



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

“DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SUAJE PARA EL CORTE DE  
LÁMINA DE POLIETILÉN TEREFALATO (PET) PARA EL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE CARETAS PROTECTORAS DEL  
VIRUS COVID -19.”

## TESIS

Para obtener el título de:

**INGENIERO EN DISEÑO**

Presenta:

**KARLA STEPHANIA SÁNCHEZ SILVA**

Director de tesis:

M.D.I. Fernando Iturbide Jiménez

Codirector:

Dr. Álvaro de Jesús Mendoza Jasso

H. Cd. de Huajuapán de León, Oaxaca. Marzo, 2023.





*Dedico el presente trabajo de grado a mis padres como agradecimiento al apoyo incondicional y la confianza que han depositado en mí durante estos años de estudio. Se los dedico como muestra de gratitud por ayudarme a conseguir este logro en mi vida . . .*

**A mi madre:**

Elvira Pilar Silva Carmona

**A mi padre:**

Félix Octavio Sánchez Vásquez



# Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres por ofrecerme la oportunidad de estudiar y escoger siempre lo que me hace feliz, gracias a ellos es que me encuentro aquí ahora, por sus esfuerzos, desvelos y amor incondicional.

A mis hermanos; Chava con quien pude contar desde el momento en el que llegue al mundo y ha sido una de mis mayores influencias, y Angelito que me motiva a ser una mejor persona.

A mis abuelitos, que son un pilar muy importante en mi vida, siempre me han hecho sentir su apoyo y han sido una gran motivación para alcanzar este logro.

A Eddy por escucharme con paciencia, apoyarme y motivarme con su amor a cumplir todo lo que me proponga. A mis amigas Airy y Alexandra de quienes he aprendido demasiado, dentro y fuera del ámbito académico, y que durante este tiempo que hemos compartido me han regalado experiencias y recuerdos muy especiales que guardo conmigo.

Agradezco también a mi director, M. D. I. Fernando Iturbide Jiménez por todo su apoyo y tiempo que ha dedicado a este proyecto, por presionarme y motivarme a continuar y a mi coodirector el Dr. Álvaro Jesús Mendoza Jasso por su tiempo y comprensión.

Y por último a la Universidad Tecnológica de la Mixteca por ser mi casa de estudios por estos 5 años, por todos los apoyos que recibí, las oportunidades que aquí tomé, las personas que conocí y los momentos inolvidables que aquí viví.



# Índice

Dedicatoria	III
Agradecimientos	V
Resumen	XVII
Introducción	XIX
<b>1 Aspectos preliminares</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema. . . . .	2
1.2 Justificación . . . . .	7
1.3 Objetivos . . . . .	8
1.3.1 Objetivo general . . . . .	8
1.3.2 Objetivos específicos . . . . .	9
1.4 Metodología . . . . .	9
<b>2 Marco teórico</b>	<b>11</b>
2.1 Procesos de manufactura . . . . .	12
2.2 Material a procesar . . . . .	19
2.2.1 Concepto . . . . .	22
2.2.2 Historia . . . . .	22
2.2.3 Propiedades del PET . . . . .	24
2.3 Lámina de Polietilen Tereftalato . . . . .	27
2.3.1 Transformación . . . . .	28
2.3.2 Corte . . . . .	29

2.3.3	Conformidad sanitaria . . . . .	30
2.3.4	Reciclado y recuperación . . . . .	30
2.4	Componentes de un suaje . . . . .	31
2.4.1	Madera . . . . .	32
2.4.1.1	Pino ( <i>Pinus taeda L.</i> ) . . . . .	32
2.4.1.2	Abedul ( <i>Betula pendula Roth</i> ) . . . . .	34
2.4.1.3	Maple ( <i>Acer saccharum Marsh</i> ) . . . . .	35
2.4.2	Cuchillas . . . . .	36
2.4.2.1	Dimensiones . . . . .	37
2.4.3	Hule expulsor o botador . . . . .	39
2.5	Equipo necesario para la fabricación de suajes . . . . .	41
2.5.1	Caladora . . . . .	41
2.5.2	Router CNC . . . . .	42
2.5.3	Máquina de corte láser . . . . .	43
2.5.4	Máquina puenteadora . . . . .	45
2.5.5	Máquina flejadora . . . . .	46
2.6	Máquinas suajadoras disponibles en el mercado . . . . .	46
2.6.1	Máquinas suajadoras manuales . . . . .	47
2.6.2	Máquinas suajadoras eléctricas . . . . .	49
2.7	Selección de máquina suajadora . . . . .	50
<b>3</b>	<b>Desarrollo del concepto</b>	<b>53</b>
3.1	Identificación de necesidades del cliente . . . . .	54
3.1.1	Recopilación de datos del cliente . . . . .	56
3.1.2	Jerarquización de las necesidades del cliente . . . . .	58
3.2	Especificaciones del producto . . . . .	58
3.2.1	Elaboración de métricas del producto . . . . .	60
3.2.2	Análisis de productos de la competencia . . . . .	62
3.3	Requerimientos de diseño . . . . .	66
3.3.1	Requerimientos de diseño del suaje . . . . .	67

3.3.1.1	Requerimientos de uso . . . . .	67
3.3.1.2	Requerimientos de función . . . . .	68
3.3.1.3	Requerimientos estructurales . . . . .	68
3.3.1.4	Requerimientos técnico-productivos . . . . .	69
3.3.2	Requerimientos de diseño de la prensa . . . . .	69
3.3.2.1	Requerimientos de uso . . . . .	69
3.3.2.2	Requerimientos de función . . . . .	70
3.3.2.3	Requerimientos estructurales . . . . .	71
3.3.2.4	Requerimientos técnico-productivos . . . . .	71
3.4	Generación de conceptos . . . . .	72
3.4.1	Aclarar el problema . . . . .	72
3.4.2	Búsqueda de soluciones externas . . . . .	73
3.4.3	Búsqueda de soluciones internas . . . . .	79
3.4.4	Conceptualización . . . . .	84
<b>4</b>	<b>Diseño en el nivel sistema</b>	<b>93</b>
4.1	Subfunción: Energía . . . . .	94
4.2	Subfunción: Material a procesar . . . . .	97
4.2.1	Madera . . . . .	98
4.2.2	Flejes . . . . .	99
4.2.3	Hule botador . . . . .	100
4.3	Subfunción: Acción de herramienta . . . . .	101
4.3.1	Características del brazo palanca . . . . .	101
4.3.2	Dimensiones requeridas de leva-seguidor . . . . .	102
<b>5</b>	<b>Diseño de detalle</b>	<b>109</b>
<b>6</b>	<b>Pruebas y refinamiento</b>	<b>127</b>
6.1	Análisis ergonómico . . . . .	128
6.1.1	Norma EN 1005-3. . . . .	128
6.2	Análisis estático . . . . .	134

6.2.1	Análisis del brazo de palanca . . . . .	134
6.2.2	Análisis del perno de sujeción . . . . .	137
	<b>Conclusiones</b>	<b>139</b>
	<b>Trabajos futuros</b>	<b>143</b>
	<b>Referencias</b>	<b>144</b>



# Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Proceso de fabricación de las caretas covid-19. . . . .	3
<b>Figura 2</b>	Proceso del corte de secciones de lámina de PET. . . . .	4
<b>Figura 3</b>	Proceso de corte de la geometría exterior de lámina de PET. . . . .	6
<b>Figura 4</b>	Metodología de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger. . . . .	10
<b>Figura 5</b>	Dos maneras de definir manufactura. . . . .	12
<b>Figura 6</b>	Clasificación de los procesos de manufactura. . . . .	13
<b>Figura 7</b>	Clasificación de los procesos de formado. . . . .	14
<b>Figura 8</b>	Técnicas remoción de material. . . . .	15
<b>Figura 9</b>	Cizallado o corte de una lámina metálica entre dos bordes cortantes. . . . .	16
<b>Figura 10</b>	Ejemplos de cizallas disponibles en el mercado. . . . .	16
<b>Figura 11</b>	Procesos de corte mediante troquelado en la industria del metal. . . . .	17
<b>Figura 12</b>	Etapas del corte y partes de un troquel. . . . .	17
<b>Figura 13</b>	Ejemplos de troqueladoras disponibles en el mercado. . . . .	18
<b>Figura 14</b>	Clasificación del suajado dentro de los procesos de manufactura. . . . .	19
<b>Figura 15</b>	Materiales de ingeniería. . . . .	20
<b>Figura 16</b>	Clasificación de los materiales de ingeniería. . . . .	21
<b>Figura 17</b>	Composición química del PET. . . . .	21
<b>Figura 18</b>	Clasificación de los poliésteres termoplásticos. . . . .	22
<b>Figura 19</b>	Grados del Polietilén Tereftalato. . . . .	23
<b>Figura 20</b>	Ordenamiento molecular del poliéster termoplástico. . . . .	24
<b>Figura 21</b>	Densidad de diferentes tipos de plásticos. . . . .	25
<b>Figura 22</b>	Productos elaborados con lámina de PET. . . . .	28
<b>Figura 23</b>	Esquema de extrusor. . . . .	29

<b>Figura 24</b>	Elementos presentes en el proceso de suajado. . . . .	31
<b>Figura 25</b>	Madera con tendencia a atear. . . . .	33
<b>Figura 26</b>	Perfiles de plecas para suajado. . . . .	37
<b>Figura 27</b>	Tipos de biselado de los flejes de corte. . . . .	38
<b>Figura 28</b>	Corte multicapa con fleje biselado lateral facetado. . . . .	39
<b>Figura 29</b>	Hules expulsores usados en la fabricación de suajes. . . . .	40
<b>Figura 30</b>	Caladora de mesa utilizada en la elaboración de un suaje. . . . .	42
<b>Figura 31</b>	Router comercial modelo PCX-BT. . . . .	43
<b>Figura 32</b>	Máquina de corte láser. . . . .	44
<b>Figura 33</b>	Relación de los puentes y las muescas de los flejes en un suaje . . . .	45
<b>Figura 34</b>	Máquinas para procesar flejes. . . . .	46
<b>Figura 35</b>	Primer modelo de máquina suajadora manual. . . . .	47
<b>Figura 36</b>	Segundo modelo de máquina suajadora manual. . . . .	47
<b>Figura 37</b>	Tercer modelo de máquina suajadora manual. . . . .	48
<b>Figura 38</b>	Cuarto modelo de máquina suajadora manual. . . . .	48
<b>Figura 39</b>	Primer modelo de máquina suajadora eléctrica. . . . .	49
<b>Figura 40</b>	Segundo modelo de máquina suajadora eléctrica. . . . .	49
<b>Figura 41</b>	Tercer modelo de máquina suajadora eléctrica. . . . .	50
<b>Figura 42</b>	Prensa para cortar esquinas . . . . .	63
<b>Figura 43</b>	Prensa para cortar cuero . . . . .	64
<b>Figura 44</b>	Prensa multiusos . . . . .	65
<b>Figura 45</b>	Prensa para ojales . . . . .	65
<b>Figura 46</b>	Geometría de la lámina de PET usada en las caretas. . . . .	67
<b>Figura 47</b>	Diagrama funcional de una herramienta manual para corte de láminas de PET. . . . .	73
<b>Figura 48</b>	Mecanismo de presión por rodillos. . . . .	74
<b>Figura 49</b>	Mecanismo de troquel lineal. . . . .	75
<b>Figura 50</b>	Variantes de un mecanismo de tipo leva-seguidor. . . . .	76
<b>Figura 51</b>	Mecanismo leva de placa con seguidor de cara esférica. . . . .	77

<b>Figura 52</b>	Mecanismo de troquel angular. . . . .	78
<b>Figura 53</b>	Parámetros característicos de las palancas. . . . .	78
<b>Figura 54</b>	Tipos de palancas. . . . .	79
<b>Figura 55</b>	Vistas generales del suaje. . . . .	84
<b>Figura 56</b>	Elementos del suaje. . . . .	85
<b>Figura 57</b>	Vistas generales - Propuesta de prensa 1. . . . .	85
<b>Figura 58</b>	Elementos del mecanismo de palanca. . . . .	86
<b>Figura 59</b>	Interacción del usuario con la herramienta. . . . .	86
<b>Figura 60</b>	Vistas generales - Propuesta de prensa 1. . . . .	87
<b>Figura 61</b>	Ensamble del suaje en la prensa. . . . .	87
<b>Figura 62</b>	Elementos del mecanismo de leva-seguidor. . . . .	88
<b>Figura 63</b>	Interacción del usuario con la herramienta. . . . .	88
<b>Figura 64</b>	Prototipo de prensa con mecanismo de palanca. . . . .	89
<b>Figura 65</b>	Prototipo de prensa con mecanismo de leva-seguidor. . . . .	89
<b>Figura 66</b>	Vistas generales - Propuesta de prensa 3. . . . .	91
<b>Figura 67</b>	Interacción del usuario con la herramienta. . . . .	91
<b>Figura 68</b>	Elementos del mecanismo definido en el concepto 3. . . . .	92
<b>Figura 69</b>	Área en la sección. . . . .	95
<b>Figura 70</b>	Perímetro total a cortar. . . . .	96
<b>Figura 71</b>	Herramienta para realizar la operación de desbaste. . . . .	98
<b>Figura 72</b>	Fleje de filo dentado y biselado lateral facetado (BB). . . . .	99
<b>Figura 73</b>	Longitud de cada sección de fleje. . . . .	100
<b>Figura 74</b>	Dimensiones del brazo de palanca. . . . .	102
<b>Figura 75</b>	Leva de placa tipo excéntrica. . . . .	102
<b>Figura 76</b>	Prueba para determinar la altura a salvar con el mecanismo de leva. . . . .	103
<b>Figura 77</b>	Ánálisis del mecanismo leva-seguidor para establecer dimensiones. . . . .	103
<b>Figura 78</b>	Dimensiones de la leva. . . . .	104
<b>Figura 79</b>	Diseño conceptual de suaje. . . . .	110

