de las uniones a temperatura creciente.
  - De envejecimiento de las uniones en condiciones especificadas.
  
- Ensayos para suelas:
  - De resistencia a flexión.
  - De resistencia al desgarro.
  - De resistencia a tracción y alargamiento.
  - De resistencia a abrasión.
  - De estabilidad dimensional.
  - De resistencia a la exfoliación.
  - De determinación de la densidad global.
  - De energía de compresión.
  
- Ensayos para empeines, forros y plantillas:
  - De resistencia al desgarro.
  - De resistencia al sudor.
  - De evaluación de criterios ecológicos.
  - De solidez del color al frote.
  - De resistencia de la costura.
  - De migración del color.
  - De estabilidad dimensional.
  - De fricción estática.

- De resistencia a flexión.
  - De resistencia a la abrasión.
  - De aislamiento térmico.
  - De permeabilidad y absorción de vapor de agua.
  - De determinación de sustancias solubles al agua.
- Ensayos para el calzado completo:
    - De evaluación de actividad antibacteriana.
    - De lavabilidad en una lavadora automática.
    - De evaluación de los criterios ecológicos.
    - De resistencia al agua.
    - De aislamiento térmico.
- Ensayos para los materiales elásticos:
    - De resistencia a la tracción y al alargamiento.
    - De resistencia a la fatiga
- Ensayos para cortes:
    - De resistencia al agua.
    - De resistencia a la tracción y al alargamiento.
    - De resistencia a la rotura en el montado.
    - De resistencia a la exfoliación.
    - De deformabilidad.
    - De comportamiento a alta temperatura.
- Ensayos para contrafuertes:
    - De características mecánicas.
    - De aptitud al pegado.
- Ensayos para cordones:
    - De resistencia a la abrasión.
- Ensayos para accesorios metálicos:
    - De resistencia a la corrosión.

### **3. CONDICIONES DEL PRODUCTO**

#### **1.1. CONDICIONES DE DISEÑO DEL PRODUCTO.**

##### **3.1.1 PIEZAS IMPRESAS EN 3D**

El diseño de algunos componentes se va a realizar a partir del escaneado 3D del pie, utilizando un archivo en formato 3D como plantilla para el diseño. Las piezas que se van a diseñar a partir del escaneado son:

- Horma
- Entresuela
- Suela
- Contrafuerte
- Zonda de menor densidad

Hay que tener en cuenta que este diseño realizado, se ha desarrollado con el Software solidThinking Evolve a partir de curvas y superficies, por lo que el modelo obtenido es una geometría con una infinidad de curvas, líneas, ángulos y radios.

Realizar una acotación “clásica” para este tipo de piezas es imposible. Para su acotación se ha seguido la recomendación de la “guía de recomendaciones para el diseño del calzado” desarrollada por el Instituto de Biomecánica de Valencia donde ejemplifica mediante la siguiente imagen, cómo se acota habitualmente una horma.

