

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/>

# ARTÍCULO 004

**ECODISEÑO DE UN SISTEMA PARA  
EL CALZADO DEPORTIVO QUE  
OPTIMICE SU CICLO DE VIDA**

Luisanna Antonella  
Carrero Cicchetti

## Artículo 004

### ECODISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL CALZADO DEPORTIVO QUE OPTIMICE SU CICLO DE VIDA

*Ecodesign of a system for sports footwear  
to optimize its life cycle*

230

LUISANNA ANTONELLA CARRERO CICCHETTI

Escuela de Diseño Industrial, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Los Andes, Conjunto “Dr. Pedro Rincón Gutiérrez”, La Hechicera, Mérida, Venezuela. E-mail: luisannacicchetti@gmail.com

Recibido: 10/12/23. Aceptado: 13/06/23.

#### RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue diseñar un calzado tipo deportivo que reduzca el impacto ambiental en algunas fases de su ciclo de vida, como respuesta a la problemática ambiental generada por la industria del calzado y de la moda; que suministre, además, una alternativa a las dificultades de importación y la disminución de la producción de calzado en Venezuela; según lo detectado en las encuestas realizadas a fabricantes y futuros usuarios en el marco teórico de la investigación. En el proceso de Ecodiseño, el cual es el enfoque de la investigación, se consideraron criterios medioambientales para reducir la huella de carbono, principalmente usando materiales que sean reciclables o biodegradables e implementando piezas intercambiables para así disminuir los residuos generados por el consumismo y la fabricación. La metodología de diseño aborda siete fases, desde la detección del problema y necesidades hasta el desarrollo y evaluación de la propuesta. El producto *Sunflower*, nace durante el desarrollo del proyecto, enfocado en principios sostenibles, el cual permite ser utilizado durante el día a día; su sistema de uniones facilita el intercambio y reemplazo de piezas y, por ende, proporciona la personalización, y la prolongación de la vida útil del producto.

**PALABRAS CLAVE:** Calzado, Ecodiseño, Diseño Industrial, ecoambiental, ergonómico.

REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD

DOI: <https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/> ISSN-1856-9552

Sede: Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Laboratorio de Ecodiseño y Sostenibilidad,  
Galpón Principal, Tercer Piso, Avenida Principal hacia Chorros de Milla, Conjunto Forestal, Mérida 5101, Venezuela.  
Teléfonos LNPF: 0058 4169769364 – 0058 4247370411. E-mail: [reecodisenoyostenibilidad@gmail.com](mailto:reecodisenoyostenibilidad@gmail.com)  
WEB: <http://erevistas.saber.ula.ve/ecodisenoyostenibilidad>

### SUMMARY

The objective of this research was to design a sports shoe that reduces the environmental impact at some stage of its life cycle, as a response to the environmental problems generated by the footwear and fashion industry; as well as to provide an alternative to the difficulties of importing and reducing the production of footwear in Venezuela. as detected in the surveys carried out with manufacturers and future users in the theoretical framework of the research. In the Ecodesign process, which is the focus of the research, environmental criteria were considered to reduce the carbon footprint, mainly by using materials that are recyclable or biodegradable and implementing interchangeable parts in order to reduce waste generated by consumerism and manufacturing. The design methodology includes seven phases, from the detection of the problem to the development and evaluation of the proposal. *Sunflower product*, was born during the development of the project, focused on sustainable principles, which can be used in everyday life; Its joint system facilitates the exchange and replacement of parts and thus provide customization, and extension of the useful life of the product.

**KEY WORDS:** Footwear, Ecodesign, Industrial Design, ecoenvironmental, Ergonomic.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la contaminación en estos últimos años, se han convertido en tema de interés a nivel global por toda la repercusión que esto implica. La producción de calzado tiene un alto impacto negativo en el medio ambiente, debido a que, por igual, es partícipe del profuso desarrollo industrial y del aumento de la temperatura que se genera en el planeta provocada por las emisiones de los gases de efecto invernadero.

La industria de la moda y el calzado se consideran una de las más contaminantes en el mundo por su alta producción de CO<sub>2</sub>, al fabricarse millones de calzados a nivel mundial. La gran demanda del fast fashion trae como consecuencia la generación de residuos altamente contaminantes, por lo que es necesario implementar estrategias en las industrias en cuanto a la utilización de materia

prima para el proceso productivo del calzado, que a su vez permita contribuir con la disminución de estos daños provocados por el hombre.

Adicionalmente, en Venezuela existe una carencia en calzados debido a los problemas de importaciones y la dificultad para obtener la materia prima por sus altos costos, limitando la producción y productividad en este tipo de industria, lo cual no satisface una de las necesidades básicas requeridas por los seres humanos.

Por todo ello, esta investigación propone diseñar un modelo de calzado deportivo casual ecológico con un enfoque de Ecodiseño de piezas reemplazables, utilizando materiales de bajo impacto ambiental para presentarlo como una alternativa innovadora que disminuya la huella de carbono. Este Ecodiseño de piezas intercambiables contribuiría con fortalecer la implementación de la Economía Circular, disminuiría la pérdida de material, minimizaría el impacto ambiental, así como también alargaría la vida útil del calzado; ofreciendo al consumidor, un producto final adaptado a las condiciones fisiológicas del usuario brindando comodidad y beneficio económico por su durabilidad.

En ese sentido, al concluir el trabajo, se lograron significativos avances que han ampliado la comprensión y la contribución potencial a la problemática abordada. Entre los logros alcanzados se destaca el desarrollo exitoso de un calzado deportivo-casual con características únicas, permitiendo su modificación e intercambio de piezas, así como su fabricación a partir de materiales reciclables y orgánicos. Esta innovación no sólo se propone como una solución a los problemas medioambientales generados por la producción de calzado convencional, sino que también busca ofrecer una alternativa sostenible y adaptable a las cambiantes demandas del mercado.

Asimismo, se llevó a cabo un Análisis del Ciclo de Vida (ACV-Eco it) del calzado diseñado, aportando una evaluación precisa de su nivel de sostenibilidad. Este enfoque integral permite entender no sólo el impacto ambiental directo de la

fabricación, sino también la eficiencia, la durabilidad y la eliminación del producto a lo largo de su vida útil. Otro aspecto importante desarrollado fue la realización de evaluaciones biomecánicas específicas y la interacción del usuario con algunas de las piezas del calzado. Estas evaluaciones proporcionaron valiosa información que no sólo enriqueció el diseño obtenido, sino que también sirvió como base para la formulación de recomendaciones orientadas hacia futuras mejoras. Estos logros posicionan el proyecto como una propuesta integral y pionera en el sector, ofreciendo soluciones concretas a la problemática medioambiental y a las necesidades cambiantes de los consumidores.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo de Investigación

Para orientar la búsqueda de soluciones alternativas a la problemática se hace uso de la investigación científica, que según Tamayo (2003), "es un proceso que incluye técnicas de observación, reglas para el razonamiento, predicción y procura obtener información que tenga un fundamento sólido ya sea teórico o experimental, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento". Existen varios tipos de investigación científica, pero en lo que concierne a esta exploración, se tomará la investigación histórica, descriptiva, así como la investigación experimental, integradas para responder a la problemática con información real.

La *investigación histórica* trata de recolectar datos del pasado, analizarlos y emitir una crítica al respecto. Tamayo (2003), afirma que "la investigación histórica se presenta como una búsqueda crítica de la verdad que sustenta los acontecimientos del pasado" (p.44). En relación con este proyecto de investigación, se hizo un análisis crítico a los antecedentes, y lo que conforma a la historia del calzado.

Por otro lado, la *investigación descriptiva* "comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos" (Tamayo, 2003, p.46). Este tipo de investigación trabaja con la realidad actual y parte de sus etapas, siendo la descripción del problema, recolección de información teórica, selección de recolección de datos de la población, muestra y el análisis e interpretación de los datos, que complementan al estudio de la investigación histórica.

Por último, la *investigación experimental* trata de la experimentación de las variables con la finalidad de validar las hipótesis o determinar las causas o efectos del estudio. De acuerdo a Tamayo (2003, p. 47), "el investigador maneja de manera deliberada la variable experimental y luego observa lo que ocurre en condiciones controladas"; lo que consiste en seleccionar muestras de variables aleatorias, una especial y otras no, para someterlas a ensayos a fin de comparar y determinar el efecto del estudio.

En esta investigación, se realizó un análisis experimental a las diferentes alternativas de calzado deportivo basándose en la matriz de decisión con principios de Ecodiseño y el Análisis del Ciclo de Vida planteados por Capuz *et al.* (2002), para así llegar al desarrollo del producto industrial. A continuación, se clasifican en fases las metodologías ya mencionadas:

**FASE 1.** Selección del nicho de mercado del producto calzado casual cuyo proceso de fabricación y comercialización se contextualiza en Venezuela, con posibilidad de exportación a los países andinos.

**FASE 2.** Definición del producto calzado deportivo, identificación de las características comunes y diferenciadoras de los productos existentes en el mercado.

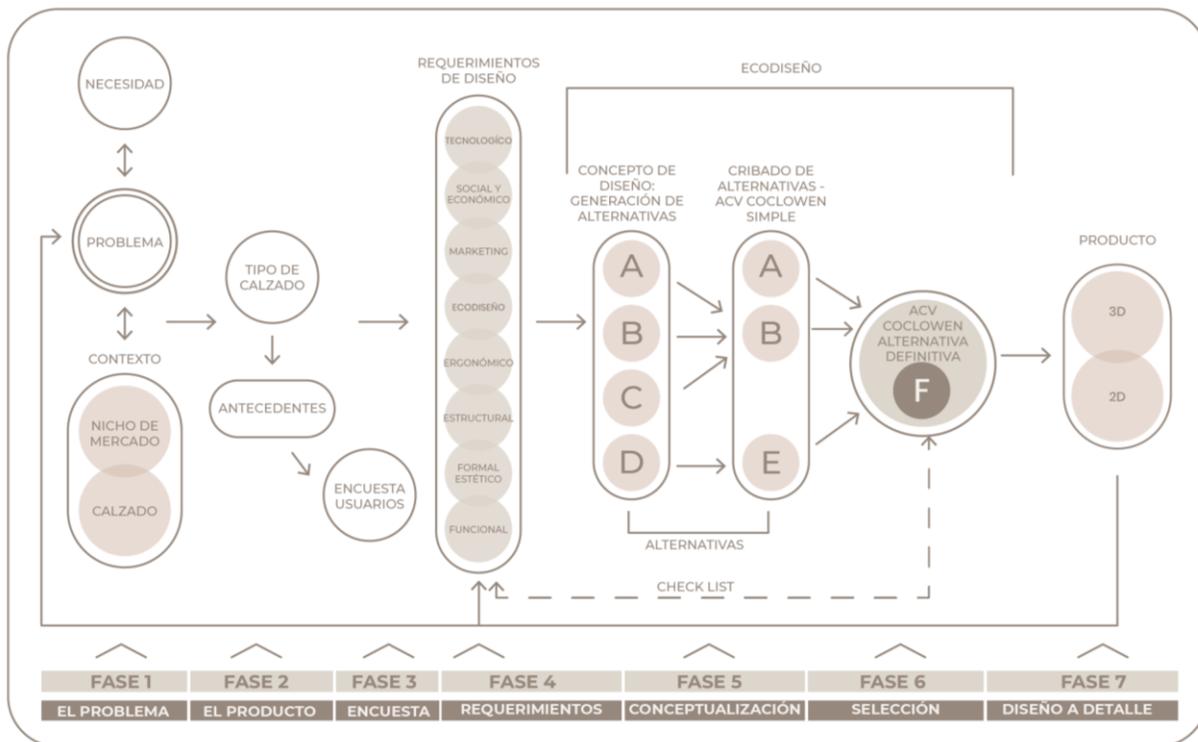
**FASE 3.** Desarrollo de una encuesta que permita determinar los más importantes aspectos del Ecodiseño según el contexto de la realidad país, economía y mayormente de la concepción de la sociedad venezolana.

**FASE 4.** Definición de los requerimientos de Ecodiseño para el desarrollo del producto industrial de calzado casual, según lo definido por Rodríguez (1995).

**FASE 5.** Generación de alternativas del producto industrial del calzado deportivo casual según los principios del Ecodiseño.

**FASE 6.** Selección de alternativa del producto industrial del calzado deportivo casual, según la implementación del QFD (Quality Function Deployment) y método ACV Coclowen Simple Contreras Miranda *et al.* (2012) (Figura 1).

**FASE 7.** Desarrollo final en 2D y 3D del producto industrial del Ecocalzado deportivo casual, y prototipo del producto. En la figura 1 se muestran representadas todas las fases de las metodologías utilizadas.



**FIGURA 1.** Fases y metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

### 2.2. Población y Muestra

Se aplicaron 38 encuestas a usuarios de la ciudad de Mérida, Venezuela, de las cuales, 4 fueron aplicadas a usuarios fabricantes; y 34, a posibles usuarios clientes, los cuales son importantes para identificar las necesidades y poder plantear soluciones que sacien estas carencias.

### 2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección

Para esta fase se llevó a cabo la encuesta como técnica de recolección de datos, que según Stracuzzi y Pestana (2017); donde la encuesta, es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos quienes, en forma anónima, las responden por escrito (p. 123). Por lo que concierne al Ecodiseño y considerando el ciclo de vida del producto, se llevó a cabo una encuesta dirigida tanto a los usuarios finales como a los fabricantes. Esta decisión se fundamenta en el reconocimiento de que ambas partes interactúan con el producto en distintos momentos, permitiendo así identificar de manera integral la realidad que rodea al producto y obteniendo una visión más completa de la problemática.

La encuesta a *usuarios fabricantes*, se dividió en seis secciones. Sección uno, datos generales de los entrevistados; la sección dos, sobre el calzado y los materiales comúnmente utilizados; sección tres, sobre la producción y la fabricación; la sección cuatro, sobre la gestión de residuos; la sección cinco, sobre el consumo de energía eléctrica y, por último, la sección seis, sobre el Ecodiseño, con la finalidad de obtener información detallada sobre la fabricación del calzado en la ciudad de Mérida.

Por otro lado, la encuesta a posibles *usuarios clientes*, se dividió en cuatro secciones. La primera sección, los datos generales; segunda sección, necesidades de mercado; la tercera sección, trata sobre las necesidades ecológicas y la última sección, trata sobre las necesidades del calzado en sí, tanto formales como

funcionales, con la finalidad de entender las principales necesidades de la población Merideña.

### 2.4. Procesamiento de la Información

Para esta fase se buscó identificar las necesidades obtenidas en la recolección de datos, con la finalidad jerarquizar y clasificar las necesidades en base a la metodología de Ulrich y Eppinger (2012).

### 2.5. Estudio del Campo Industrial

Considerando los datos de la investigación, fue indispensable para este estudio tomar en cuenta la información facilitada por los usuarios y los antecedentes de los productos existentes, para tener un abanico más amplio sobre posibles materiales, procesos de fabricación y posibles proveedores con el propósito de conseguir los lineamientos para el diseño del calzado deportivo.

Por otro lado, dentro del estudio del Ecodiseño para el calzado realizado por Life Green Shoes 4 All (2020), señalan que, en colaboración con los pioneros de la sustentabilidad Brown and Wilmanns Environmental LLC., determinaron cual es el impacto ambiental de las fibras más utilizadas en la industria del calzado (Tabla 1). Los criterios de evaluación, fueron: emisiones de gases de efecto invernadero, toxicidad humana, ecotoxicidad, energía, agua y suelo, dependiendo de la puntuación obtenida, las fibras se clasificaron desde la clase A (más sostenible), hasta la clase E (menos sostenible), como se muestra en la mencionada tabla.

**TABLA 1.** Indicadores de referencia ambiental de las fibras. Fuente: Figura realizada a partir de (Life Green Shoes 4 All (2020)).

INDICADOR DE REFERENCIA AMBIENTAL DE LAS FIBRAS					
CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	CLASE E	DESCLASIFICADO
Nylon reciclado mecánicamente	Nylon reciclado químicamente	Lino convencional	MODAL R (viscosa Lenzing)	Viscosa de bambú	Acetato
Poliéster reciclado mecánicamente	Poliéster reciclado químicamente	Cañamo convencional	Poliacrílicas	Algodón convencional	Lana de alpaca
Lino orgánico	Lino CRAILAR <sup>®</sup>	PLA	Poliéster virgen	Viscosa genérica	Lana de cachemira
Cañamo orgánico	Algodón en periodo de conversión	Ramio		Rayón	Cuero
Algodón reciclado	Bambú Lyocell			Spandex (elastano)	Lana mohair
Lana reciclada	Algodón orgánico			Nylon virgen	Bambú natural
	Tencell <sup>®</sup> (Lyocell Lenzing)			Lana	Lana orgánica
					Seda
MÁS SOSTENIBLE			MENOS SOSTENIBLE		

Igualmente, en los datos de Pacheco Blanco *et al.* (2015), los materiales del calzado que más contribuyen a la generación de impacto ambiental, son en primer lugar, la fabricación de materiales de entrada como las pieles (desde los procesos previos como la agricultura, ganadería y matanza) y los materiales sintéticos. En ambos, el principal impacto proviene del agotamiento de los recursos naturales y el consumo de energía en los procesos (inyección y moldeado). En el algodón, la ecotoxicidad se asocia al uso de agroquímicos y el consumo de agua para el riego. En las fibras sintéticas acrílico, nylon, poliamida, Poli Propileno PP, fibras de celulosa, el cambio climático y la ecotoxicidad se asocian a la energía usada para la fabricación de fibras. En la fabricación del producto, el mayor impacto está condicionada por el consumo de energía (electricidad y calor), usada en la fabricación. Así como la fuente de producción de energía utilizada (nuclear, carbón y agua).

### 2.5.1. Materiales convencionales usados para la fabricación de calzado

#### 2.5.1.1. Cuero

Es un material que se obtiene a partir de las pieles curtidas de animales, la principal fuente son el ganado vacuno, los cerdos, los corderos y las ovejas (McCann, s.f.).

Ventajas:

- Posee gran durabilidad.
- Facilidad en su limpieza y mantenimiento.
- Puede ser buena opción como material circular debido a que se produce de materia prima de origen animal, por ende, es un material natural (Life Green Shoes 4 All, 2020).
- Puede brindar protección al agua.

Desventajas:

- La producción del cuero está asociada a distintas enfermedades causadas por agentes biológicos, tóxicos y carcinógenos.
- El tratamiento y procesado de pieles y cueros de animales puede originar un notable impacto sobre el medio ambiente, debido al uso de químicos y el gasto de agua para la preparación y el proceso de curtido. Además de los residuos sólidos que puede generar (McCann, s.f.).

#### 2.5.1.2. Fibras sintéticas

Son fibras artificiales que evocan al cuero. Sin embargo, son menos resistentes y de bajo costo en comparación al cuero; algunas fibras que se puede mencionar son: cloruro de polivinilo, poliuretano (PU), caucho (termoplástico), cuero artificial, poromerics (a base de poliéster y poliuretano), Nylon (termoplástico), Neopreno (polímero de cloropreno policloropreno), entre otros.

### Ventajas:

- Amplia gama de colores.
- Facilidad de mantenimiento.
- Bajo costo.
- Puede brindar protección al agua.

### Desventajas:

- Poca flexibilidad.
- Menor durabilidad.
- Impacto sobre el medio ambiente.