<b>Figura 80</b>	Suaje montado en la máquina seleccionada. . . . .	111
<b>Figura 81</b>	Modo de uso de la máquina seleccionada. . . . .	112
<b>Figura 82</b>	Suaje montado en prensa manual, posición de reposo. . . . .	113
<b>Figura 83</b>	Suaje montado en prensa manual, posición de corte. . . . .	114
<b>Figura 84</b>	Ensamblaje en prensa manual - paso 1 . . . . .	114
<b>Figura 85</b>	Ensamblaje en prensa manual - paso 2 . . . . .	115
<b>Figura 86</b>	Ensamblaje en prensa manual - paso 3 . . . . .	115
<b>Figura 87</b>	Vista seccionada de prensa manual con suaje. . . . .	116
<b>Figura 88</b>	Posición inicial del fleje antes de penetrar el material. . . . .	117
<b>Figura 89</b>	Penetración del fleje en las láminas de PET. . . . .	117
<b>Figura 90</b>	Corte completo de las tres láminas de PET. . . . .	118
<b>Figura 91</b>	Distribución de género y edad considerados en la evaluación. . . . .	129
<b>Figura 92</b>	Acción a evaluar. . . . .	130
<b>Figura 93</b>	Selección del tipo de acción a evaluar. . . . .	131
<b>Figura 94</b>	Resultados del primer análisis. . . . .	132
<b>Figura 95</b>	Resultados del segundo análisis. . . . .	133
<b>Figura 96</b>	Piezas seleccionadas para realizar el análisis estático. . . . .	134
<b>Figura 97</b>	Sujeciones y cargas del brazo de palanca. . . . .	135
<b>Figura 98</b>	Valores máximos y mínimos de las tensiones presentadas en el brazo de palanca. . . . .	136
<b>Figura 99</b>	Valores máximos y mínimos de los desplazamientos presentados en el brazo de palanca. . . . .	136
<b>Figura 100</b>	Sujeciones y cargas aplicadas al perno. . . . .	137
<b>Figura 101</b>	Valores máximos y mínimos de las tensiones presentadas en el perno.	138
<b>Figura 102</b>	Valores máximos y mínimos de los desplazamientos presentadas en el perno. . . . .	138

# Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Modelos de caretas que se han fabricado. . . . .	5
<b>Tabla 2</b>	Objetivos específicos y metas. . . . .	9
<b>Tabla 3</b>	Resistencia química del Polietilén Tereftalato. . . . .	27
<b>Tabla 4</b>	Resistencia al corte con diversos herramientas. . . . .	30
<b>Tabla 5</b>	Hule botador para suajes . . . . .	40
<b>Tabla 6</b>	Identificación de las necesidades del usuario. . . . .	54
<b>Tabla 7</b>	Recopilación de datos . . . . .	56
<b>Tabla 8</b>	Lista de necesidades jerarquizadas. . . . .	58
<b>Tabla 9</b>	Especificaciones del producto. . . . .	59
<b>Tabla 10</b>	Métricas para el diseño del producto. . . . .	60
<b>Tabla 11</b>	Cotización de suajes. . . . .	62
<b>Tabla 12</b>	Tabla de comparación de prensas manuales de corte. . . . .	63
<b>Tabla 13</b>	Datos obtenidos del análisis de la competencia. . . . .	66
<b>Tabla 14</b>	Requerimientos de uso del suaje . . . . .	67
<b>Tabla 15</b>	Requerimientos de función del suaje. . . . .	68
<b>Tabla 16</b>	Requerimientos estructurales del suaje. . . . .	68
<b>Tabla 17</b>	Requerimientos técnico-productivos del suaje. . . . .	69
<b>Tabla 18</b>	Requerimientos de uso de la prensa . . . . .	70
<b>Tabla 19</b>	Requerimientos de función de la prensa. . . . .	71
<b>Tabla 20</b>	Requerimientos estructurales de la prensa. . . . .	71
<b>Tabla 21</b>	Requerimientos técnico-productivos de la prensa. . . . .	72
<b>Tabla 22</b>	Lista de atributos: energía. . . . .	81

<b>Tabla 23</b>	Listado con ideas de mejora para cada aspecto . . . . .	82
<b>Tabla 24</b>	Listado con ideas de mejora para cada aspecto . . . . .	83
<b>Tabla 25</b>	Análisis de los conceptos realizados. . . . .	90
<b>Tabla 26</b>	Subfunciones que realiza la herramienta de corte. . . . .	94
<b>Tabla 27</b>	Procesos de manufactura del mecanismo . . . . .	105
<b>Tabla 28</b>	Comparativa del corte de láminas de PET con antiguo proceso y con las propuestas de mejora. . . . .	139

## Resumen

\* Durante la pandemia de Covid-19 se realizaron gran cantidad de proyectos para apoyar en la emergencia sanitaria y es así como surgió esta investigación, en base a la observación del proceso de fabricación de caretas que buscó desarrollar el diseño conceptual de un suaje para realizar el corte recto y curvo de la lámina de Polietilén Tereftalato (PET) utilizada en el proceso de fabricación de caretas protectoras del virus Covid -19, generando la delimitación de la geometría de la careta y los orificios para la sujeción de la misma.

Se realizaron investigaciones de los materiales y procesos de manufactura, así como de lo que ofrece el mercado actual en esta área, y tomando como base la metodología de “Diseño y desarrollo de productos” de Ulrich & Eppinger (2012) y el Manual de diseño industrial de Rodríguez (2010), se hizo la planeación del proyecto y se identificaron los requerimientos de diseño que sirvieron como el fundamento en el que se basa el diseño de este modelo de suaje y prensa.

En las etapas posteriores se realizaron cálculos del mecanismo a utilizar y se definió el concepto del producto especificando cada uno de sus componentes, obteniendo así un modelo 3D que permite visualizar las partes, el método de ensamblaje y el funcionamiento del suaje. Con este modelo y a través de análisis ergonómicos y estáticos realizados, se pudo validar la resistencia de los componentes y se demuestra que se puede realizar la operación de corte de manera satisfactoria, cumpliendo con el objetivo del proyecto.





# Introducción

\* La pandemia de COVID-19, actualmente en curso se derivó de la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2 en marzo del año 2020. Aunque se estima que un 60 % de la población mundial ya cuenta con al menos una dosis de la vacuna, durante el presente año 2023 se siguen reportando casos de esta enfermedad, por la facilidad de contagio. El virus se transmite a través de pequeñas gotas de saliva, que se emiten al hablar, estornudar, toser o respirar.

Las medidas de prevención recomendadas incluyen lavarse las manos, cubrirse la boca al toser, distanciamiento físico y el uso de máscaras faciales. Al declararse una emergencia de salud pública causó un desabasto de material de protección para la población en general y principalmente para los médicos que estaban en contacto directo con las personas infectadas.

A partir de un proyecto realizado por la Universidad Tecnológica de la Mixteca para la fabricación de caretas protectoras, se detecta la oportunidad de generar un proyecto para mejorar una parte de dicho proceso, haciendo uso de los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería en Diseño.

Se propone como solución la implementación de una herramienta manual en el proceso de corte de lámina de PET. Para ello el objetivo general de esta investigación es el diseño conceptual de un suaje montado en una prensa, basando el funcionamiento en las características del material a procesar.

La tesis se divide en 7 capítulos, utilizando como guía la metodología de "diseño y desarrollo de productos" de Ulrich y Eppinger (2012). En los primeros 2 capítulos se muestran conceptos necesarios para la resolución del problema y la planeación del proyecto.

En el capítulo 3 se muestra el desarrollo del concepto, partiendo de esto en los siguientes tres capítulos se realizan los ajustes y especificaciones necesarias hasta obtener la conceptualización final del producto, y evaluarlo en el capítulo 6.

Por último se muestran las conclusiones obtenidas una vez que se terminó el proceso y la propuesta de temas de investigación en trabajos futuros.



# Capítulo 1

## Aspectos preliminares

## 1.1. Planteamiento del problema.

En el mes de marzo de 2020 la OMS (2020) declaró que el brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19) es una pandemia, y desde entonces la enfermedad ha tenido gran impacto en todo el mundo. Debido a la facilidad y rapidez de contagio de dicha enfermedad los sistemas de salud se han visto colapsados, conforme aumenta el número de casos, también aumenta el riesgo de saturación en los hospitales, y México no ha sido la excepción, pues el personal médico no es suficiente para tratar a todos los casos, y los médicos que están luchando contra la pandemia no cuentan con el equipo de protección necesario para evitar contagiarse. Atendiendo a esta última problemática han surgido instituciones y asociaciones civiles que están buscando soluciones para apoyar al personal médico con equipo de protección.

