

Herramienta para corte de sellos de seguridad de botellas plásticas en el proceso de reciclaje, diseño y construcción.

Angie Julieth Jerez Rojas, Sharon Michell Rangel Jaimes

Trabajo de grado para optar el título de Diseñadoras industriales

Director: Luis Alberto Laguado Villamizar  
Diseñador Industrial. Mg Ingeniería de Materiales

Universidad Industrial de Santander  
Facultad ingenierías físico-mecánicas  
Escuela de Diseño Industrial  
Programa de Diseño Industrial  
Bucaramanga

2023

**Dedicatoria**

A Dios por darnos sabiduría, conocimiento y habilidades para poder llegar a esta meta en nuestra vida.

A nuestros profesores por habernos brindado su conocimiento y apoyarnos en cada etapa del proceso de la carrera, corrigiendo nuestros errores y brindándonos su tiempo y dedicación.

A nuestros compañeros de estudio que estuvieron durante todo nuestro proceso formativo apoyando y dándonos los mejores consejos para continuar con nuestro camino.

A nuestras familias que siempre nos apoyaron a seguir adelante, animándonos a continuar y cumplir cada una de nuestras metas.

## **Agradecimientos**

A la Universidad Industrial de Santander por permitirnos lograr esta meta y recibir nuestro título de tan prestigiosa institución.

A nuestro director de proyecto de grado que nos brindó lo mejor de sus conocimientos y nos apoyó en cada etapa del desarrollo del trabajo y nos brindó su acompañamiento como sus consejos y mejoras para lograr este proceso.

A cada uno de los profesores que nos acompañaron en el proceso a lo largo de la carrera como sus consejos y conocimientos que nos brindaron.

A nuestra familia por el apoyo y ayuda incondicional.

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Descripción del problema.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2 Pregunta de diseño .....</b>	<b>16</b>
<b>2. Justificación.....</b>	<b>16</b>
<b>3. Identificación del proyecto .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 Objetivos.....</b>	<b>18</b>
3.1.1 <i>Objetivo general:</i> .....	18
3.1.2 <i>Objetivos específicos:</i> .....	19
<b>3.2 Marco teórico.....</b>	<b>19</b>
3.2.1 <i>El reciclaje</i> .....	19
3.2.2 <i>Procesos de estudio</i> .....	20
3.2.3 <i>Patrones funcionales de la mano</i> .....	21
<b>3.3 Materiales poliméricos reciclables.....</b>	<b>21</b>
3.3.2 <i>Tereftalato de polietileno</i> .....	22
3.3.3 <i>Polietileno de alta densidad (HDPE)</i> .....	23
<b>3.4 Materiales para construcción de herramientas de corte .....</b>	<b>24</b>
3.4.1 <i>Características de los materiales</i> .....	24
3.4.2 <i>Clasificación de materiales para corte</i> .....	25
3.4.2.1 <i>Aceros al carbono</i> .....	25
3.4.2.2 <i>Cerámicos</i> .....	25
3.4.2.3 <i>Diamante policristalino (PCD)</i> .....	26
<b>3.5 Criterios ergonómicos para herramientas manuales .....</b>	<b>26</b>
3.5.1 <i>Medidas antropométricas de la mano</i> .....	27
3.5.2 <i>Movimiento mano-muñeca</i> .....	28
3.5.3 <i>Análisis de presiones ejercidas por la mano</i> .....	29
<b>4. Metodología desing thinking .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Empatizar .....</b>	<b>31</b>
4.1.1 <i>Lista de deseos</i> .....	32

<b>4.2 Definir</b> .....	<b>33</b>
4.2.1 <i>Mapa de empatía</i> .....	33
4.2.2 <i>Método de pesos ponderados</i> .....	34
<b>4.3 Idear</b> .....	<b>35</b>
4.3.1 <i>Mapa de experiencia del cliente</i> .....	35
<b>4.4 Prototipar</b> .....	<b>36</b>
4.4.1 <i>Modelado en 3D</i> .....	36
4.4.2 <i>Proceso analítico jerárquico</i> .....	39
4.4.2.1 <i>Matriz de comparación de criterios</i> .....	39
4.4.2.2 <i>Matriz comparación de criterios con las alternativas propuestas</i> .....	41
4.4.3 <i>Análisis de acceso al sello de seguridad en la botella</i> .....	45
4.4.4 <i>Análisis de alternativas de mangos para la herramienta de corte</i> .....	46
4.4.4.1 <i>Análisis de criterios para el mango de la herramienta de corte</i> .....	49
4.4.5 <i>Análisis de esfuerzos a los que se somete el sello de seguridad por corte</i> ...	51
4.4.6 <i>Análisis de esfuerzos a los que se somete la cuchilla de la herramienta</i> .....	54
4.4.7 <i>Prototipos de prueba</i> .....	56
<b>4.5 Validar</b> .....	<b>58</b>
4.5.2 <i>Pruebas de usabilidad</i> .....	58
4.5.2.1 <i>Objetivos de la prueba</i> .....	58
4.5.2.2 <i>Variables</i> .....	58
4.5.2.3 <i>Elementos utilizados en la prueba</i> .....	59
4.5.2.4 <i>Procedimiento</i> .....	59
4.5.2.5 <i>Resultados de la prueba</i> .....	61
4.5.2.6 <i>Conclusiones de la prueba</i> .....	67
4.5.2.7 <i>Herramienta final de corte para sellos de seguridad</i> .....	67
<b>5 Conclusiones</b> .....	<b>69</b>
<b>6 Recomendaciones</b> .....	<b>70</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>71</b>

**Lista de tablas**

Tabla 1 <i>Propiedades del PET</i> .....	23
Tabla 2 <i>Propiedades de HDPE</i> .....	24
Tabla 3 <i>Propiedades físicas y mecánicas del Acero al Carbono</i> .....	25
Tabla 4 <i>Propiedades físicas y mecánicas del diamante policristalino</i> .....	26
Tabla 5 <i>Medidas antropométricas de la mano trabajadores industriales</i> .....	27
Tabla 6 <i>Lista de deseos del usuario</i> .....	32
Tabla 7 <i>Selección de ideas generadas para el desarrollo de la solución</i> .....	34
Tabla 8 <i>Matriz de comparación de criterios</i> .....	40
Tabla 9 <i>Ponderación de resultados de criterios evaluados</i> .....	40
Tabla 10 <i>Escala fundamental de comparación</i> .....	42
Tabla 11 <i>Evaluación del criterio 1 (dimensiones) con respecto a las alternativas</i> .....	42
Tabla 12 <i>Evaluación del criterio 2 (resistencia) con respecto a las alternativas</i> .....	43
Tabla 13 <i>Evaluación del criterio 3 (seguridad) con respecto a las alternativas</i> .....	43
Tabla 14 <i>Evaluación del criterio 4 (ergonomía) con respecto a las alternativas</i> .....	44
Tabla 15 <i>Evaluación del criterio 5 (lenguaje) con respecto a las alternativas</i> .....	44
Tabla 16 <i>Resultados de las evaluaciones de criterios con las alternativas propuestas</i> .45	
Tabla 17 <i>Evaluación de criterios con las alternativas propuestas</i> .....	50
Tabla 18 <i>Propiedades del PLA (ácido poliláctico)</i> .....	50
Tabla 19 <i>Resultados obtenidos del análisis estático sello de seguridad</i> .....	53
Tabla 20 <i>Resultados obtenidos del análisis estático cuchilla de corte</i> .....	56

## Lista de figuras

Figura 1 <i>Tapa de bebidas en botella plástica</i> .....	15
Figura 2 <i>Usuarios realizando el proceso de separación de materiales</i> .....	17
Figura 3 <i>Arcos que forma la mano al ejercer agarre</i> .....	21
Figura 4 <i>Códigos de identificación SPI de Polímeros termoplásticos reciclables</i> .....	22
Figura 5 <i>Movimientos de la muñeca</i> .....	28
Figura 6 <i>Presiones ejercidas por la mano</i> .....	29
Figura 7 <i>Tipos de agarre que puede generar la mano humana</i> .....	29
Figura 8 <i>Etapas del design Thinking</i> .....	31
Figura 9 <i>Mapa de empatía del usuario de la herramienta de corte</i> .....	33
Figura 10 <i>Modelado 1: Herramienta con accionamiento manual para perforar</i> .....	36
Figura 11 <i>Modelado 2: Herramienta de corte de sello por presión entre cuchillas</i> .....	37
Figura 12 <i>Modelado 3: Herramienta de gancho con cuchillas extremas para corte</i> .....	37
Figura 13 <i>Modelado 4: Herramienta punta con rosca y cuchilla</i> .....	38
Figura 14 <i>Modelado 5: Herramienta de corte con punta de cuchilla curva</i> .....	38
Figura 15 <i>Grafica resultados ponderación de criterios a evaluar</i> .....	41
Figura 16 <i>Acceso de herramienta al sello para corte</i> .....	45
Figura 17 <i>Alternativa 1: Mango para herramienta con doble sección</i> .....	46
Figura 18 <i>Alternativa 2: Mango para herramienta con forma cilíndrica variante de dimensiones</i> .....	47
Figura 19 <i>Alternativa 3: Mango para herramienta para trabajo de precisión</i> .....	47
Figura 20 <i>Alternativa 4: Mango para herramienta con forma cilíndrica con único diámetro</i> .....	48

Figura 21 <i>Diagrama de cuerpo libre de las cargas en el sello de seguridad</i> .....	51
Figura 22 <i>Análisis de deformación, tensión y desplazamiento del sello de seguridad</i> ...	52
Figura 23 <i>Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla de corte</i> .....	54
Figura 24 <i>Análisis de deformación, tensión y desplazamiento de la cuchilla de la herramienta de corte</i> .....	54
Figura 25 <i>Prototipo de prueba: Prototipo de herramienta punta con curvatura</i> .....	56
Figura 26 <i>Proceso de construcción de los prototipos de prueba</i> .....	57
Figura 27 <i>Pruebas en el contexto real con prototipo</i> .....	60
Figura 28 <i>Gráfica resultados de la pregunta 1 de la prueba</i> .....	61
Figura 29 <i>Gráfica resultados de la pregunta 2 de la prueba</i> .....	61
Figura 30 <i>Gráfica resultados de la pregunta 3 de la prueba</i> .....	62
Figura 31 <i>Gráfica resultados de la pregunta 4 de la prueba</i> .....	62
Figura 32 <i>Gráfica resultados de la pregunta 5 de la prueba</i> .....	63
Figura 33 <i>Gráfica resultados de la pregunta 6 de la prueba</i> .....	63
Figura 34 <i>Gráfica resultados de la pregunta 7 de la prueba</i> .....	64
Figura 35 <i>Gráfica resultados de la pregunta 8 de la prueba</i> .....	64
Figura 36 <i>Gráfica resultados de la pregunta 9 de la prueba</i> .....	65
Figura 37 <i>Gráfica resultados de la pregunta 10 de la prueba</i> .....	65
Figura 38 <i>Movimiento ejercido por el operario al usar la herramienta</i> .....	66
Figura 39 <i>Diseño final herramienta de corte</i> .....	67

## **Lista de Apéndices**

Apéndice A: <i>Mapa de experiencia del cliente</i> .....	36
Apéndice B: <i>Encuesta usabilidad</i> .....	59
Apéndice C: <i>Planos técnicos herramienta de corte</i> .....	67

## Resumen

**Título:** Herramienta para corte de sellos de seguridad de botellas plásticas en el proceso de reciclaje. Diseño y construcción

**Autores:** Angie Julieth Jerez Rojas  
Sharon Michell Rangel Jaimes

**Descripción:** La propuesta que se presenta en este documento es una herramienta que permite realizar el proceso de separación de materiales para ser reciclados y darles mejor aprovechamiento, por lo cual se debe hacer una correcta separación de cada uno de ellos. En los hogares también es realizado el proceso de reciclaje por separación en la fuente que consiste en separar los desechos de distinto material en recipientes diferentes y lograr prolongar su vida útil en su destino final. En el año 2021 en el mes de septiembre la empresa Bello Renacer recuperó 14,41 toneladas de plástico entre las que se encuentran las botellas plásticas, estos empaques son fabricadas en distintos materiales la tapa como el sello de seguridad están fabricadas en polietileno de alta densidad (PEAD), la estructura del cuerpo en polietileno tereftalato (PET) y la etiqueta en polipropileno (PP) estos materiales difieren en el punto de fusión y para poder realizar un aprovechamiento adecuado de materiales se deben separar completamente y así evitar que las diferencias de los puntos de fusión en caso de intervenciones térmicas no afecten la efectividad del proceso. En la etapa de separación y retirado del sello de seguridad del cuello de la botella es donde el proceso tiene retrasos y dificultades. El sello brinda seguridad a la tapa para que no pueda abrirse siendo un problema que afecta el proceso de reciclaje en tiempo y trabajo. En el momento la tarea de separación se realiza de forma manual con utensilios como cuchillo o bisturí que se maneja de manera insegura para lograr retirar el sello. Por medio de la aplicación de la metodología del Design Thinking se propone diseñar y construir una herramienta que permita a los operarios realizar el corte y retirado del sello de seguridad de manera eficaz y eficiente sin ningún tipo de riesgo físico.

**Palabras clave:** Reciclaje, seguridad, materiales, sello, herramienta de corte

### **Abstract**

**Title:** Cutting tool for seal quality of plastic bottles in the process of recycling. Designing and constructing.

**Autors:** Angie Julieth Jerez Rojas

Sharon Michell Rangel Jaimes

**Description:** The purpose of this document is a cutting tool that allows to do the process of separation of materials to be recycled and give them the best use. Therefore, it is necessary to do a correct separation of each material. At home is made a recycling process for source of separation which consist in separation of waste of each material in different places and achieve a long utility life of the material. During September of 2021, the company Bello Renacer recovered 14,41 tonnes of plastic. In this amount was found bottles of plastic with seal quality. Plastic bottles are made by high dense of polyethylene (PEAD), the structure of the plastic bottle is made by Mylar (PET) and the label of it is made by polypropylene (PP). These different materials have different melting points. Giving the appropriate use for each material of the bottle of plastic, it is necessary to separate the materials of the bottle of plastic to avoid that different melting points affect and thermal intervention of the process effectiveness of each material. An inconvenience to separate the seal quality from the neck of the bottle, and the label start at the first level of separation. The seal gives security of the lid to avoid the bottles get opened. These seals affect the time process of recycling. The work of cutting the seal quality off is being by hand with regular tools for example knife or scalpel which are not safe to use. Through the application of the “Design Thinking” methodology that is looking forward to design and construct an appropriate tool that allows to cut the seal quality off in a perfect, safe, and efficient way without hazards.

**Key Words:** Recycling, Safety, Materials, Seal quality, and Cutting tool.

## Introducción

Desde 1950, se han producido más de 8000 millones de toneladas de plástico de todo tipo en el mundo, según la investigación publicada por Elisa Nieto y Tania Martínez en el 2017 estiman que cada año entran al océano entre seis a ocho millones de toneladas de basura en la que los plásticos representan más del 80%, lo que es el mayor porcentaje, por esto concluyen que el problema radica en el enfoque del ciclo de vida que se les dan a estos productos plásticos (Nieto & Matínez, 2017).

En este proyecto se plasma todo el proceso de diseño y construcción de un prototipo de herramienta de corte para sellos de seguridad de las botellas plásticas que se realiza en el proceso de reciclaje. Estos procesos son realizados con herramientas convencionales que a lo largo del tiempo han producido accidentes como heridas en los operarios y personas que realizan esta actividad, esta herramienta facilita el retirado del sello y brinda la seguridad necesaria para este proceso.