#### 2.5.1.3. Fibras Naturales

Materiales como el algodón de origen vegetal y la lana.

### Ventajas:

- Permite la transpirabilidad del pie, por ende, disminuye malos olores.

### Desventajas:

- Son telas más finas, por lo tanto, no son los mejores para proteger los pies de los elementos externos.
- Los impactos ambientales en su proceso de fabricación.

#### 2.5.1.4. Materiales implementados en las suelas

Para la elaboración de las suelas existe una gran variedad de materiales, de los cuales se pueden mencionar: caucho (termoplástico), Policloruro de Vinilo (PVC), Poliuretano (PU), Poliuretano Termoplástico (TPU), Neolite, entre otros materiales que también permiten resistencia y flexibilidad.

### 2.5.2. Materiales Sostenibles actualmente implementados

Para este análisis, se tomaron en cuenta sólo algunos materiales de clase A y B de la tabla 1: Materiales de clase A.

#### 2.5.2.1. Nylon reciclado mecánicamente

El Nylon es un tipo de plástico proveniente del petróleo crudo, a diferencia del nylon reciclado que proviene de sobras recogidas en hilanderías y fábricas textiles (SENSIL, 2023).

Ventajas:

- Desvía los residuos de Nylon a los vertederos y a los océanos.
- Su fabricación es menos agresiva, por lo que reduce las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 80% en comparación al Nylon virgen.

Desventajas:

- Reciclar el Nylon es más costoso que producir Nylon virgen.
- El Nylon reciclado es de menor calidad que el Nylon virgen, sin embargo, mantiene buena resistencia a la corrosión ambiental.

#### 2.5.2.2. Poliéster reciclado mecánicamente

Conocido como poliéster, está compuesto de Tereftalato de Polietileno (PET), que es un tipo de plástico que se utiliza comúnmente para envases y tejidos. El poliéster reciclado se obtiene mayormente gracias al reciclado de botellas o envases, es menos común pero también se puede obtener de restos de ropa (Teefactory, s.f.).

Ventajas:

- Su fabricación no requiere de petróleo nuevo.
- Es resistente a altas temperaturas y al desgaste.

- Es el plástico más reciclado del mundo.
- Genera un 75% menos de emisión de CO<sub>2</sub>.
- Requiere de menos cantidad de energía para su fabricación.
- Disminuye la cantidad de residuos.

#### Desventajas:

- No es transpirable.
- Genera electricidad estática.

#### 2.5.2.3. Lino orgánico

Es un material de origen vegetal proveniente de la planta de lino, a diferencia del algodón requiere de menos agua para su cultivación, además es posible cultivarla sin pesticidas (LinenMe, 2021).

#### Ventajas:

- Es un material con buenas capacidades higroscópicas.
- Es resistente al desgaste.
- Sus fibras permiten la permeabilidad.
- Requiere de menos agua para la cultivación del lino y su producción.
- No se utilizan pesticidas para su cultivación.
- Es un material biodegradable.

#### Desventajas:

- Tiene una apariencia áspera.
- Es un material algo rígido.

### 2.5.2.4. Cañamo orgánico

Es una fibra vegetal que se obtiene del *Cannabis sativa*, la misma planta de la cual se produce la marihuana. El cáñamo como fibra es actualmente uno de los materiales más sustentables, además no posee propiedades en relación con los psicoactivos debido a que se produce a partir los tallos de la planta por lo que disminuye el contenido de THC (tetra hydro cannabinol, psicoactivo del *Cannabis*) hasta ser casi imperceptible (Rey, 2021). Sin embargo, en algunos países como Venezuela, la posesión del *cannabis* es un hecho ilícito, en cualquiera de sus aspectos.

Ventajas:

- Es un material transpirable e higroscópico.
- Sus fibras son versátiles y resistentes.
- Necesita poca agua para su cultivación.
- No necesita fertilizantes ni pesticidas.
- Las fibras del cáñamo es unas de las más resistentes en relación a otras fibras de origen vegetal.
- Múltiples colores sin decoloración.
- Posee propiedades antimicóticas que protegen la piel y evitan malos olores.

Desventajas:

- La producción de cáñamo requiere más nitrógeno que la de algodón.
- No es legal en Venezuela.

### 2.5.2.5. Algodón reciclado

Como su nombre lo indica, proviene del reciclaje de telas de algodón de pre consumo como desperdicios de producción o post consumo como prendas ya elaboradas. Su producción es mucho menos contaminante que el algodón normal,

sin embargo, una vez reciclado ya no se puede volver a reciclar porque las fibras pierden propiedades estructurales (Cotton Incorporated, 2022). Tabla 1, Materiales de clase B.

### 2.5.2.6. Tencel

Es un material que proviene de la madera de origen sostenible; sus fibras están compuestas por Lyocell y Modal, siendo TENCEL™ el nombre de la marca (TENCEL™, 2021).

244

Ventajas:

- Producción sostenible.
- Material suave y sedoso.
- Propiedades de higroscópicas, transpirabilidad y permeabilidad.
- Es un material biodegradable.

Desventajas:

- Es sensible a las altas y bajas temperaturas
- La fibra no posee elasticidad.
- Es más costoso que el algodón, pero más económico que la seda.

### 2.5.2.7. Lyocell de bambú

Proviene de la madera y la pulpa del bambú, es un material de alta calidad e innovador. Se compara al algodón debido a que es de los pocos materiales tan suaves y resistentes al algodón (Kristiansen, s.f.).

Ventajas:

- No necesita fertilizantes ni pesticidas.

- Los tejidos Lyocell de bambú tienen propiedades antibacterianas y son adecuados para pieles sensibles.
- Es un material biodegradable.
- Es suave y resistente.
- Propiedades de higroscópicas, transpirabilidad y permeabilidad.
- Es un material con propiedades de elasticidad.

### 2.5.2.8. Piñatex

Este material no se encuentra en la tabla 1, sin embargo, es importante mencionarlo debido a que gracias a sus propiedades puede ser un sustituto del cuero y es un material de bajo impacto ambiental. El Piñatex proviene de los residuos agrícolas de las hojas de la planta de piña (Hijosa, s.f.).

Ventajas:

- Puede sustituir al cuero.
- Es un material cuyo proceso de fabricación es sostenible, incluso utiliza el agua de lluvia para limpiar las hojas.
- Es más económico que producir cuero.
- Posee propiedades antibacterianas y antimicóticas que protegen la piel y evitan malos olores.

### 2.5.3. Procesos de fabricación

El proceso de fabricación del calzado varía de acuerdo con el tipo de calzado (elegante, deportivos, etcétera); por esta razón, el impacto del ciclo de vida es diferente según el origen y el destino final del mismo y cumplimiento de la n Norma Une 150301 (2003) de gestión ambiental de productos industriales. Las materias primas pasan por un proceso previo para poder obtenerse como materiales de entrada de fabricación, luego se cortan y se confeccionan las partes que posteriormente pasan por un proceso de moldeado y ensamblaje para darle

forma al calzado. En la tabla 2 se muestra de manera concisa el proceso de fabricación del calzado deportivo.

**TABLA 2.** Fases de producción del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Paso	Fase	Actividad
1	DISEÑO Y PROTOTIPOS	Se define el diseño a implementar, formas, colores, acabados a través de bocetos 2D, 3D y prototipos.
2	SELECCIÓN DE LA HORMA	Se selecciona la horma acorde al diseño.
3	PATRONAJE	Se define el patrón encima de la horma. y se digitalizan los moldes.
4	MATERIA PRIMA	Elección a base de textiles, y materiales para la suelas, hilos, apliques, etc.
5	CORTE	Se realizan el corte de piezas textiles del calzado en la materia prima.
6	BORDADO DE MARCA	Se incluye el bordado de la marca de ser necesario en el diseño.
7	COSTURA	Se unen unas piezas con otras por medio de costura.
8	MONTURA	Se monta las piezas previamente cosidas sobre la horma
9	MOLDEADO	Se ciña perfectamente a la horma y se le da forma.
10	UNIÓN DE LA SUELA	Una vez que el empeine agarra forma, se le pega la suela.
11	PLANTILLA Y CORDONES	Se inserta la plantilla y se procede a atar los cordones al zapato.
12	LIMPIEZA Y ACABADOS	Se limpian los zapatos y se realiza control de calidad.
13	EMPAQUETADO	Se guarda el calzado en su respectivo envase (incluidas las etiquetas).
14	ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN	Se almacena en depositos y luego se distribuyen a la venta

En relación con el corte de piezas, existen dos sistemas de corte, sistema de corte manual para el caso de empresas artesanales o de baja producción y sistema de corte con troqueladora para empresas industrializadas, en este caso puede ser troqueladora de corte automática, troqueladora de corte manual o troqueladora de corte laser.

Conforme al moldeado de las piezas en función de la horma, según Tecom (s.f), podemos encontrar:

*Máquinas de moldeado electroneumáticas:* este sistema sirve para zapatos que están cosidos a la suela. La máquina contiene ocho brazos horizontales y cada uno tiene un molde para la punta y el talón, que por medio de cambios de temperatura hace el conformado del calzado.

*Sistema de moldeo inyección rotativa:* este sistema es utilizado para la producción de zapatos tipo sandalias, botas y mocasines, así como para el proceso de fabricación de suelas en zapatos deportivos. Es apta para todo tipo de termoplásticos, en este sistema la computadora de la máquina detecta el diseño, y procede a la sujeción de moldes, el material se inyecta bajo presión controlada y a medida que va rotando va pasando por un proceso de enfriamiento, quedando el calzado conformado.

*Sistema de moldeo por frío y calor:* este sistema se utiliza para casi todo tipo de calzado. La máquina se encarga de presionar y sostener el zapato por medio de moldes de silicona, cuando estos moldes se calientan permiten que ceda el material y se ciñe perfectamente el zapato a la horma y luego los moldes de aluminio se enfrían rápidamente permitiendo el fraguado del material y de esta manera el zapato queda conformado.

Entre otros sistemas, es importante mencionar los diferentes tipos de fabricación de las suelas, así como los diversos tipos de uniones:

*Suela de fabricación aditiva:* es un sistema de impresión 3D, en el cual el material es depositado capa a capa de manera controlada. Se pueden usar materiales como termoplástico, metal, resina, filamentos, fibra de carbono, entre otros; sin embargo, para la fabricación de suelas se pueden usar materiales termoplásticos y resinas (Electrónica Edimar, s.f.). Este sistema permite ahorrar costes de moldeo por inyección y permite acelerar el proceso I+D para llegar a soluciones ideales, sin gastar demasiado en prototipos. Inclusive se puede fabricar el zapato completo con este sistema.

*Suela de fabricación vulcanizada:* es uno de los procesos de fabricación más populares y conocidos en la industria del calzado, “su material principal es el caucho que al mezclarse con acelerantes y ser calentados bajo presión a temperaturas superiores a 150°C, se logra un proceso químico por lo que se modifican las cadenas moleculares formando un caucho más estable, duro, duradero, más resistente al ataque químico y sin perder la elasticidad natural” (Terrano, s.f.).

*Fijación por prensa hidráulicas:* este sistema funciona a través de presión de la suela y esta presión es la que hace que la suela se adhiera sustancialmente al resto del calzado. Puede ser utilizado en todo tipo de calzado (Starlink, s.f).

### 2.5.4. Fabricantes

A continuación, la tabla 3 expone algunas empresas potenciales vinculadas al proceso de fabricación y comercialización.

248

**TABLA 3.** Fabricantes de calzados. Fuente: Elaboración propia.

Marca			
Nombre	AR SHOES & BAGS C.A.	CALZADOS MEGA C.A.	FRAZZANI SPORT C.A.
Información	<p>La empresa es tienda y fabricante de calzados y carteras.                      Contacto:                      Mérida C.C. rodeo plaza 4to piso.                      gerencia@arshoesandbags.com                      +58 424-6975019                      www.arshoesandbags.com</p>	<p>Confeción, distribución, venta al mayor y al detal de calzado.                      Contacto:                      Zona ind. Mcpal norte 92 # 67-70 parcela 22-a oficina. Venezuela, Valencia Edo, Carabobo.                      +58 241-8325717                      linktr.ee/calzadosmega</p>	<p>Fabricación de calzados deportivos.                      Contacto:                      Av. Los Pinos, Corralito, Edif. Frazzani Sport. Venezuela, Distrito Federal, Caracas.                      +58 241-8325717                      www.2059-ve.all.biz</p>

### 2.5.5. Proveedores

A nivel internacional y nacional existen empresas que pueden surtir partes y suplementos (Tabla 4).

**TABLA 4.** Proveedores de calzado. Fuente: Elaboración propia.

<p><b>ANANAS ANAM</b></p> <p><b>ANANAS ANAM</b></p> <p><b>Contacto:</b> Carrer Germans Bassas 4, Pol. Ind. Can Misser 08360 Canet de Mar Barcelona España info@ananas-anam.com +34 93 799 8506 www.ananas-anam.com</p>	<p><b>Tencel™</b></p> <p><b>TENCEL</b></p> <p><b>Contacto:</b> Lenzing Aktiengesellschaft Werkstraße 2, 4860 Lenzing, Austria office@lenzing.com +43 7672 701 0 www.tencel.com</p>	<p><b>OEKO TEX®</b></p> <p><b>OEKO-TEX® MADE IN GREEN</b></p> <p><b>Contacto:</b> Genferstrasse 23 8002 Zürich Switzerland info@oekotex.com +41 44 501 26 00 www.oeko-tex.com</p>
<p><b>PIÑATEX®</b></p>	<p><b>TENCEL™</b></p>	<p><b>OEKO TEX® LYOCELL DE BAMBÚ</b></p>
<p><b>Venreciclo</b></p> <p><b>VENRECICLA</b></p> <p><b>Contacto:</b> Avenida Carlos Giffoni, C/C Gilrob Ofic. 23 Zona Industrial III, Barquisimeto 3001 Edo. Lara, Venezuela info@venrecicla.com +58 251-7170744 www.venrecicla.com</p>	<p><b>Plastitec® GROUP</b></p> <p><b>PLASTITEC GROUP</b></p> <p><b>Contacto:</b> Calle Choroní, entre Roraima y Santa Fe, Oficina # 618, Chuao, Caracas Venezuela. +58 212 993.06.85 www.plastitecgroup.com</p>	<p><b>RECREUS</b></p> <p><b>RECREUS</b></p> <p><b>Contacto:</b> Polígono Industrial Finca Lacy 03600, Elda (Alicante) – España +34 865 777 966 www.recreus.com</p>
<p><b>POLIETILENO TEREFALATO (PET), POLICLORURO DE VINILO (PVC), CAUCHO RECICLADOS</b></p>	<p><b>PELLET DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) RECICLADO</b></p>	<p><b>RECIFLEX Y FILAFLEX POLIURETANO TERMOPLÁSTICO (TPU) RECICLADO</b></p>

### 3. PROCESO DE DISEÑO

Una vez analizada y sintetizada la información que determinó los requerimientos que debe cumplir el diseño, se pasó a la fase de conceptualización. Esta etapa consiste en la convergencia entre el diseño (lo estético) y la función, los cuales sirven para explorar las ideas conceptuales y los lineamientos que van a dar forma al resultado de la propuesta.

Los métodos de conceptualización utilizados para desarrollar esta fase creativa fueron el método ASCABED y el Moodboard.

El método ASCABED, propuesto por Rafael Lacruz (2002), permite orientar el proceso de conceptualización a través de una serie de pasos, comenzando por una lluvia de ideas con las palabras más relevantes que posteriormente se asocian a un nivel de intención, para así crear moodboards que facilitarán la generación de bocetos conceptuales.

Por su parte, el moodboard es un método que, a través de la recopilación de imágenes, textos, colores, permite comunicar de manera visual lo que se quiere transmitir y tener una idea de lo que se busca crear (Simonet, 2016).

### 3.1. Jerarquización de las dimensiones

Para iniciar con el proceso de conceptualización se realiza una selección y jerarquización de los factores más significativos los cuales abordan 6 diferentes dimensiones según la intención del diseño, u que de acuerdo a ASCABED, las dimensiones son: utilidad, representatividad, pertinencia, originalidad, expresividad y competitividad.

A continuación, se muestra en orden el nivel de jerarquía de las dimensiones para el desarrollo del ecodiseño de un calzado deportivo:

- *Utilidad*: que el calzado pueda ser usado como lifestyle, tanto para deportes como en otras actividades de la cotidianidad.
- *Representatividad*: que se entienda el funcionamiento y las partes del calzado modular.
- *Originalidad*: que el calzado tenga un grado de originalidad y sea un producto innovador. En ese sentido, el producto de Ecodiseño de calzado deportivo será identificado en su etapa final con el nombre de **Sunflower**, bajo la autoría de Luisanna Carrero Cicchetti; y tendrá su Deposito Legal, entre otras protecciones legislativas que garanticen el derecho de autor según lo expone Vega Barón (2016).
- *Expresividad*: que se entienda el para qué y cómo funciona el calzado de una manera fácil y rápida.

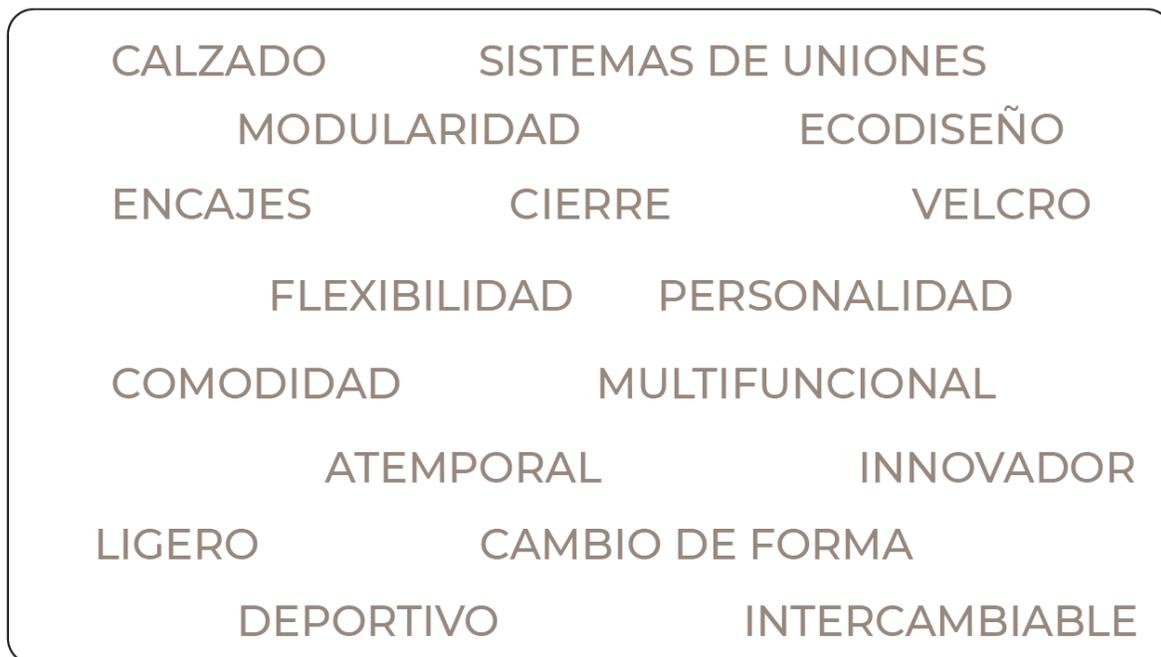
- *Pertinencia*: se entienda de manera clara el contexto hacia donde va dirigido el calzado y con qué elementos interactúa.
- *Competitividad*: que el calzado se diferencia dentro de la competencia.