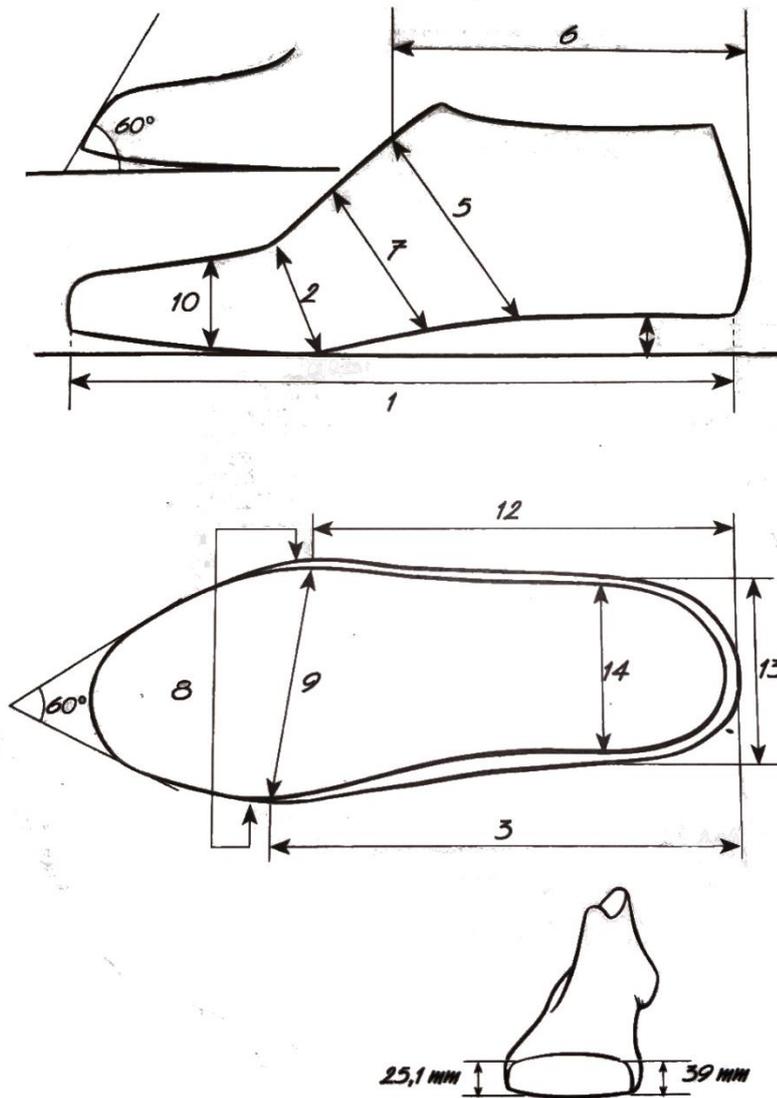


Imagen 110. Acotado tipo para horma

Este tipo de acotación se ha extrapolado al resto de componentes impresos en 3D, para unificar un tipo de acotación que aporte información general sobre la geometría de la pieza. Para el proceso de fabricación por impresión 3D no son imprescindibles los planos, ya que el archivo STL, al convertirse a GCode va a aportar a la impresora 3D toda la información sobre su geometría.

Como ya se ha comentado en el apartado 8.1 de la memoria, se está utilizando hardware que permite, en caso del escáner, obtener una geometría con una precisión muy elevada

- Precisión geométrica del escáner 3D: entre 0.16 – 0.50 mm
- Exactitud posicional de la impresora 3D:
  - o Ejes X e Y: 0.011 mm

- Eje Z: 0.1 mm de altura de capa mínima.

Teniendo en cuenta los datos sobre el hardware utilizado, la gran mayoría de materiales del proyecto considerablemente flexibles impresos en 3D, y el punto 6.2.2 de los anexos en el que se describen las medidas de la horma a considerar para diseñarla a base de datos antropométricos; se explica que para muchas de ellas no es necesario que sean iguales a las de la geometría del pie, por lo que se decide exigir una tolerancia en los planos de  $\pm 0.5$  mm.

### 3.1.2 PATRONES

Se han diseñado 3 patrones para la composición del upper de la zapatilla:

- Upper anterior
- Upper posterior
- Upper inferior

El upper anterior y el posterior se ha diseñado mediante Solidworks a partir de planos, por lo que se va a poder realizar una acotación estándar, a diferencia de los planos de las piezas impresas en 3D. Para estos dos patrones se ha realizado un diseño estandarizado, que se deberá adaptar posteriormente a la horma, para que el ensamblaje del upper esté totalmente adaptado al pie.

Para el diseño del upper inferior, se ha utilizado las medidas obtenidas del escaneo del pie, por lo que el acotado corresponde al mismo tipo que las piezas impresas. Una forma sencilla de obtener este patrón con la tolerancia que se va a fijar, es imprimir una pequeña plantilla con la impresora 3D al mínimo grosor posible (0,1 mm), para marcar la tela posteriormente con un lápiz y realizar el corte.

La tolerancia seleccionada para estas piezas también es de  $\pm 0.5$  mm, ya que se han considerado para su elección dos variables comunes a las de la pieza impresa:

- El material textil que conforma el upper es flexible.
- Las medidas de la horma a considerar para diseñarla a base de datos antropométricos no es necesario que sean igual que las de la geometría del pie, en muchos casos.

## 3.2 CONDICIONES DE FABRICACIÓN DEL PRODUCTO

Los procesos de fabricación para llegar a la obtención de las piezas no adquiridas de forma comercial son los siguientes:

### Piezas impresas

- 1- Escaneado 3D del pie tanto en posición con peso, como sin apoyar el pie sobre el piso. En la posición que el pie este reposando, será necesario el uso de un cristal a cierta altura para poder escanear la parte inferior del pie.
- 2- Diseñado del componente a partir de la geometría aprovechable de escaneo previo
- 3- Exportar el archivo diseñado a formato Stl.
- 4- Convertir el archivo Stl en un Gcode a través de un software de rebanado en el que se configurarán los parámetros de impresión, adaptándolos al usuario.
- 5- Impresión 3D de la pieza.
- 6- Retirar, si esta pieza lo tiene, el material de soporte desechable utilizado como andamio para las zonas en voladizo.

### Upper

- 1- Cortar un trozo de tela "Coolmax" de aproximadamente 1 mm<sup>2</sup>
- 2- Cortar este trozo por la mitad.
- 3- Colocar la malla sobre la horma impresa para el marcado en la tela de las líneas que van a conformar los patrones.
- 4- Cortar los patrones por las líneas marcadas previamente.
- 5- Remachar la malla de tela por la zona donde deberán pasar los cordones, dejando colocados los ojales.
- 6- Coser los diferentes patrones, con la ayuda del adhesivo "M-64" y dejar colocado el upper sobre la horma para comprobar su correcta adaptación.
- 7- Reforzar la parte inferior del upper mediante el cosido de tela "Cordura Protect" con el apoyo del adhesivo "533".