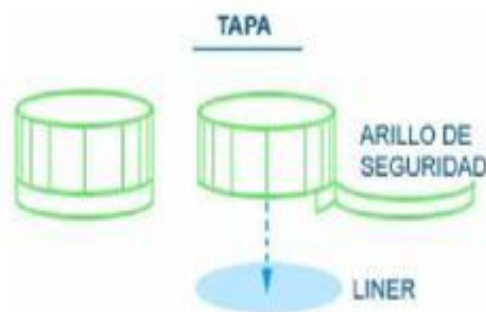
Este proceso se lleva a cabo con la metodología de design thinking en donde en cada fase se garantiza el proceso con el usuario para identificar sus verdaderas necesidades: la primera etapa empatizar con el usuario. En la segunda etapa definir los posibles problemas. En la tercera etapa se idean soluciones. En la cuarta etapa se prototipa y define características de la herramienta. En la última fase se realizan las respectivas pruebas de aceptación. De este proceso se espera que el diseño de la herramienta cumpla con los requerimientos planteados y garantice la tarea de separación de materiales de la botella plástica sin afectar la salud física de los operarios y las personas que realizan la separación en la fuente.

## 1. Planteamiento del problema

### 1.1 Descripción del problema

Una de las etapas más importantes en el proceso del reciclaje es la clasificación de los distintos materiales. Un claro ejemplo es el caso de las botellas plásticas, estas se encuentran fabricadas de dos tipos de materiales: PEAD en tapa y sello de seguridad y PET en el cuerpo de la botella. En el reciclado se deben separar estos dos materiales para su aprovechamiento. Ellas cuentan con un sistema de sello de seguridad que queda en el cuello de la botella al momento de ser destapada, y es importante retirar para generar la reutilización de estos materiales, la no correcta separación puede acarrear problemas en el desarrollo de futuros productos. Este proceso trae retrasos y algunos accidentes ya que no existen herramientas para llevarlo a cabo de manera correcta y segura (González, 2012).

**Figura 1** Tapa de bebidas en botella plástica



*Nota:* Adaptada de Tecnología de plásticos 12 de diciembre del 2012.

La importancia de la separación radica en que, si existieran otros materiales presentes, estos podrían perjudicar el proceso de reciclaje o directamente empeorar la calidad del producto final, es decir si existen diferentes materiales o tipos de plásticos inmiscibles

juntos, las unas crearán fases dentro de las otras o finalmente durante los procesos posteriores puede existir una degradación o quemado de alguno de los materiales (González, 2012).

El problema de diseño es que los operarios de las plantas de reciclaje son los encargados de realizar el proceso de separación de los materiales de las botellas plásticas los cuales son: los sellos de seguridad y las etiquetas, este proceso lo realizan con herramientas como bisturíes o cuchillos lo que les ha causado accidentes recurrentes e incapacidades para continuar el trabajo.

## **1.2 Pregunta de diseño**

¿Cómo puede el usuario realizar la separación de materiales para reciclar botellas plásticas adecuadamente, minimizando los riesgos causados por el corte en la separación manual con herramientas no diseñadas para este proceso?

## **2. Justificación**

Teniendo en cuenta que la producción en Colombia es de 12 millones de residuos en los que se encuentran las botellas plásticas y de las cuales solo a un porcentaje se le realiza el proceso de reciclaje (Portafolio, 2018). Estas botellas están fabricadas de dos tipos diferentes de polímeros que durante el proceso de reciclaje deben estar debidamente separados para que se logre con efectividad su aprovechamiento. Este proceso es realizado en las cooperativas de reciclaje y se realiza de forma manual lo cual es desgastante y retrasa el proceso de separación.

Una de las partes que lleva más trabajo es el retirado del sello de seguridad de la tapa que queda en el cuello de la botella que no están diseñados para salir de forma sencilla y este requiere de métodos o herramientas que puedan retirarlo reduciendo el tiempo y desgaste de los operarios.

**Figura 2** *Usuarios realizando el proceso de separación de materiales*



En Colombia hay distintas normativas de protección y seguridad en el trabajo como la 1562 de 2012 que se deben tener en cuenta en los centros de reciclaje. Un estudio realizado establece que al ser empresas y labores que no son claramente establecidas han venido aumentando los riesgos de accidentes laborales a lo largo del tiempo. Actualmente se encuentran realizando estudios y gestiones que mejoren la seguridad de las personas que realizan las actividades en todos los procesos del reciclaje. Es importante destacar los riesgos a los que se encuentran expuestas las personas en este trabajo (Pozo, 2019).

- Lesiones menores o mayores, heridas, cortes, punzamiento, aplastamiento: por manipulación de material como metal, vidrio, madera y objetos cortantes y

punzantes. Por utilización de estilete y cuchillos en el proceso de preparación de materiales. Por circulación en piso irregular y resbaladizo. Por utilización de compactadoras averiadas, sin mantenimiento preventivo, sin mecanismos intrínsecos de seguridad o por falta de adiestramiento para su operación.

- Lesiones graves o muerte: por atropellamiento, aplastamiento, golpes contra objetos en movimiento, circulación vehicular, maquinaria pesada, caída a distinto nivel o derrumbamiento de materiales en el trabajo de acopio, recuperación, recolección y transporte.
- Lesiones o muerte por exposición a delincuencia o violencia común o por competencia al recuperar el material. Golpes o accidentes por caídas al movilizar cargas voluminosas que dificultan la visibilidad (Pozo, 2019).

En este proyecto se busca disminuir la causa de accidentes por uso de herramientas manuales indebidas para el proceso de separación de los materiales, brindando una herramienta que pueda desarrollar esta tarea sin crear un riesgo al operario y que realice el proceso de retirado del sello de seguridad adecuadamente.

### **3. Identificación del proyecto**

#### **3.1 Objetivos**

##### **3.1.1 Objetivo general:**

Diseñar y construir una herramienta manual para corte de sellos de seguridad en el proceso de reciclaje de botellas plásticas mediante la utilización de la metodología de design thinking.

### **3.1.2 Objetivos específicos:**

- Diseñar la herramienta de corte por medio de la bocetación, modelado y planos técnicos para dar cumplimiento a los requerimientos antes establecidos con el usuario.
- Seleccionar los procesos y materiales para la construcción del prototipo de la herramienta de corte finalmente propuesta.
- Comprobar el funcionamiento de la herramienta de corte por medio de las pruebas de usabilidad.

## **3.2 Marco teórico**

### **3.2.1 El reciclaje**

Según El Departamento Nacional de Planeación y el Banco Mundial (2015) el 83% de los residuos sólidos domiciliarios que se generan van a los rellenos sanitarios y solo el 17% es recuperado por recicladores para su reincorporación al ciclo productivo, este estudio aseguró que si se continua con la misma dinámica de generación de residuos, sin adecuadas medidas para su aprovechamiento o tratamiento, y con patrones de producción y consumo insostenibles, en el año 2030 Colombia tendrá emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades del país y una alta generación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (COLOMBIA, 2019).

La sociedad de industrias de plástico (SPI) estipula que los distintos plásticos deben ser marcados con su respectiva categoría, esto ayuda para que al momento de realizar el reciclaje se pueda determinar el tipo de plástico de cada uno (MAPRES, 2021). En este caso de estudio las botellas plásticas de material (1) PET en el cuerpo y (2) PEAD en las

tapas y sellos, esos dos materiales deben ser separados para ser llevados cada uno a culminar su proceso de reciclaje teniendo en cuenta que estos dos materiales tienen propiedades diferentes lo cual hace que sea necesaria la separación. En la ciudad de Bucaramanga el proceso de reciclaje se realiza de forma mecánica y la separación de estos materiales de forma manual por lo que aumenta el trabajo y esfuerzo de los operarios, al tener que retirar el sello bien sea con la fuerza de los dedos o con una herramienta de corte manual como el cuchillo o el bisturí que representan un peligro en este proceso; Por ello se realiza este estudio para lograr así dar solución a un problema al que se enfrentan las cooperativas de reciclaje como es el retiro del sello de seguridad de las botellas plásticas.

### **3.2.2 Procesos de estudio**

- Separación de materiales no aptos por su tipología:

Se separan aquellas materias plásticas diferentes a las que en el momento de consumo correspondan a una cualidad en proceso, etiquetas, materias férricas, tierras...etc. Con este proceso se garantiza un producto final adecuado debido a que no se encuentran materiales diferentes mezclados entre sí, se aumenta las capacidades productivas, se evita una producción ineficiente, y sirve para llevar un control sobre la materia prima suministrada por nuestras fuentes de aprovisionamiento.

- Segregación de colores del plástico:

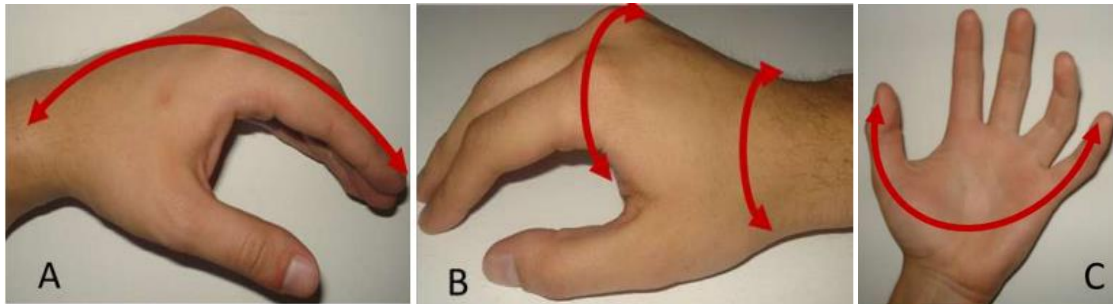
Gracias a esta fase se consigue un menor consumo de colorantes, lo que da un beneficio mayor tanto económico como medioambiental, así como una mayor variedad en los productos terminados ofreciendo diferentes gamas de colores (norte, 2022).

### 3.2.3 Patrones funcionales de la mano

Para la fabricación de herramientas se debe tener en cuenta la biomecánica de la mano, especialmente para la prevención de problemas y enfermedades por el uso o fabricación inadecuada de las herramientas manuales. La mano debe adaptarse a la forma del objeto a la hora de agarrarlo, esta tiene una movilidad adecuada que se tiene en cuenta al momento del manejo de herramientas.

Cuando se requiere que la mano ejerza un agarre se ahueca y forma arcos en tres direcciones: sentido transversal, sentido longitudinal y sentido oblicuo.

**Figura 3** Arcos que forma la mano al ejercer agarre






Nota: En esta figura se muestran los tipos de arco que se pueden realizar con la mano al momento de ejercer un agarre, tenemos como A- arco longitudinal, B- arco transversal y C- arco oblicuo. Tomada de Biomecánica y patrones funcionales de la mano (López, 2012)

### 3.3 Materiales poliméricos reciclables

La existencia de una gran diversidad de materiales plásticos y de sus posibilidades de reciclaje motivó la creación de unos códigos de identificación. Para lograr dicha clasificación, se emplea un triángulo con tres flechas sucesivas rodeando un número del 1 al 7, conocido como triángulo de Möbius, símbolo universal del reciclaje, simboliza e

identifica el material con el que está elaborado el envase así como la posibilidad de ser reciclado para nuevos productos (SPG, s.f.)

**Figura 4** Códigos de identificación SPI de Polímeros termoplásticos reciclables.

<i>Símbolo</i>	<i>Material</i>	<i>Usos comunes</i>
	Tereftalato de polietileno (PET)	Botellas de refresco Fibras de tapetes
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Botellas de leche Botellas de shampoo Bolsas de plástico Vasos de plástico duro Botellas deportivas
	Cloruro de polivinilo (PVD)	Botellas de aceite Tuberías Moldes
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Bolsas para abarrotes de plástico Papel envolvente Maderas plásticas
	Polipropileno (PP)	Popotes para beber Tapas de botellas Muebles de plástico
	Poliestireno (PS)	Empaques Vasos para bebidas Empaques para carnes

Nota: la imagen representa los códigos que deben estar presentes en los productos fabricados de polímeros dependiendo del tipo de material de cada uno. Tomado de Ciencia de los materiales (Newell, 2011).

### **3.3.2 Tereftalato de polietileno**

El tereftalato de polietileno (PET) es uno de los plásticos más importantes utilizados en la vida cotidiana. Esta materia prima tiene aplicaciones comerciales que van desde los envases, los tejidos, las películas y la electrónica.

El PET es un polímero termoplástico que pertenece a la familia del poliéster. Es flexible, incoloro y se encuentra en estado semi-cristalino. Según el proceso aplicado en la producción, el producto final puede ser de semirrígido a duro. La resina de poliéster tiene excelentes propiedades, como la resistencia mecánica y química, y la estabilidad térmica y dimensional. Por ello, es una opción popular para los procesadores de plástico de todo el mundo.

A lo largo de los años, el PET se ha convertido en el primer polímero reciclable del mundo. El PET reciclado se convierte en fibra, láminas de embalaje y accesorios para automóviles con el símbolo «1» en el producto (SINTAC, 2022).

**Tabla 1** *Propiedades del PET*

Propiedades	Valores
Densidad	0,0700 - 2,50 g/cc
Dureza Rockwell R	80,0 - 96,0
Resistencia a la tracción	22,0 - 95,0 MPa
Alargamiento a la rotura	1,10 - 600 %
Módulo de elasticidad	1,57 - 5,20 GPa
Módulo de flexión	0,138 - 73,8 GPa

Nota: Adaptado de Matweb.com consultado el 15 de marzo del 2023.

### **3.3.3 Polietileno de alta densidad (HDPE)**

El Polietileno de alta densidad, es un polímero con estructura lineal y muy pocas ramificaciones. Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas. Es un polímero con densidad comprendida entre 0.941 – 0.954 gr/cm<sup>3</sup> es incoloro, inodoro, no tóxico y resistente tanto a esfuerzos como a agentes químicos. El polietileno

de alta densidad (HDPE) se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200.000 y 500.000, pero puede ser mayor. Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Es más duro, fuerte y un poco más pesado que el de baja densidad, pero es menos dúctil (Roca, 2005).

**Tabla 2** *Propiedades de HDPE*

Propiedades	Valores
Densidad	0,924 - 0,995 g/cc
Dureza Rockwell R	33,0 - 66,0
Resistencia a la tracción	7,60 - 43,0 MPa
Alargamiento a la rotura	3,20 - 2230 %
Módulo de elasticidad	0,565 - 1,50 GPa
Módulo de flexión	0,280 - 1,86 GPa

Nota: Adaptado de Matweb.com consultado el 15 de marzo del 2023.

### **3.4 Materiales para construcción de herramientas de corte**

Para el diseño y fabricación se deben tener en cuenta factores como las características de los materiales y el costo de los materiales según esto algunas características para tener en cuenta son las siguientes (Askeland & Wright, 2016).

#### **3.4.1 Características de los materiales**

- Capacidad para disipar calor
- Agudeza de filo obtenible
- Resistencia al desgaste y a la deformación plástica a la temperatura del corte
- Tenacidad
- Químicamente inerte con el material a mecanizar

- Resistencia a los choques térmicos
- Estabilidad química para resistir la oxidación y la corrosión

### 3.4.2 Clasificación de materiales para corte

Según la habilidad de corte y el costo algunos materiales para fabricación de herramientas son:

#### 3.4.2.1 Aceros al carbono.

Son aceros con contenidos porcentuales de C entre 0,7 y 1,2. Por medio del temple adquieren elevada dureza, pero su fragilidad y su baja resistencia al trabajo en caliente ha limitado su uso tras la aparición de otros materiales.

**Tabla 3** *Propiedades físicas y mecánicas del Acero al Carbono*

Propiedades	Valores
Densidad	7,75 - 7,89 g/cc
Dureza Rockwell C	9,00 - 71,0
Resistencia a la tracción	450 - 2730MPa
Alargamiento a la rotura	5,00 - 34,2 %
Módulo de elasticidad	187 - 213 GPa
Tenacidad a la fractura	80,9 - 143 MPa-m <sup>1/2</sup>
Resistencia a la fatiga	138 - 614MPa

Nota: Adaptado de Matweb.com consultado el 15 de marzo del 2023.

#### 3.4.2.2 Cerámicos.

Son materiales obtenidos por proceso de sinterizado a 1700oC de polvos de óxidos de aluminio o de nitruro de silicio entre 90 y 99%, y adiciones de otros óxidos como el óxido de Circonio, de Cromo, de Magnesio, de Hierro, etc. En estos materiales, la dureza del compuesto final supera la de sus componentes individuales.