### 3.2. Pasos para la Generación de ideas

251

Se desarrollaron los siguientes pasos:

**PASO 1.** Generación asociaciones libres generales: lluvia de ideas (Figura 2).



**FIGURA 2.** Lluvia de ideas. Fuente: Elaboración propia a partir de ASCABED.

**PASO 2.** Generación de asociaciones con nivel de intención. Una vez realizada la lluvia de ideas, se procede a la selección de las palabras relevantes que se desean implementar en el concepto generador: *modularidad, sistemas de uniones, personalización, multifuncional, atemporal y cambio de forma.*

*Modularidad:* que brinde la posibilidad de ser un calzado con la capacidad de intercambiar piezas desgastadas y añadir la experiencia de personalización cambiando diferentes elementos.

*Sistema de Uniones:* uso de vínculos conocidos por diferentes usuarios como encajes, cierres, velcro, tornillos para facilitar el cambio de piezas.

*Personalización:* para crear una conexión emocional entre el producto y el usuario explorador funcional.

*Multifuncional:* que permita la utilización del calzado en diferentes actividades de la vida cotidiana.

*Atemporal:* generando un calzado con estética clásica y minimalista para que perdure en el tiempo.

*Cambio de forma:* que el calzado se pueda transformar a través de elementos, estilos, colores o texturas.

### 3.3. Generación de Moodboards

#### 3.3.1. Moodboards de palabras relevantes

Las figuras 3, 4, 5, 6 y 8 exponen el Moodboard con imágenes que representen: modularidad, el sistema de uniones, la personalización, lo multi funcional y lo atemporal de los calzados a partir de imágenes extraídas de internet.





### MULTIFUNCIONAL



255

FIGURA 6. Moodboard de multifuncional con imágenes extraídas de internet.

### ATEMPORAL



FIGURA 7. Moodboard de atemporal con imágenes extraídas de internet.

### 3.3.2. Moodboard Inspiracional



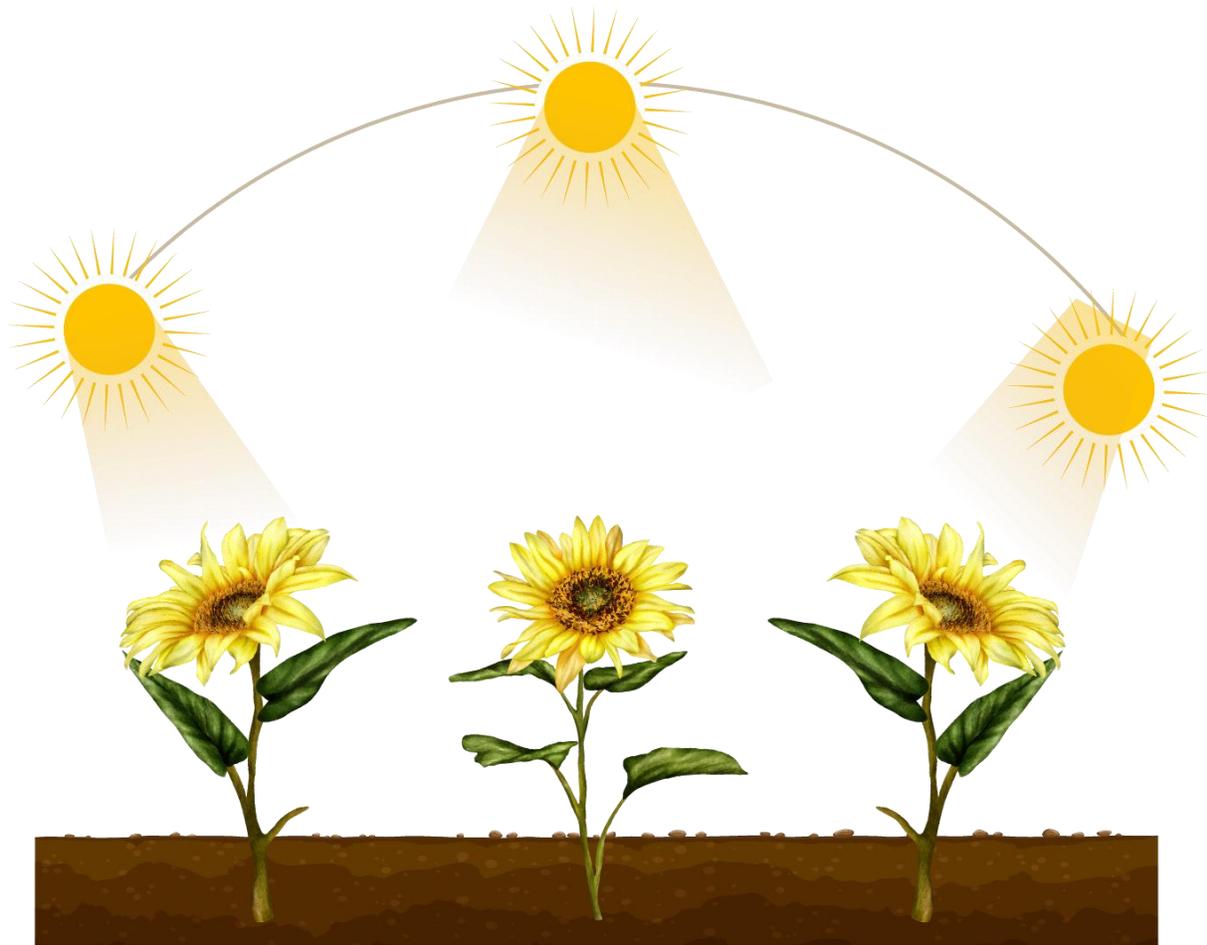
256

FIGURA 8. Moodboard inspiracional a partir de imágenes extraídas de internet.

### 3.4. Descripción del Concepto

*El Girasol:* es una planta herbácea que se desarrolla en climas cálidos, como su nombre lo indica gira conforme a la luz del sol. Esta flor representa felicidad, optimismo y alegría en algunas culturas.

*El movimiento:* el girasol es una planta que durante su fase de crecimiento sigue a la luz solar, por lo que alrededor del día cambia su posición según el movimiento de traslación del sol (amanecer, medio día y atardecer).



**FIGURA 9.** Movimiento del girasol, figura a partir de Freepik (s.f.)

Las personas diariamente están en movimiento constante desarrollando diferentes actividades, cambiando de posición según sus necesidades, ese cambio se relaciona con el movimiento del girasol, el cómo el girasol se transforma para seguir obteniendo la luz solar. Asociándolo con el calzado, éste debe permitir esa transformación adaptándose a las diferentes actividades diarias que requiera el usuario.

Desde otra perspectiva, cada nuevo día representa una nueva oportunidad, relacionando esto con la búsqueda de alargar el ciclo de vida de un nuevo calzado.

*Nada se pierde todo se transforma*: esta frase además de asociarse con la transformación del calzado con piezas intercambiables que, se asocia también desde el punto de vista ambiental, con la manera como se transforman distintos materiales, provenientes del reciclaje o materiales orgánicos y se aprovecha al máximo para ser aplicados en el calzado y dándoles una nueva vida.

*Espiral de Fibonacci*: Rodríguez y García (2018), mencionan que la espiral de Fibonacci “es una secuencia numérica en la que cada número es el resultado de la sumatoria de los dos números anteriores”. También es llamada Proporción Áurea, número divino o divina proporción, es una fuente de inspiración para crear la composición formal del diseño del calzado.

### 3.5. Propuestas de Diseño

Para la elaboración de las propuestas se desarrolló en la tabla 5 de combinación de conceptos de acuerdo con Ulrich y Eppinger (2012), para así desarrollar diferentes soluciones de la problemática con el mismo nivel de intención y creatividad.

**TABLA 5.** Tabla de combinación de conceptos. Fuente: Elaboración propia.

MATERIALES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL	SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN	TIPO DE UNIÓN SUELA - ENTRESUELA	TIPO DE UNIÓN ENTRESUELA - EMPEINE	CONCEPTO DE DISEÑO
Poliéster reciclado mecánicamente	Celosía/Entramado	Pestañas	Cierre	Círculo del Girasol
Lyocell de Bambú	Espacios (cuadrados) de cámaras de aire	Acoples	Tornillos	Espiral de Fibonacci
Piñatex	Espacios (haxágoales) de cámaras de aire	Tornillos	Ligas tensoras	Rombos de la semilla de girasol
		Encaje a presión	Velcro	

<p><b>Propuesta 1:</b> Lyocell de Bambú. Celosía/ Entramado. Sistema de unión por tornillos Concepto círculos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>	<p><b>Propuesta 2:</b> Piñatex. Espacios (cuadrados) de cámaras de aire. Sistema de unión por encaje a presión y cierre. Concepto rombos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>	<p><b>Propuesta 3:</b> Poliéster reciclado mecánicamente. Espacios (haxágoales) de cámaras de aire. Sistema de unión por acoples y Ligas tensoras. Concepto rombos del girasol - Espiral de Fibonacci.</p>
---	--	--

### 3.6. Evaluación y selección de las propuestas

Para el proceso de selección, se realizó una matriz QFD (Quality Function Deployment) que significa Despliegue de Función de Calidad, Capuz *et al.* (2002). La misma define el QFD como la herramienta “para escoger y sistematizar las especificaciones de diseño referentes al usuario del producto o servicio, con el fin de que el objeto creado se corresponda con aquellas” (p. 68).

### 3.7. Evolución de la propuesta

Se expone el resumen de toda la fase metodológica y el proceso de evolución de la propuesta, según la estética del sistema de uniones de la suela y del empeine; las ligas tensoras y el sistema de amortiguación.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis de las encuestas de Usuarios Fabricantes

El cargo que desempeñan dentro de la empresa, los usuarios fabricantes encuestados en su mayoría son CEO o directores ejecutivos. Las empresas son privadas y se ubican en diferentes lugares de la ciudad de Mérida, Venezuela, entre ellos: Zumba, Tovar, Mérida, y otras áreas privadas. Se exigió por parte de los encuestados que los resultados de esta investigación sean divulgados bajo anonimato para cuidar la integridad de cada empresa.

El 50% de la población encuestada elabora sólo zapatos casuales, mientras que el 25% restante fabrican casuales y otros tipos de calzados como casuales y de vestir, pero solamente el 25% fabrica todo tipo de calzado (casuales, deportivos, botas, zapatos de vestir, etc.) (Gráfico 1).

¿Qué tipo de calzado fabrica?

4 respuestas



GRÁFICO 1. ¿Qué tipo de calzado fabrica?

Sobre la confección del calzado (Gráfico 2), el 100% de los encuestados coinciden que el cuero sintético es el material más utilizado al elaborar calzado, el 50% de los usuarios fabricantes usan algodón y cuero normal. Otros materiales como el poliéster, la lana, el caucho, poliuretano termoplástico, polietileno, poliestireno y el neopreno lo usan sólo uno de los encuestados. Además, mencionaron el uso de otro tipo de materiales que no estaba dentro de las opciones como el cuero PU que es otra variación de cuero sintético a base de poliuretano, gamuza, charol, neolite, terciopelo, entre otros materiales necesarios para la confección como clavos, tornillos, cintas, cordones, hojaldres, forros, pegas, entre otros

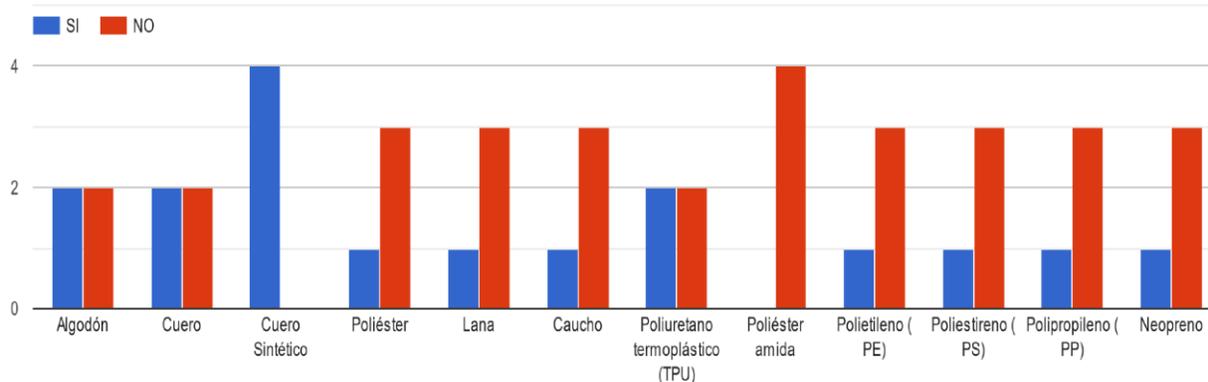
Respecto a los materiales utilizados para la confección del calzado, en el gráfico 2 se evidencia que el 100% utiliza cuero sintético y ninguno utiliza poliéster amida y, el 50 % utiliza poliuretano termoplástico, algodón y cuero; por otra parte, un 25 % utiliza, además, otros materiales como poliéster, lana, caucho, polietileno, poliestireno, polipropileno y neopreno. Sin embargo, mencionaron el uso de otros materiales como microporosa, Neolite y punta de diamante.

En el gráfico 2, también se identifica claramente un déficit en el calzado masculino dado a que el 100% de la población encuestada se dedica a la fabricación de calzado para mujeres y niñas; y un 25 % de ellos fabrica calzado infantil.

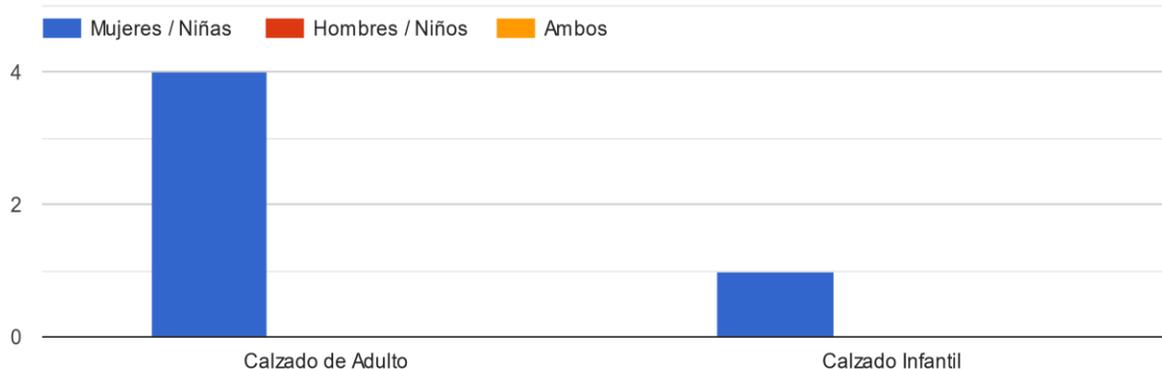
En relación a las suelas de los calzados, se observa que el 75 % de los usuarios fabricantes usan suelas de caucho, sólo 25% de los encuestados usa otros materiales como poliuretano, polietileno, poliestireno, polipropileno, madera y corcho (Gráfico 3).

Por último, en la sección sobre el calzado y materiales, se preguntó sobre el uso de material reciclado para la confección del calzado, donde el 100% de los fabricantes respondió que no.

¿Qué tipo de materiales utiliza para la confección del calzado?

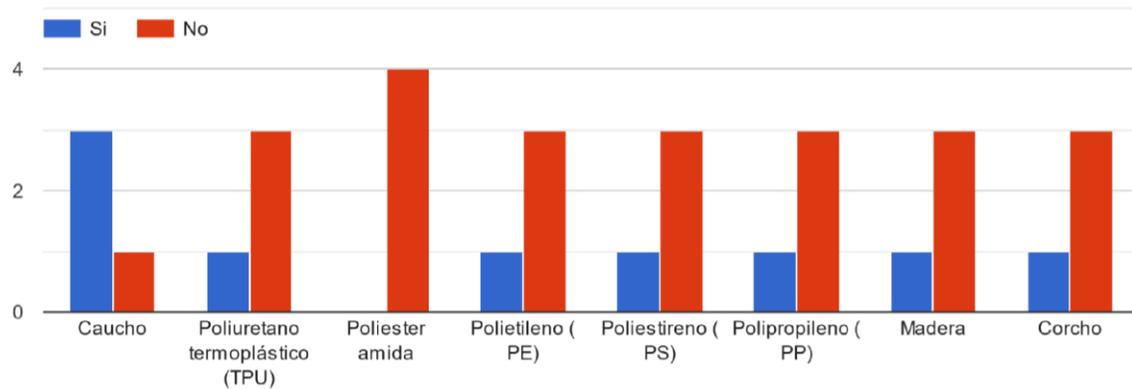


¿A quién va dirigido el calzado que fabrica?



**GRÁFICO 2.** Tipo de materiales para la confección y población a quién va dirigido el calzado.

¿Para la elaboración de suelas, qué tipo de materiales utiliza?



263

**GRÁFICO 3.** Materiales utilizados para la manufactura de suelas.

En la sección de producción y fabricación, los resultados arrojaron que el 50% de los usuarios fabricantes utiliza proceso de producción por lote; y el otro 50%, es de producción continua. El 100% de los fabricantes utiliza proceso de fabricación artesanal.

Dentro de los pasos del proceso de fabricación todos los usuarios coinciden con los mismos pasos, con una pequeña diferencia de orden, pero en su mayoría es similar, ninguno de los usuarios incluyó la creación de hormas dentro de su proceso debido a que las compran ya elaboradas. En tal sentido, el proceso de fabricación en común es: primero diseño del calzado, compra y recepción de materias primas, creación de patrones, corte de piezas, costura de las piezas, forrado de la plantilla, montura en horma, pegado de la suela y la plantilla, limpieza y acabados, empaquetado, depositados y por último el traslado.

Las máquinas de corte utilizadas por el 50% de los fabricantes, son troqueladoras manuales, un 25% utiliza sólo corte manual y el otro 25% usa ambos tipos de corte.

Para el moldeado de calzado, el 75% de los usuarios fabricantes utilizan máquinas moldeadoras por sistemas de frío y calor, y 25% usa modelado manual y modelado electro neumático. El 100% de los usuarios utiliza prensas hidráulicas y neumáticas para la unión de las suelas.

Por otro lado, en cuanto a la sección de gestión de residuos sólidos, sólo 25% de las personas encuestadas respondió que dona los residuos de sus telas a una marca de carteras; mientras que el 50% de la población incinera la basura y el 25% restante los desecha en la basura.

Desde el punto de vista energético, el 50% de la maquinaria que utilizan los fabricantes, no utiliza fuente de energía alternativa, mientras que el otro 50% respondió que si utiliza. En relación con la sección del Ecodiseño, se puede identificar que el 100% de la población encuestada no implementa procesos de Ecodiseño para lograr productos ecológicos.

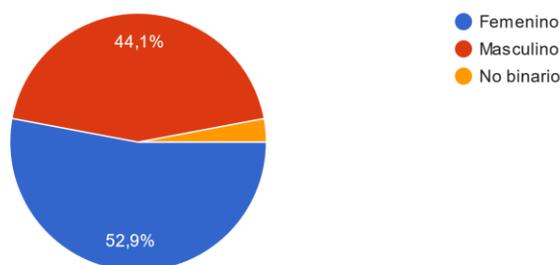
Por último, sólo el 50 % de los fabricantes, se encuentran interesados en mejorar la empresa con procesos ecoeficientes para la manufactura del calzado.