### 3.3. CONDICIONES DE MONTAJE DEL PRODUCTO

La zapatilla se va montar del siguiente modo:

- 1- Cosido de las tres partes que conforman el upper con la ayuda del adhesivo "M-64" alrededor de la horma.
- 2- Limpiado de todas las zonas a las que se vaya a aplicar pegamento con la ayuda de un cepillo de cerdas metálicas y el disolvente "LP".
- 3- Forrado y adhesión del contrafuerte mediante el pegamento "533" al upper.
- 4- Pegado de la zona de la entresuela de menor densidad a la entresuela mediante el adhesivo "S-21".
- 5- Unido de la suela a la entresuela mediante el adhesivo "S-21".
- 6- Unido del upper al conjunto suela-entresuela mediante la técnica de cemento frío explicada en el apartado 7.1.4 de la memoria y con la ayuda del adhesivo "29C".
- 7- Pasado de los cordones por los remaches, dejándolos colocados.

### 3.4 CONDICIONES DE USO DEL PRODUCTO

Las zapatillas llegarán al cliente totalmente ensambladas y listas para su utilización.

Para utilizarlas, únicamente se deberán sacar de la caja de cartón y retirar el papel protector.

Las recomendaciones de lavado de la zapatilla son las siguientes:

-  Lavado a máquina a una temperatura máxima de 30°C.
-  No planchar.
-  No utilizar cloro.
-  No puede secarse en secadora.

## 4. NORMATIVA

### 4.1 NORMAS DE DOCUMENTACIÓN

- UNE 157001. Criterios generales para elaboración de proyectos.
- UNE 1039:1994. Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.
- UNE EN ISO 9001:2008. Sistemas de Gestión de la Calidad.
- UNE 1026:1950 Criterios generales para la elaboración de planos técnicos.
- UNE 1032:1982. Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 1135:1989. Dibujos técnicos. Lista de elementos.
- UNE 1035:1983. Dibujos técnicos. Cuadros de rotulación.
- UNE 1120:1996. Dibujos técnicos. Tolerancia de cotas lineales y angulares.
- UNE 1027:1995. Dibujos técnicos. Plegado de planos.

### 4.2 NORMAS REFERENTES AL CALZADO

- UNE-EN 14510:2005. Adhesivos para cuero y materiales para calzado. Adhesivos en base disolvente y en dispersión. Determinación de la pegajosidad para el posicionamiento de pisos (pegajosidad localizada).
- UNE-EN 12705:2011. Adhesivos para cuero y materiales para calzado. Determinación del cambio de color de superficies de cuero blanco o de colores claros por migración.
- UNE-EN 12964:2001. Adhesivos para cuero y materiales para calzado. Adhesivos para montaje. Ensayo de resistencia al calor de las uniones a temperatura creciente.
- UNE-EN 15062:2007. Adhesivos para piel y materiales para calzado. Adhesivos en base disolvente y en dispersión. Ensayos de envejecimiento de las uniones en condiciones especificadas.
- UNE-EN1392:2007 Adhesivos para piel y materiales para calzado. Adhesivos en base disolvente y en dispersión. Métodos de ensayo para medir la resistencia de la unión en condiciones específicas.
- UNE-EN 12961:2001/A1:2005 Adhesivos para piel y materiales para calzado. Determinación de las temperaturas óptimas de activación y de la vida útil hasta activación de los adhesivos en base disolvente y en dispersión.
- UNE-EN 14294:2010. Adhesivos para piel y materiales para calzado. Preparación de probetas unidas mediante procesos de moldeo directo.
- UNE-EN 15307:2015. Adhesivos para piel y materiales para calzado. Uniones corte-piso. Requisitos mínimos de resistencia.
- UNE-EN 12222:1997. Calzado. Atmósferas normales para el acondicionamiento y ensayo de calzado y componentes para calzado.
- UNE 59900:2014. Calzado. Calzado de caballero. Especificaciones y métodos de ensayo.

- UNE 59920:2014. Calzado. Calzado de niño infantil y colegial. Especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE 59910:2014 Calzado. Calzado de señora. Especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE-EN 12940:2005. Residuos de la fabricación de calzado. Clasificación y gestión de los residuos.  
Calzado. Calzado de tiempo libre. Especificaciones y métodos de ensayo.
- UNE-EN 12653:2000+A2:2010. Máquinas para la fabricación de calzado y de artículos de cuero y materiales similares. Máquinas para claveteado. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 930:1998+A2:2009. Máquinas para la fabricación de calzado y de artículos de cuero y materiales similares. Máquinas de cardar, lijar, pulir y frenar. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 12203:2004+A1:2010. Máquinas para la fabricación de calzado y artículos de cuero y materiales similares. Prensas para la fabricación de calzado y de artículos de cuero. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 12044:2006+A1:2010. Máquinas para la fabricación de calzado y artículos de cuero y materiales similares. Máquinas de cortar y punzonar. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 12545:2000+A1:2009. Máquinas para la fabricación de calzado y artículos de cuero y materiales similares. Código de ensayo acústico. Requisitos comunes.
- UNE-EN 1845:2008. Máquinas para la fabricación de calzado. Máquinas para el moldeo de calzado. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 931:1998+A2:2009. Máquinas para la fabricación de calzado. Máquinas de montar. Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 13457:2005+A1:2010. Máquinas para la fabricación de calzado, artículos de cuero y materiales similares. Máquinas de dividir, rebajar, cortar, encolar y secar el adhesivo.
- UNE-CEN/TR 16417:2016. Footwear - Footwear industry guideline for substances of very high concern (Annex XIV of REACH) (Endorsed by AENOR in April of 2016).
- UNE-EN 61340-4-7:2017. Electrostatics - Part 4-7: Standard test methods for specific applications - Ionization (Endorsed by Asociación Española de Normalización in April of 2017).
- UNE-EN 61340-4-6:2015. Electrostatics - Part 4-6: Standard test methods for specific applications - Wrist straps (Endorsed by AENOR in November of 2015).
- UNE-EN 61340-4-5:2005. Electrostática. Parte 4-5: Métodos de ensayo normalizados para aplicaciones específicas. Métodos para la caracterización de la protección electrostática del calzado y el suelo en combinación con una persona.
- UNE-EN 61340-4-3:2005. Electrostática. Parte 4-3: Métodos de ensayos normalizados para aplicaciones específicas. Calzado.
- UNE-EN ISO 18403:2016. Calzados. Métodos de ensayo para cremalleras. Resistencia al daño durante el cierre bajo una fuerza lateral. (ISO 18403:2016).