En el estado de Oaxaca, específicamente en la Universidad Tecnológica de la Mixteca un grupo de profesores investigadores diseñaron un modelo de careta y participaron en una convocatoria lanzada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con un proyecto denominado “Careta para uso del personal del sector salud y personal que realiza actividades esenciales” con el cual se pretende elaborar caretas que serán distribuidas al sector salud del estado y demás personal que se encuentre expuesto a dicha enfermedad.

El proceso de fabricación se lleva a cabo dentro de las instalaciones de la UTM, primeramente, se elaboran las viseras en una máquina de moldeo por inyección de plástico, una vez que se tienen conformadas las piezas inyectadas se lavan y se remueven los puntos de inyección y filos existentes, a la par de estas operaciones se lleva a cabo el corte de la cubierta de PET. Por último, en una zona libre de contaminantes se lleva a cabo el ensamblaje, se desinfecta cada componente, se agregan elementos de sujeción, se empaquetan individualmente junto con un instructivo y se almacenan en espera de su distribución. (Cruz et al., 2020) . En la Figura 1 se muestran las operaciones de manufactura que se llevan a cabo para la fabricación de una careta.

**Figura 1** Proceso de fabricación de las caretas covid-19.



Nota. El gráfico describe el proceso de fabricación de las caretas elaboradas en la UTM.  
Fuente: Cruz et al., 2020.

Este proyecto se enfoca precisamente a la etapa del corte de la mica de PET usada en la fabricación de las caretas. Este material se compra por rollo y lo primero que se hace es cortar tramos de mica del rollo en una prensa (que originalmente es una máquina de termoformado que ha quedado obsoleta), en esta etapa participan tres operarios tal como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2** Proceso del corte de secciones de lámina de PET.

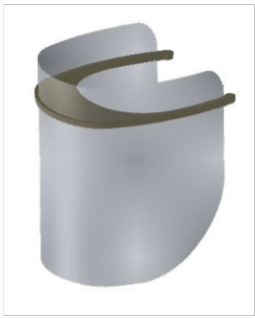


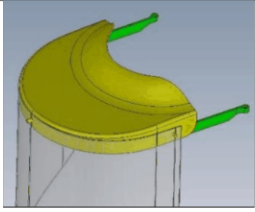


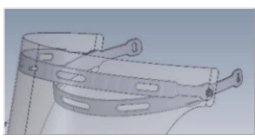
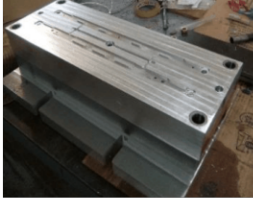



Nota. En la imagen se muestran las etapas del corte: a) El operario 1 coloca el rollo de PET. b) Los operarios 2 y 3 prensan el tramo que se va a cortar. c) El operario 2 realiza el corte con un cúter, mientras el operario 3 estira la mica. d) El operario 1 coloca una marca para el siguiente corte.

Las caretas que fabricadas en la Universidad Tecnológica de la Mixteca tuvieron algunas modificaciones desde el primer modelo al que se llegó para fabricar las ultimas unidades (ver Tabla 1). Como se puede observar los cambios principalmente fueron en la forma de la visera y el tipo de moldeo usado para su conformación. En la última modificación del diseño se cambió el método de sujeción de la lámina a la visera, por lo que se adicionó una operación al

proceso de corte que se realiza en el taller de metales, en donde se hacen cuatro perforaciones en la parte superior de la geometría que son necesarias para el montaje de la careta.

**Tabla 1** Modelos de caretas que se han fabricado.

Diseño	Modelo CAD	Herramienta - Molde de inyección	Prototipos de caretas
1			
2			
3			

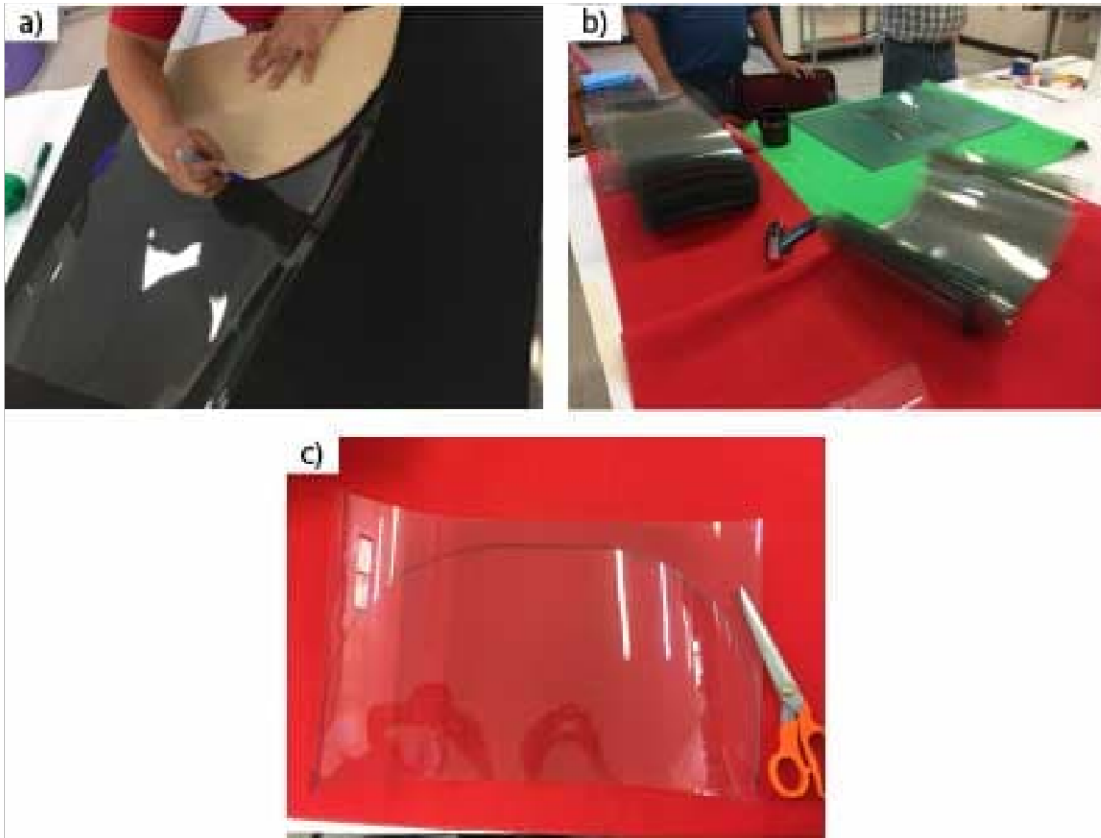
Nota. En la tabla se muestran los modelos fabricados y el tipo de moldeo usado. Fuente: Cruz et al., 2020.

Una vez que se tienen los tramos ya cortados se usan moldes para marcar la forma en la mica, ya marcadas las micas se procede a recortar el contorno haciendo uso de tijeras o cúter (ver Figura 3). Durante estas operaciones se requieren alrededor de cuatro operarios, en donde dos de ellos están dedicados al trazo del contorno y dos más realizando los cortes.