En base a los resultados obtenidos en el cuestionario a empresas de fabricación de calzado de la ciudad de Mérida, Venezuela, se puede detectar que hay un déficit en la elaboración del calzado masculino, contrastando esto con el estudio de mercado, se puede determinar que las mujeres tienen más demanda en este sector. Por esta razón, se decidió aplicar la encuesta a adultos de ambos sexos comprendidos en edades entre 20 y 50 años con la finalidad de diseñar calzado unisex.

### 4.2. Análisis de la encuesta de posibles Usuarios Cliente

De las 34 personas encuestadas, el 52,9% de la población es femenino; el 44,1% es masculino, y sólo el 3% de la población se declaró como No binario (Gráfico 4).

Genero  
34 respuestas

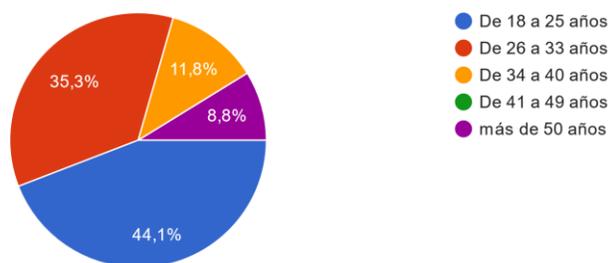


265

**GRÁFICO 4.** Género del usuario cliente.

Dentro de las edades (Gráfico 5), predominan usuarios de 18 a 25 años con el 44.1%; y de 26 a 33 años con el 35.3%, siendo estos dos grupos, la mayor parte de la población. Mientras que el menor porcentaje corresponde a mayores de 50 años con un 8,8 %

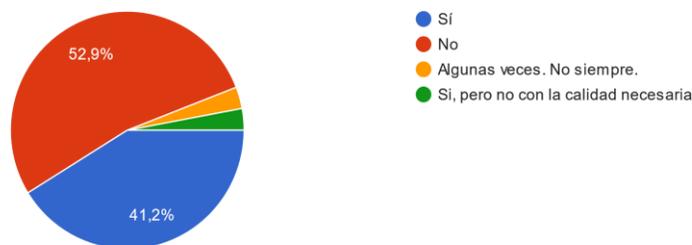
Edad  
34 respuestas



**GRÁFICO 5.** Edad del usuario cliente.

El 52,9% de la población afirma que no consigue calzado acorde a sus necesidades en la ciudad de Mérida, Venezuela (Gráfico 6), mientras que, el 41,2 informa que si consigue, y el 2,95% de los usuarios encuestados respondió que si consigue, pero no de calidad necesaria. Por otra parte, la mayoría respondió que compra zapatos importados.

¿Considera usted que, en la ciudad de Mérida (Venezuela) consigue calzado acorde a sus necesidades?  
34 respuestas



**GRÁFICO 6.** Necesidad del calzado del posible usuario cliente.

Como se muestra en el gráfico 7, el 50% de los encuestados consideran que existe una carencia en el calzado formal, mientras que 32.4% de la población encuestada piensan que hay carencia de calzado deportivo casual, y 14,7 % consideran que no consigue calzado casual. Con respecto al calzado deportivo, una de las personas encuestadas, hizo como observación que el problema con este tipo de calzado en la ciudad es la calidad y los altos costos para su adquisición.

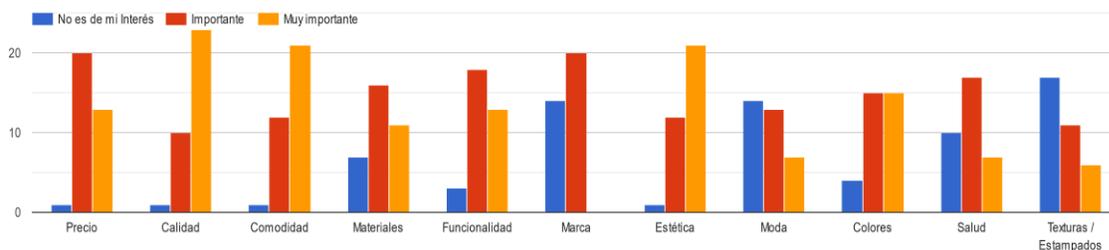
¿Qué tipo de calzado considera que hay un déficit en la ciudad de Mérida (Venezuela)?  
34 respuestas



**GRÁFICO 7.** Tipo de calzado en déficit, para el usuario cliente.

En relación al estudio de mercado en cuanto a decisiones de compra, las personas encuestadas tienen variados criterios para establecer sus compras (Gráfico 8), sin embargo, dentro de las características establecidas la mayoría coincidió en la calidad, la comodidad y la estética como los criterios más importantes. Por otro lado, el precio, materiales, funcionalidad, marca, colores, y la salud, son igual de relevantes, pero con un nivel menor de importancia; mientras que las características que menos destacan son poseer texturas o estampados, así como comprar por moda.

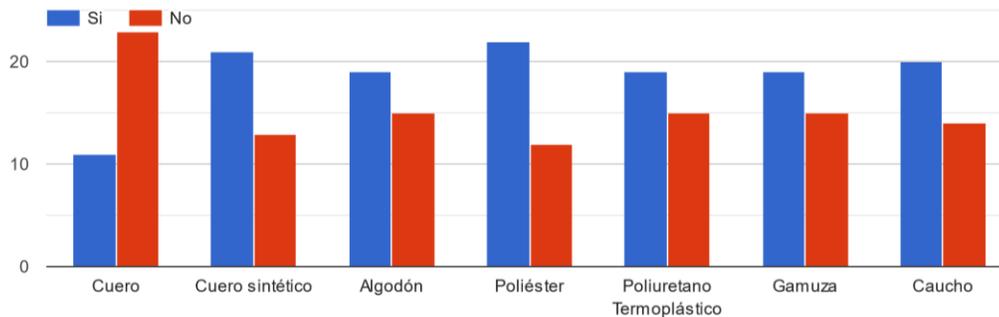
¿A la hora de comprar zapatos nuevos, en qué criterios basa sus decisiones de compra?



**GRÁFICO 8.** Criterios de compra del usuario cliente.

Dentro de los zapatos que comúnmente compran los usuarios (Gráfico 9), más de 20 de los usuarios indican que se deciden por zapatos de cuero sintético, poliéster y caucho; más de 10 usuarios prefieren el algodón, el poliuretano y la gamuza, mientras que el cuero es la menos demandada. Además, mencionaron otros materiales como el corcho, cloundfoam y sólo uno de los encuestados mencionó que compra calzado de material reciclado.

¿Qué materiales poseen los zapatos que comúnmente compra?



**GRÁFICO 9.** Preferencia de materiales del usuario cliente.

268

En la pregunta ¿está usted dispuesto a comprar un tipo de calzado que sea modificable en su estructura?, el 68,8% de los usuarios respondieron que sí respecto a la suela; 25% de los usuarios, prefieren el cambio en el cuerpo del calzado; y 6,3% distingue tanto en la suela como en el cuerpo del calzado.

Dentro de la sección de las necesidades ecológicas, el 97,7% de la población está interesado en el medio ambiente. En la pregunta que hace con el calzado una vez que se desgasta, el 35,3% de los usuarios lo lleva a reparar al zapatero; el 32,4% los desecha; el 11,8% cambia las piezas desgastadas (cordones); y 14,5% lo dona o regala a personas de bajos recursos para darles un segundo uso.

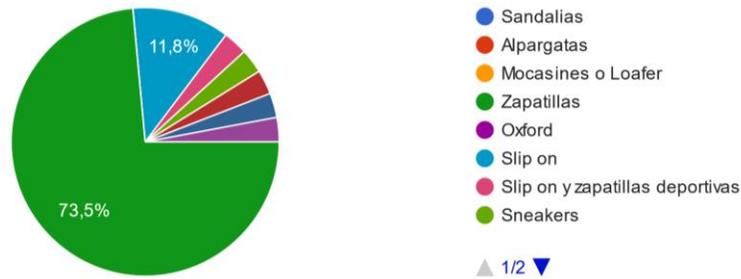
En la pregunta, ¿Compraría calzado hecho con materiales ecológicos (Plásticos reciclados, Algodón reciclado, fibras de bambú, etc.) siempre y cuando respeten sus decisiones de compra? (precio, comodidad, estética, calidad, etc.); el 94,1% respondió que sí, mientras que sólo el 5,9% respondió que no.

En cuanto a la sección de necesidades del calzado, el tipo de calzado que los usuarios prefieren y visten diariamente, el 85,1% de la población prefieren las zapatillas o zapatos deportivos, sneakers, entre otros. 11,8% prefiere los zapatos

Slip on, sólo una de las personas mencionó que prefiere usar tacones para el día a día por su estilo de vida (Gráfico 10).

¿Qué tipo de calzado prefiere o viste diariamente? Si tiene varias opciones en "Otra" puede responder cuales.

34 respuestas



269

**GRÁFICO 10.** Preferencias diarias del usuario cliente.

En relación a las preferencias de los colores (Gráfico 11), 41,2% de los usuarios clientes prefiere zapatos de color negro, 26,5% prefieren de color blanco, y el 14,7%, se inclinan más a colores fríos como azules, lilas, celestes, verdes o grises. En la preferencia de ornamentos, el 80% de los usuarios, prefiere calzado que no tenga ornamentos como hebillas, o accesorios metálicos.

¿Qué colores prefiere en su calzado cotidiano?

34 respuestas



**GRÁFICO 11.** Preferencias de colores para el calzado cotidiano del usuario cliente.

En cuanto a las preferencias de la suela, la mayoría de las personas encuestadas prefiere suela de grosor intermedia con el 76.5%; el 17,6%, elige suelas gruesas y sólo el 5,9% optan suelas finas. La mayoría coincide en suelas flexibles con el 91,2%.

Por otra parte, el 52.9% de los usuarios mencionan que sus calzados no resisten a días lluviosos (Gráfico 12), mientras que el 44,1%, mencionan que sí son resistentes.

¿El calzado que viste diariamente resiste a días lluviosos? (resiste la entrada de humedad)

34 respuestas



**GRÁFICO 12.** Resistencia a la lluvia, según el usuario cliente.

En cuanto a la facilidad de limpieza y mantenimiento del calzado, el 58,8% de usuarios mencionan que el cuero y el cuero sintético son de los materiales más fáciles de limpiar; y el 35,3%, piensan que el plástico es más fácil. En su mayoría limpian su calzado manualmente.

Por otro lado, el 73.5 % de la población ha presentado ampollas por el uso inadecuado del calzado, 20,6% ha sufrido de callosidades y sólo el 5,9% presenta Hallux Valgus (juanetes). Se pudo evidenciar que el 61,8% de las personas encuestadas ha presentado problemas en el aroma de sus zapatos luego de su uso.

Dentro de las observaciones expresadas por los usuarios sobre su idea del calzado deportivo en el contexto venezolano, se pueden destacar algunas como:

- Zapatos con buen material y no de malla.
- La comodidad e higiene, que el material permita que los olores transpiren ya que se trata de un calzado deportivo.
- Requeriría un zapato cómodo para caminar, que sea fácil de combinar con muchas prendas de ropa.
- Que el material sea suave.
- Que sea cómodo, visualmente atractivo y económico.
- Debe ser un calzado que soporte la lluvia principalmente sin perder su estética o comodidad.
- El calzado deportivo está sobre explotado, toda su producción es masiva, hay poca innovación y el mercado está llegando al punto de caer en piraterías y mala calidad, haciendo recurrente su compra, por su bajo costo.
- Estéticamente agradable.

En base a los resultados obtenidos, se determinó que el calzado a diseñar debe ser el calzado deportivo - casual (lifestyle sneaker), debido a que este calzado es carente en el comercio de la ciudad; además se encontró que es una prenda de vestir diaria de la población, y como beneficio este tipo de calzado puede adaptarse a actividades deportivas. Es preciso jerarquizar las necesidades encontradas en la recopilación de datos según Ulrich y Eppinger (2009), quienes indican que “las necesidades primarias son las más generales, mientras que las necesidades secundarias y terciarias expresan necesidades más a detalle” (p.73). A continuación, se clasifican las necesidades en la tabla 6.

**TABLA 6.** Jerarquización de Necesidades. Fuente Elaboración propia

Tipo de Necesidad	Necesidades Primarias	Necesidades Secundarias	Necesidades Terciarias
<b>Necesidad detectada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los zapatos son unisex</li> <li>• Los zapatos son de tipo deportivos casuales.</li> <li>• Los zapatos están diseñados bajo criterios de ecodiseño.</li> <li>• Los zapatos generan confort y comodidad a los usuarios.</li> <li>• Los zapatos son de calidad y reflejan calidad.</li> <li>• Los zapatos previenen afecciones.</li> <li>• Los zapatos no se empapan por dentro con la lluvia.</li> <li>• Reduce el número de operaciones y etapas de producción.</li> <li>• Poseen la menor cantidad de componentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La forma de la suela flexible minimiza el impacto y genera la amortiguación adecuada.</li> <li>• El diseño es atractivo, clásico y atemporal por lo que contribuye a la longevidad del calzado y reduce la necesidad de adquirir nuevos productos.</li> <li>• Posee colores neutros y monocromáticos.</li> <li>• La suela posee una porción que permite interconectarse el elemento de talón y así proporciona la sujeción del pie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los zapatos son fabricados con materiales de bajo impacto ambiental (biodegradables, compostables, reciclados, reutilizados, con menor contenido energético, etc).</li> <li>• Los zapatos poseen materiales impermeables.</li> <li>• Los zapatos son modulares, permitiendo al usuario la personalización.</li> <li>• Proporciona un kit para reemplazar las piezas dañadas/perdidas para alargar su vida útil.</li> <li>• Los zapatos permiten que el pie transpire y evita malos olores.</li> <li>• Minimiza el uso de productos químicos durante el proceso de producción.</li> </ul>

### 4.3. Selección de propuestas del calzado

Desarrollados todos los procesos definidos en la metodología, se presentan en las figuras 10, 11 y 12 los resultados de las propuestas de diseño, obtenidas en el *Diseño Industrial del Calzado*, que es el fin de la presente investigación.

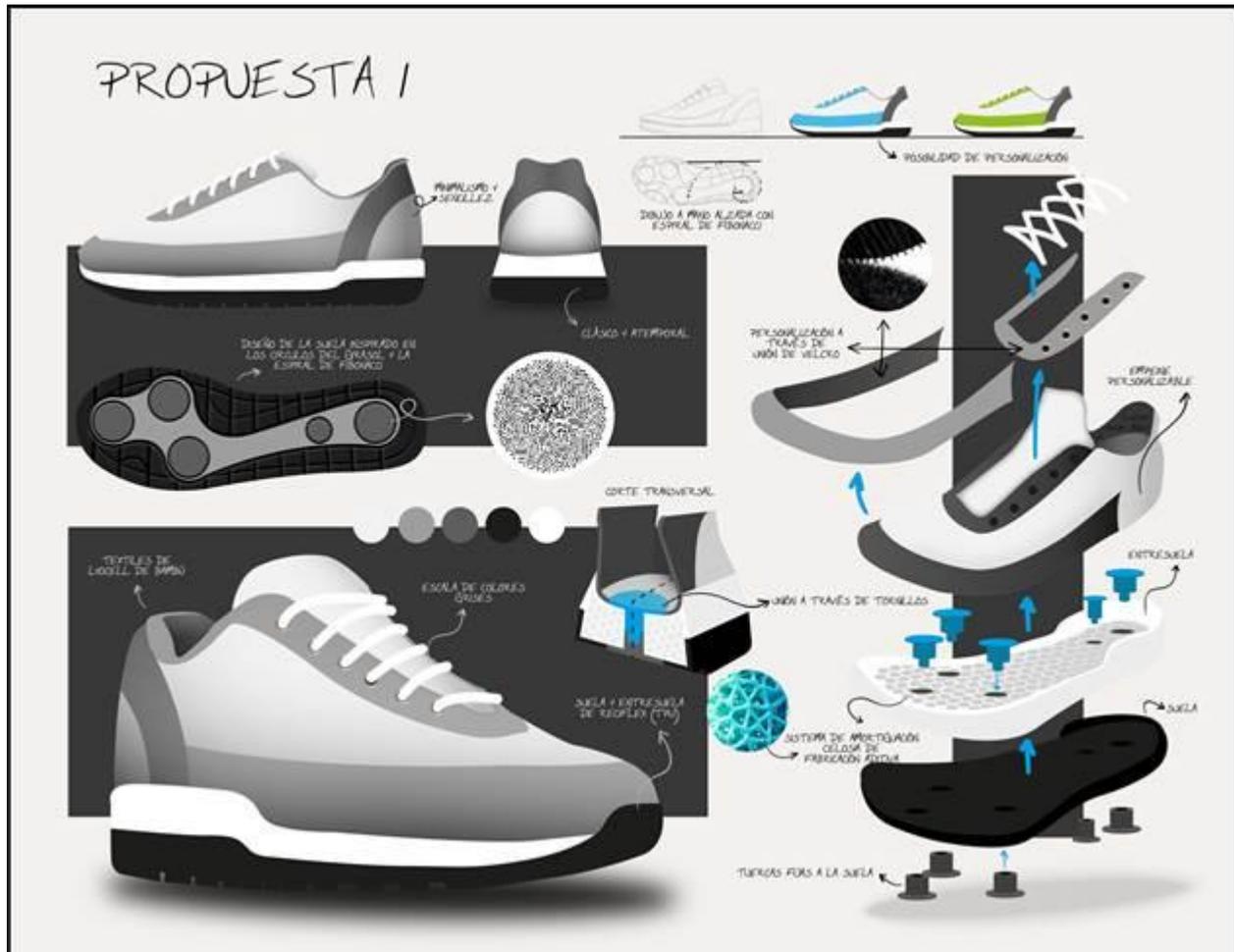


FIGURA 10. Propuesta 1, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 11. Propuesta 2, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.