- UNE-EN ISO 16187:2014. Calzado y materiales para calzado. Método de ensayo para evaluar la actividad antibacteriana (ISO 16187:2013).
- UNE-EN ISO 19952:2005. Calzado. Vocabulario (ISO 19952:2005).
- UNE-CEN ISO/TS 16181:2011 EX Calzado. Sustancias críticas potencialmente presentes en el calzado y sus componentes. Determinación de ftalatos en materiales de calzado. (ISO/TS 16181:2011)
- UNE-CEN ISO/TS 16186:2013 EX. Calzado. Sustancias críticas potencialmente presentes en calzado y componentes de calzado. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de dimetilfumarato (DFMU) en materiales de calzado. (ISO/TS 16186:2012).
- UNE-CEN ISO/TR 16178:2013 IN. Calzado. Sustancias críticas potencialmente presentes en calzado y componentes de calzado. (ISO/TR 16178:2012).
- UNE-CEN ISO/TS 16179:2013 EX. Calzado. Sustancias críticas potencialmente presentes en calzado y componentes de calzado. Determinación de compuestos organoestánicos en materiales de calzado. (ISO/TS 16179:2012).
- UNE-EN ISO 16177:2013. Calzado. Resistencia a la aparición y crecimiento de grietas. Método de flexión Belt. (ISO 16177:2012).
- UNE-CEN ISO/TR 20880:2009 IN. Calzado. Requisitos para componentes de calzado. Suelas (ISO/TR 20880:2007)
- UNE 59537:2014. Calzado. Métodos de ensayo para suelas, tacones y plataformas rígidas. Resistencia a la fatiga por flexión.
- UNE-EN 12773:2000. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia al desgarro por puntada.
- UNE-EN 12771:2000. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia al desgarro.
- UNE-EN 12803/AC:2002. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia a la tracción y al alargamiento.
- UNE-EN 12803:2001. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia a la tracción y al alargamiento.
- UNE-EN ISO 17707:2005. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia a la flexión (ISO 17707:2005).
- UNE-EN 12770:2000. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Resistencia a la abrasión.
- UNE-EN 12772:2000. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Estabilidad dimensional.
- UNE-EN 12774:2000. Calzado. Métodos de ensayo para suelas. Determinación de la resistencia al desgarro paralelo y resistencia a la exfoliación.
- UNE 59536:2014. Calzado. Métodos de ensayo para pisos. Resistencia a la fatiga por compresión de materiales celulares.
- UNE 59535:2007. Calzado. Métodos de ensayo para pisos. Determinación de la densidad global.
- UNE-EN ISO 22649:2016. Calzado. Métodos de ensayo para palmillas y plantillas. Absorción y desorción de agua.
- UNE-EN 12782:2000. Calzado. Métodos de ensayo para palmillas. Resistencia al desgarro por puntada.