La calidad y precisión de los cortes van acorde al nivel de cansancio y desgaste del trabajador, ya que depende mucho de sus sentidos para realizar esta actividad, por lo que todo esto influye en la precisión de los cortes, desperdicio de material, daños y desgaste en la herramienta de



**Figura 3** Proceso de corte de la geometría exterior de lámina de PET.



Nota. Se muestran los pasos necesarios para realizar el corte. a) El operario realiza una marca usando un molde y un plumón permanente. b) El corte con cúter era realizado por operarios masculinos pues necesitaba mayor fuerza para lograr el corte. c) Corte con tijeras.

corte. En esta parte del proceso más de un operario ha sufrido cortaduras e incluso llegan a presentar molestias en la mano por el movimiento repetitivo realizado por largos periodos de tiempo. Debido a la problemática descrita anteriormente se propone el diseño de un suaje para ser usado en una máquina suajadora, y así optimizar esta fase de la fabricación de las caretas, reduciendo tiempos, mejorando y uniformizando la calidad del corte, y garantizando la seguridad del operario.



## 1.2. Justificación

Las enfermedades altamente infecciosas como la que es causada por el virus SARS-CoV2, representan un reto para los trabajadores de la salud ya que se enfrentan a un mayor riesgo de contagio que la población general por lo que el abastecimiento del Equipo de Protección Personal (EPP) resulta fundamental. El uso del EPP debe realizarse como parte de otras estrategias de prevención y control de infecciones, considerando que los potenciales mecanismos de transmisión de SARSCoV-2 son: contacto, gotas y aerosolización. (Zhen-Dong Guo, 2020).

A pesar de que actualmente ya se está llevando a cabo el proceso de vacunación en el país, la producción de caretas covid-19 continúa en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca ya que son un EPP que, así como el cubrebocas han llegado para quedarse por tiempo indefinido. Cabe mencionar también que al igual que sirven para reducir el riesgo de contagio de Covid-19 son de gran utilidad para cualquier otro tipo de enfermedad contagiosa cuyas vías de transmisión sean ojos, nariz y boca. El presente proyecto de tesis, al ser llevado a la práctica busca intervenir en el proceso de fabricación de dichas caretas pues la implementación de una máquina suajadora de láminas de Polietilén Tereftalato (PET) ayudará a incrementar la capacidad de producción y mejorar la calidad del producto terminado. Esto tomando en cuenta los siguientes aspectos.

- a). Reducción de tiempos en esa parte del proceso.
- b). Reducción de personal necesario en esta área en específico.
- c). Obtener cortes uniformes y de mejor calidad.

De aquí la importancia de este proyecto, desde el punto de vista industrial ya que se trata de optimizar esta etapa de la producción, disminuyendo el número de operarios necesarios y el tiempo invertido, además de que se reducen accidentes en el trabajo y se mejoran las características de las micas dado que al cortarlas mediante un proceso de suajado se espera que todas las unidades sean uniformes y con un corte de mayor calidad.

Desde el punto de vista tecnológico se obtendrá un mejor aprovechamiento de los procesos disponibles pues actualmente no se usan los implementos necesarios para hacer estas operaciones de la manera más óptima, y la fabricación del suaje se puede llevar a cabo dentro de las mismas instalaciones de la universidad. Cabe mencionar que la máquina suajadora es un instrumento de fácil manejo y no requiere de personal altamente especializado, pues se sabe que los voluntarios que apoyan en el proyecto no cuentan con más que con una breve explicación de lo que se hace.

Por otra parte, los conocimientos adquiridos durante mi formación profesional, podrán ser aplicados, tales como el conocimiento de las características básicas de los materiales, sus procesos de transformación, las técnicas y sus aplicaciones en el ámbito del diseño. Un ingeniero en diseño, como creador de espacios, objetos e imágenes, cuenta con las habilidades para implementar una solución integral.

Desde el punto de vista económico se espera que esta herramienta sustituya el uso de cuters, plumones, foami, MDF y tijeras que, a pesar de no ser elementos de un precio excesivo, si se tienen que estar remplazando continuamente por el desgaste que presentan. No sería precisamente necesario comprar la máquina, pues teniendo el suaje se puede hacer el proceso de corte con alguna empresa dedicada al suajado y ya no se tendría que cubrir ese costo extra del diseño y fabricación del mismo, y en comparativa con las herramientas actuales, los suajes tienen una vida útil mucho más prolongada.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Desarrollar el diseño conceptual de un suaje para usarlo en una máquina comercial y realizar el corte recto y curvo de la lámina de Polietilén Tereftalato (PET) utilizada en el proceso de fabricación de caretas protectoras del virus Covid -19, generando la delimitación de la geometría de la careta y los orificios para la sujeción de la misma.

### 1.3.2. Objetivos específicos

**Tabla 2** Objetivos específicos y metas.

Objetivos específicos	Metas
Establecer la caracterización del material a procesar: lámina de Polietilén Tereftalato.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigación sobre el proceso de manufactura a realizar.</li> <li>2. Tabla de las características de la lámina de PET.</li> </ol>
Analizar los elementos del suaje.	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Descripción a detalle de cada uno de los componentes.</li> <li>4. Descripción del equipo necesario para la fabricación.</li> <li>5. Esquema que incluya los componentes del suaje y su importancia en el proceso.</li> </ol>
Seleccionar una máquina que se ajuste a las necesidades del proceso actual.	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Investigación de las máquinas disponibles en el mercado.</li> <li>7. Características generales de la máquina seleccionada.</li> </ol>
Generar una primera fase de conceptos del producto.	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Conceptos a nivel de representación 3D.</li> <li>9. Modelos volumétricos.</li> <li>10. Elección de propuesta a desarrollar.</li> </ol>
Definir a detalle el concepto final.	<ol style="list-style-type: none"> <li>11. Listado de componentes estándares.</li> <li>12. Listado de componentes a manufacturar.</li> <li>13. Tabla descriptiva del proceso de manufactura.</li> <li>14. Planos constructivos de la herramienta.</li> <li>15. Modelado virtual.</li> <li>16. Renderizado del modelado.</li> </ol>
Realizar una evaluación de la propuesta.	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Evaluación con un análisis ergonómico</li> <li>18. Validación de la resistencia de los materiales mediante un software tipo CAD.</li> </ol>