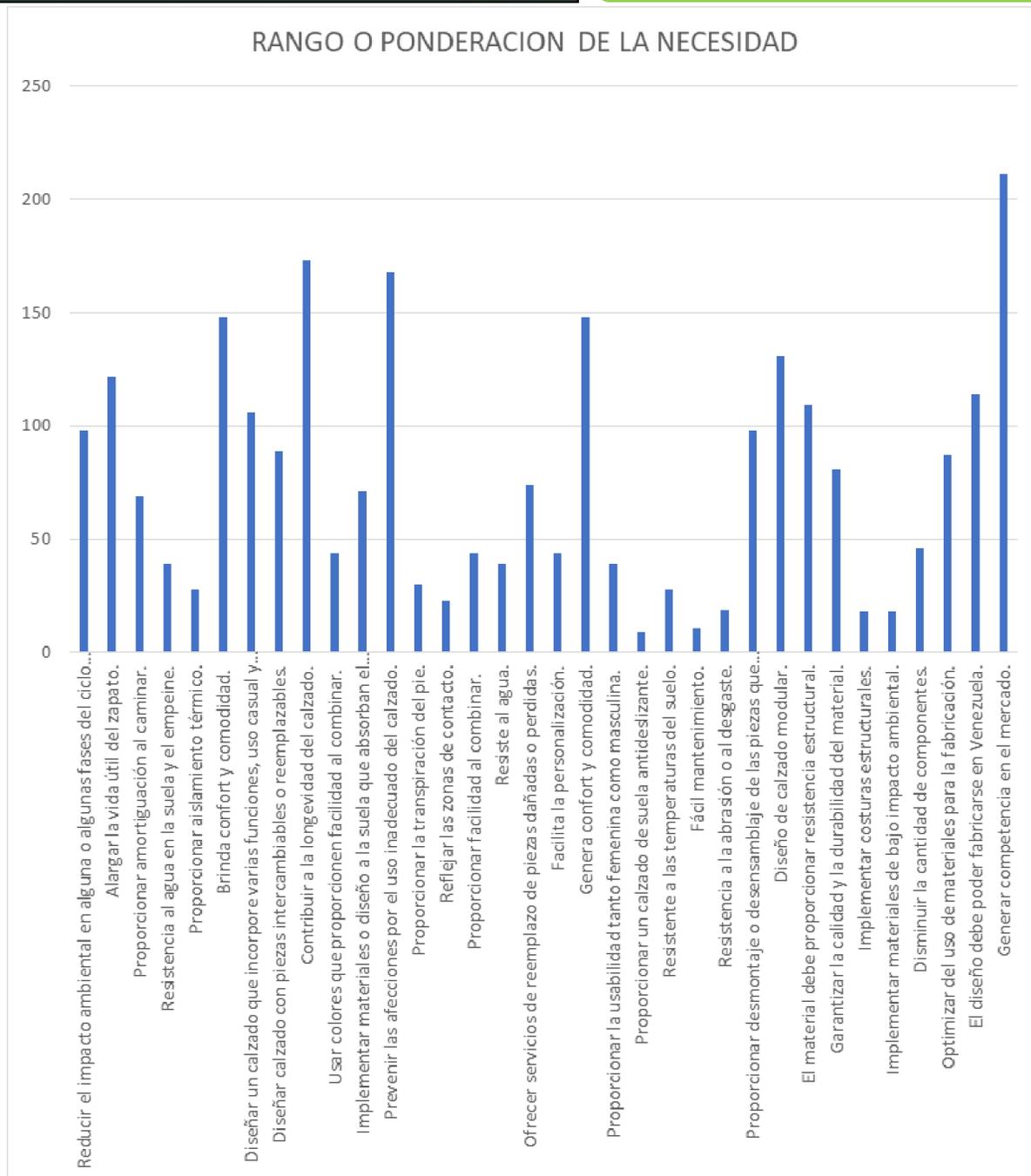
FIGURA 12 Propuesta 3, figura a partir de (Freepik, s.f). Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Evaluación y selección de las propuestas

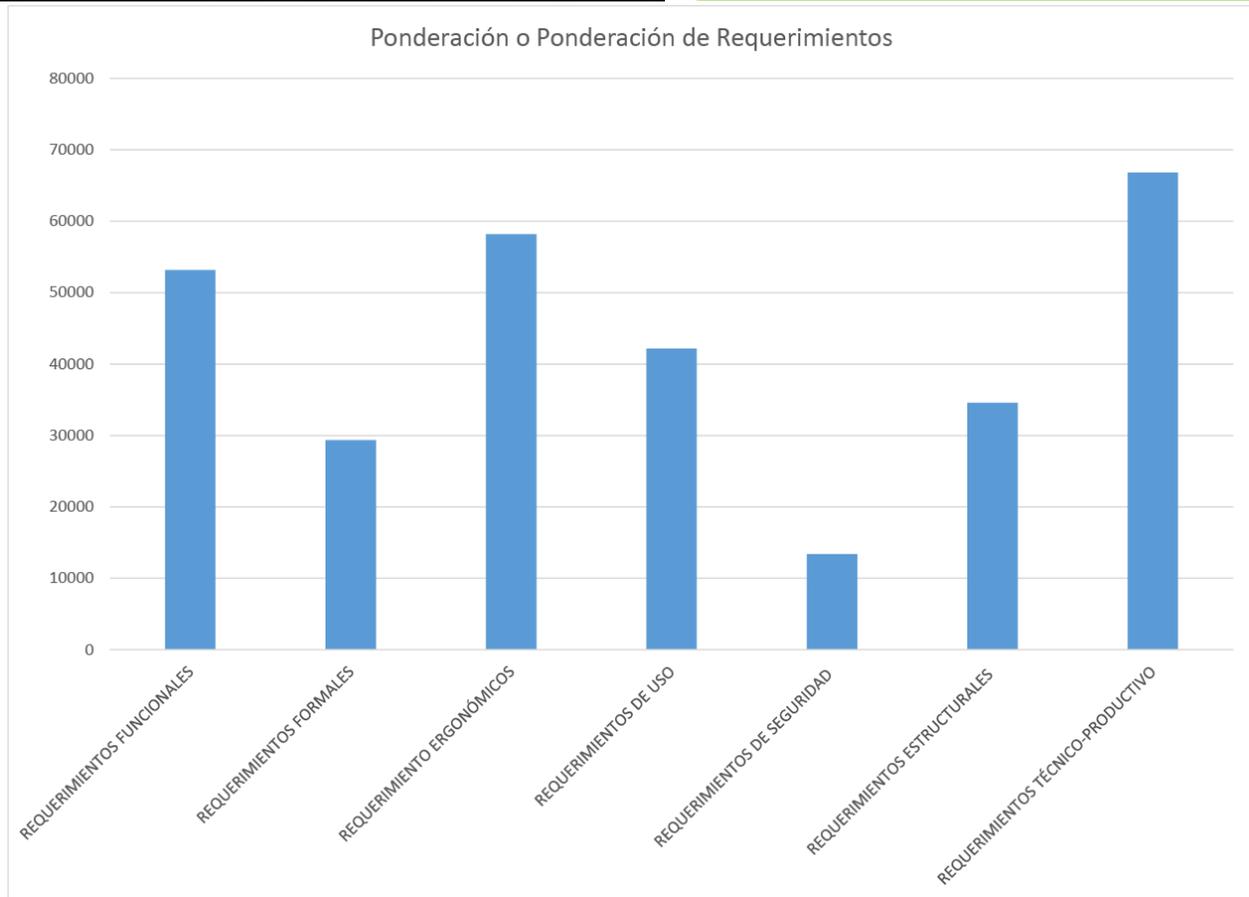
Como se expuso en el punto de metodología el proceso de selección de la mejor alternativa de calzado se realizó a partir de la implementación de la matriz de Despliegue de Función de Calidad (Quality Function Deployment - QFD). En primer lugar, se realizó una matriz de correlación donde se tomaron los requerimientos de diseño y las necesidades de los usuarios como criterios de selección. Se ponderó cada característica y su relación entre sí, en un rango de 0 (no tiene relación), 1 (poco importante), 3 (más o menos importante) y 9 (muy importante), siendo el resultado la suma de estas características, para determinar el nivel de importancia y el peso de cada criterio; arrojando que las necesidades más importantes son generar competencia en el mercado, contribuir a la longevidad del calzado y prevenir afecciones con el uso inadecuado del calzado (Gráfico 13).

Posteriormente, para la matriz del QFD, se ponderaron los requerimientos y esa ponderación se multiplicó con el resultado de las necesidades, luego se sumaron los resultados por requerimiento, obteniendo como resultado final el nivel de importancia por requerimiento. En general los resultados muestran que los requerimientos técnico-productivos y ergonómicos son los más importantes (Gráfico 14), seguido de los requerimientos funcionales; siendo los requerimientos formales y de seguridad los menos importantes. Cabe destacar, que la valoración más elevada fue el requerimiento formal con 11.802 puntos, el cual especifica que debe considerarse la suela, el empeine y los cordones como piezas modulares con la capacidad de intercambiarse o reemplazarse.

Posteriormente, para realizar la selección de las propuestas de diseño, se hicieron dos ponderaciones, una en base a las necesidades y otra en base a los requerimientos, para determinar cuál propuesta cumplía con mayor cantidad de criterios de selección y elegir la propuesta de una manera más coherente y objetiva. En relación a la selección en base a las necesidades, la propuesta número 2 obtuvo en las encuestas de usuarios los mejores resultados con 34% más de puntuación en comparación con las otras propuestas.



**GRÁFICO 13.** Rango o ponderación de la necesidad. Fuente: Elaboración propia.



**GRÁFICO 14.** Rango o ponderación de Requerimientos. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la selección en base a los requerimientos, las propuestas 1 y 2 obtuvieron puntuaciones cercanas por lo que ambas comparten el mismo porcentaje de 34%, sin embargo, la propuesta número 2 obtuvo 6 puntos por encima de la propuesta 1.

Debido a que las propuestas tenían porcentajes muy cercanos entre sí, se decidió realizar una evaluación final implementando otra encuesta a los posibles usuarios finales, y así tener en cuenta su opinión para la selección. En dicha encuesta se consideraron criterios estéticos, de seguridad, usabilidad, y mercado. Desde la perspectiva estética, las propuestas 2 y 3 obtuvieron 40% cada una, mientras que la propuesta 1 sólo obtuvo el 20%.

Desde el punto de vista de seguridad, la propuesta número 3 obtuvo la mayor puntuación con un 70%, siendo las ligas tensoras el sistema de uniones que los usuarios perciben más seguro al momento de realizar alguna actividad deportiva.

En cuanto a usabilidad, el 53,3% de los usuarios infieren que la propuesta 3 es más cómoda de usar, mientras que la propuesta número 2 fue la que menos les pareció cómoda. El 96,7% opinan que la personalización en el calzado es una idea interesante. Desde el punto de vista de la usabilidad del día a día, la propuesta 3 obtuvo mayor puntuación con un 36,7%.

En cuanto a los colores, 36,7% de los usuarios consideran que la propuesta 3 tiene una paleta de colores más agradable. A manera de sugerencia, la mayoría de los usuarios recomendaron implementar más colores para la personalización, haciendo mención de colores vivos y llamativos.

Por último, en la pregunta ¿cuál propuesta estaría dispuesto a llevar al trabajo?, la propuesta 2 obtuvo mayor puntuación con el 62%.

**Interpretación de los Resultados.** En los gráficos de Selección en base a las necesidades (Gráfico 13) y de Selección en base a los requerimientos (Gráfico 14), se puede apreciar que la propuesta 2 fue la que obtuvo el mejor resultado con un 34%; sin embargo, en el estudio de mercado, la propuesta número 3 fue considerada la mejor desde la perspectiva de seguridad con un 70% a favor.

En consecuencia, es necesario tomar las características de seguridad, sobresalientes en el estudio de mercado, para mejorar la propuesta 2 que fue la propuesta seleccionada por cumplir con mayor porcentaje de requerimientos y necesidades.

*Todas las alternativas poseen particularidades y resultados similares, por esa razón es factible realizar un diseño considerando los puntos a favor de cada una de las propuestas.*

### 4.5. Evolución de la propuesta

En la figura 13 se expone el resumen de toda la fase metodológica y el proceso de evolución de la propuesta, según la estética del sistema de uniones de la suela y el empeine; las ligas tensoras y el sistema de amortiguación.



**FIGURA 13.** Evolución de la propuesta, Fuente: Elaboración propia.

### 4.6. Estudio ergonómico

Uno de los estudios más importantes para la elaboración de cualquier calzado es el estudio ergonómico para garantizar que el diseño es factible ergonómicamente, por ende, se establecieron las siguientes características en el diseño:

### 4.6.1. Correcta amortiguación e impacto

En el caso del diseño de la entresuela, que es la pieza que recibe las cargas de impacto, se estableció el sistema de estructura de celosía que se extiende por toda la parte interior de la suela, la estructura reticular para suelas ya está validada por diferentes industrias de calzado deportivo como ADIDAS. De modo que, este tipo de suela puede proporcionar estabilidad y la correcta amortiguación generando el alto rendimiento del deportista al correr o realizar cualquier tipo de actividad.

Sin embargo, para validar esta información se realizó un análisis de resistencia estructural a través del software SolidWorks para comprobar que el diseño de la celosía planteado en la entresuela es resistente a las cargas normalmente soportadas. Para ello, el modelo 3D de la propuesta se transformó de sólido a malla mediante el método de elementos finitos para realizar el estudio de tensiones

El análisis consistió en dos fases, cuando la persona está en estado de reposo (de pie) y cuando la persona está en estado dinámico (la marcha). Para hacer una simulación real de las cargas, se tomaron los datos de la tabla Cálculo del Índice de masa y pesos corporales según la talla (en Kg) de acuerdo con Bray y Gray (1988) la cual sigue en vigencia en la actualidad, donde establece una persona de 27 años con una estatura de 168 cm y un índice de masa corporal dentro de los rangos normales 20-25, posee un peso corporal alrededor de 62.1 kg.

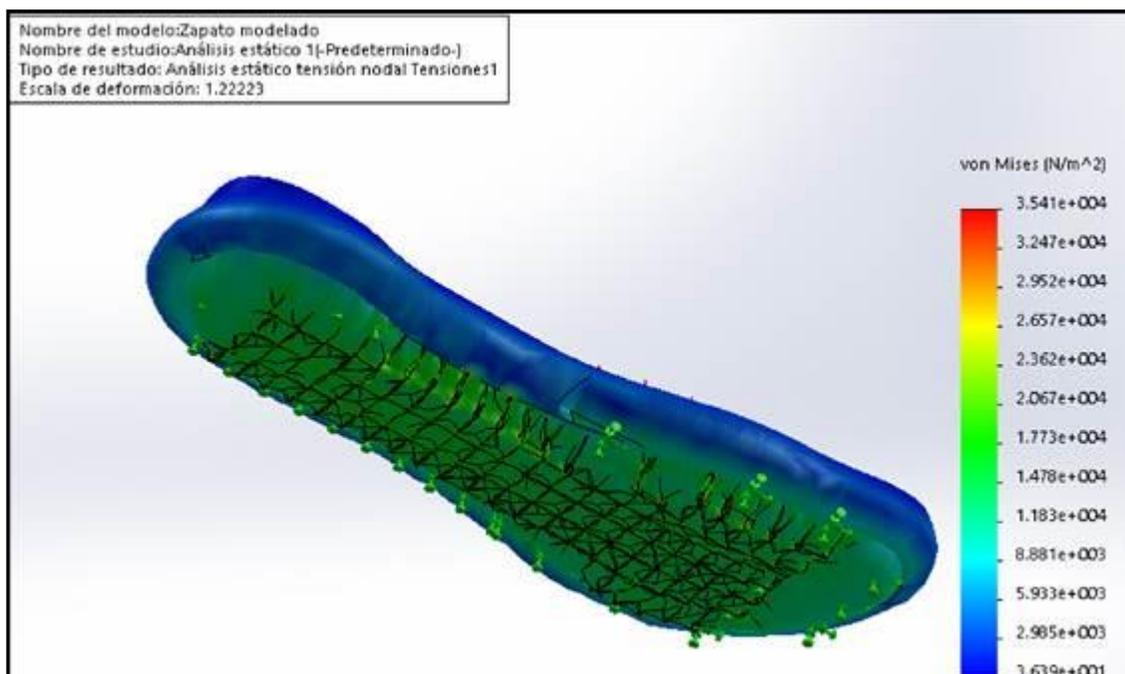
#### 4.6.1.1. Estado de reposo

Cuando una persona está de pie en estado de reposo, el peso del cuerpo se distribuye hacia ambos pies en este caso 62,1kg, por esta razón el peso se dividió entre 2, dando como resultado 31,05kg la carga de cada pie. Con respecto al pie, el arco plantar en un pie normal también distribuye entre el talón y los metatarsianos, de esta manera la carga del pie se dividió nuevamente entre dos

obteniendo que la carga tanto en el talón como en los metatarsianos es de 15,525 kg. Por lo que se tomaron estas dos cargas para la validación.

Como resultado del análisis estático, las dos cargas de 15,525 kg en el empeine y la suela generan una deformación de 1,2 mm, distribuyendo las cargas alrededor de toda la celosía (Figura 14).

282



**FIGURA 14.** Deformación en estado de reposo. Fuente: Elaboración propia, a partir de la tabla de pesos de Bray y Gray (1988).

#### 4.6.1.2. Estado de dinámico

Cuando la persona está en estado dinámico, la carrera o la marcha se produce con el retropié o el mediopié, depositando todo el peso de la persona en estas zonas, de este modo se dirigió el análisis en ambos casos con una carga de 62,1kg que es el peso corporal (Figuras 15, 16a, 16b).

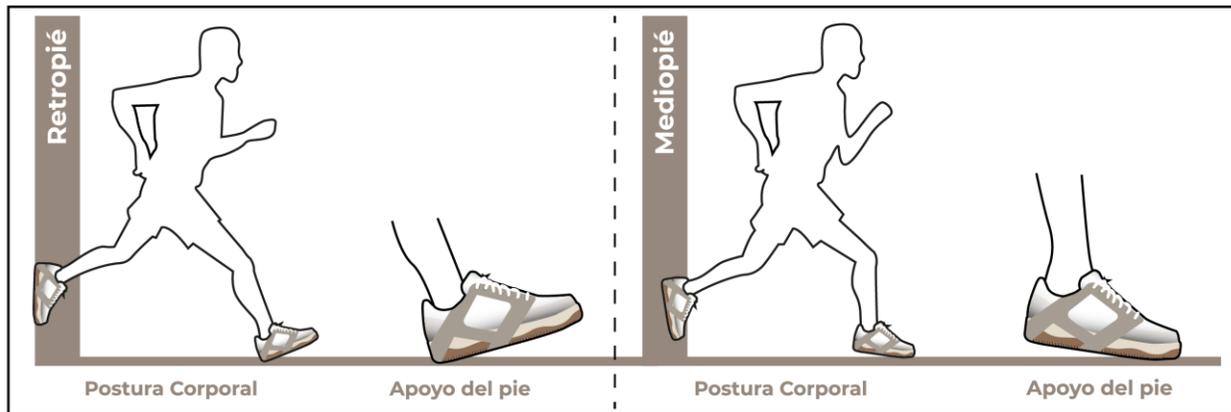


FIGURA 15. Postura corporal y apoyo del pie durante la carrera. Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las cargas 62,1 kg en el área de retropié, la deformación fue de 1,527 mm (Figura 16a).