### 3.4.2.3 Diamante policristalino (PCD).

Tiene dureza muy cercana a la del diamante natural monocristalino. Por ello tiene elevada resistencia al desgaste.

**Tabla 4** *Propiedades físicas y mecánicas del diamante policristalino*

Propiedades	Valores
Densidad	3,00 - 4,00 g/cc
Micro dureza Knoop	49 - 78
Módulo de elasticidad	749 - 953 GPa
Tenacidad a la fractura	6,00 - 8,80 MPa-m <sup>1/2</sup>

Nota: Adaptado de Matweb.com consultado el 15 de marzo del 2023.

## 3.5 Criterios ergonómicos para herramientas manuales

En este proceso de diseño y fabricación de una herramienta manual para el corte de sellos de seguridad de las botellas plásticas se deben tener en cuenta algunos factores y criterios ergonómicos y de seguridad para los usuarios que son los principales afectados si no se toman en cuenta estos procesos.

- **Peso de la herramienta:** Condicionado por su tipo de agarre (una o dos manos) y el tipo de tarea (de precisión o fuerza)
- **Dimensiones del mango o empuñadura:** La medida de la longitud y el grueso del mango de la herramienta que permita adaptarse a las distintas dimensiones antropométricas de los usuarios y adecuándose al tipo de tarea. Material en el mango como revestimiento que evite el deslizamiento de la mano y permita un buen agarre que brinde comodidad y seguridad, el diámetro adecuado es el que mide entre 32 mm y 51 mm y la longitud debe estar entre los 100 a 150 mm.

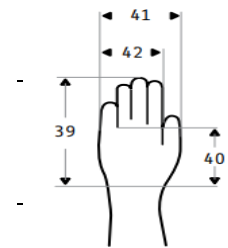
- Uso bimanual: el uso de la herramienta correcta debe ser fabricada para el uso de las personas tanto diestras como zurdas, esto permite que en casos de cansancio se pueda cambiar de mano y seguir con la tarea.
- Vibraciones: evitar el uso de vibraciones que pase de la mano al brazo.
- Ruido, temperatura y emisión de partículas: estos factores son a considerar depende de la tarea que se esté realizando (Fernández, 2021).

### 3.5.1 Medidas antropométricas de la mano

Las medidas antropométricas de la mano de la población estudiada brindan información y bases para el diseño y fabricación de herramientas manuales que sigues unos lineamientos y criterios establecidos por estas medidas y que se deben tomar en cuenta en cada etapa del proceso.

**Tabla 5** Medidas antropométricas de la mano trabajadores industriales

Dimensiones	Percentiles		
	5	50	95
39 Longitud mano	158	171	185
40 Longitud palma mano	90	97	105
41 Anchura mano	83	92	104
42 Anchura palma mano	71	76	82

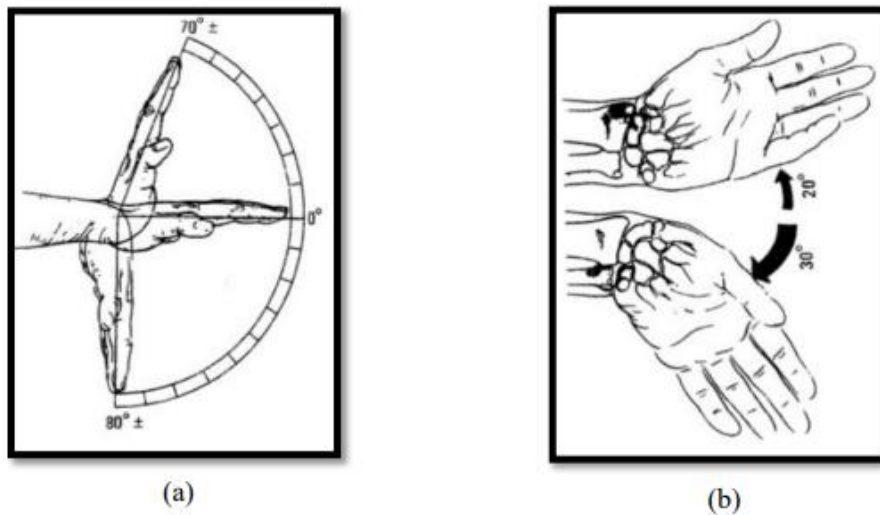


Nota: En esta tabla se encuentran las medidas antropométricas de la población de trabajadores industriales de la edad comprendida de 18 a 65 años en los percentiles 5, 50 y 95. Tomada de Dimensiones antropométricas de población latinoamericana por Ávila, Prado y Gonzáles en 2007.

### 3.5.2 Movimiento mano-muñeca

Estos movimientos de la mano y la muñeca en el diseño de la herramienta suelen brindar información acertada de la manera correcta como un trabajador debe emplear la herramienta en el respectivo tipo de trabajo y área donde desarrolla el trabajo, en este caso se busca un movimiento no forzado y natural de la mano y la muñeca. Los movimientos de la muñeca se pueden resumir en flexión-extensión como se observa en la imagen (a) (cubriendo  $80^{\circ}$  en flexión y  $70^{\circ}$  en extensión) y desviación, la cual puede ser radial y se observa en la imagen (b) (cubriendo hasta  $20^{\circ}$ ) y cubital (cubriendo hasta  $30^{\circ}$ ). Estos movimientos son tenidos en cuenta para la manipulación y diseño de la herramienta de corte.

**Figura 5** *Movimientos de la muñeca.*

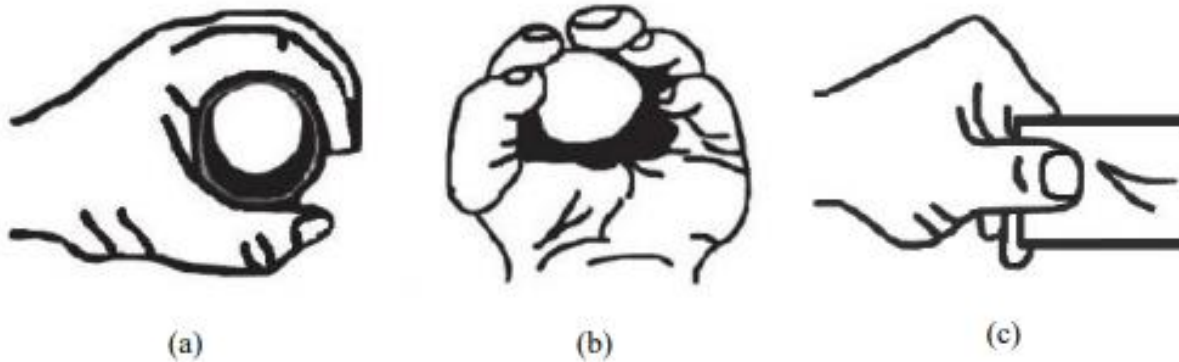


*Nota:* Tomada de Diseño y construcción de un prototipo de exoesqueleto para rehabilitación de mano en pacientes con espasticidad tipo 1 y 2 debido a accidente cerebrovascular (Molina & Mora, 2019).

### 3.5.3 Análisis de presiones ejercidas por la mano

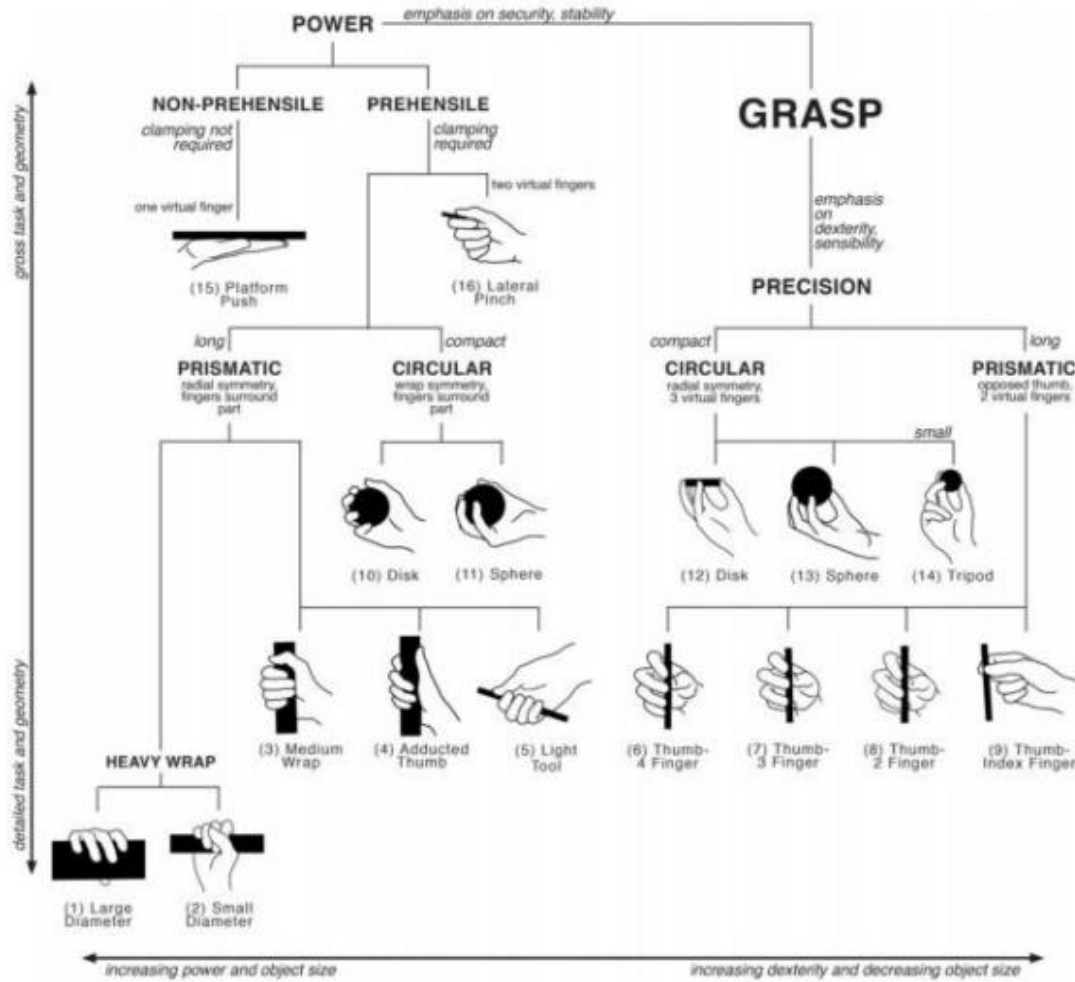
Las presiones en la mano son palmar cilíndrica como se observa en la imagen (a), palmar esférica observada en la imagen (b) y presión de pinza dispuesta en la imagen (c). Este análisis es tenido en cuenta para el diseño del mango de la herramienta de corte. La fuerza de agarre en posición de presión cilíndrica es de 45 kg-fuerza para edades entre los 25 a 34, en palmar esférica, 0,13 kg-fuerza y presión de pinza en 2,250 kg-fuerza para hombres (ESCALONA, NARANJO, LAGOS, & SOLÍS, 2009).

**Figura 6** Presiones ejercidas por la mano



Nota: Tomada de Parámetros de Normalidad en Fuerzas de Prensión de Mano en Sujetos de Ambos Sexos (ESCALONA, NARANJO, LAGOS, & SOLÍS, 2009).

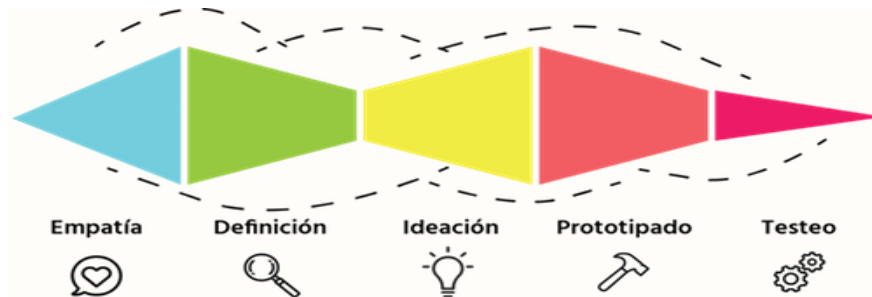
**Figura 7** Tipos de agarre que puede generar la mano humana



Nota: Tomada de consideraciones anatómicas en el diseño de una mano artificial (SÁNCHEZ, 2016).

#### 4. Metodología Desing Thinking

Esta metodología es basada en las necesidades de los usuarios mediante propuestas creativas y espontaneas que se crean a partir de la interacción con el usuario a través de unas herramientas que están dispuestas dentro de la metodología para comprender los problemas reales y llegar a una solución (Lugo & Villegas, 2021).

**Figura 8** *Etapas del design Thinking*

Nota: Tomada de Design Thinking en español  
<https://www.designthinking.es/inicio/index.php>

Se eligió esta metodología que se basa en las necesidades reales de un usuario y permite estar de la mano con el usuario en todas las etapas de desarrollo, esta herramienta toma en cuenta las necesidades y deseos de los usuarios siendo esta la base del diseño de la herramienta. Se utilizan varias de las herramientas propuestas por la metodología para darle continuidad al proceso y tener en cuenta cada beneficio y ayuda que se pueda brindar al usuario y esta metodología lo permite.

#### 4.1 Empatizar

El proceso de Design Thinking comienza con una profunda comprensión de las necesidades de los usuarios ¿Qué hacen? ¿Qué piensan? ¿Qué dicen? implicados en la solución que estemos desarrollando, y también de su entorno. Personas en general, clientes, empleados. El equipo de diseño es capaz de ponerse en la piel de dichas personas para ser capaces de generar soluciones consecuentes con sus realidades (Lugo & Villegas, 2021).

### 4.1.1 Lista de deseos

Este proceso se hace para identificar qué es lo que el usuario desea y necesita, esto se hace a través de entrevistas que sirven como forma de investigación para determinar los factores que implican al usuario/cliente en este caso se tomaron los datos de personas que hacen parte del proceso de reciclaje de las botellas plásticas, allí es donde se procede a tomar las necesidades y deseos de estas personas y plasmarlas en una lista donde pueden ser observadas de manera concreta.

**Tabla 6** *Lista de deseos del usuario*

<b>Persona encuestada:</b> Luis Jaimes			
PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	POSIBLE SOLUCIÓN
Poco dinero dispuesto, trabajo duro, pocas oportunidades	Pasar más tiempo de calidad con su familia	Ambiente laborar con mejores condiciones de seguridad	Herramientas que optimicen el trabajo y brinde seguridad
Falta de tiempo para culminar sus labores	Descansos apropiados para mejorar la productividad del trabajo	Mejorar en su trabajo que no implique más horas de labor y más esfuerzo	Manejo adecuado de tiempos y recursos del trabajo
La empresa no cuenta con suficientes recursos para la adquisición de herramientas para mejorar el trabajo	Completar su trabajo para poder ganar dinero y mejorar sus condiciones de vida	Darle mejores oportunidades de vida a sus hijos	Poder invertir en herramienta de uso personal que pueda ayudarle en su trabajo
Falta de seguridad y beneficios por parte de la empresa para sus trabajadores	Compartir su experiencia con las herramientas que ayuden a sus compañeros a mejorar su trabajo	Más oportunidades a nivel profesional con avances en el trabajo del reciclaje	Darles una enseñanza a sus hijos sobre la importancia del reciclaje y los procesos que se realizan

Desconocimiento de métodos y herramientas que mejoran y ayudan al proceso de reciclaje	Aprender sobre avances tecnológicos y de procesos del trabajo en el reciclaje	Poder disminuir esfuerzo físico en su trabajo	Progreso para su trabajo y labor que desempeñan con sus compañeros en el área de reciclaje
--	---	---	--

Nota: Esta tabla muestra la lista de deseos del usuario para hacer más concretos los pensamientos y plasmarlos en la solución. Se realiza a través de un arquetipo de cliente que es un tipo de segmentación basada en características comunes de un grupo de personas.