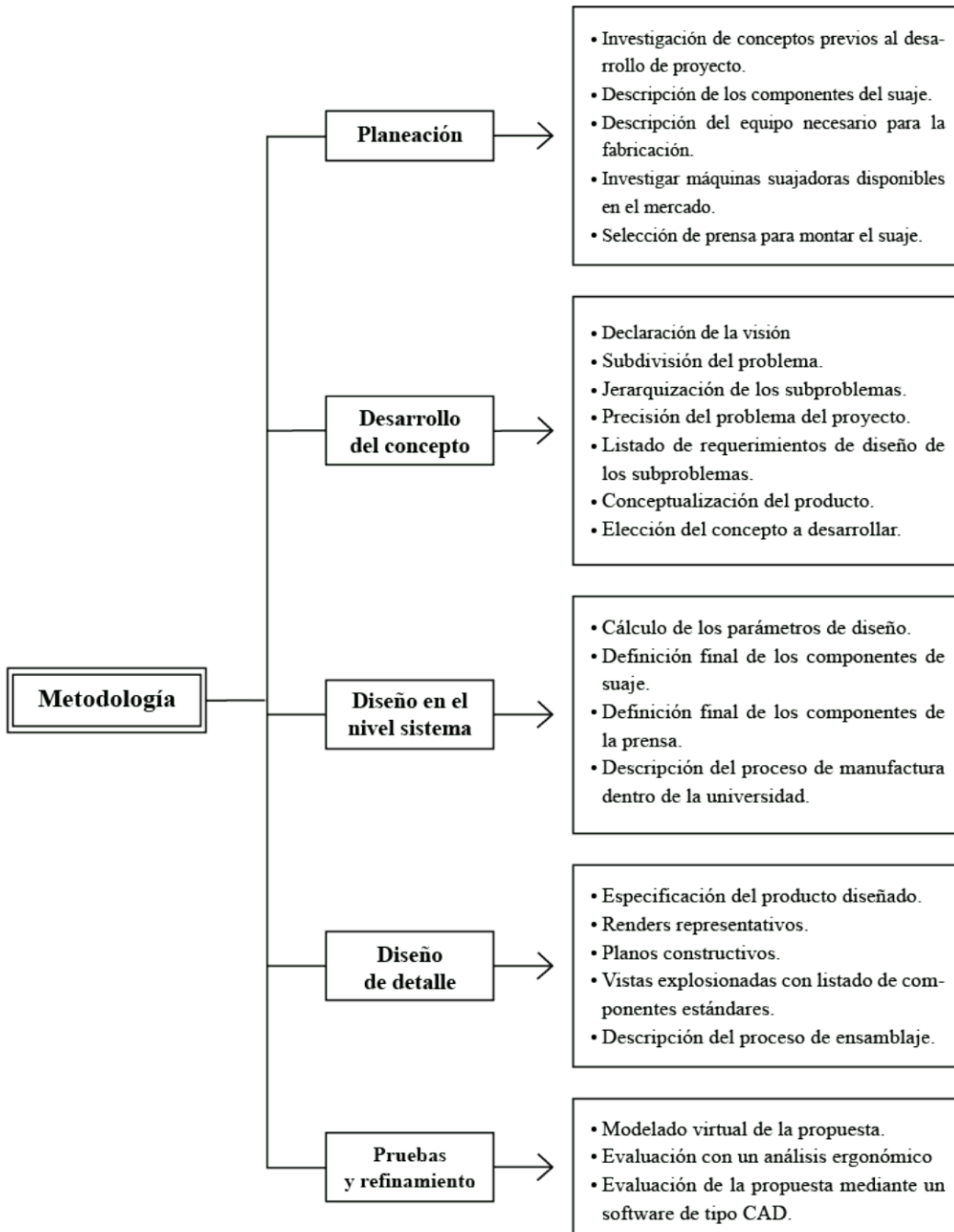
Nota. Relación de objetivos específicos y metas por cumplir para el desarrollo del proyecto.

### 1.4. Metodología

Se toma como base la metodología de “Diseño y desarrollo de productos” de (Ulrich & Eppinger, 2012) que plantea un problema de estudio delimitado y dividido en seis etapas

fundamentales y con un orden riguroso, dicha metodología se ha adaptado al proyecto en cuestión tomando en cuenta los puntos que se muestran en la Figura 4.

**Figura 4** Metodología de Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger.



Nota. En el diagrama se muestra la adaptación de la metodología a la investigación. Fuente: Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013)

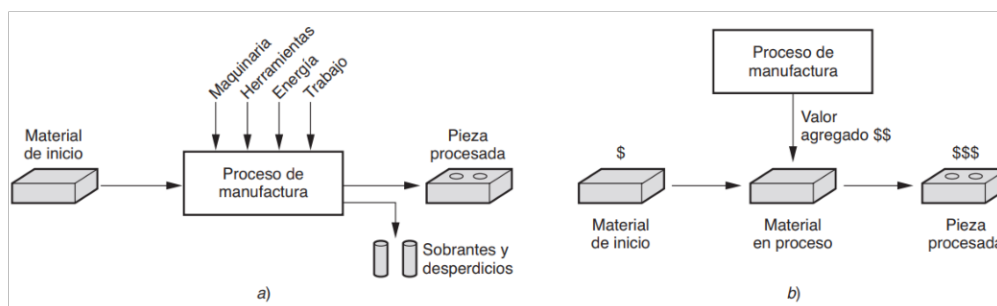
# Capítulo 2

## Marco teórico

Un suaje es una herramienta diseñada para realizar un proceso de manufactura, Groover (2007) define a la manufactura desde dos perspectivas: tecnológica y económica. Desde el punto de vista tecnológico la manufactura es una secuencia de operaciones que involucra diversos procesos, ya sea de operación o de ensamble, que se utilizan para cambiar la geometría, propiedades o apariencia de un material inicial para la fabricación de piezas o productos; dichos procesos involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual y cada proceso va acercando más el material inicial a lo que se desea obtener como producto o pieza final.

Por otro lado, desde la perspectiva económica “la manufactura es la transformación de los materiales en artículos de valor mayor por medio de uno o más operaciones de procesamiento o ensamblado. La clave es que la manufactura agrega valor al material cambiando su forma o propiedades, (...)” (Groover, 2007, pág. 4). (Ver Figura 5).

**Figura 5** Dos maneras de definir manufactura.



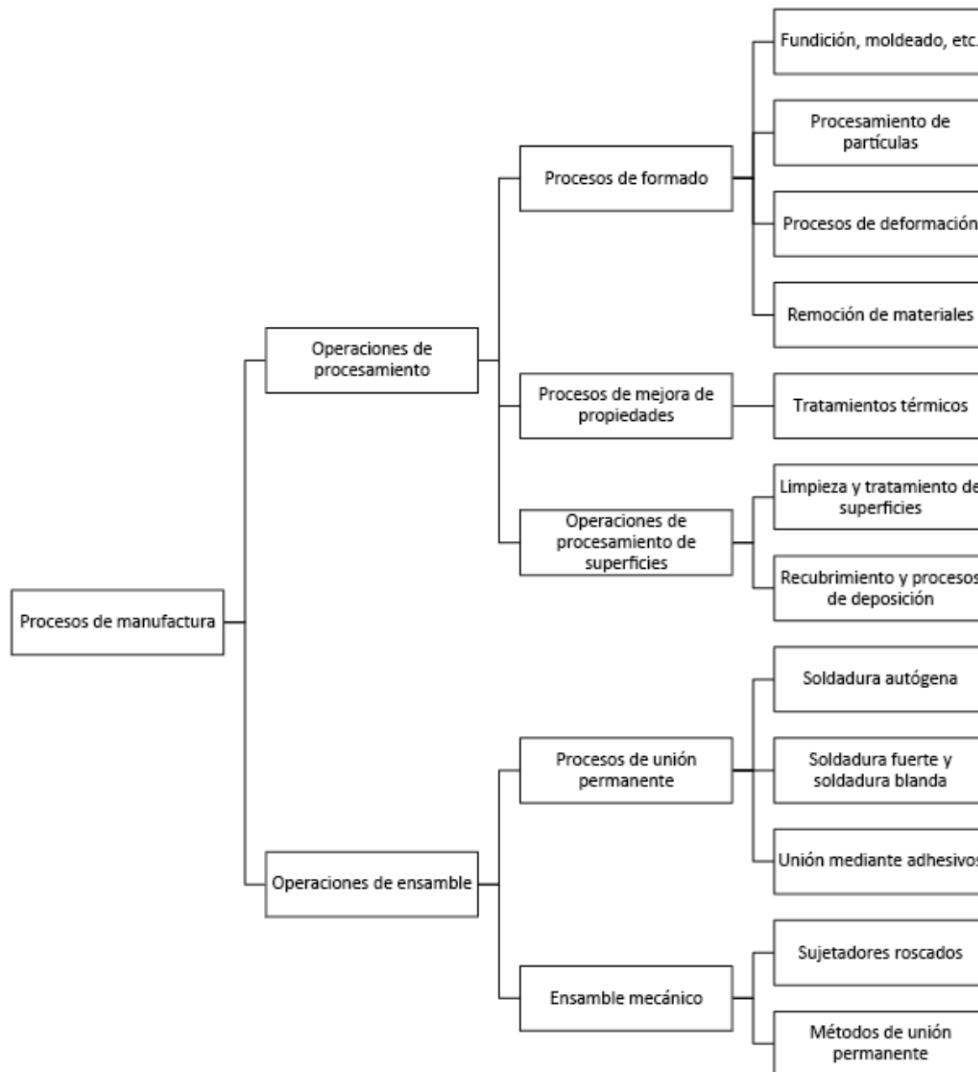
Nota. Se muestran la definición de manufactura: a) como proceso técnico, y b) como proceso económico. Fuente: Groover, 2007.