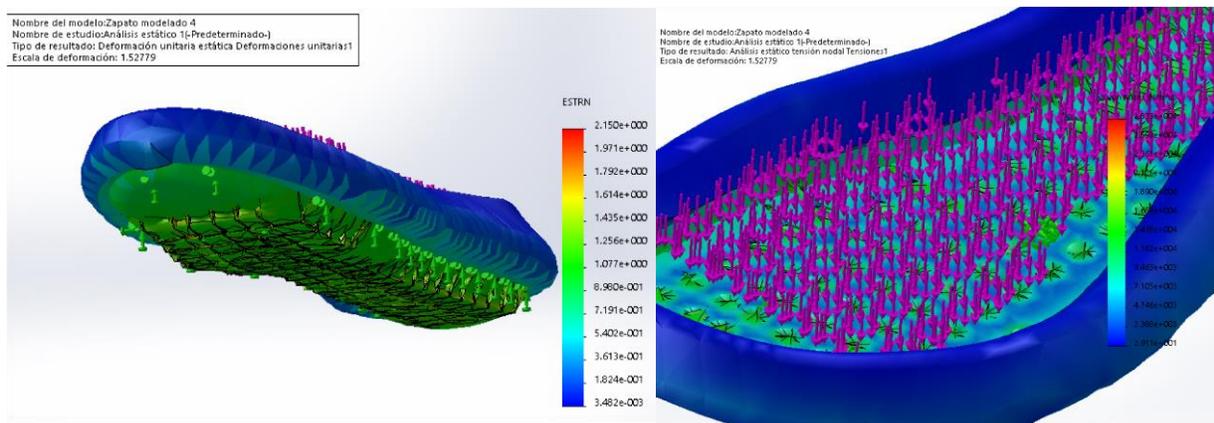
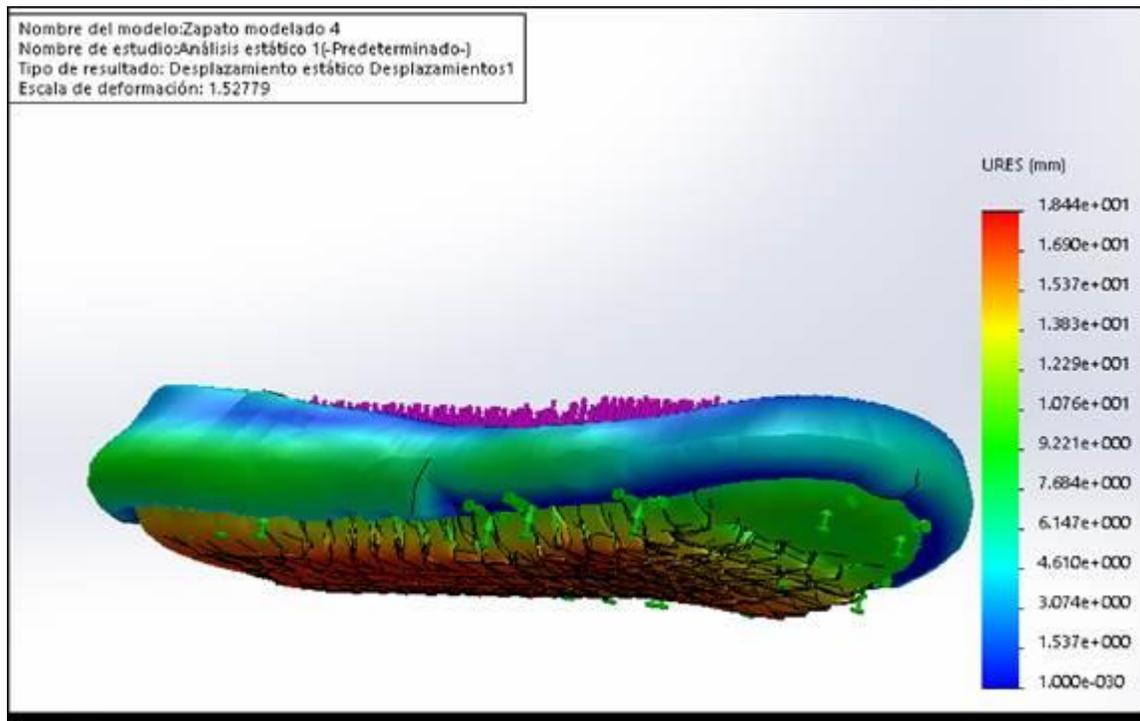


FIGURA 16a. Deformación en estado dinámico – retropié. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, en el área de mediopié la deformación fue de 1,527 mm como se observa en la figura 16b.



**FIGURA 16b.** Deformación en estado dinámico – mediopié. Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación de los resultados:** cómo se puede observar al generar cargas tanto en estado estático como estado dinámico, la deformación de la entresuela - suela no sobrepasa los 2 mm, lo cual entra dentro de los estándares normales de deformación y flexión, validando de esta manera el diseño planteado.

### 4.6.2. Sujeción y sensación de seguridad

Para ofrecer la sensación de seguridad, se incluyó el sistema de ligas tensoras, que abrazan la suela, el empeine y se sujetan a través de los cordones del zapato proporcionando así una sujeción ajustable acorde a cada tipo de pie (Figura 17).

285



**FIGURA 17.** Ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

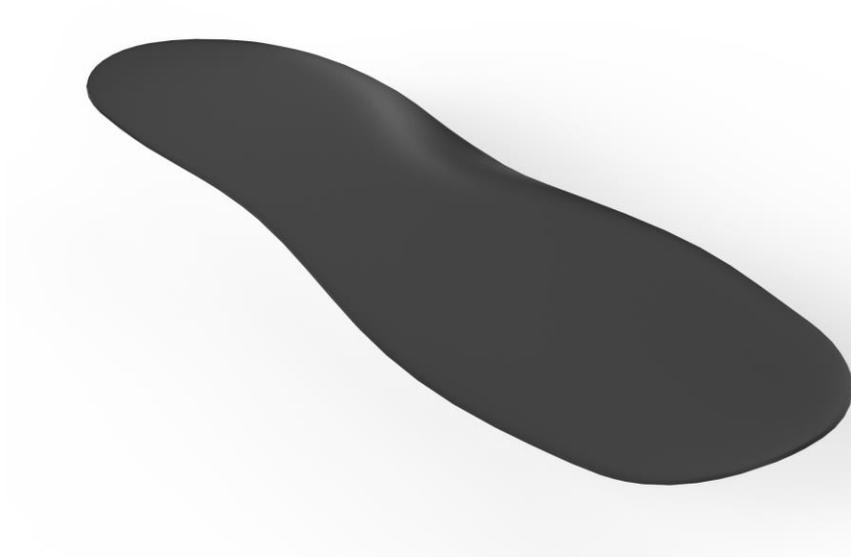
### 4.6.3. Adaptación biomecánica y anatómica

Se decidió que la forma de la punta de la entresuela fuese redondeada para evitar deformaciones en los metatarsianos y falanges del pie. Por otro lado, la plantilla a utilizar sigue la forma de la horma para ofrecer apoyo al arco plantar y protegerlo (Figuras 18 y 19).



286

**FIGURA 18.** Forma redondeada en la punta de la entresuela. Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA 19.** Arco plantar en la plantilla. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.6.4. Reflejo de las zonas de contacto

La suela y las ligas tensoras poseen colores distintos para señalar que esas piezas son las intercambiables (Figura 20).

287



**FIGURA 20.** Zonas de contacto, color marrón y color verde. Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, al momento de intercambiar la pieza de la suela, el agarre sufrió una modificación debido a que, desde la perspectiva del usuario, siente repulsión al tocar la suela por la parte de abajo una vez que ésta está sucia. Por este motivo, los laterales de la suela se diseñaron más altos abarcando las dimensiones del dedo pulgar 23 mm y el dedo índice 21 mm de acuerdo a los datos de la media de la población de las tablas de dimensiones antropométricos de la mano según

Vergara (2000), de manera que el usuario puede extraer la suela sin necesidad de tener contacto con la parte de abajo (Figuras 21 y 22).



288

**FIGURA 21.** Zonas de contacto de 23 mm. Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA 22.** Zonas de contacto de 23 mm. Fuente: Elaboración propia.

### Holgura en la puntera y el talón

Tomando en consideración el tallaje estudiado y las características de holgura recomendadas, el diseño del puntero en la suela tiene una holgura de 1 cm y 0,5 cm en la parte del talón, para proporcionar el uso correcto del calzado y evitar alteraciones futuras en la estructura del pie (Figura 23).



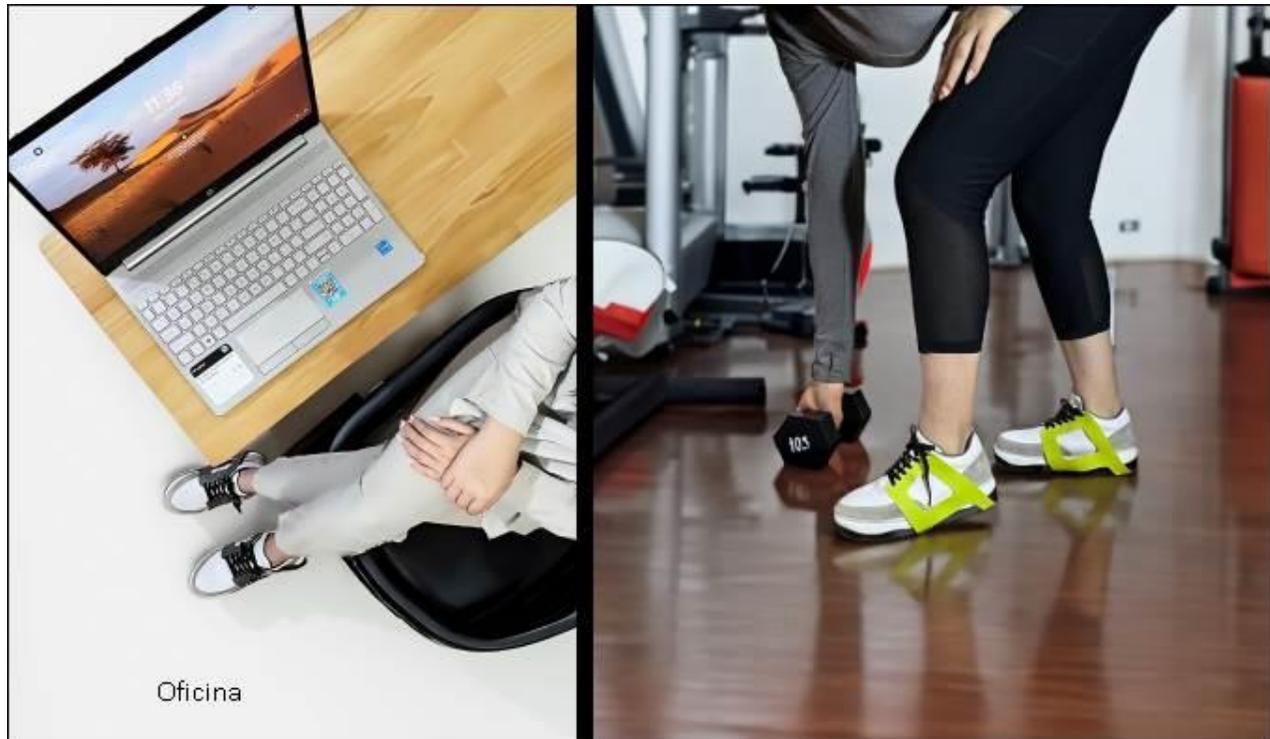
**FIGURA 23.** Holgura de la suela. Fuente: Elaboración propia.

## 4.7. Estudio funcional

### 4.7.1. Alargar la vida útil

Para alargar la vida útil del calzado, se planteó que éste debía tener una estética similar a los calzados Life-Style, para que pueda ser utilizado tanto en la oficina como para hacer ejercicio.

Cabe destacar que, el calzado se venderá con dos piezas de reemplazo de la suela, para personalizar o para cambiar de piezas desgastadas, lo que facilita esta tarea, y además se prolonga la vida útil sin necesidad de comprar todo el calzado (Figura 24).



**FIGURA 24.** Calzado en diferentes situaciones. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.2. Proporciona amortiguación

El diseño de celosía de la entresuela proporciona la absorción del impacto, ya que las cargas se distribuyen entre sí, generando una mejor amortiguación al caminar y así evitar problemas de salud a posteriori (Figura 25).



**FIGURA 25.** Celosía de la entresuela para amortiguar impactos. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.3. Transpiración y absorción de humedad

A pesar de que el poliéster reciclado del forro no posee propiedades transpirables, el Piñatex sí las tiene, permitiendo prevenir malos olores; además de ello, el empeine posee unos canales de ventilación de 2 mm de diámetro para proporcionar la correcta transpiración del pie. En relación con la absorción de humedad, gracias al material Piñatex que es un sustituto del cuero, se evita la absorción de agua (Figura 26). Sumado a ello, la sujeción por medio de cordones provoca una sensación de seguridad.



**FIGURA 26.** Canales de ventilación en el empeine. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.4. Brinda confort y comodidad

El diseño de la plantilla, (Figura 27) es de espuma vinílica acetinada (EVA) que es un polímero reciclado, la plantilla posee pequeñas cámaras de aire en su estructura, esto permite que se genere una especie de almohadilla para que repose allí el pie proporcionando la sensación de comodidad, además ofrece el apoyo en el arco plantar para distribuir las cargas de una mejor manera.



**FIGURA 27.** Plantilla con apoyo plantar. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.5. Evita el deslizamiento

El diseño de la suela posee una superficie rugosa, lograda con surcos con una altura de 2 mm y un ancho de 1 mm que sirven para hacer fricción en el suelo, dándole así la propiedad de antideslizante (Figura 28).

293



**FIGURA 28.** Surcos de la suela. Fuente: Elaboración propia.

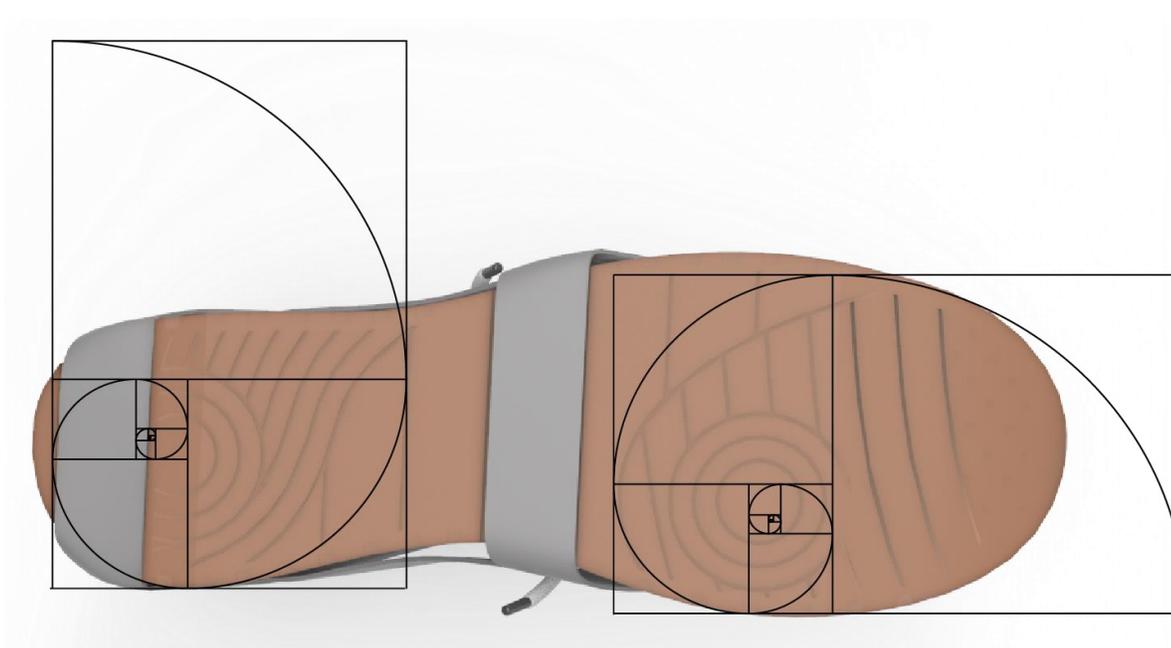
### 4.8. Estudio formal

#### 4.8.1. Concepto de diseño

El nombre de este producto se inspira en el girasol, evocando la metáfora de sus seis etapas de vida: siembra, germinación, crecimiento, floración, marchitamiento y renacimiento. En similitud con esta narrativa, el calzado se vincula con un sistema de piezas intercambiables, permitiendo a los usuarios prolongar su vida útil.

#### 4.8.2. Concepto formal

Con respecto a la forma de los surcos de la suela, está inspirado en la espiral de Fibonacci que se crea en el círculo del girasol, para ello se realizó una composición tomando como partida dicha espiral (Figura 29).



**FIGURA 29.** Diseño de la suela. Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de las ligas tensoras, se tomó como inspiración las semillas del girasol, que vistas desde el frente poseen una forma hexagonal o romboide (Figura 30).

295



**FIGURA 30.** Concepto del girasol aplicado a las ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3. Principios básicos de diseño

Para el diseño del calzado se aplicaron diferentes leyes de Gestalt, para que la composición formal del producto sea estéticamente agradable a la vista.

#### 4.8.3.1. Jerarquización

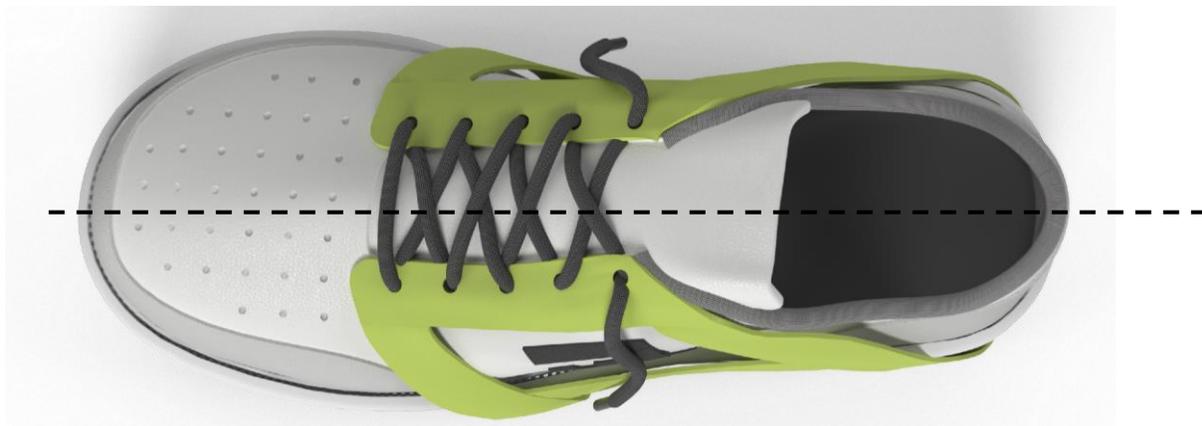
La forma de las ligas tensoras es la que tiene más jerarquía, por lo cual es mejor percibida, y se propone para diversas preferencias de colores (Figura 31).



**FIGURA 31.** Ley de Jerarquía. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3.2. Simetría

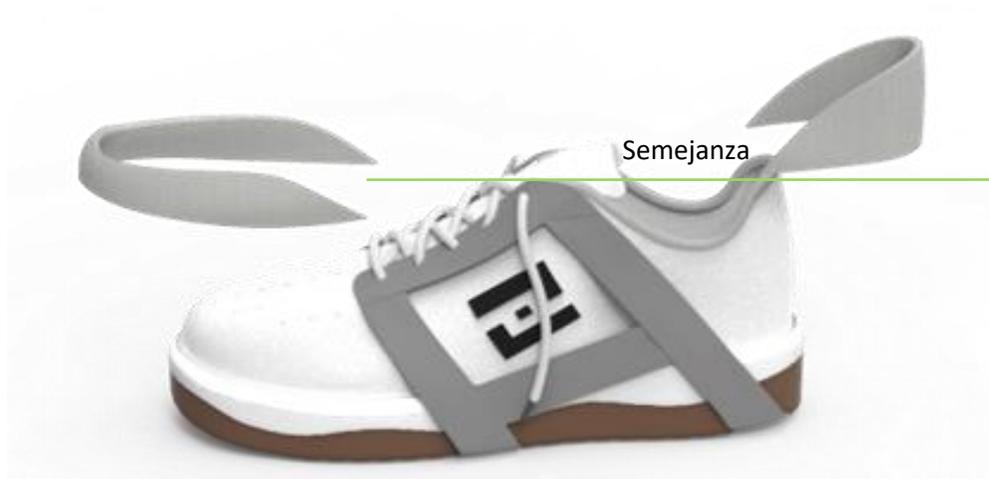
Desde la vista superior, ambos lados del calzado, tanto izquierdo como derecho se perciben como simétricos, creando así un equilibrio visual (Figura 32).