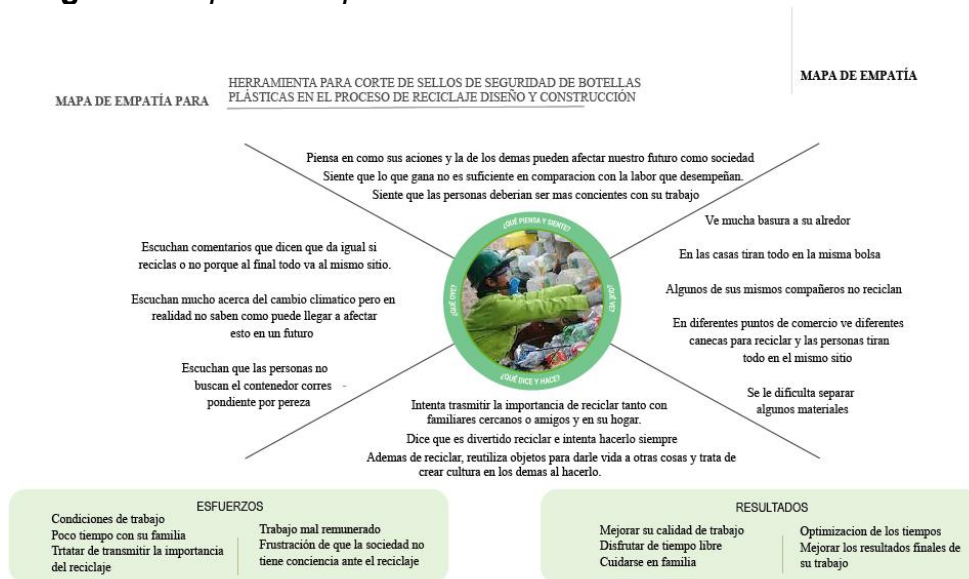
## 4.2 Definir

Durante la fase de definición, se filtra la información recopilada durante la fase de empatía y se queda con lo que realmente aporta valor llevando al alcance nuevas perspectivas interesantes. Identificaremos problemas cuyas soluciones serán clave para la obtención de un resultado innovador (Lugo & Villegas, 2021).

### 4.2.1 Mapa de empatía

Un mapa de empatía es una herramienta en la que se organiza la información recopilada en una entrevista en un formato visual.

**Figura 9** Mapa de empatía del usuario de la herramienta de corte



### 4.2.2 Método de pesos ponderados

Establecer un criterio jerárquico de los objetivos, funciones y restricciones del diseño al que se planea llegar, poniendo en relación cada una con el respectivo análisis si el requerimiento es un deseo o una necesidad del usuario (Ramos C. , 2017).

**Tabla 7** Selección de ideas generadas para el desarrollo de la solución.

N°	Concepto	Requerimiento	N/D	Descripción	Naturaleza
1	Función	Corte de HDPE	Necesidad	Acción de corte del polímero HDPE	Cualitativo
2	Geometría	Diámetro del mango máx. de 2 cm	Necesidad	Grosor final del mango	Cuantitativo
3	Geometría	Largo del mango máx. de 10 cm	Necesidad	Largo máximo del mango	Cuantitativo
4	Geometría	Diámetro de la cuchilla máx. de 4 mm	Necesidad	Diámetro máximo de la cuchilla	Cuantitativo
5	Materiales	Cuchilla y mango fabricadas de material resistente al esfuerzo y desgaste acero inoxidable 304	Necesidad	Materiales resistentes al esfuerzo y desgaste	Cualitativo
6	Materiales	Mango antideslizante	Necesidad	Materiales antideslizantes para manipulación de la herramienta	Cualitativo
7	Fuerza	La fuerza máx. que se debe ejercer con la herramienta es de 110 MPa	Necesidad	La fuerza humana que debe ejercerse para el uso de la herramienta	Cuantitativo
8	Energía	No se necesita energía externa para el funcionamiento de la herramienta	Deseo	El funcionamiento de la herramienta no requiere energía externa	Cualitativo
9	Modularidad	La herramienta puede ser usada tanto manual como fija en el lugar de trabajo	Deseo	La herramienta puede ser fija o manual	Cualitativo

10	Seguridad	La herramienta debe tener una tapa o protección de la cuchilla	Necesidad	La cuchilla debe ser protegida por una tapa cuando se deje de usar la herramienta para evitar accidentes	Cualitativo
11	Mantenimiento	Limpieza de cuchilla y mango	Necesidad	Mantener la cuchilla y mango fuera de residuos de plástico a la hora de guardar la herramienta	Cualitativo

Nota: En esta tabla se muestran las ideas en las que se va a trabajar la solución del problema, N/D tiene como significado Necesidad/Deseo.

### 4.3 Idear

La etapa o fase de Ideación tiene como objetivo la generación de un sinnúmero de opciones de ideas para generar una solución (Ramos C. , 2017).

#### 4.3.1 Mapa de experiencia del cliente

El Mapa de experiencia del cliente (Customer Journey) tiene distintas variantes y fases (descubrimiento, consideración, acción) para definir este viaje del cliente. Esas actividades pueden venir acompañadas de las necesidades del cliente para cada momento (Ramos C. , 2017).

Este proceso muestra la elaboración de un mapa de experiencia de cliente donde se plasma las etapas, actividades, sentimientos que generan en un cliente el ir a realizar una búsqueda de alguna herramienta para un fin en específico en este caso se realiza para la búsqueda de una herramienta de corte para los sellos de seguridad de las botellas plásticas teniendo en cuenta que en el mercado no hay disponibles, esta herramienta se usa para determinar qué es lo que el cliente busca, cuál es su necesidad y que espera encontrar en un lugar de herramientas (Ver apéndice 1).

## 4.4 Prototipar

En la etapa de prototipado se pueden incluir varios procesos, empezando por la generación de ideas en imágenes y pasar de las ideas visuales a la construcción de modelos.

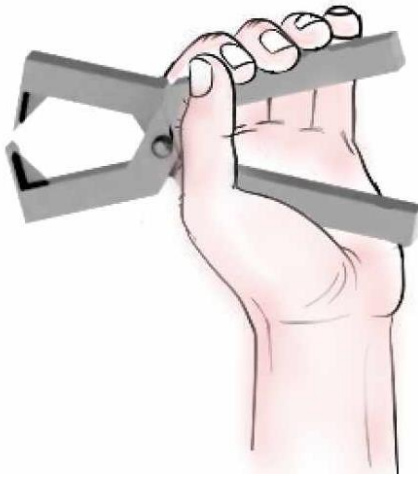
### 4.4.1 Modelado en 3D

En este proceso se modelan las ideas de los prototipos en imagen para detectar errores y modificaciones que son clave para seguir con el desarrollo del proceso de creación de las mejores alternativas (Ramos C. , 2017).

**Figura 10** Modelado 1: Herramienta con accionamiento manual para perforar



Esta herramienta se basa en que por accionamiento manual salgan unas cuchillas que hacen perforaciones al sello de seguridad y con ello se hace el retirado por fuerza de la mano humana, este proceso permite el retirado sin generar un peligro al operario realizando el proceso de separación completo.

**Figura 11** *Modelado 2: Herramienta de corte de sello por presión entre cuchillas*

Herramienta se basa en ejercer presión sobre el sello, haciendo agarre al sello con los ganchos inferiores y ejerciendo el corte con la cuchilla superior. Con esto se garantiza el corte y la seguridad física de los operarios que realizan este proceso.

**Figura 12** *Modelado 3: Herramienta de gancho con cuchillas extremas para corte*

Herramienta que permite a través de sus cuchillas superiores e inferiores realiza el corte del sello y el operario puede hacer el retiro del sello sin complicaciones ni posibles accidentes en el proceso.

**Figura 13** *Modelado 4: Herramienta punta con rosca y cuchilla*

Herramienta que permite abrir la distancia del sello de seguridad con el cuello de la botella dándole vueltas a la herramienta enganchando el sello y proseguir al corte de este, quedando el sello en la herramienta haciendo el retirado instantáneo.

**Figura 14** *Modelado 5: Herramienta de corte con punta de cuchilla curva*

Herramienta de corte para sellos de seguridad por medio de presión en la cuchilla curva para crear espacio entre el sello y el cuello de la botella pasando por la cuchilla que ayuda inmediatamente al corte del sello.

#### **4.4.2 Proceso analítico jerárquico**

Por medio de este proceso se hace la selección de alternativas por medio de evaluación de unos criterios establecidos, con esto se logra la identificación de las ideas más acertadas a las solicitadas por los usuarios.

Los criterios que se van a evaluar son:

- Dimensiones
- Resistencia
- Seguridad
- Ergonomía
- Lenguaje

Las alternativas a evaluar son:

- Alternativa 1: Herramienta con accionamiento manual para perforar
- Alternativa 2: Herramienta de corte de sello por presión entre cuchillas
- Alternativa 3: Herramienta de gancho con cuchillas extremas para corte
- Alternativa 4: Herramienta de corte con punta de cuchilla curva
- Alternativa 5: Herramienta punta con rosca y cuchilla

##### **4.4.2.1 Matriz de comparación de criterios**

Es una matriz estructurada para tomar decisiones complejas, esta técnica ayuda a encontrar la solución que mejor se ajuste a unas necesidades previas. Esta herramienta matemática sirve para representar y cuantificar todos los elementos de un problema estos elementos pueden estar relacionados a cualquier aspecto del problema de decisión,

tangible o intangible y lo que se busca es darles un valor numérico medido o aproximado estimado, para con estos datos poder realizar las comparaciones sobre la importancia y el significado relativo de los elementos.

**Tabla 8** *Matriz de comparación de criterios*

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIOS						
	DIMENSIÓN	RESISTENCIA	SEGURIDAD	ERGONOMIA	LENGUAJE	
DIMENSION	1	1/7	1/7	5	7	
RESISTENCIA	7	1	5	5	5	
SEGURIDAD	7	3	1	7	5	
ERGONOMIA	1/5	1/5	1/7	1	3	
LENGUAJE	1/7	1/5	1/5	1/3	1	
TOTAL	15,34	4,54	6,49	18,33	21,00	

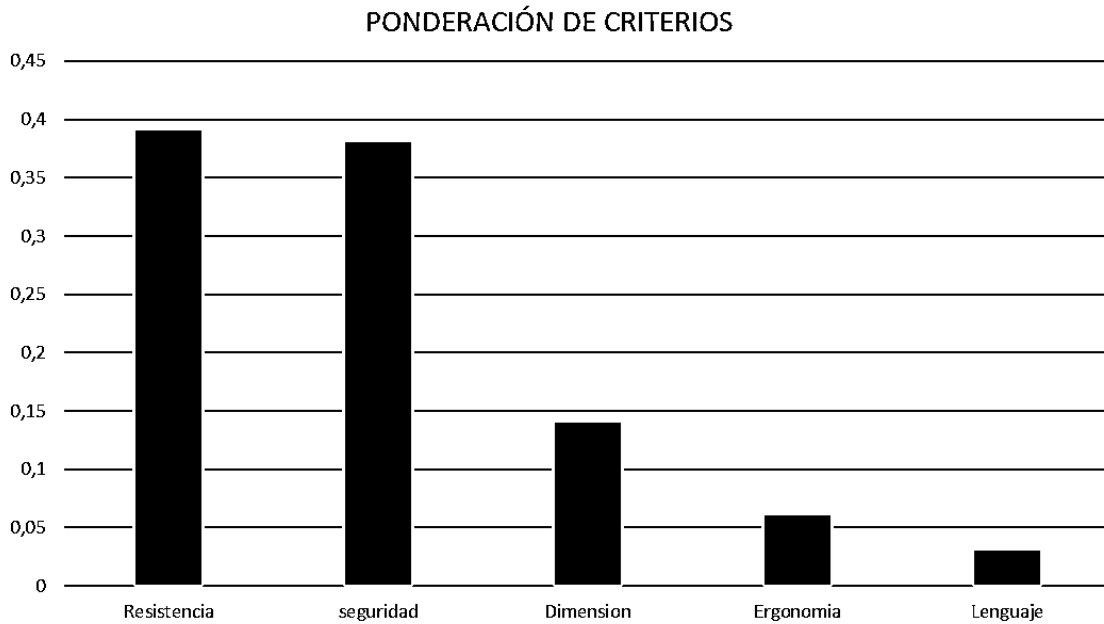
MATRIZ NORMALIZADA						PONDERACIÓN
0,07	0,03	0,02	0,27	0,33	0,14	
0,46	0,22	0,77	0,27	0,24	0,39	
0,46	0,66	0,15	0,38	0,24	0,38	
0,01	0,04	0,02	0,05	0,14	0,06	
0,01	0,04	0,03	0,02	0,05	0,03	

Nota: En esta tabla se realiza la evaluación de los criterios a tener en cuenta para la evaluación de las alternativas, siendo esta la manera de obtener que criterios son de más importancia para tenerlos en cuenta.

**Tabla 9** *Ponderación de resultados de criterios evaluados*

Criterio	Ponderación
Resistencia	0,39
Seguridad	0,38
Dimensión	0,14
Ergonomía	0,06
Lenguaje	0,03

Nota: En esta tabla se muestran los ponderados de los criterios a evaluar y el orden en que se deben tomar en cuenta para las distintas alternativas.

**Figura 15** Grafica resultados ponderación de criterios a evaluar

Nota: En esta grafica se muestra en valor ascendente los criterios que se toman en cuenta para la evaluación de las alternativas propuestas.

#### 4.4.2.2 Matriz comparación de criterios con las alternativas propuestas.

En este caso lo que se quiere es seleccionar las alternativas en función de unos criterios o variables que fueron jerarquizados basándonos en los requerimientos previos del producto, una vez definida la estructura jerárquica, se comparan los criterios de cada grupo del mismo nivel jerárquico y la comparación directa por pares de las alternativas respecto a los criterios del nivel inferior. Para ello se utilizan matrices de comparación pareadas usando una Escala Fundamental.

**Tabla 10** Escala fundamental de comparación

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente el criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda
2,4,6 Y 8	Valores intermedios entre los anteriores, cuando es necesario.	

**Tabla 11** Evaluación del criterio 1 (dimensiones) con respecto a las alternativas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIO 1 (dimensiones)					
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 1	1	1/5	1/3	1/5	1/5
ALTERNATIVA 2	5	1	3	1/3	1/5
ALTERNATIVA 3	3	1/3	1	1/5	1/7
ALTERNATIVA 4	5	3	5	1	1/3
ALTERNATIVA 5	5	5	7	3	1
TOTAL	19,00	9,53	16,33	4,73	1,88

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,05	0,02	0,02	0,04	0,11	0,05
0,26	0,10	0,18	0,07	0,11	0,15
0,16	0,03	0,06	0,04	0,08	0,07
0,26	0,31	0,31	0,21	0,18	0,25
0,26	0,52	0,43	0,63	0,53	0,48

Nota: En esta tabla se evalúa el primer criterio que son las dimensiones establecidas con las respectivas alternativas que se tienen en cuenta para el proceso.

**Tabla 12** Evaluación del criterio 2 (resistencia) con respecto a las alternativas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIO 2 (resistencia)					
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 1	1	1/3	1	1/3	1
ALTERNATIVA 2	3	1	3	3	1/3
ALTERNATIVA 3	1	1/3	1	1/3	1/3
ALTERNATIVA 4	3	1/3	3	1	1/3
ALTERNATIVA 5	1	3	3	3	1
TOTAL	9,00	5,00	11,00	7,67	3,00

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,11	0,07	0,09	0,04	0,33	0,13
0,33	0,20	0,27	0,39	0,11	0,26
0,11	0,07	0,09	0,04	0,11	0,08
0,33	0,07	0,27	0,13	0,11	0,18
0,11	0,60	0,27	0,39	0,33	0,34

Nota: En esta tabla se evalúa el segundo criterio que es la resistencia con las respectivas alternativas que se tienen en cuenta para el proceso.