- UNE-EN 12801/A1:2002. Calzado. Métodos de ensayo para palmillas, forro y plantillas. Resistencia al sudor.
- UNE-EN 14602:2012. Calzado. Métodos de ensayo para la evaluación de los criterios ecológicos.
- UNE-EN 12826/AC:2002. Calzado. Métodos de ensayo para forro y plantillas. Fricción estática. UNE-EN ISO 17694:2016.  
Calzado. Métodos de ensayo para empeines y forro. Resistencia a la flexión. (ISO 17694:2016).
- UNE-EN ISO 17700:2007. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Solidez del color al frote. (ISO 17700:2004).
- UNE-EN ISO 17697:2016. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia de la costura. (ISO 17697:2016).
- UNE-EN 13571:2002. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia al desgarro.
- UNE-EN 13520:2002/A1:2005. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia a la abrasión.
- UNE-EN ISO 17701:2016. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Migración del color. (ISO 17701:2016).
- UNE-EN 12801/A1:2002. Calzado. Métodos de ensayo para palmillas, forro y plantillas. Resistencia al sudor.
- UNE-EN 12800:2001. Calzado. Métodos de ensayo para palmillas. Estabilidad dimensional.
- UNE-EN 14602:2012. Calzado. Métodos de ensayo para la evaluación de los criterios ecológicos.
- UNE-EN ISO 10765:2010. Calzado. Métodos de ensayo para la caracterización de los materiales elásticos. Propiedades de tracción. (ISO 10765:2010).
- UNE-EN 12826/AC:2002. Calzado. Métodos de ensayo para forro y plantillas. Fricción estática.
- UNE-EN ISO 17694:2016. Calzado. Métodos de ensayo para empeines y forro. Resistencia a la flexión. (ISO 17694:2016).
- UNE-EN ISO 17700:2007. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Solidez del color al frote. (ISO 17700:2004).
- UNE-EN ISO 17697:2016. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia de la costura. (ISO 17697:2016).
- UNE-EN 13571/AC:2004. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia al desgarro.
- UNE-EN 13520:2002/A1:2005. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Resistencia a la abrasión.
- UNE-EN ISO 17701:2016. Calzado. Métodos de ensayo  
para empeines, forro y plantillas. Migración del color. (ISO 17701:2016).
- UNE-EN 13521:2002. Calzado. Métodos de ensayo para empeines, forro y plantillas. Aislamiento térmico.
- UNE-EN 13515:2002. Calzado. Métodos de ensayo para empeine y forro. Permeabilidad y absorción de vapor de agua.
- UNE-EN ISO 19954:2004. Calzado. Métodos de ensayo para el calzado completo. Lavabilidad en una lavadora automática (ISO 19954:2003).

- UNE-EN 13518:2002/A1:2005. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Resistencia al agua.
- UNE-EN 13522:2002. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Resistencia a la tracción y al alargamiento.
- UNE-EN ISO 17693:2007. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Resistencia a la rotura en el montado (ISO 17693:2004)
- UNE-EN ISO 17698:2016. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Resistencia a la exfoliación. (ISO 17698:2016)
- UNE-EN ISO 17695:2007. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Deformabilidad. (ISO 17695:2004)
- UNE-EN 13519:2002. Calzado. Métodos de ensayo para cortes. Comportamiento a alta temperatura.
- UNE-EN ISO 20864:2005. Calzado. Métodos de ensayo para contrafuertes y topes. Características mecánicas (ISO 20864:2004).
- UNE-EN ISO 20863:2005. Calzado. Métodos de ensayo para contrafuertes y topes. Aptitud al pegado (ISO 20863:2004).
- UNE-EN 12959:2001. Calzado. Métodos de ensayo para cambrillones. Rigidez longitudinal.
- UNE-EN 12958/A1:2004. Calzado. Métodos de ensayo para cambrillones. Resistencia a la fatiga.
- UNE-EN 13073:2001. Calzado. Métodos de ensayo para calzado completo. Resistencia al agua.
- UNE-EN 12785:2001. Calzado. Métodos de ensayo para calzado completo. Fijación del tacón.
- UNE-EN ISO 20877:2011. Calzado. Métodos de ensayo para calzado completo. Aislamiento térmico. (ISO 20877:2011).
- UNE-EN ISO 22774:2005. Calzado. Métodos de ensayo para accesorios: Cordones. Resistencia a la abrasión (ISO 22774:2004).
- UNE-EN ISO 22775:2005. Calzado. Métodos de ensayo para accesorios: accesorios metálicos. Resistencia a la corrosión (ISO 22775:2004).
- UNE-EN ISO 22777:2005. Calzado. Métodos de ensayo para accesorios: Cierres de contacto. Resistencia al pelado antes y después de la fatiga (ISO 22777:2004).
- UNE-EN ISO 22776:2005. Calzado. Métodos de ensayo para accesorios: Cierres de contacto. Resistencia a la cizalla antes y después de la fatiga (ISO 22776:2004).
- UNE-EN ISO 20869:2010. Calzado. Método de ensayo para suelas, palmillas, forro y plantillas. Determinación de las sustancias solubles en agua. (ISO 20869:2010).
- UNE-EN 12743:2000. Calzado. Método de ensayo para suelas. Energía de compresión.
- UNE-EN 12743/AC:2001. Calzado. Método de ensayo para suelas. Energía de compresión.
- UNE 59531:2014. Calzado. Medidas de superficies en suelas.
- UNE 59 031 84:1983. Etiquetado. Conceptos básicos.
- BS 1000[685]:1972. Clasificación.
- BS 5131:1991 Métodos de test para calzado y materiales.

- ISO 10335:1990 Calzado de caucho y plástico. Nomenclatura.
- BS 5943:1980 Dimensionado de calzado ortopédico.
- DIN 66074:1975 Dimensiones de la horma.
- NF G60,004: Parte trasera de la horma para calzado urbano masculino.
- ASTM F539-01:2017: Standard practice for fitting of Athletic footwear.