**FIGURA 32.** Ley de Simetría. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3.3. Semejanza

Dado a que el puntero y el talón poseen los mismos colores y el mismo material, visualmente se agrupan a pesar de su distancia y se pueden percibir como unidad (Figuras 33 y 31).

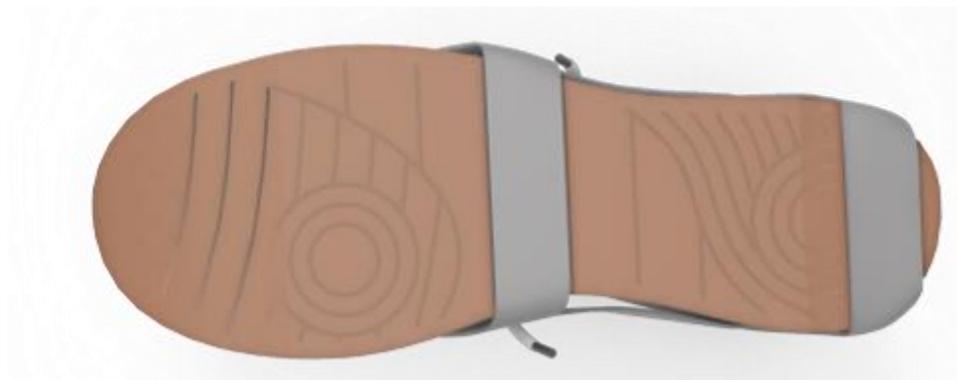


297

**FIGURA 33.** Ley de Semejanza. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3.4. Cierre

En el diseño de la suela, los surcos que son divididos por otras líneas, visualmente se obvian haciendo completar la figura a pesar de que está incompleta (Figura 34).



**FIGURA 34.** Ley de Cierre. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3.5. Proximidad

Los canales de ventilación en el empeine, debido a lo próximos que están entre sí, se perciben como un conjunto (Figura 35).



298

**FIGURA 35.** Ley de proximidad. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.3.6. Contraste

Debido a la diferencia de color, todas aquellas piezas que poseen tonos más oscuros se diferencian y destacan, como en las piezas de la suela y las ligas tensoras (Figura 36).



**FIGURA 36.** Ley de Contraste. Fuente: Elaboración propia.

### 4.8.4. Colores seleccionados

Para contribuir con la longevidad del calzado se implementaron colores neutros, en escala grises y beiges para el diseño de calzado base y así facilitar la combinación con el atuendo. Sin embargo, para proporcionar la personalización, se implementaron colores vivos que pueden ser relacionados al deporte y la personalidad del usuario.

*Colores neutros:* los colores neutros pueden ser blancos, negros, grises o cualquier color en baja intensidad y saturación. Estos pueden representar calma, sobriedad y elegancia.

*Colores vivos:* son todos aquellos colores brillantes como el violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo. Estos pueden representar diferentes sensaciones: Violeta: fantasía, creatividad. Azul: salud, armonía, libertad. Verde: frescura, crecimiento, vida. Amarillo: alegría, positivismo, diversión. Naranja: optimismo, amistad, extroversión. Rojo: acción, dinamismo, energía. Rosado: cariño, sensibilidad, delicadeza. Se tomó como guía la librería de colores PANTONE, para el color de forma universal (Figura 37).



FIGURA 37. Librería de colores Pantone. Fuente: Elaboración propia a partir de PANTONE.

### 4.8.5. Modularidad

Desde el inicio el concepto modular fue parte de la propuesta de diseño, por lo cual se desarrolló un número de 5 piezas, que pueden ser intercambiables bien sea para personalizar o para cambiar piezas desgastadas (Figura 38)

300

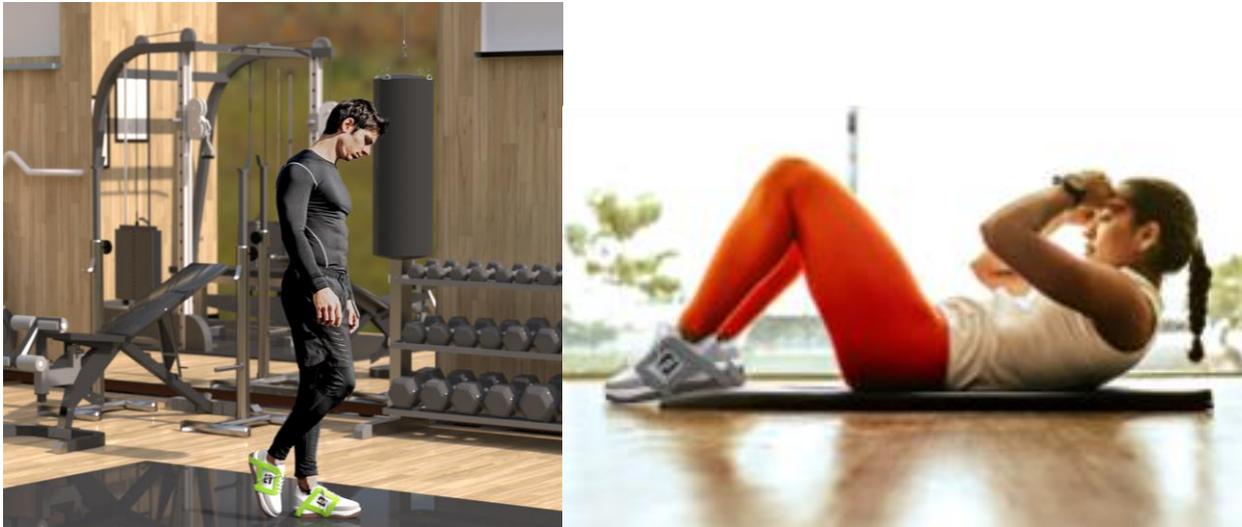


**FIGURA 38.** Modularidad de las piezas, que se pueden reponer cuando se deterioran. Fuente: Elaboración propia.

### 4.9. Estudio de usabilidad

#### 4.9.1. Usabilidad para sexo femenino y masculino

La estética, el minimalismo, la sencillez y los colores del calzado permite que pueda ser utilizado por cualquier tipo de género sin ningún problema (Figura 39).



**FIGURA 39.** Usabilidad para ambos géneros. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.9.2. Facilita la personalización

Gracias al diseño modular el usuario puede comprar las piezas en los colores que prefiera y personalizar el calzado que más le produzca agrado.

#### 4.9.3. Servicio de reemplazo de piezas

Una vez gastadas las piezas, bien sea la suela, el empeine o los cordones, pueden reemplazarse gracias a los sistemas de uniones mencionados anteriormente.

#### 4.9.4. Validación de uso del calzado

Para la validación de uso del calzado, se realizaron pruebas de interacción producto - usuario a través de un modelo funcional. Por un error involuntario en el modelado tridimensional la pieza de impresión 3D no salió como se esperaba, ya que el cierre debería quedar oculto, se sugiere seguir haciendo validaciones para terminar de comprobar el sistema de cierre planteado (Figura 40).

Primero se le pidió al usuario colocarse el calzado como de costumbre:

- Usuario: Altura: 1,64 m
- Peso: 62 kg
- Edad: 20 años
- Talla de calzado: 37. *\*El usuario era una talla menos el que modelo funcional.*

302



Las dimensiones de la abertura del calzado y la lengüeta están acordes al sistema de medidas antropométricas.

El pie del usuario entró con facilidad en el zapato.

El usuario se ató los cordones como de costumbre sin problemas.

**FIGURA 40.** Validación antropométrica del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se le pidió al usuario caminar con el calzado puesto. Pese a que sólo se tenía un modelo funcional y la caminata no se pudo validar de la misma manera, se puede evidenciar que el calzado se flexiona con facilidad al momento del movimiento de mediopié (Figura 41).

Como sugerencia, deberían colocarse los puntos de encaje alrededor de esa flexión para no interferir con el movimiento.

303



**FIGURA 41.** Validación de marcha del calzado. Fuente: Elaboración propia.

Por último, se le pidió al usuario que desarmara y armara nuevamente el calzado. A continuación, la figura 42 expone la secuencia de uso tomada del video.



**FIGURA 42.** Secuencia de uso del calzado. Fuente: Elaboración propia.

### 4.9.5. Interpretación de los resultados

El usuario logró identificar cuáles eran las piezas intercambiables de una manera fácil, la única pieza que generó dudas fue la suela, pero sólo tardó unos segundos en descubrir que la pieza también salía a través de encajes.

### 4.10. Estudio estructural

En primer lugar, se describen a continuación las partes generales que componen el calzado (Tabla 7).

**TABLA 7.** Tabla de elementos y materiales que componen el calzado. Fuente: Elaboración propia.

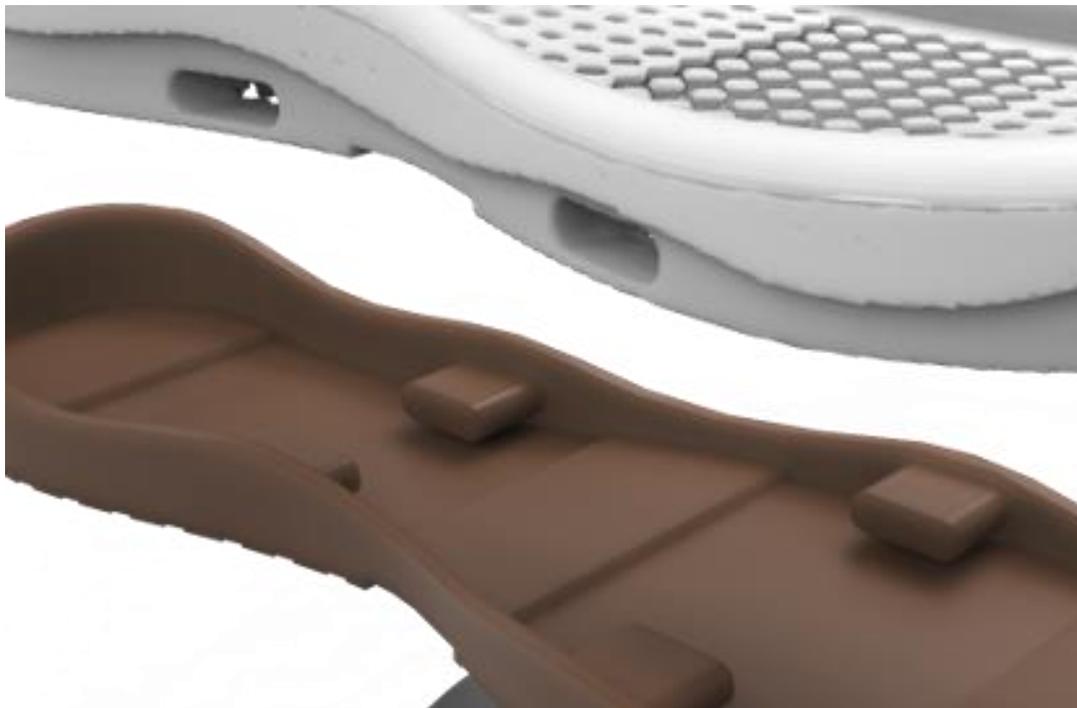
Componente	Suela, entresuela y Ligas tensoras	Empeine y Lengüeta	Forros y Cordones	Plantilla	Cierre
Material	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	Piñatex.	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	Aluminio secundario.

### 4.10.1. Uniones

Se buscó reducir el uso de pegamentos contaminantes y también facilitar el cambio de piezas, por lo que se eligieron diferentes tipos de sistemas de uniones que mejor se comportan estructuralmente, los cuales se definen en los siguientes puntos.

#### 4.10.1.1. Encaje a presión

Este sistema se seleccionó para la unión entre suela y entresuela. Posee 6 pestañas que encajan tipo macho - hembra, 2 por el lateral derecho, 2 por el lateral izquierdo, 1 por delante y 1 por detrás (Figura 43).



**FIGURA 43.** Sistema de encaje a presión mediante unión macho-hembra. Fuente: Elaboración propia.

### 4.10.1.2. Cierre o cremallera

Este sistema se seleccionó para la unión de la entresuela con el empeine. Para poder unir el cierre a las piezas, el sistema debe coserse tanto al empeine como a la entresuela para proporcionar una fijación duradera (Figura 44).

306



**FIGURA 44.** Sistema de unión – cremallera. Fuente: Elaboración propia.

### 4.10.1.3. Ligas tensoras

Este sistema se seleccionó para brindar una perspectiva de seguridad en el calzado, las tiras abrazan el zapato y se ajusta la sujeción de las mismas gracias a los cordones (Figuras 42 y 45).



**FIGURA 45.** Sistema de unión - ligas tensoras. Fuente: Elaboración propia.

### 4.11. Estudio Ambiental

Para dar respuesta a las consideraciones ambientales se hizo énfasis en seleccionar materiales de bajo impacto ambiental, que sean biodegradables o reciclables, para así reducir la huella de carbono en alguna de las fases del ciclo de vida, bien sea en la producción de materias primas o en la etapa de eliminación. planteando materiales que puedan volver a ser reciclados o que su descomposición sea biodegradable (Tabla 9)

Con respecto a la fase de uso, se resaltó el concepto de la multifuncionalidad y modularidad, diseñando un calzado que pueda ser utilizado tanto de manera deportiva como de manera casual, con piezas modulares e intercambiables permitiendo la personalización, y facilitando el mantenimiento, la reparación y la reciclabilidad; y con ello aumentando se vida útil.

Para el estudio ambiental, se aplicó la metodología del ACV según Capuz *et al.* (2002) donde primero se definieron los objetivos previamente hechos en esta investigación, en este apartado se realizó el alcance de estudio, el análisis de inventario y la evaluación del impacto ambiental. El Ebook de ecodiseño facilitado por INESCOP (2020), sirvió de guía para este apartado.

### 4.11.1. Alcance de Estudio

Para el alcance de estudio de ACV se consideraron y se describieron las funciones y los límites del sistema del calzado:

*Unidad funcional:* para llevar a cabo el análisis del calzado, se tomó como unidad funcional un par de zapatos de talla 38, con su respectivo empaque. Límites del sistema: se tomaron en cuenta las siguientes fases para el análisis del ciclo de vida (Figura 46):

308

- Materias primas
- Transporte
- Producción
- Distribución
- Uso
- Fin de Vida



FIGURA 46. Límites de sistema. Fuente: Elaboración propia.

### 4.11.2. Análisis de Inventario

Para la recopilación de información, se tomaron de soporte los datos sobre materias primas de IDEMAT, la cual posee información técnica sobre materiales y procesos industriales.

El inventario se abordó en base a las diferentes etapas del ciclo de vida del calzado incluyendo las entradas (energía, materias primas, entre otras) y salidas en los procesos de producción y transporte como emisiones atmosféricas, emisiones al agua, entre otras) (Tablas 8 a 13).

309

**TABLA 8.** Información general del calzado. Fuente: Elaboración propia.

INFORMACIÓN GENERAL	
Tipo de Calzado	Sneakers
Talla	38 EU
Peso total de un zapato	0,340 Kg

**TABLA 9.** Materias Primas. Fuente: Elaboración propia.



MATERIAS PRIMAS		
Componente	Composición	Peso
Suela	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,056 Kg
Entresuela	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,160 Kg
Ligas tensoras	Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	0,04 Kg
Empeine	Piñatex.	0,056 Kg
Lengüeta	Piñatex.	0,010 Kg
Forros	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	0,02 Kg
Plantilla	EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	0,013 Kg
Cordones	PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	0,05 Kg
Cierre	Aluminio secundario.	0,05 Kg

**TABLA 10.** Transporte de materias primas. Fuente: Elaboración propia.



TRANSPORTE DE MATERIAS PRIMAS			
Materia prima	Origen	Distancia (Km)	Tipo de transporte
Reciflex: TPU - Poliuretano termoplástico reciclado.	España	7.262 km	Barco
Piñatex.	España	7.262 km	Barco
PET-Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.	Lara- Venezuela	404,4 km	Camión
EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.	Lara- Venezuela	404,4 km	Camión
Aluminio secundario.	Estados Unidos	2.482 Km	Barco

**TABLA 11.** Producción, figura a partir de (INESCOP, 2023).

PRODUCCIÓN		
	Consideraciones	Datos
Residuos	El 20% se recicla en las propias instalaciones y el 80% se lleva a otras empresas para su revalorización	Los residuos generados son pueden ser reutilizados para generar nuevamente materias primas.
Consumo de agua	0,0112 m <sup>3</sup> por par de zapatos.	Valor obtenido de la división de los m <sup>3</sup> de agua consumidos.
Consumo de luz	0,55 kWh por par de zapatos.	Valor obtenido de la división de los kWh de energía consumida.

\*Para la tabla de Producción los datos fueron tomados de INESCOP, 2020.

311

**TABLA 12.** Distribución del producto. Fuente: Elaboración propia.

DISTRIBUCIÓN DEL PRODUCTO			
Destino	% Distribución	Distancia (Km)	Tipo de transporte
Mérida - Venezuela	80%	Menos de 100 km	Camión
Caracas - Venezuela	20%	666,3 km	Camión

**TABLA 13.** Consideraciones de producción. Fuente: Elaboración propia.

PRODUCCIÓN	
Consideraciones	Datos
Se estima que el 60% de las piezas del producto va destinado a tratamientos de residuos.	La distancia a las empresas que tratan los residuos se encuentran a 404,4 km.
Se estima que el 40% de las piezas del producto destinado a vertederos, sin embargo, estos son biodegradables.	La distancia media al vertedero municipal es de 33,7 km.

A través del método de Matriz MET se esquematizó de manera global las entradas y salidas de cada etapa, para determinar que material o proceso tiene mayor toxicidad e impacto ambiental. A continuación, se presenta el esquema del ciclo de vida del calzado deportivo diseñado (Tabla 14).

**TABLA 14.** Matriz MET. Fuente: Elaboración propia.

MATRIZ MET			
ETAPAS	ENTRADAS		SALIDAS
	MATERIALES	ENERGÍA	TÓXICOS
1. OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y COMPONENTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reciflex: TPU Poliuretano termoplástico reciclado.</li> <li>Piñatex</li> <li>PET - Polietileno tereftalato mecánicamente reciclado.</li> <li>EVA Etilvinilacetato expandido reciclado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía para la extracción y transporte de cada materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos mineros</li> <li>Aguas residuales</li> <li>Emisiones a la atmósfera</li> </ul>
2. PRODUCCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,512 Kg de Poliuretano termoplástico TPU de espesor= 1,75 mm.</li> <li>0,132 Kg de Piñatex de espesor = 1 mm.</li> <li>0,05 Kg de Polietileno tereftalato PET de espesor= 1 mm.</li> <li>0,026 Kg de Etilvinilacetato expandido.</li> <li>0,05 Kg de Aluminio secundario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>0,55 kWh consumo de energía por par de zapatos.</li> <li>0,016 m<sup>3</sup> consumo de agua por par de zapatos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de aluminio</li> <li>Residuos plásticos de impresión 3D.</li> <li>Residuos textiles.</li> <li>TPU 1,66 KgCO<sub>2</sub>e</li> <li>PET 0,42 KgCO<sub>2</sub>e</li> <li>EVA 0,10 KgCO<sub>2</sub>e</li> <li>Aluminio S 0,14 KgCO<sub>2</sub>e</li> </ul>
3. DISTRIBUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartón de embalaje y propileno expandido reciclado).</li> <li>Papel para etiquetas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía para transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de aluminio</li> <li>Residuos plásticos de impresión 3D.</li> <li>Residuos textiles.</li> </ul>
4. USO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piezas de cambio por personalización y reparación.</li> <li>Agua para mantenimiento.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Aguas residuales.</li> </ul>
5. FIN DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales destinados a tratamientos de residuos.</li> <li>Biodegradación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía para transporte.</li> <li>Consumo de energía para el tratamiento de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de partes eléctricas.</li> <li>Emisiones a la atmósfera.</li> </ul>

\* Los valores KgCO<sub>2</sub> fueron calculados gracias a la base de datos de materias primas de IDEMAT.