**Tabla 13** Evaluación del criterio 3 (seguridad) con respecto a las alternativas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIO 3 (seguridad)					
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 1	1	3	5	1/3	5
ALTERNATIVA 2	1/3	1	3	1/5	3
ALTERNATIVA 3	1/5	1/5	1	1/5	1/3
ALTERNATIVA 4	3	5	5	1	3
ALTERNATIVA 5	1/5	1/3	3	1/3	1
TOTAL	4,73	9,53	17,00	2,07	12,33

MATRIZ NORMALIZADA					PONDERACIÓN
0,21	0,31	0,29	0,16	0,41	0,28
0,07	0,10	0,18	0,10	0,24	0,14
0,04	0,02	0,06	0,10	0,03	0,05
0,63	0,52	0,29	0,48	0,24	0,44
0,04	0,03	0,18	0,16	0,08	0,10

Nota: En esta tabla se evalúa el segundo criterio que es la seguridad con las respectivas alternativas que se tienen en cuenta para el proceso.

**Tabla 14** Evaluación del criterio 4 (ergonomía) con respecto a las alternativas

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIO 4 (ergonomía)						
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	
ALTERNATIVA 1	1	3	3	1/3	1/5	
ALTERNATIVA 2	1/3	1	7	1/5	5	
ALTERNATIVA 3	1/3	1/7	1	1/5	1/5	
ALTERNATIVA 4	3	5	5	1	1/3	
ALTERNATIVA 5	5	5	5	3	1	
TOTAL		9,67	14,14	21,00	4,73	6,73

MATRIZ NORMALIZADA						PONDERACIÓN
0,10	0,21	0,14	0,07	0,03		0,11
0,03	0,10	0,72	0,02	0,52		0,28
0,03	0,01	0,10	0,02	0,02		0,04
0,31	0,52	0,52	0,10	0,03		0,30
0,52	0,52	0,52	0,31	0,10		0,39

Nota: En esta tabla se evalúa el segundo criterio que es la ergonomía con las respectivas alternativas que se tienen en cuenta para el proceso.

**Tabla 15** Evaluación del criterio 5 (lenguaje) con respecto a las alternativas






MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CRITERIO 5 (lenguaje)						
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	
ALTERNATIVA 1	1	1/5	1/5	1/3	1/5	
ALTERNATIVA 2	5	1	3	3	1/5	
ALTERNATIVA 3	5	3	1	3	1/5	
ALTERNATIVA 4	3	1/3	1/3	1	1/3	
ALTERNATIVA 5	5	5	5	3	1	
TOTAL		19,00	9,53	9,53	10,33	1,93

MATRIZ NORMALIZADA						PONDERACIÓN
0,05	0,02	0,02	0,03	0,10		0,05
0,26	0,10	0,31	0,29	0,10		0,22
0,26	0,31	0,10	0,29	0,10		0,22
0,16	0,03	0,03	0,10	0,17		0,10
0,26	0,52	0,52	0,29	0,52		0,42

Nota: En esta tabla se evalúa el segundo criterio que es el lenguaje con las respectivas alternativas que se tienen en cuenta para el proceso.

**Tabla 16** Resultados de las evaluaciones de criterios con las alternativas propuestas

	DIMENSION	RESISTENCIA	SEGURIDAD	ERGONOMIA	LENGUAJE	PRIORIZACIÓN
ALTERNATIVA 1 	0,05	0,13	0,28	0,11	0,05	0,61
ALTERNATIVA 2 	0,15	0,26	0,14	0,28	0,22	1,04
ALTERNATIVA 3 	0,07	0,08	0,05	0,04	0,22	0,46
ALTERNATIVA 4 	0,25	0,18	0,44	0,30	0,10	1,27
ALTERNATIVA 5 	0,48	0,34	0,10	0,39	0,42	1,73
PONDERIZACIÓN	1,00	1,00	1,00	1,12	1,00	

Nota: En esta tabla se muestra los resultados de las evaluaciones de los criterios establecidos junto con las alternativas propuestas, en este caso se muestra la alternativa que posee más puntuación en cada uno de los criterios y así determinar cuál es la alternativa más acertada a la hora de darle solución a la necesidad propuesta.

**4.4.3 Análisis de acceso al sello de seguridad en la botella**

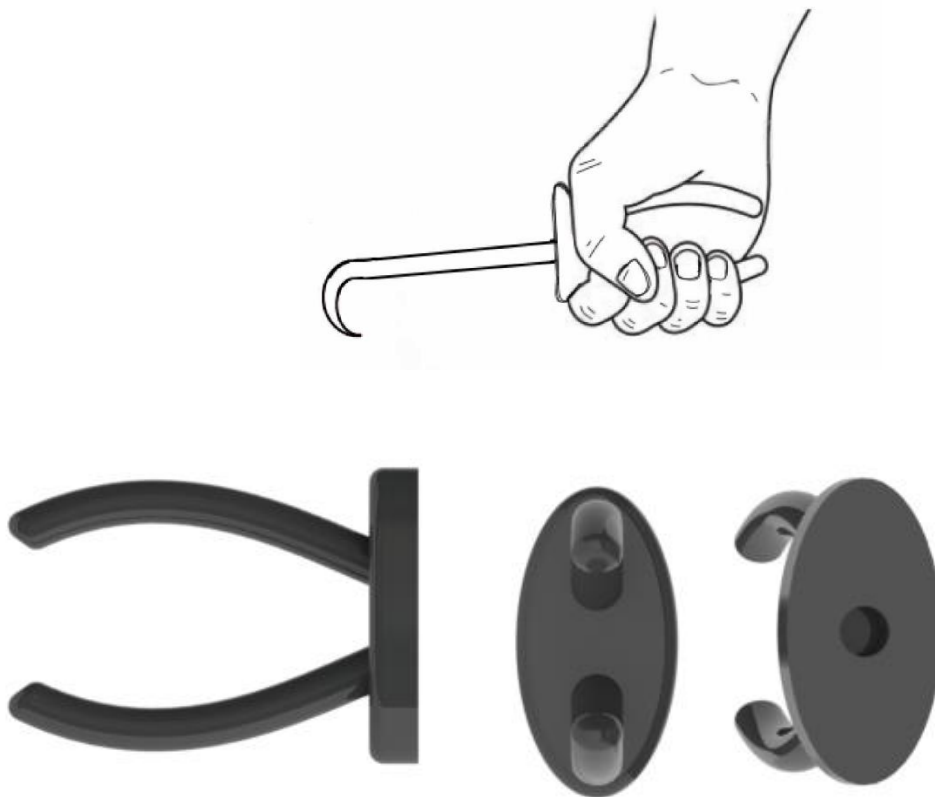
**Figura 16** Acceso de herramienta al sello para corte



De acuerdo con este estudio del acceso que se tiene al sello de seguridad de las botellas se hace la respectiva selección de las herramientas que se pasan al proceso de construcción de prototipos en los que se toma en cuenta tanto la ponderación con la manera en que la herramienta está dispuesta para el ingreso y retirado del sello. En este paso se selecciona la alternativa (4) ya que con esta se tiene mayor accesibilidad al sello y se genera mayor contacto de la cuchilla con el sello de seguridad de la botella.

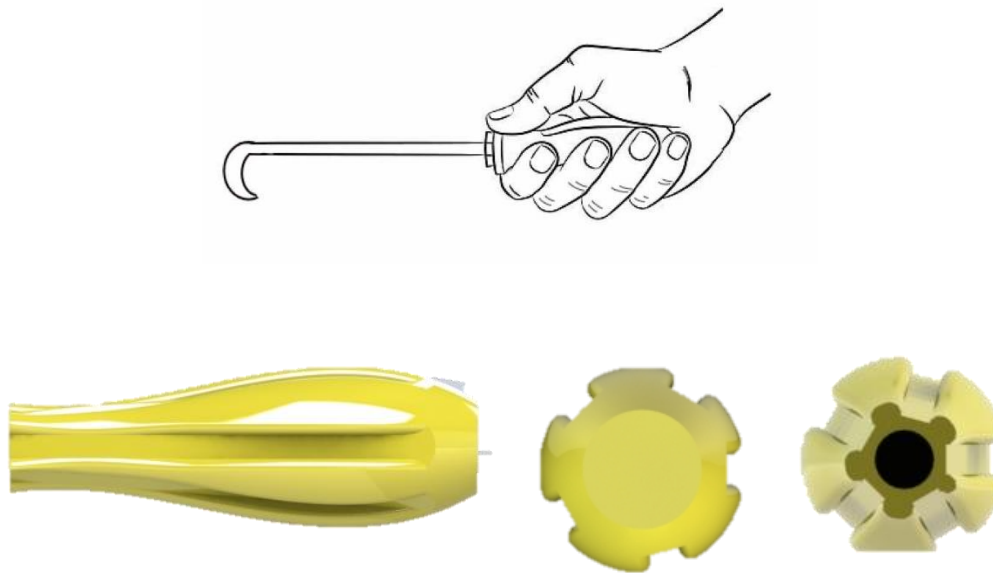
#### **4.4.4 Análisis de alternativas de mangos para la herramienta de corte**

**Figura 17** *Alternativa 1: Mango para herramienta con doble sección*



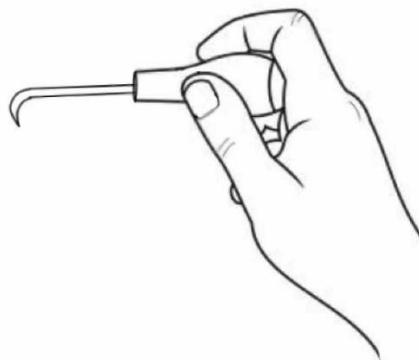
Esta alternativa es basada en la adaptación de dos extremos donde la mano completa pueda apartarse en posición de agarre, los dos extremos están fijos a una base donde se adapta la pinza de corte.

**Figura 18** *Alternativa 2: Mango para herramienta con forma cilíndrica variante de dimensiones*



Esta alternativa de mango se considera ya que permite el agarre de la mano completa y la diferencia de diámetro permite que se de tanto fuerza de agarre como precisión en la tarea a realizar.

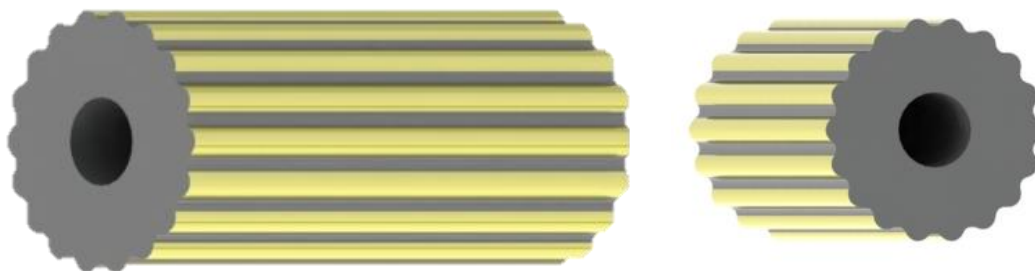
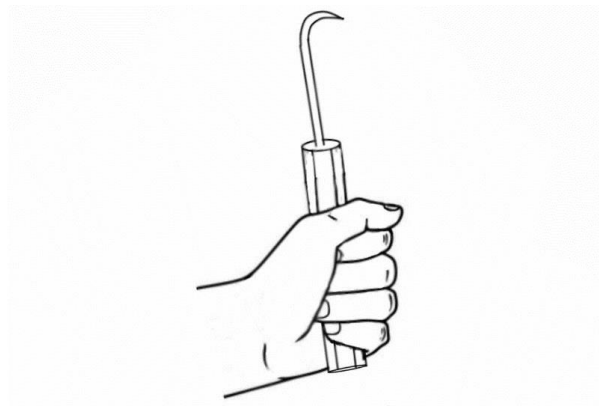
**Figura 19** *Alternativa 3: Mango para herramienta para trabajo de precisión*





Esta alternativa se establece para realizar un trabajo de mayor precisión ya que se esta trabajando con una cuchilla de corte, se realiza el agarre con la parte frontal de la mano permitiendo realizar la tarea de forma más concreta.

**Figura 20** *Alternativa 4: Mango para herramienta con forma cilíndrica con único diámetro*



Esta alternativa es planteada de forma cilíndrica de un solo diámetro con superficie en relieve que permite el no desplazamiento de la mano cuando se está realizando la tarea de corte de los sellos.





#### **4.4.4.1 Análisis de criterios para el mango de la herramienta de corte**

El análisis de criterios a evaluar del mango para la herramienta de corte se basa en los factores para la construcción de herramientas manuales que se mencionaron en los requerimientos, si la alternativa cumple con el criterio se evaluara con 1 y en caso de no cumplir con un 0 y luego se sumaran los resultados para determinar la alternativa más adecuada para la herramienta de corte, para ello se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

##### Criterios de evaluación

- Seguridad: El mango brinda seguridad a la salud e integridad del operario
- Ergonomía: El mango se acomoda a las medidas antropométricas de la mano en la población estudiada y los factores de medición de herramientas antes mencionadas
- Agarre: El mango permite el óptimo agarre para ejercer la fuerza y la función de la herramienta sin que pueda existir deslizamientos
- Limpieza: El mango permite la adecuada limpieza de la herramienta sin que pueda quedar residuos de plástico en ella.

**Tabla 17** Evaluación de criterios con las alternativas propuestas

Alternativa/Criterio	Seguridad	Ergonomía	Agarre	Limpieza	Cumplimiento
1 	1	1	0	1	<u>3</u>
2 	1	1	1	1	<u>4</u>
3 	1	0	0	1	<u>2</u>
4 	1	0	1	0	<u>2</u>

*Nota:* Como resultado de la evaluación se determina que la alternativa numero 2 cumple con los criterios establecidos para el diseño del mango que mejor se adapta a la herramienta de corte

**Tabla 18** Propiedades del PLA (ácido poliláctico)

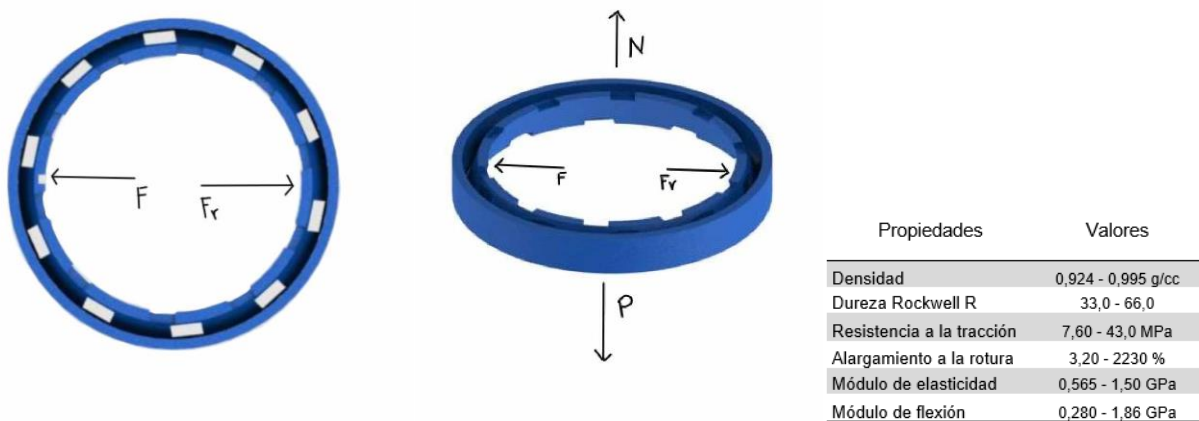
Propiedades	Valores
Densidad	1,00 - 3,41 g/cc
Dureza Rockwell C	104 - 118
Resistencia a la tracción	0,160 - 3000MPa
Alargamiento a la rotura	0,500 - 1400 %
Módulo de elasticidad	0,0500 - 13,8 GPa
Tenacidad a la fractura	0,177 - 0,441 N/tex
Resistencia al desgarre	12,0 - 180 kN/m

*Nota:* Este material es considerado para la fabricación del mango de la herramienta por sus propiedades, permite que se le de la forma diseñada además permite un acabado antideslizante que apoya los beneficios de la herramienta.