## 2.1. Procesos de manufactura

Groover (2007), divide los procesos de manufactura en dos tipos básicos, el primero son las operaciones del proceso y el segundo las operaciones del ensamblado (ver Figura 6). Las operaciones de proceso son aquellas en las que un determinado material pasa de un estado de acabado a otro más avanzado y se acerca más al producto final que se desea. Mediante

estas operaciones se cambia la geometría, las propiedades o la apariencia del material de inicio. Por otro lado, una operación de ensamblado es la que se encarga de unir dos o más componentes para crear una nueva entidad, misma que según sus características toma el nombre de ensamble o subensamble.

**Figura 6** Clasificación de los procesos de manufactura.

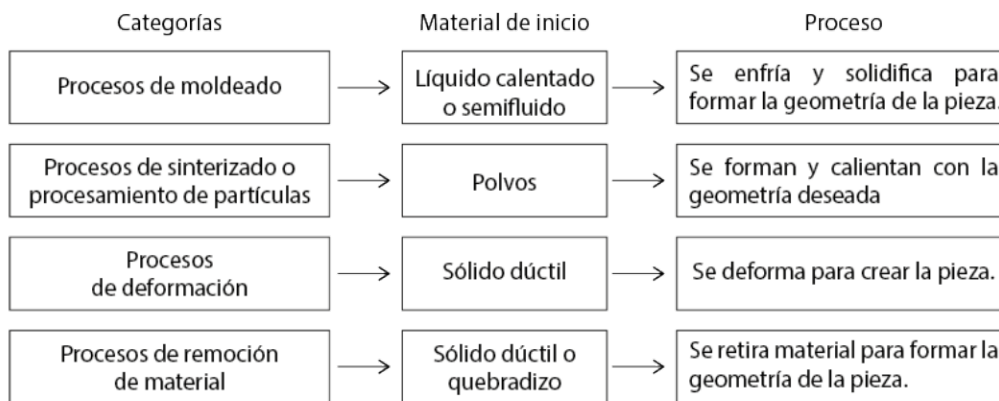


Nota. Se muestran los principales procesos y su clasificación. Fuente: Groover, 2007.

Esta investigación se enfoca en las operaciones de procesamiento pues lo que buscamos es cambiar la geometría de las láminas de PET para obtener las micas usadas en la construcción de las caretas. Las operaciones de procesamiento requieren de energía que se aplica y se controla mediante las máquinas y herramientas. Dentro de las operaciones de procesamiento existen 3 categorías: operaciones de formado, operaciones de mejoramiento de una propiedad, y operaciones de procesamiento de una superficie.

Las operaciones de formado alteran la geometría del material inicial de trabajo por medio de varios métodos. Los procesos comunes de formado incluyen al moldeado, la forja y el maquinado. (Groover, 2007, pág. 13). La mayoría de los procesos de formado usan calor o fuerzas mecánicas, o bien una combinación de ambas, Groover clasifica los procesos de formado en cuatro categorías basándose en el estado del material de inicio tal como se muestra en la Figura 7.

**Figura 7** Clasificación de los procesos de formado.



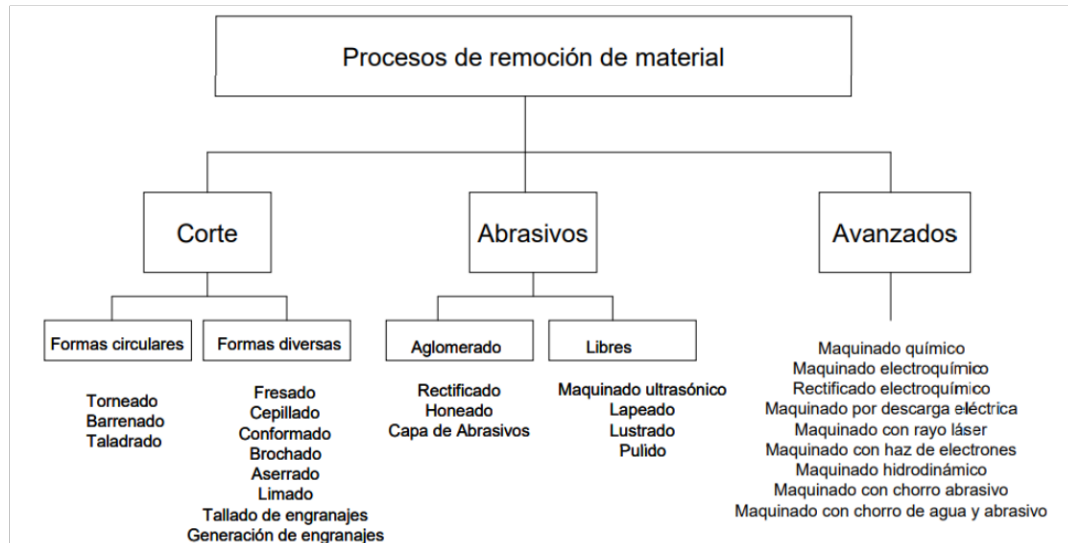
Nota. La figura muestra la clasificación de los procesos de formado. Fuente: Groover, 2007.

De acuerdo con la clasificación anterior, el proceso del corte de lámina de PET se ubica dentro de la categoría de procesos de remoción de material en los que se obtiene la geometría deseada retirando el exceso de material de la pieza inicial, y se realizan empleando herramientas de corte más duras y fuertes que el material de trabajo. Este es uno de los métodos de mayor importancia para modificar la forma de un material y se puede realizar mediante variadas



técnicas, como se representa en la Figura 8.

**Figura 8** Técnicas remoción de material.

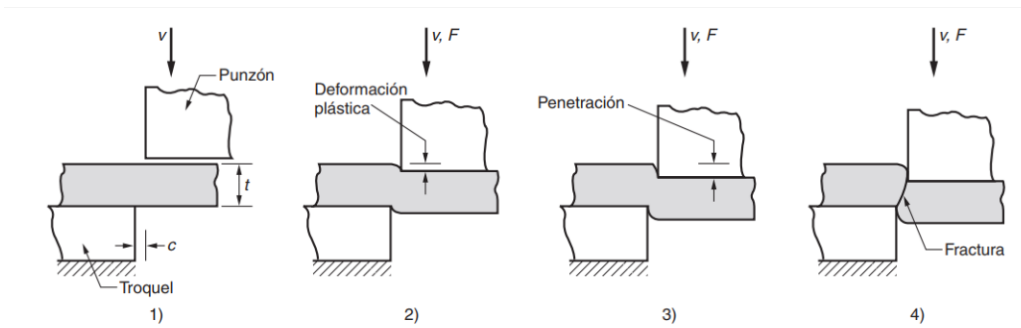


Nota. La figura muestra las técnicas empleadas en los procesos de remoción de material. Fuente: Eraso, O., 2008.