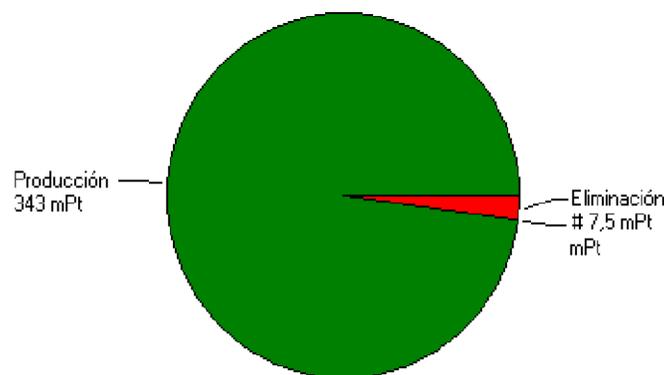
### 4.11.3. Evaluación del Impacto ambiental

En esta fase se evaluó la importancia de los potenciales impactos ambientales producidos en todo el ciclo de vida del calzado, a partir de los resultados del análisis de inventario, cuyos datos fueron introducidos en el software Eco-it, el cual permite la descripción del producto, analizar los materiales, los procesos y el transporte.

Este software utiliza el eco-indicador 99, el cual es el indicador ambiental que agrega valores normalizados de los distintos impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida (Capuz *et al.*, 2002). Debido a que el software es una versión demo, se sustituyeron algunos materiales textiles por otros materiales similares dado que no aparecen en esta versión. También es importante saber que los eco-indicadores se miden en “punto Eco-indicador”, 1 Pt = centésima parte de la carga ambiental anual producida. \*700 m Pt = 0,7 Pt.

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación del impacto del producto mediante el software Eco-it.

En el análisis del ciclo de vida, se observa que la fase de producción es la que más genera cargas ambientales, con 343 m Pt, mientras que la fase eliminación, en su fin de vida, produce sólo 7,5 m Pt. (Gráfico 15).

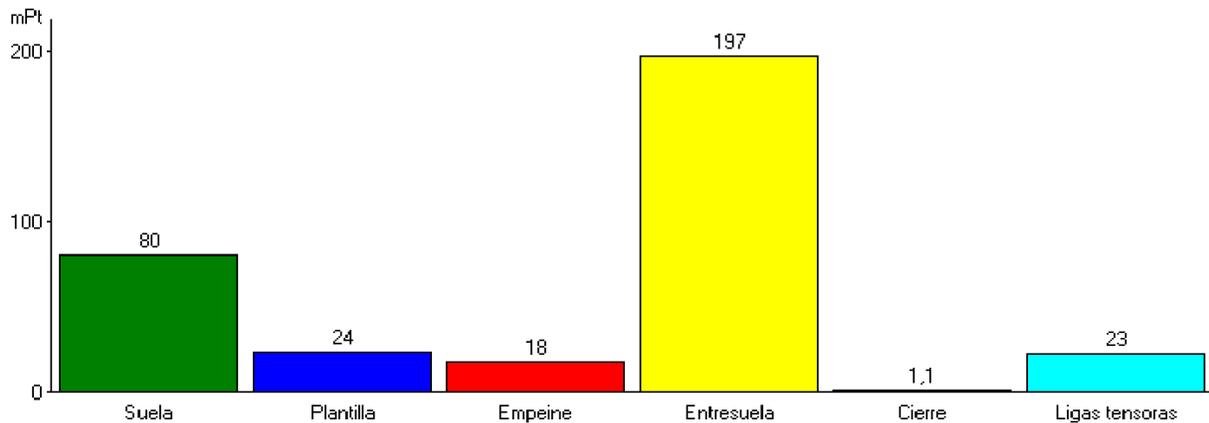


Ciclo de vida: Ecodiseño del Calzado deportivo 350 mPt, Método: ReCiPe. #: Uno o más valores de indicador para eliminación son desconocidos

**GRÁFICO 15.** Resultados del ciclo de vida Ecodiseño del Calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.

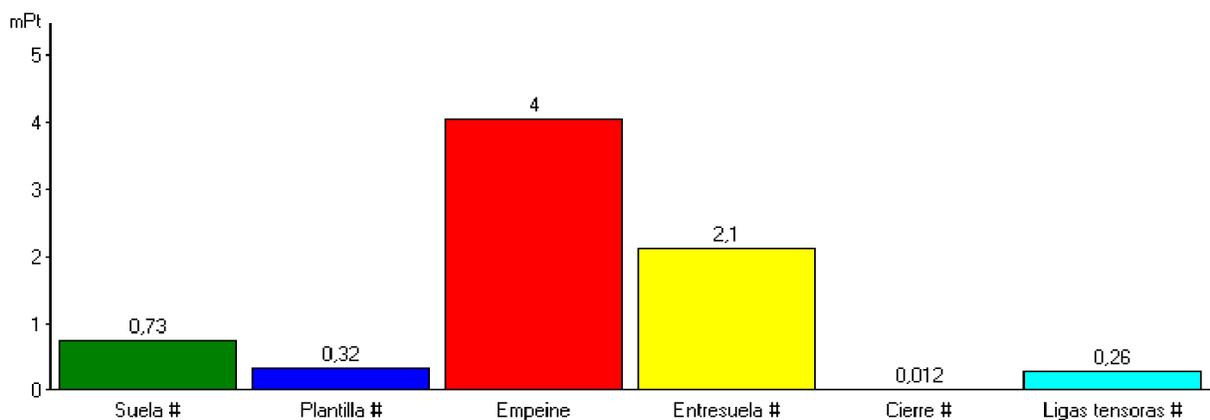
En el análisis de producción por pieza, la pieza que más genera cargas ambientales es la entresuela con 197 m Pt., seguidamente la suela con 80 m Pt, las ligas

tensoras con 23 m Pt, la plantilla con 24 m Pt, el cierre con 1,1 m Pt, mientras que el empeine es el que menos genera cargas ambientales en su producción con 0,019 Pt. (Gráficos 16 y 17). La fase de uso no genera una gran carga ambiental debido a que sólo se tomó en cuenta la generación de aguas residuales por mantenimiento, el cual no estaba disponible en la versión *Demo del Software*.



Producción: Producto 343 mPt, Método: ReCiPe

**GRÁFICO 16.** Resultados producción del Ecodiseño del Calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.



Eliminación: Producto 7,5 mPt, Método: ReCiPe. #: Uno o más valores de indicador para eliminación son desconocidos.

**GRÁFICO 17.** Resultados eliminación/fin de vida de las piezas del calzado deportivo. Fuente: Elaboración propia.

Por último, en la fase de fin de vida o eliminación por piezas (Gráfico 17), el empeine es la pieza que genera más cargas ambientales con 4 m Pt., debido a que está elaborada con materiales biodegradables y se estima que va a ir destinado a vertederos una vez que ya se haya vencido su vida útil. La entresuela es la segunda con más cargas ambientales con 2,1 m Pt, la suela con 0,73 m Pt, la plantilla con 0,32 m Pt y las ligas tensoras 0,26 m Pt, sin embargo, estas piezas pueden volver a ser mecanizadas para el reciclaje, así como el cierre que obtuvo una puntuación de 0,012 m Pt.

#### 4.11.4. Interpretación de los resultados

Como se puede observar, el resultado total de la propuesta en punto Eco-indicador es de 350 mPt, mientras que la carga de un modelo convencional de calzado deportivo es de 4.270 mPt de acuerdo con INESCOP 2020. Lo que quiere decir que *la propuesta del ecodiseño de calzado deportivo presenta leve impacto ambiental*, ya que mientras más milipuntos por encima de cero, más cargas ambientales.

#### 4.11.5. Consideraciones de Mercado

Versatilidad sin límites, la estrategia de comercialización y venta del producto se basa en el uso de una plataforma en línea que permite la visualización de un modelo 3D del calzado. A través de esta plataforma, los usuarios tienen la posibilidad de personalizar a su gusto cada uno de los componentes, estableciendo así una conexión emocional con el producto. El enfoque se centra en ofrecer a los usuarios no sólo un producto, sino una experiencia única y una historia que les permita identificarse con el calzado. Los kits de calzado incluyen dos piezas de repuesto, un par de ligas tensoras y un par adicional de suelas (Figura 47).

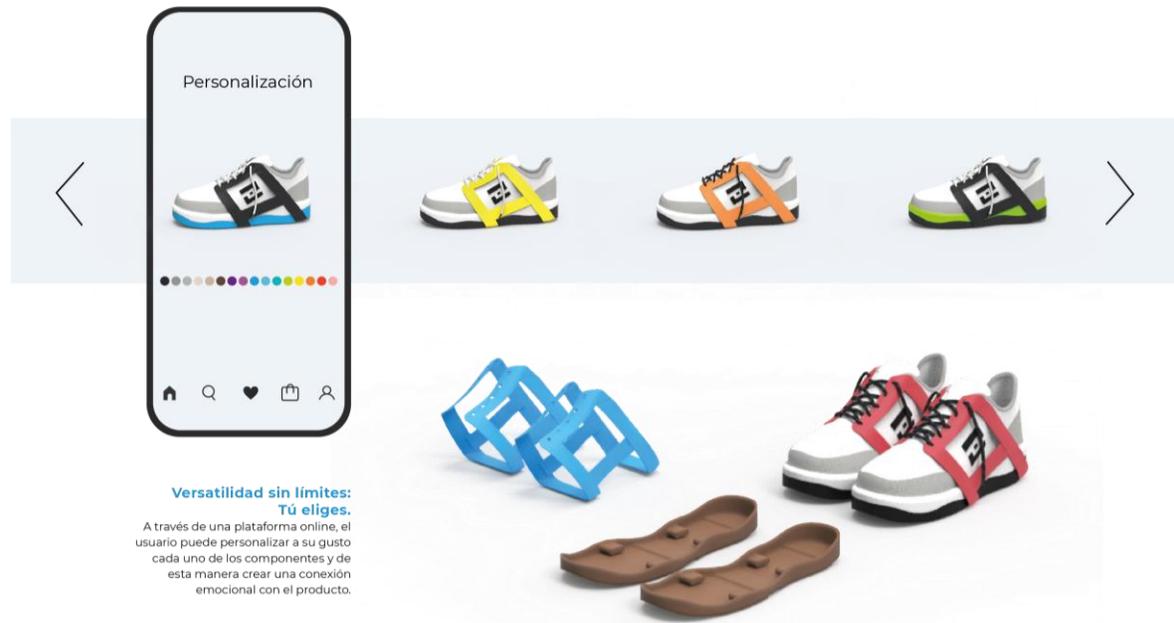


FIGURA 47. Estrategia de venta. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.11.6. Presentación visual del calzado

Las figuras 48, 49, 50, 51 y 52, exponen resumidamente la concreción del presente proyecto de Diseño Industrial con su afiche promocional de marketing y las principales características versátiles, ecológicas, ergonómicas, uniones y definición de impactos ambientales del calzado Sunflower, calzado Lifestyle donde se han implementado los más importantes criterios técnicos del Ecodiseño interrelacionados con los principios de la sostenibilidad.



FIGURA 48. Afiche promocional. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 49. Características del calzado Sunflower. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 50. Ergonomía del calzado Sunflower. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 51. Sistema de uniones del calzado Sunflower. Fuente: Elaboración propia.



**FIGURA 52.** Elementos clave en relación al impacto ambiental del calzado Sunflower.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Ecodiseño del sistema de calzado unisex Sunflower, permite a los usuarios adaptarlo tanto en situaciones deportivas como para su día a día convirtiéndolo en un calzado multifuncional. Gracias a su sistema de uniones ofrece la posibilidad de personalización para las ligas tensoras, la suela, la entresuela y los cordones, que aporta como beneficio el reemplazo de piezas una vez desgastadas disminuyendo la generación de residuos y alargando su ciclo de vida.

Por otra parte, el diseño de la celosía en la entre suela proporciona una correcta amortiguación y resistencia al impacto, así como sus consideraciones ergonómicas que pueden prevenir deformaciones futuras del pie. Sumado a ello, la personalización permite crear una conexión emocional con el usuario y promueve la empatía con el medio ambiente.

El desarrollo de este proyecto, se ejecutó en base a un enfoque de Ecodiseño, el cual contribuyó a guiar el proceso de recopilación e interpretación de información, conocer las necesidades de los usuarios y fabricantes; y por medio de los antecedentes de investigación establecer los atributos más innovadores del producto.

La implementación de la metodología permitió abordar de forma innovadora las necesidades de los usuarios para la generación de las alternativas propuestas y la selección del producto final.

En el desarrollo de este calzado se logró demostrar, por medio del Análisis de Ciclo de Vida, que es un producto de bajo impacto ambiental, representando menos cargas ambientales en comparación con calzado normal comercial, dado que proporciona alternativas de uso y mantenimiento que aumentan su vida útil; promueve el cambio en el comportamiento de los consumidores hacia uno más ecológico; contribuye a la disminución de residuos implementando materiales de origen reciclado y biodegradables; y además ofrece un modelo de negocios basado en el reciclaje.

## 6. AGRADECIMIENTO

Al Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. María Auxiliadora Vega, profesores de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, tutores de alto reconocimiento académico y fraternos guías académicos que me permitieron alcanzar el éxito de los objetivos trazados en el presente trabajo.

### 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPUZ, S., T. GÓMEZ, J. VIVANCOS, R. VIÑOLES, P. FERRER y R. LÓPEZ.** 2002. *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia España.
- CONTRERAS MIRANDA, W., M.E. OWEN de C., V. CLOQUELL BALLESTER y A. SEGUNDO CONTRERAS.** 2012. *La rueda de la sostenibilidad Coclowen, una referencia sistémica e integradora para alcanzar productos industriales respetuosos con el medio ambiente*. XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Valencia, España.
- COTTON INCORPORATED.** 2022. Algodón reciclado. En línea: <https://www.cottonworks.com/es/temas/sustentabilidad/sustentabilidad-algodon/algodon-reciclado/>. [Consultado: 22/01/2023].
- ELECTRÓNICA EDIMAR.** (s.f.). Fabricación aditiva: Definición, procesos y beneficios. En línea: <https://edimar.com/fabricacion-aditiva-que-es/> [Consultado: 25/02/2023].
- HIJOSA, C.** (s/f). Ananas Anam: the pioneers of innovative natural textiles from waste pineapple leaves. <https://www.ananas-anam.com/about-us/>.
- INESCOP.** 2020. Ecodiseño para el sector del calzado. Redacción y edición: Instituto Tecnológico del Calzado y Conexas INESCOP 56p. En línea: <http://www.inescop.es>. [Consultado: 19/03/2023].
- KRISTIANSEN, J.** (s.f). Lanzamiento Textiles. Jonny Kristiansen: Monocel. En línea: <https://www.launch.org/innovators/jonny-kristiansen/> [Consultado: 05/03/2023].
- LACRUZ, R.** 2002. *El Método ASCABED*. Escuela de Diseño Industrial, Universidad de Los Andes. Sesión 2, lámina 7. Venezuela, Mérida.
- LIFE GREEN SHOES 4 ALL.** 2020. Guía de ecodiseño para la industria del calzado. LIFE17 ENV/PT/000337 27p. En línea: [www.greenshoes4all.eu](http://www.greenshoes4all.eu). [Consultado: 21/04/2023].
- MCCANN, M.** (s.f.). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Cuero, pieles y calzado. En línea: <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+88.+Cuero,+pieles+y+calzado>. [Consultado: 17/02/2023].
- NORMA UNE 150301.** 2003. Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo de productos. AENOR. En línea: <https://www.une.org/norma150301>. [Consultado: 23/02/2023].
- PACHECO-BLANCO, B., D. COLLADO-RUIZ y S. CAPUZ-RIZO.** 2015. Identificación de etapas y materiales de mayor impacto en el ciclo de vida del calzado. DYNA, 82(189), 134-141. En línea: <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n189.42575>. [Consultado: 10/03/2023].

- REY, P.** 2021. Cábano: conoce todas las bondades de este maravilloso textil natural. En línea: <https://www.vogue.mx/sustentabilidad/articulo/canamo-propiedades-y-beneficios-sustentables-de-esta-fibra-vegetal> [Consultado: 17/02/2023].
- RODRÍGUEZ, G.** 1995. *Manual de diseño industrial*. Ediciones G. Gilli. Naucalpan, México. 163 p.
- RODRÍGUEZ, J. y P. GARCÍA.** 2018. Las matemáticas del arte. Más allá del número de oro. Colección de Miradas Matemáticas. Comité editorial. En línea: [https://www.icmat.es/divulgacion/Material\\_Divulgacion/miradas\\_matematicas/04.pdf](https://www.icmat.es/divulgacion/Material_Divulgacion/miradas_matematicas/04.pdf). [Consultado: 13/3/2023].
- SENSIL.** 2023. Now made in USA: Sensil® Ecocare recycled premium nylon 6.6. En línea: <https://www.nilit.com/now-made-in-usa-sensil-ecocare-recycled-premium-nylon-6-6/>. [Consultado: 22/01/2023].
- STRACUZZY, P. y M. PESTANA.** 2017. *Metodología de Investigación Cuantitativa*. 4ta Edición. Editorial: FEDUPEL. Caracas, Venezuela.
- TAMAYO, M.** 2003. *El proceso de la investigación científica*. Editorial Limusa. S.A. de C.V. Cuarta edición. Grupo Noriega, Editores Balderas 95. México D.F., México.
- TECOM** (s.f). Máquina electro-neumática de moldear puntas de kiowa. En línea: <https://tecommaquinaria.com/moldeado-corte/259-moldear-puntas.html>. [Consultado: 12/04/2023].
- TEEFACTORY** (s.f.). Pet reciclado. En línea: <https://teefactory.es/sostenibilidad/poliester-reciclado>. [Consultado: 21/01/2023].
- TENCEL™.** 2021. Acerca de las fibras TENCEL™. New York, USA.
- TERRANO** (s.f.). Líneas de producción. En línea: <https://calzadoterrano.com/lineas-de-produccion/> [Consultado: 29/03/2023].
- URLICH, K. Y S. EPPINGER.** 2012. *Diseño y Desarrollo de Productos*. Editorial McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. Quinta Edición, México D.F. México.
- VEGA BARÓN, M. A.** 2016. *La propiedad industrial como herramienta para le diseño de productos*. Universitat de Catalunya. Barcelona, España. 504 p.