#### 4.4.5 Análisis de esfuerzos a los que se somete el sello de seguridad por corte

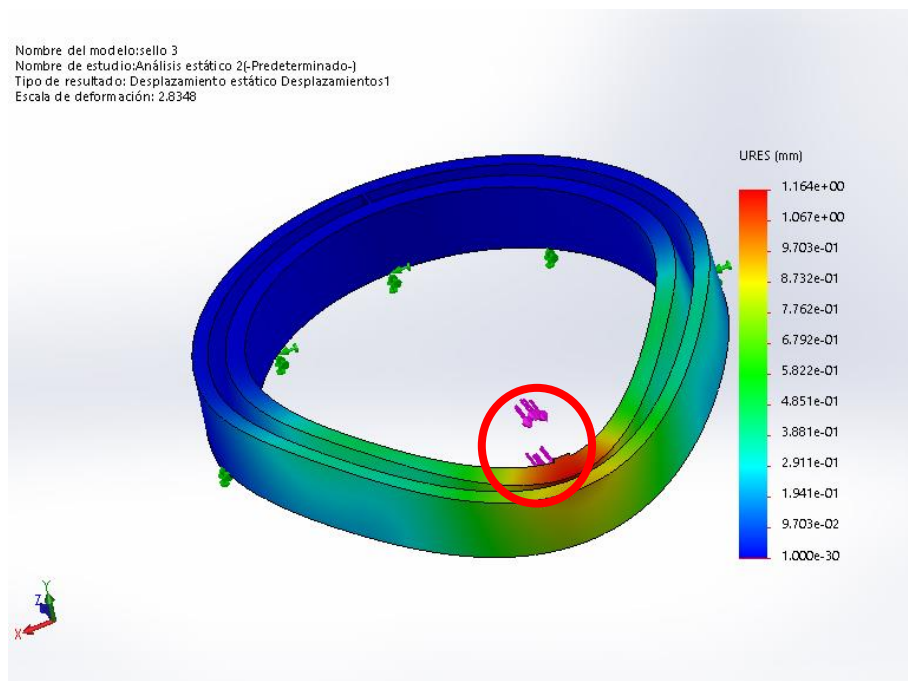
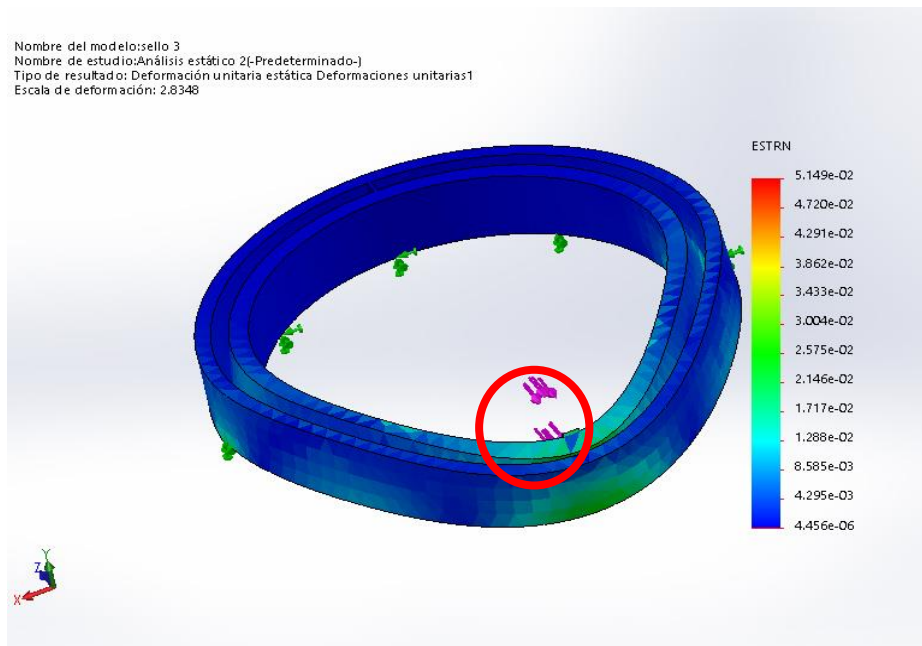
Se realiza un análisis de las fuerzas a las que se somete tanto el sello como la herramienta a través de elementos finitos que es un método que se usa cuando se necesita conocer cómo se comporta un material en resistencia o elasticidad de manera analítica de los esfuerzos y deformaciones de dicho material (Juarez, 2015).

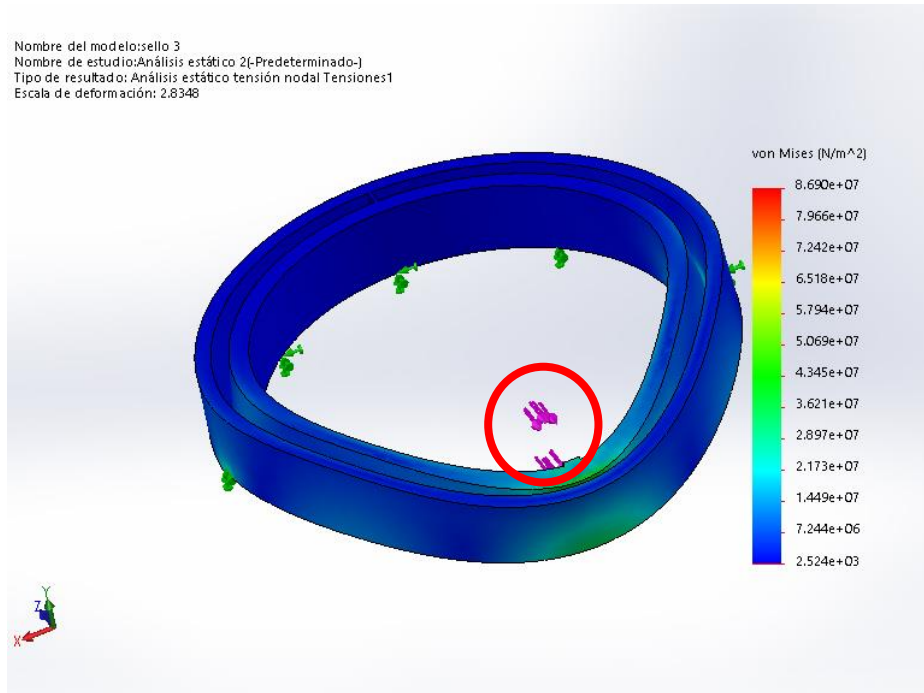
**Figura 21** Diagrama de cuerpo libre de las cargas en el sello de seguridad



Se realiza un diagrama de cuerpo libre donde se identifican las respectivas fuerzas que se le aplican al sello de seguridad en donde  $F$  es la fuerza cortante que es aplicada por la herramienta de corte equivalente a 20N dato tomado de (Bustos, Acevedo, & Rafael, Valores de fuerza prensil de mano en sujetos aparentemente sanos de la ciudad de Cúcuta, Colombia, 2018),  $F_r$  es la fuerza de fricción que realiza el sello de seguridad con el cuello de la botella,  $N$  la fuerza normal que ejerce el cuerpo y  $P$  el peso del sello de seguridad respectivamente, también se tienen presente las propiedades del material es este caso el HDPE.

**Figura 22** *Análisis de deformación, tensión y desplazamiento del sello de seguridad*





Este análisis se realiza con la fuerza mínima que ejerce una persona dentro de la población estudiada que tiene un valor de 20Newton (Bustos, Acevedo, & Lozano, Valores de fuerza prensil de mano en sujetos aparentemente sanos de la ciudad de Cúcuta, Colombia, 2018) donde se muestra la deformación, la tensión y el desplazamiento que tiene el sello de seguridad de las botellas plásticas con esta fuerza a la que se somete Este estudio es realizado por medio de análisis estático por medio de elementos finitos donde la aplicación de la fuerza que se le ejerce al sello muestra como se comporta el material ante esta.

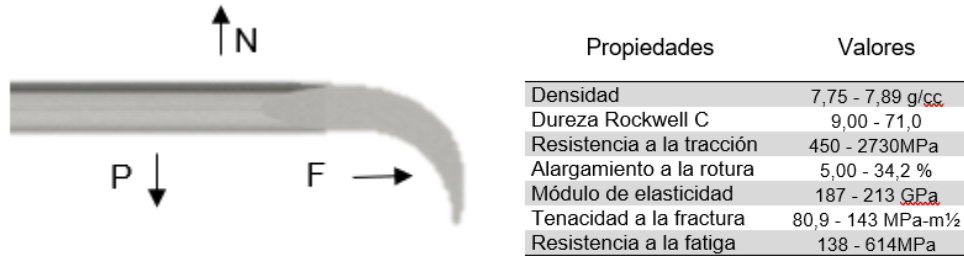
**Tabla 19** Resultados obtenidos del análisis estático sello de seguridad

Resultados de análisis	Valores
Deformación unitaria máxima	5,15E-02
Desplazamiento	1,164e+00 mm
Tensión de Von Misses	8,690e+07 N/m <sup>2</sup>

*Nota:* los resultados obtenidos muestran una deformación alta al ejercer la fuerza al sello de seguridad este factor de análisis es adimensional, por el contrario, tanto el desplazamiento como la tensión poseen sus respectivos valores y unidades de medida que en este caso se considera que los resultados cumplen con lo esperado en la prueba.

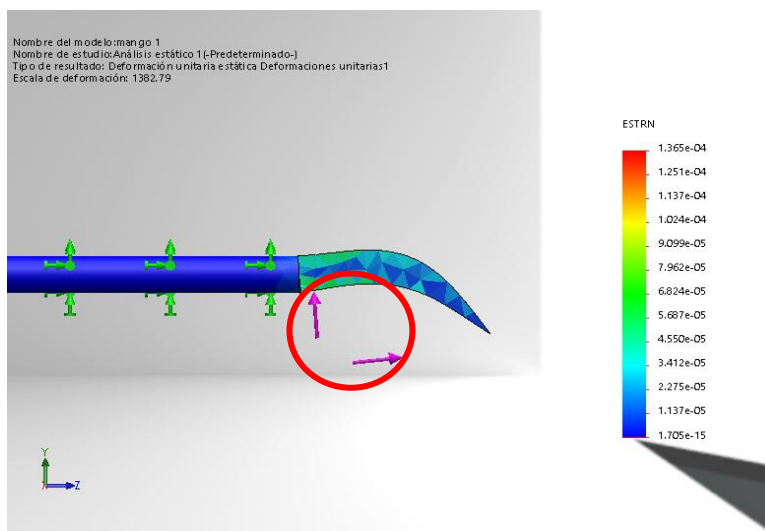
**4.4.6 Análisis de esfuerzos a los que se somete la cuchilla de la herramienta**

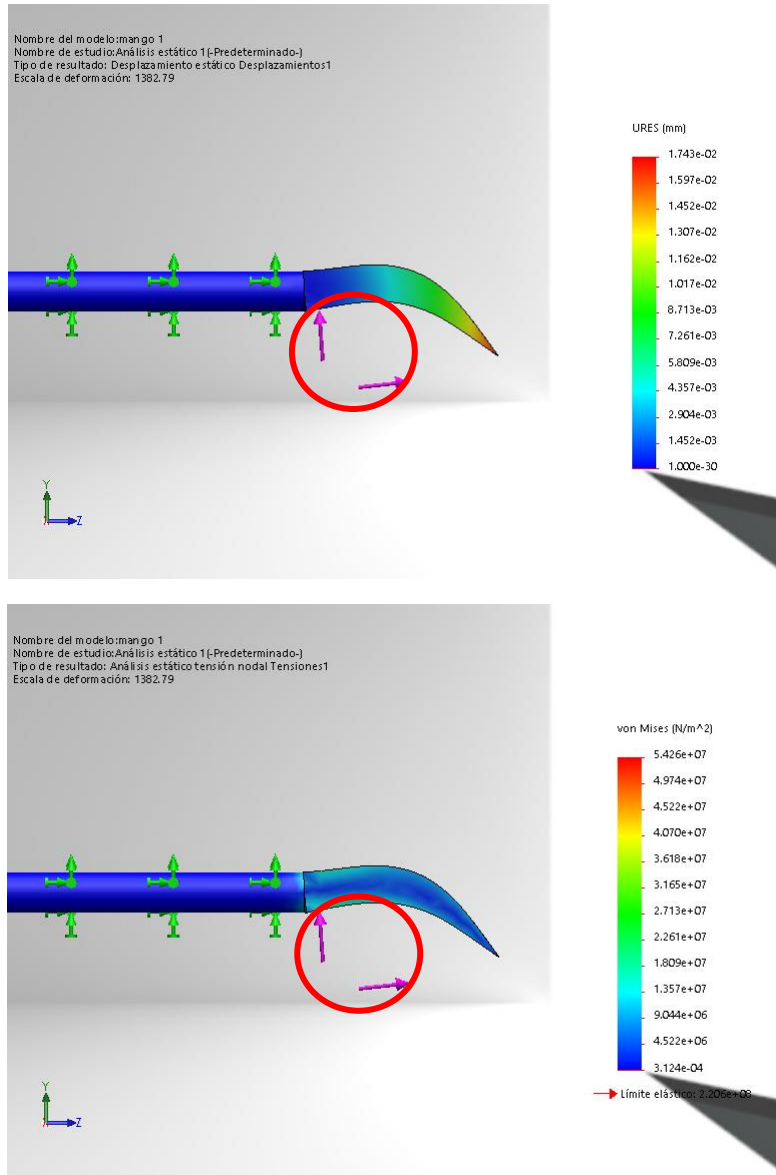
**Figura 23** Diagrama de cuerpo libre de la cuchilla de corte



Se realiza un diagrama de cuerpo libre donde se identifican las respectivas fuerzas que se le aplican a la cuchilla de corte en donde F es la fuerza cortante que es aplicada por la herramienta de corte equivalente a 20N, N la fuerza normal que ejerce el cuerpo y P el peso de la cuchilla respectivamente, también se tienen presente las propiedades del material es este caso el Acero al carbono.

**Figura 24** Análisis de deformación, tensión y desplazamiento de la cuchilla de la herramienta de corte





Este análisis se realiza para verificar que la herramienta tenga la resistencia suficiente para realizar el corte al sello de seguridad en este caso se somete a la misma fuerza a la que es sometido el sello (20 newton) para verificar el comportamiento de la herramienta. En este caso se evidencia una deformación de la parte de la cuchilla donde se realiza un refuerzo del material para aumentar su resistencia.

**Tabla 20** Resultados obtenidos del análisis estático cuchilla de corte

Resultados de análisis	Valores
Deformación unitaria máxima	1,37E-04
Desplazamiento	1,743e-02 mm
Tensión de Von Misses	5,462+07 N/m <sup>2</sup>

*Nota:* los resultados obtenidos muestran una deformación al ejercer la fuerza a la cuchilla de corte este factor de análisis es adimensional, por el contrario, tanto el desplazamiento como la tensión poseen sus respectivos valores y unidades de medida que en este caso se considera que los resultados cumplen con lo esperado en la prueba.