#### 4.3 NORMAS REFERENTES AL MATERIAL DEL CALZADO

- UNE 59700:2014. Materiales para calzado. Tejidos recubiertos. Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE 59530:1994. Materiales para calzado. Pisos. Preparación de probetas para ensayos físicos.
- UNE 59532:1994. Materiales para calzado. Pisos. Determinación de la resistencia a la flexión sobre probetas.
- UNE 59621:2007. Materiales para calzado. Elásticos. Determinación de la resistencia a la tracción
- UNE 59622:2007. Materiales para calzado. Elásticos. Determinación de la resistencia a la fatiga por estiramiento.
- UNE 59611:1994. Materiales para calzado. Cordones. Determinación de la resistencia a la tracción.
- UNE 59521:1997. Materiales para calzado. Contrafuertes. Determinación de la resistencia a la deformación y capacidad de recuperación.
- UNE-CEN/TR 15990:2011 IN. Fichas técnicas. Materiales y adhesivos de referencia para ensayos en calzado.
- UNE-EN ISO 10765:2010. Calzado. Métodos de ensayo para la caracterización de los materiales elásticos. Propiedades de tracción.
- UNE-EN ISO 10768:2011. Calzado. Método de ensayo para la determinación de la resistencia de los materiales elásticos del calzado al alargamiento repetitivo. Resistencia a la fatiga. (ISO 10768:2010)
- UNE 59510:2007. Calzado. Materiales para empeine, forro y plantillas. Determinación del contenido de pentaclorofenol en textiles.
- UNE 59511-2:2007. Calzado. Materiales para empeine, forro y plantillas. Determinación del contenido de metales pesados extraíbles con solución de sudor ácido en textiles para calzado. Parte 2: Determinación del contenido en As y Hg.
- UNE 59511-1:2007. Calzado. Materiales para empeine, forro y plantillas. Determinación del contenido de metales pesados extraíbles con solución de sudor ácido en textiles para calzado. Parte 1: Determinación del contenido en Cd, Ni, Cr, Co, Pb, Sb y Cu.
- UNE-EN 13400/AC:2004 .Calzado. Localización de la toma de muestras, preparación y duración del acondicionamiento de las muestras y de las probetas.
- UNE-EN 13400:2002. Calzado. Localización de la toma de muestras, preparación y duración del acondicionamiento de las muestras y de las probetas.

- UNE 59231:2017. Calzado. Determinación de la resistencia al roce con caucho, del cuero y materiales sintéticos para empeine de calzado.
- UNE-EN 12749:2000. Calzado. Condiciones de envejecimiento.



---

# 5. ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

---



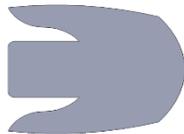
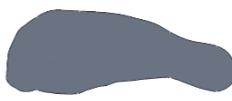
# ÍNDICE

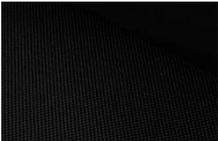
1.	Estado de mediciones.....	179
1.1.	Listado de componentes .....	179
1.2.	Características técnicas .....	181
2.	Presupuestos.....	182
2.1.	Coste de los componentes.....	182
2.1.1.	Elementos fabricados.....	182
2.1.2.	Elementos comerciales .....	183
2.1.3.	Elementos auxiliares.....	183
2.1.4.	Mano de obra.....	183
2.1.5.	Coste unitario del producto .....	184
2.1.6.	Inversión .....	184
2.1.7.	Precio de venta .....	184
2.2.	Análisis del precio de venta.....	185
2.2.1.	Valor Actual Neto (VAN) .....	186
2.2.2.	Viabilidad económica .....	186
2.3.	Conclusiones.....	187



# 1. ESTADO DE MEDICIONES

## 1.1. LISTADO DE COMPONENTES

Componente	Imagen	Dimensiones	Cantidad	Procesos	Material
1. Horma		121x273x100 mm	2	Impresión 3D y Pegado.	PLA
2. Entresuela		257x94x19 mm	2	Impresión 3D y Pegado.	TPU
3. Suela		157x94x3.6 mm	2	Impresión 3D y Pegado.	TPU
4. Zona de menor densidad		66x63x16 mm	2	Impresión 3D y Pegado.	TPU
5. Contrafuerte		58x66x43 mm	2	Impresión 3D y Pegado.	Nylon
6. Patrón anterior		261x229 mm	2	Cortado, cosido y pegado.	Tela de Poliéster
7. Patrón posterior		75x225 mm	2	Cortado, remachado, cosido y pegado.	Tela de Poliéster
8. Patrón Inferior		157x94 mm	2	Cortado, cosido y pegado.	Tela de Poliéster

Componente	Imagen	Dimensiones	Cantidad	Procesos	Material
9. Par de cordones		1200x7 mm	1	-	-
10. Cordura Protect		1480x1000 mm	0.054	-	Poliamida
11. Malla Coolmax		1520*100 mm	0.66	-	Poliéster
12. Hilo de coser		600 m	0.17	-	Nylon
13. Bobina de TPU		343 m	0.506	-	TPU
14. Bobina de Nylon		324 m	0.018	-	Nylon
15. Bobina de PLA		335 m	0.828	-	PLA
16. Disolvente LP		1 l	0.1	-	-
17. Adhesivo 533		1 l	0.01	-	-

Componente	Imagen	Dimensiones	Cantidad	Procesos	Material
18. Adhesivo M-64		1 l	0.1	–	–
19. Adhesivo 29C		1 l	0.05	–	–
20. Adhesivo S-2		1 l	0.05	–	–
21. Ojal		Ø 5 mm	20	–	–

Tabla 16. Listado de componentes

## 1.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Componente	Cantidad	Volumen	Peso (Kg)	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
1- Horma	2	$3.338 \times 10^{-5}$	0.0414	1240
2- Entresuela	2	$1.381 \times 10^{-4}$	0.167	1210
3- Suela	2	$4.297 \times 10^{-5}$	0.052	1210
4- Zona de menor densidad	2	$2.809 \times 10^{-5}$	0.034	1210
5- Contrafuerte	2	$7.389 \times 10^{-6}$	0.009	1218

Tabla 17. Características técnicas

## 2. PRESUPUESTOS

### 2.1. COSTE DE LOS COMPONENTES

Se procede a realizar el cálculo del coste de todos aquellos componentes que han formado parte en la realización del producto final; con el fin de poder establecer el precio de venta de dicho producto, así como su viabilidad económica dentro del mercado actual.

Para ello, se debe calcular el coste de los elementos fabricados, elementos comerciales y auxiliares, así como la maquinaria utilizada, la mano de obra, el coste unitario del producto y el precio de venta.

En el caso de la zapatilla que se ha desarrollado, existen partes que son personalizables, por lo que los costes van a poder variar de un producto a otro. Por ello, los cálculos que se van a realizar a continuación van a estar sujetos a las siguientes opciones de personalización:

- Densidad de la entresuela del 30%
- Densidad de la zona de baja densidad del 15%
- Grosor máximo de la entresuela de 20 mm.
- Drop no personalizado
- Zapatilla sin accesorios ni personalizaciones especiales

#### 2.1.1. ELEMENTOS FABRICADOS

En primer lugar, se realiza el cálculo del coste de todos los materiales utilizados para fabricar las diferentes partes de la zapatilla en cuestión.

Material	Pieza	Precio unitario	Cantidad (kg)	Nº piezas	Precio final (€)
PLA	Horma	31.80 €/Kg	0.414	2	26.32
TPU	Zona de menor densidad	54.92 €/Kg	0.034	2	3.72
TPU	Entresuela	54.92 €/Kg	0.167	2	18.34
TPU	Suela	54.92 €/Kg	0.052	2	5.70
Nylon	Contrafuerte	34.95 €/Kg	0.009	2	0.62
<b>TOTAL</b>					<b>54.70</b>

Tabla 18. Elementos fabricados

### 2.1.2. ELEMENTOS COMERCIALES

En la siguiente tabla se pueden observar los costes de los diferentes elementos comerciales utilizados en la fabricación del producto final.

Elemento	Precio unitario	Cantidad	Nº piezas	Precio final (€)
Cordones Sport planos	3.99 €/u	1u	1	3.99
Cordura Protect	10.12 €/m <sup>2</sup>	0.04 m <sup>2</sup>	2	0.81
Malla Coolmax	4.59 €/m <sup>2</sup>	0.5 m <sup>2</sup>	2	4.59
<b>TOTAL</b>				<b>9.39</b>

Tabla 19. Elementos comerciales

### 2.1.3. ELEMENTOS AUXILIARES

A continuación, se puede observar el coste producido por los elementos auxiliares utilizados en la elaboración del producto final.

Elemento	Precio unitario	Cantidad	Precio final (€)
Hilo de coser Passat	0.0033 €/m	100 m	0.330
Disolvente LP	0.0028 €/ml	100 ml	0.280
Adhesivo 533	0.0072 €/ml	10 ml	0.072
Adhesivo M-64	0.0054 €/ml	100 ml	0.540
Adhesivo 29C	0.0089 €/ml	50 ml	0.445
Adhesivo S-21	0.0056 €/ml	50 ml	0.280
Ojales	0.0400 €/u	20u	0.8
<b>TOTAL</b>			<b>2.747</b>

Tabla 20. Elementos auxiliares

### 2.1.4. MANO DE OBRA

En cualquier proceso de fabricación se debe tener en cuenta la mano de obra, el esfuerzo realizado por una persona para fabricar un producto determinado. Este coste, generalmente se calcula multiplicando las horas de dedicación por un precio previamente establecido, que variará según el grado de complejidad en la fabricación del producto.

En la siguiente tabla se muestra la duración (en horas) de los diferentes procesos de fabricación, así como el coste final de la suma de todos los procesos realizados.

Proceso	Duración (horas)	Precio unitario (€/h)	Precio final (€)
Asistencia a impresión 3D	1	15	15
Cortado	0.25	30	7.5
Pegado	0.5	30	15
Cosido	0.25	50	12.5
Remachado	0.1	30	3
<b>TOTAL</b>			<b>53</b>

Tabla 21. Mano de obra

### 2.1.5. COSTE UNITARIO DEL PRODUCTO

A continuación, se realiza un análisis del coste de los diferentes elementos que han formado parte en el proceso de fabricación, con el fin de obtener el gasto total que se produce con la elaboración del producto en cuestión.