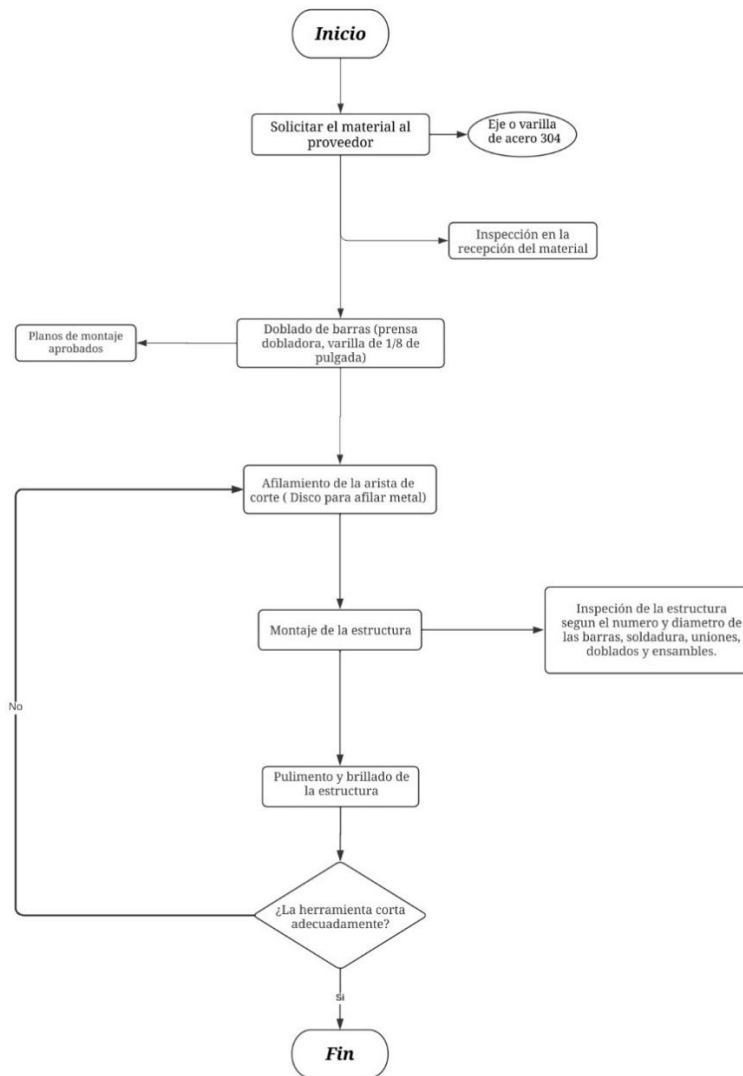
#### 4.4.7 Prototipos de prueba

Los prototipos de prueba se hacen para poder evaluar con los usuarios reales y estos poder intervenir en el proceso de cambios y mejoras que se le pueden realizar a este, los prototipos sirven para visualizar con más detalle las características de las ideas y poder evolucionarlas.

**Figura 25** Prototipo de prueba: Prototipo de herramienta punta con curvatura

Este prototipo se usa para realizar las pruebas con el usuario y así tener comentarios de mejora y cambio para lograr el correcto funcionamiento que se desea. Se realiza con los procesos y materiales reales en este caso acero inoxidable 304 sin terminaciones estéticas, para lograr tener mejores resultados.

**Figura 26** *Proceso de construcción de los prototipos de prueba*



## **4.5 Validar**

Durante la fase de Testeo, se prueban los prototipos con los usuarios implicados en la solución que se está desarrollando. Esta fase es crucial, ayudará a identificar mejoras significativas, fallos a resolver, posibles carencias. Durante esta fase se evoluciona la idea hasta convertirla en la solución que se está buscando (Ramos C. , 2017).

### **4.5.2 Pruebas de usabilidad**

La técnica de innovación «Pruebas de usabilidad» consiste en testear la funcionalidad y experiencia que viven los usuarios con una posible solución, a ser un servicio o un producto, a través de un ejercicio en el que interactúan con estos. Por tanto, es una herramienta muy útil para probar y validar las diferentes opciones de diseño que se están planteando para un producto en cuestión (Ramos C. , 2017).

#### **4.5.2.1 Objetivos de la prueba.**

- Evaluar la eficiencia de la herramienta a la tarea establecida
- Evaluar la percepción de los usuarios al uso de la herramienta
- Evaluar el desempeño de la herramienta comparada con las herramientas usadas comúnmente
- Evaluar la satisfacción de los usuarios a la función de la herramienta

#### **4.5.2.2 Variables**

- Tiempo en realizar la tarea
- Número de errores en el proceso de realizar el corte
- Heridas o accidentes en el proceso

#### **4.5.2.3 Elementos utilizados en la prueba**

- Prototipo de herramienta de corte
- Cronómetro
- Cámara de video
- Botellas plásticas
- Encuesta usabilidad (Ver apéndice 2)

#### **4.5.2.4 Procedimiento**

El procedimiento para la evaluación de usabilidad de la herramienta de corte para sellos de seguridad se basa en disponer de un grupo de 20 personas que estén dentro de la población estudiada edades comprendidas entre los 18 y 50 años, que estén en constante contacto con el proceso de reciclaje. A cada persona se le pide que realice el proceso de separación de materiales de las botellas plásticas como normalmente lo realizan y con la herramienta que ellos tienen dispuesta para esa tarea, mientras se realiza ese proceso se toma evidencia de tiempo e imágenes. Luego de 5 min se les pide que descansen y luego retomen el mismo proceso con la propuesta de herramienta que se diseñó para este proceso, se realizan tomas de tiempo e imágenes. Se hace una prueba de aceptación en la que se define el diseño final de la herramienta y luego al finalizar esta tarea se realiza una encuesta de usabilidad en la que las personas responden preguntas sobre eficiencia, eficacia y satisfacción de la herramienta seleccionada.

**Figura 27** Pruebas en el contexto real con prototipo

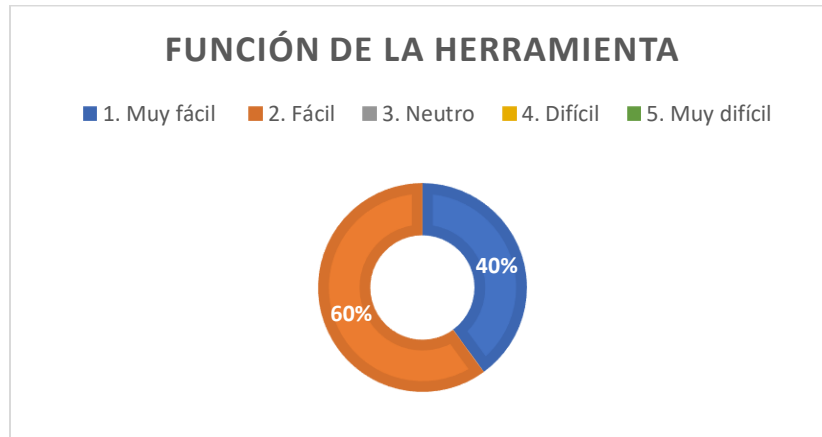
Pruebas de la herramienta con cuchilla curva con los usuarios en el ambiente real con las condiciones reales y situaciones que se presentan en todo el proceso de reciclaje.

#### 4.5.2.5 Resultados de la prueba.

A continuación, se presenta el análisis de cada pregunta en la prueba de usabilidad.

- ¿Cómo considera que identificó la función de la herramienta de corte?

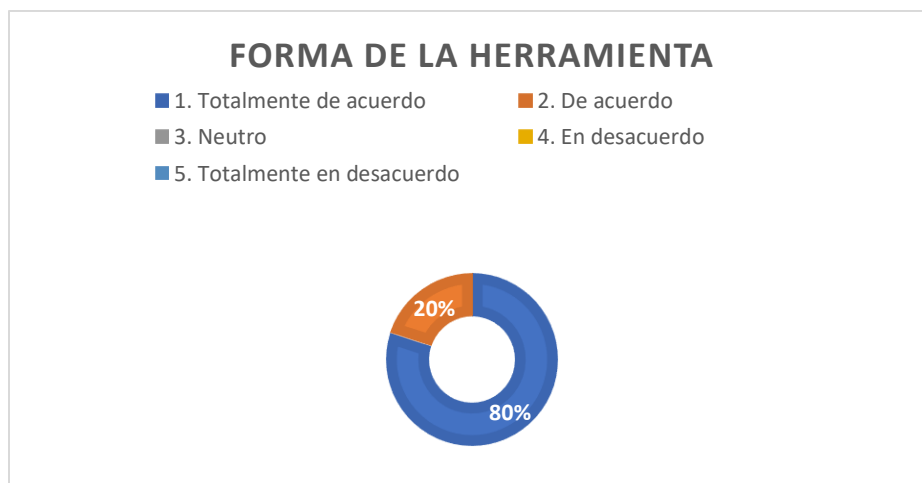
**Figura 28** Gráfica resultados de la pregunta 1 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 1 de la encuesta donde el rango es 1 (muy fácil) y 5 (muy difícil). En donde tenemos como resultado que la identificación de la tarea a desarrollar por la herramienta es asertiva dentro de la población.

- ¿La forma de la herramienta logra que se pueda retirar el sello de manera fácil y correcta?

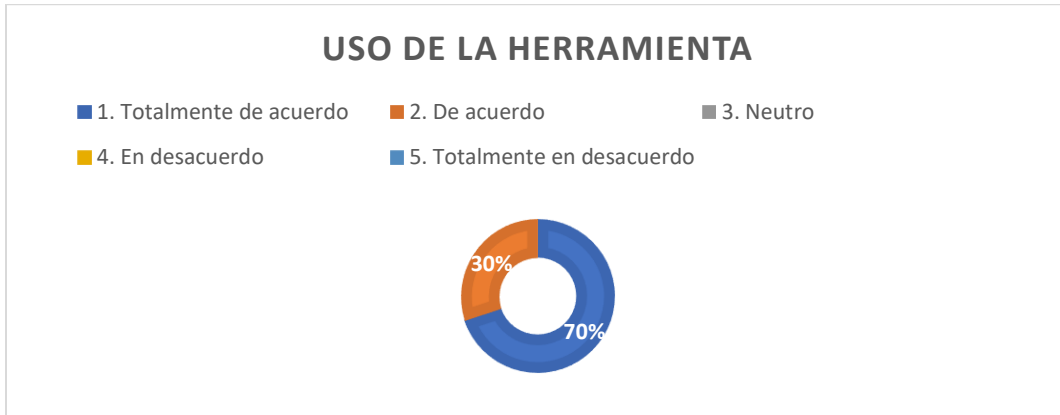
**Figura 29** Gráfica resultados de la pregunta 2 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 2 de la encuesta donde el rango es 1 (Totalmente de acuerdo) y 5 (Totalmente en desacuerdo). En donde tenemos como resultado que la forma de la herramienta es la adecuada para el retirado del sello de seguridad.

- ¿Consideraría el uso de la herramienta de corte en su diario trabajo de reciclaje?

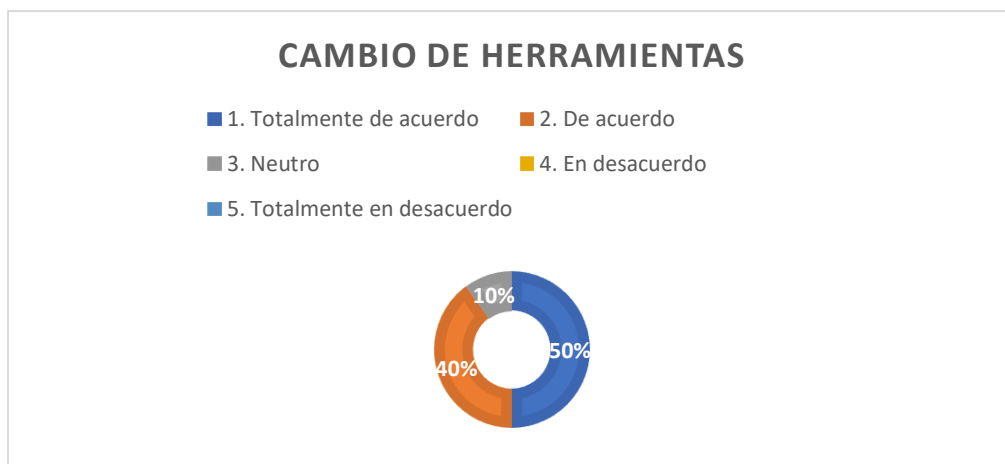
**Figura 30** Gráfica resultados de la pregunta 3 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 3 de la encuesta donde el rango es 1 (Totalmente de acuerdo) y 5 (Totalmente en desacuerdo). En donde tenemos como resultado que los usuarios considerarían el uso diario de la herramienta diseñada.

- ¿Contemplaría la opción de cambiar la herramienta convencional que usa a la herramienta de corte diseñada?

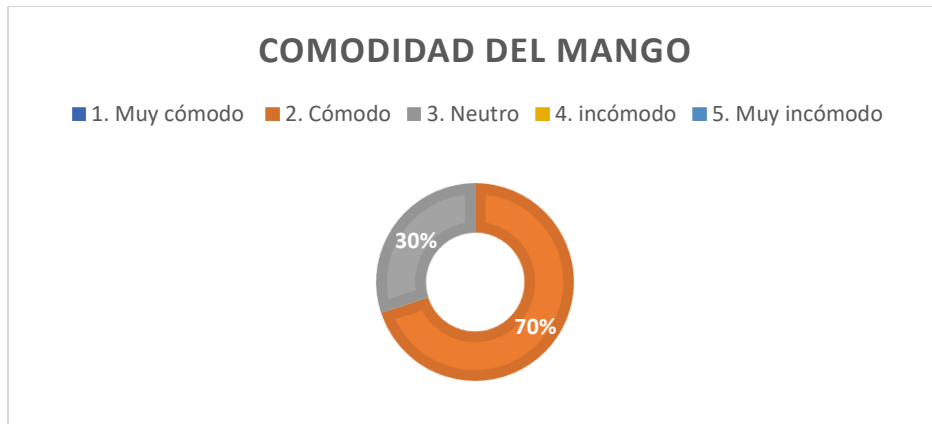
**Figura 31** Gráfica resultados de la pregunta 4 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 4 de la encuesta donde el rango es 1 (Totalmente de acuerdo) y 5 (Totalmente en desacuerdo). En donde tenemos como resultado que gran parte los usuarios están dispuestos a cambiar su actual herramienta por la diseñara para corte de los sellos.

- ¿Cómo considera la comodidad del mango en el uso de la herramienta?

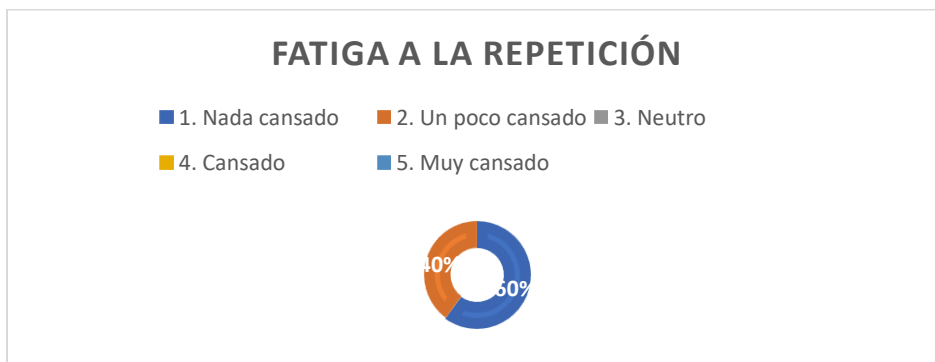
**Figura 32** Gráfica resultados de la pregunta 5 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 5 de la encuesta donde el rango es 1 (Muy cómodo) y 5 (Muy incómodo). En donde tenemos como resultado que los usuarios requieren una modificación y mejoría en el mango de la herramienta.

- ¿Como se sintió después de ejercer 10 repeticiones con la herramienta de corte?

**Figura 33** Gráfica resultados de la pregunta 6 de la prueba

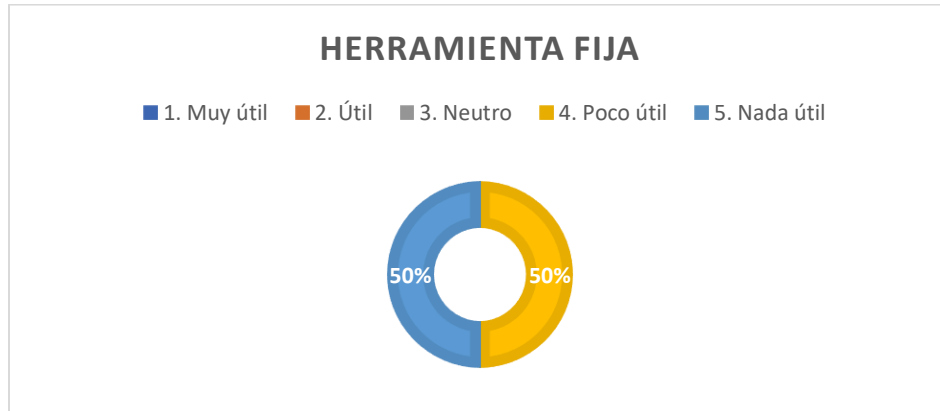


En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 6 de la encuesta donde el rango es 1 (Nada cansado) y 5 (Muy cansado). En donde tenemos como resultado que los

usuarios luego de 10 repeticiones sientes nada o poco cansancio en la realización de la tarea.