Elementos	Precio final (€)
Elementos fabricados	54.70
Elementos comerciales	9.39
Elementos auxiliares	2.747
Mano de obra	53
<b>TOTAL</b>	<b>119.837</b>

Tabla 22. Coste unitario del producto

### 2.1.6. INVERSIÓN

En este apartado se contempla el coste invertido en maquinaria, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Elemento	Precio unitario (€)	Cantidad	Precio final (€)
Impresora 3D CoLiDo X3045	2724.49	1	2724.49
Escáner 3D EinScan PRO	4731.10	1	4731.10
Otros	-	-	4544.41
<b>TOTAL</b>			<b>12000</b>

Tabla 23. Inversión

Otros: incluye marketing, transporte, almacenamiento, devoluciones, etc.

### 2.1.7. PRECIO DE VENTA

Para el cálculo del precio de venta al público (PVP), es necesario tener en cuenta el porcentaje de beneficio que se obtiene con la venta del producto, así como el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA) preestablecido.

El beneficio obtenido se establece en el 30%. No obstante, una vez en el mercado este porcentaje debe ajustarse en base a diferentes criterios, tales como:

- Demanda
- Oferta
- Exclusividad
- Prestigio
- Marca
- Competencia
- Localización

Por tanto, el precio de venta final será el sumatorio del coste unitario más el beneficio obtenido más el IVA preestablecido, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Factores	Precio final
Coste unitario del producto	119.84
Beneficio (30%)	35.95
IVA (21%)	25.17
<b>PVP</b>	<b>180.96</b>

Tabla 24. Precio de Venta al Público

Tras aplicar el beneficio del 30% y el IVA establecido en un 21%, se obtiene un precio de venta final de 180.96 euros.

## 2.2. ANÁLISIS DEL PRECIO DE VENTA

Una vez establecido el precio de venta al público, se procede a analizar la rentabilidad del proyecto y si este precio es viable desde un punto de vista económico. Para ello, haremos uso de dos herramientas financieras utilizadas para evaluar la rentabilidad de un proyecto como el presente. Se trata del método VAN (Valor Actual Neto) y el método TIR (Tasa Interna de Retorno).

La estimación de ventas durante los tres primeros años es de 900 unidades, distribuidas en 200 durante el primer año, 300 unidades el segundo año y 400 durante el tercer año.

La siguiente tabla refleja el análisis de los gastos y beneficios obtenidos:

	Año de lanzamiento	1 <sup>er</sup> año	2 <sup>o</sup> año	3 <sup>er</sup> año
<b>Inversiones</b>	12,000 €	0	-	-
<b>Venta estimada</b>	-	200 u	300 u	400 u
<b>Gastos</b>	-	23,967.4 €	35,951.1 €	47,934.8 €
<b>Ingresos</b>	-	36,192 €	54,288 €	72,384 €
<b>Beneficios</b>	-	12,224.6 €	18,336.9 €	24,449.2 €
<b>Flujo de caja</b>	-12,000	12,224.6 €	18,336.9 €	24,449.2 €

Tabla 25. Análisis de la rentabilidad del proyecto

### 2.2.1. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El Valor Actual Neto de un proyecto de inversión es una medida de la rentabilidad absoluta neta que proporciona el proyecto.

Para su cálculo, se utilizará la siguiente fórmula:

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+k)^1} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

- A: Inversión inicial
- Q: Flujo de caja = Ingresos – Gastos
- k: tasa de descuento
- n: años

De manera que, teniendo en cuenta los ingresos y gastos obtenidos en los tres primeros años tras el lanzamiento del producto, y estableciendo una tasa de descuento del 3%; se obtienen los siguientes resultados:

$$VAN (3 \text{ años}) = -12000 + \frac{12225}{(1+0.03)^1} + \frac{18337}{(1+0.03)^2} + \frac{24449}{(1+0.03)^3} = 34880.61 \text{ €}$$

Por tanto, se obtiene que el proyecto proporcionará una rentabilidad neta de 34880.61€ a los tres años de su lanzamiento.

### 2.2.2. VIABILIDAD ECONÓMICA

La Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto que informa del momento a partir del cual el proyecto comienza a producir ingresos netos. Se trata de un valor directamente proporcional a la rentabilidad del proyecto, ya que a mayor TIR, mayor rentabilidad. El TIR es la tasa de actualización que hace cero el VAN, por lo que se puede calcular con la fórmula anterior, considerando el VAN con valor “0” y despejando entonces la “k”.

De esta manera, se obtiene que el TIR tiene un valor del 22.73%.

Por otro lado, el periodo de recuperación de la inversión indica el plazo en el cual se recupera la inversión inicial. Su cálculo se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$PRI = \text{Inversión Total} / \text{Beneficio Año de Recuperación} + \text{Año anterior a recuperación} = 12000 / 12224.6 + 0 = 0.9816 \text{ años}$$

El producto en cuestión empezará a producir beneficios a los 359 días aproximadamente de su lanzamiento; por lo que una vez transcurrido este periodo, la inversión realizada estará cubierta y se podrán destinar los beneficios para reservas y mejoras de la empresa.

### **2.3. CONCLUSIONES**

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se puede concluir que la realización de este proyecto sería rentable, siempre y cuando se consiga alcanzar la previsión de ventas estimada.

Por tanto, se puede afirmar que el proyecto es viable desde un punto de vista económico, teniendo en cuenta el coste de todos los componentes y procesos, así como el precio de venta establecido.



**uniqueFoot** 