- ¿Cómo considera el hecho de que la herramienta se pueda usar de manera fija?

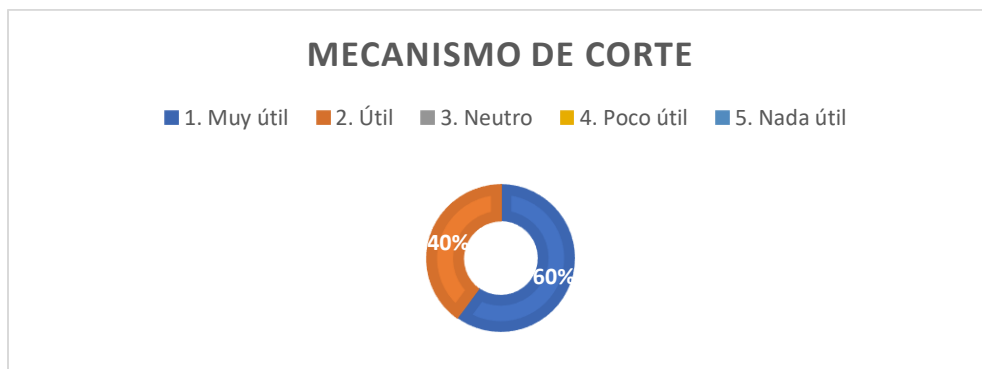
**Figura 34** Gráfica resultados de la pregunta 7 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 7 de la encuesta donde el rango es 1 (Muy útil) y 5 (Nada útil). En donde tenemos como resultado que a los usuarios les parece poco o nada útil establecer la herramienta de forma fija en el puesto de trabajo.

- ¿Cómo considera el mecanismo de corte que ejerce la herramienta en el sello?

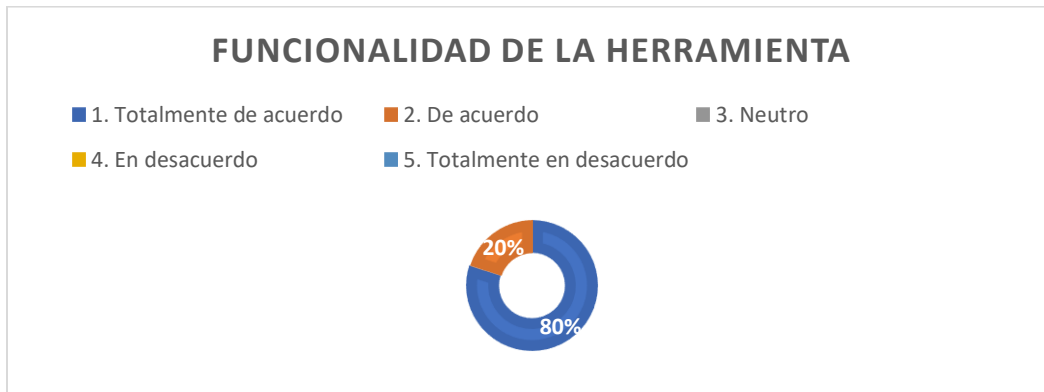
**Figura 35** Gráfica resultados de la pregunta 8 de la prueba



En esta grafica se muestran los resultados a la pregunta 8 de la encuesta donde el rango es 1 (Muy útil) y 5 (Nada útil). En donde el resultado es que el mecanismo de corte que se maneja en la herramienta es muy útil en cuanto a facilidad de corte y que el usuario logra el agarre del sello sin mayor complicación.

- ¿Considera que la herramienta cumple totalmente con la función de cortar el sello de la botella?

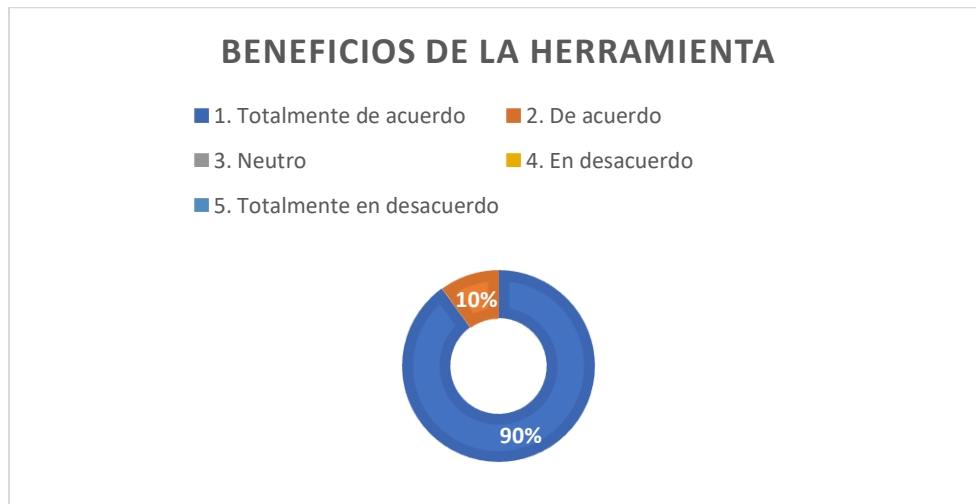
**Figura 36** Gráfica resultados de la pregunta 9 de la prueba



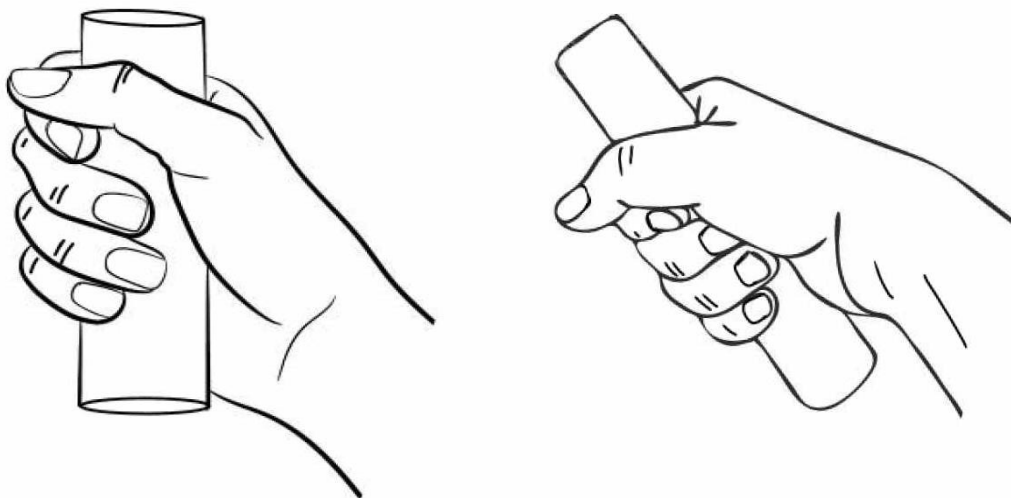
En esta gráfica se muestran los resultados a la pregunta 9 de la encuesta donde el rango es 1 (Totalmente de acuerdo) y 5 (Totalmente en desacuerdo). Con estos resultados se observa que los usuarios están de acuerdo con que la herramienta realiza con totalidad la función de corte de los sellos de seguridad.

- ¿Considera que la herramienta trae beneficios para el reciclaje en cuanto a facilitar el trabajo y disminuir el riesgo físico del usuario en la separación de los materiales?

**Figura 37** Gráfica resultados de la pregunta 10 de la prueba



En esta gráfica se muestran los resultados a la pregunta 10 de la encuesta donde el rango es 1 (Totalmente de acuerdo) y 5 (Totalmente en desacuerdo). Según los resultados los usuarios determinan que la herramienta trae beneficios al reciclaje y al proceso que ellos desarrollan con las botellas plásticas.

**Figura 38** *Movimiento ejercido por el operario al usar la herramienta*

Movimiento ejercido por el operario para el uso de la herramienta y el corte del sello de seguridad para la separación de materiales de la botella plástica que está representado en los movimientos naturales de la mano en donde la herramienta permite que el operario intercambie la herramienta de mano para ejercer un descanso de los movimientos. Se

realiza mediante un movimiento de la muñeca que se da máximo a 30° del plano central, lo que indica un movimiento natural de la mano.

#### 4.5.2.6 Conclusiones de la prueba

- Se concluye que el prototipo de prueba de la herramienta se adapta al proceso que realizan los operarios para retirar el sello de seguridad de las botellas.
- La herramienta brinda la seguridad necesaria para que el operario no tenga accidentes físicos al retirar el sello.
- En el proceso de empatizar con el usuario se identifica que los operarios retiraban tanto el sello como la etiqueta, en el momento de la validación del prototipo de prueba los operarios identificaron que esta herramienta les permitía también el retirado de la etiqueta sin problema lo que les permitía realizar un proceso más completo.
- Los operarios en el proceso de validación realizan recomendaciones para la mejora de la herramienta como el ajuste del mango para mayor agarre con recubrimiento para evitar el deslizamiento de la herramienta.

#### 4.5.2.7 Herramienta final de corte para sellos de seguridad

**Figura 39** *Diseño final herramienta de corte*





Diseño final de la herramienta de corte para sellos de seguridad de botellas plásticas en el proceso del reciclaje. Este diseño es establecido respecto a los resultados durante todo el proceso de estudio del usuario, los requerimientos que se plantearon y la realización de la tarea asignada. En cuanto a los materiales el mango es fabricado en PLA (ácido poliláctico) este material ofrece mantener las medidas exactas de la pieza, además aporta superficie antideslizante, la cuchilla es fabricada de acero al carbono que es uno de los materiales más utilizados para la fabricación de herramientas por sus propiedades. El mango es diseñado con medidas sugeridas por estudios de fabricación de herramientas como las medidas antropométricas tenidas en cuenta de los usuarios de este proyecto. El movimiento establecido es movimiento de muñeca máximo de  $30^\circ$  para mantener el plano natural de la mano, la fuerza que se le debe ejercer a la herramienta para realizar el corte del sello se tomó en cuenta del estudio de los valores de las fuerzas que poseen personas entre el rango de edades y características de nuestros usuarios, esta herramienta puede ser usada con ambas manos para realizar descansos que son importantes al realizar una tarea de manera repetitiva. Planos de construcción (Ver apéndice 3).

## 5 Conclusiones

- Se diseñó una herramienta de corte de sellos de seguridad siguiendo con el proceso de bocetación y modelados, llegando a una alternativa que cumple con los requisitos propuestos y realiza la tarea en su totalidad
- Se estudiaron distintos procesos para la fabricación de la herramienta y se estableció la fabricación manual y mecánica para obtener el resultado propuesto, se verificaron distintos materiales que se emplean para la fabricación de herramientas manuales y se determinó el acero al carbono que aporta las propiedades que se requieren, con esto se realizaron pruebas de modelado que ayudaron a verificar que el material establecido era correcto.
- Se comprueba el funcionamiento de la herramienta tanto en la realización de la tarea como en la adaptación que requiere con el usuario, se planteó una encuesta de usabilidad, en esta prueba se realiza un formulario de 10 preguntas con una escala gráfica de clasificación Likert la cual arrojó como resultado la aceptación de la alternativa y la decisión del usuario de usar la herramienta propuesta para su trabajo diario. Este es un prototipo de prueba que puede ser modificado y posteriormente comercializado.

## **6 Recomendaciones**

- Comprobar siempre que la herramienta se encuentra en buen estado, astillado, deformado, roto o deteriorado.
- Revisar periódicamente por personal especializado comprobando el correcto estado de la herramienta
- Después de utilizarla dejarla siempre limpia
- Guardarla siempre en su lugar después de dejar de usarla
- Revisar el filo cada vez que se deba utilizar y no usar sin el debido filo
- Afilarse la herramienta cada vez, teniendo en cuenta el uso dado

### Referencias bibliográficas

- Askeland, D. R., & Wright, W. J. (2016). *Ciencia e ingeniería de materiales*. Monterrey: Cengage Learning Editores, S.A.
- Bustos, B., Acevedo, A., & Lozano, R. (2018). Valores de fuerza prensil de mano en sujetos aparentemente sanos de la ciudad de Cúcuta, Colombia. *Med UNAB*, 1-15.
- Bustos, B., Acevedo, A., & Rafael, L. (2018). Valores de fuerza prensil de mano en sujetos aparentemente sanos de la ciudad de Cúcuta, Colombia. *Artículo de investigación científica y tecnológica*, 14.
- COLOMBIA, C. D. (2019). *CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA*. Obtenido de CONGRESO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA : <https://senado.gov.co/index.php/documentos/comisiones/constitucionales/comision-quinta/proyectos-de-ley/proyectos-de-ley-y-ponencias-periodo-constitucional-2018-2022/listado-de-proyectos-de-ley-en-tramite-legislatura-20-julio-2019-20-julio-2020-1/p-de-l-n>
- ESCALONA, P., NARANJO, J., LAGOS, V., & SOLÍS, F. (2009). *Parámetros de Normalidad en Fuerzas*.
- Fernández, Y. G. (19 de 03 de 2021). *Diseño ergonómico de herramientas manuales*. Obtenido de Diseño ergonómico de herramientas manuales: <https://catergo.cat/disenio-ergonomico-de-herramientas-manuales/>
- Grupo Tecnología Mecánica . (2023). *TIPOS DE HERRAMIENTAS*.
- Juarez, C. I. (2015). *Elemento finito aplicado a la estática*. Puebla.
- López, L. A. (2012). *Biomecánica y patrones funcionales de la mano*. Bogota: Morfolia.
- Lugo, M., & Villegas, E. (21 de Enero de 2021). *La metodología Desing Thinking para la innovación y centrada en la*. Obtenido de La metodología Desing Thinking para la innovación y centrada en la: [LametodologaDesingThinkingparalainnovacinycentradaenlapersona.pdf](#)
- MAPRES, R. (03 de FEBRERO de 2021). *CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLÁSTICOS*. Obtenido de CÓDIGO IDENTIFICACIÓN PLÁSTICOS : <https://www.reciclamapres.com/post/como-identificar-el-pl%C3%A1stico>
- Molina, R., & Mora, B. (2019). *Diseño y construcción de un prototipo de exoesqueleto*. Bucaramanga .

- Newell, J. (2011). *CIENCIA DE LOS MATERIALES*. NEW JERSEY: Alfaomega Grupo Editor.
- Nieto, E., & Matínez, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*.
- Ramos, C. (10 de Julio de 2017). *Entendiendo Design Thinking y conociendo sus técnicas*. Obtenido de Entendiendo Design Thinking y conociendo sus técnicas: <https://cristinaramosvega.com/entendiendo-design-thinking-conociendo-tecnicas/>
- Ramos, R. G. (s.f.). *Design Thinking en Español*. Obtenido de Design Thinking en Español: <https://www.designthinking.es/inicio/index.php>
- Roca, I. (2005). *ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y APLICACIONES INDUSTRIALES*. Guatemala : UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- SÁNCHEZ, H. (2016). *CONSIDERACIONES ANATÓMICAS EN EL DISEÑO*. Bogotá.
- SINTAC. (18 de JULIO de 2022). *SINTAC RECYCLING*. Obtenido de SINTAC RECYCLING : <https://sintac.es/los-principales-usos-y-caracteristicas-del-poli-etileno-de-tereftalato/>
- SPG. (s.f.). *CIENCIA DE LOS MATERIALES SPG*. Obtenido de CIENCIA DE LOS MATERIALES SPG: <https://www.spg-pack.com/blog/codigos-identificacion-plasticos/>