Dentro de cada industria existen diferentes procesos que permiten la transformación de la materia prima, en la industria del metal por ejemplo, el corte de lámina se realiza por una acción de cizalla entre dos bordes afilados de corte, dando lugar a una deformación plástica en las superficies de la lámina (Groover, 2007), como se ha mencionado anteriormente este proyecto está enfocado en la operación de corte de láminas plásticas, para dar forma y dimensionamiento, la cual se realiza mediante un proceso denominado como corte sin arranque de viruta, el cual de acuerdo con (Albuja, 2011) se clasifica en dos grupos:

- El primero utiliza una máquina universal de corte (cizalla) a una forma o dimensión deseada. (Albuja, 2011). El cizallado es la operación de corte que se realiza a lo largo de una línea recta, y normalmente se usa para reducir grandes láminas a secciones más pequeñas. (Groover, 2007). En la Figura 9 se observan los factores que intervienen en un corte realizado con una cizalla, detallando cada fase por la que pasa el material procesado.

**Figura 9** Cizallado o corte de una lámina metálica entre dos bordes cortantes.



Nota. Etapas durante el corte de una lámina metálica: 1) inmediatamente antes de que el punzón entre en contacto con el material, 2) el punzón comienza a oprimir el trabajo causando deformación plástica, 3) el punzón comprime y penetra en el trabajo formando una superficie lisa de corte y 4) se inicia la fractura entre los dos bordes de corte opuestos que separan la lámina. Los símbolos  $v$  y  $F$  indican movimiento y fuerza aplicada, respectivamente,  $t$  = espesor del material,  $c$  = espacio. Fuente: (Groover, 2007).

En el mercado existen diferentes tipos de cizallas (ver Figura 10), la elección depende del trabajo a realizar y sus especificidades requeridas. Existen cizallas manuales, cuando se hace uso de ellas el operario o trabajador es el encargado de realizar el movimiento y ejercer la presión sobre la cuchilla para realizar el corte, las cizallas automáticas suelen usarse para cortar láminas de metal.

**Figura 10** Ejemplos de cizallas disponibles en el mercado.



(a) Cizalla manual

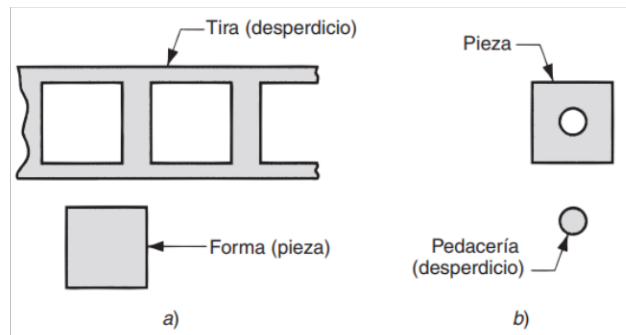


(b) Cizalla de guillotina

Nota. La figura muestra: a). Cizalla manual para chapa, papel y placas de acero de hasta 1.2 mm de grosor y anchura de 1020 mm. b). Cizalla de guillotina de mesa para corte de chapa de acero con ancho de hasta 1230 mm y 1.5 mm de grosor. Tomado de: sebastiansalazar.com

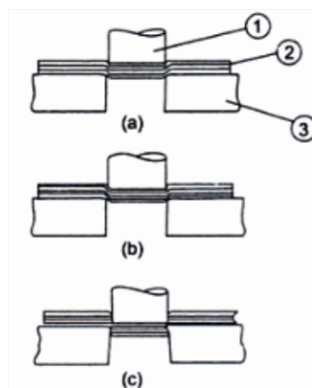
b). El segundo grupo se caracteriza por usar herramientas específicas que cortan una geometría determinada de lámina y se conoce como troquelado (ver Figura 11), sobre todo en la industria del conformado de metales, se trata de un proceso de deformación plástica (ver Figura 12) y se logra mediante dispositivos especiales llamados troqueles o matrices; que van montados en máquinas dotadas de movimiento rectilíneo alternativo, comúnmente llamadas prensas (Mario, 1989). Por otro lado, este proceso frecuentemente recibe el nombre de suajado, y se aplica este cambio cuando la materia prima a procesar es suave, como el cartón, papel, piel, tela, láminas plásticas etc. (Valverde, 2013).

**Figura 11** Procesos de corte mediante troquelado en la industria del metal.



Nota. La figura muestra los tipos de corte que se hacen usando el método de troquelado. a) Punzonado y b) perforado. Fuente: (Groover, 2007).

**Figura 12** Etapas del corte y partes de un troquel.

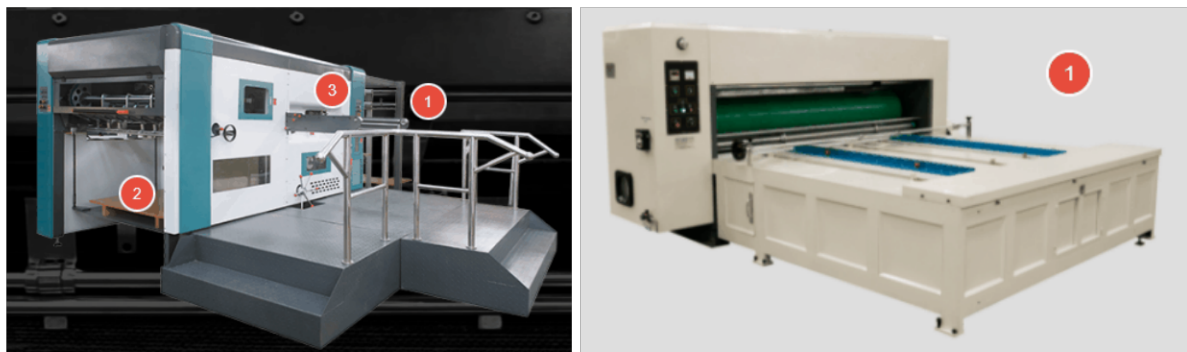


Nota. La figura muestra y las fases que experimenta el material procesado: (a) Penetración, (b) Deformación y (c) Fractura, y los elementos que conforman un troquel: 1. Punzón. 2. Lámina. 3. Matriz. Fuente: Bawa, 2006.

La maquinaria utilizada en el proceso de troquelado se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- a). Troqueladoras planas: Estas máquinas son ideales para procesos donde las producciones sean pequeñas. Implican costos de operación bajos, sin embargo, también resultan poco eficientes en comparación con las troqueladoras de tipo rotativo (ver Figura 13. a).
- b). Troqueladoras rotativas: Consisten en un troquel cilíndrico y una prensa rotativa, además cuentan con áreas denominadas estaciones donde el material es llevado y cortado por la prensa rotativa. Las troqueladoras rotativas pueden contar con múltiples estaciones lo que aumenta la eficiencia y permite diferentes operaciones de troquelado (ver Figura 13. b).

**Figura 13** Ejemplos de troqueladoras disponibles en el mercado.



(a) Troqueladora plana

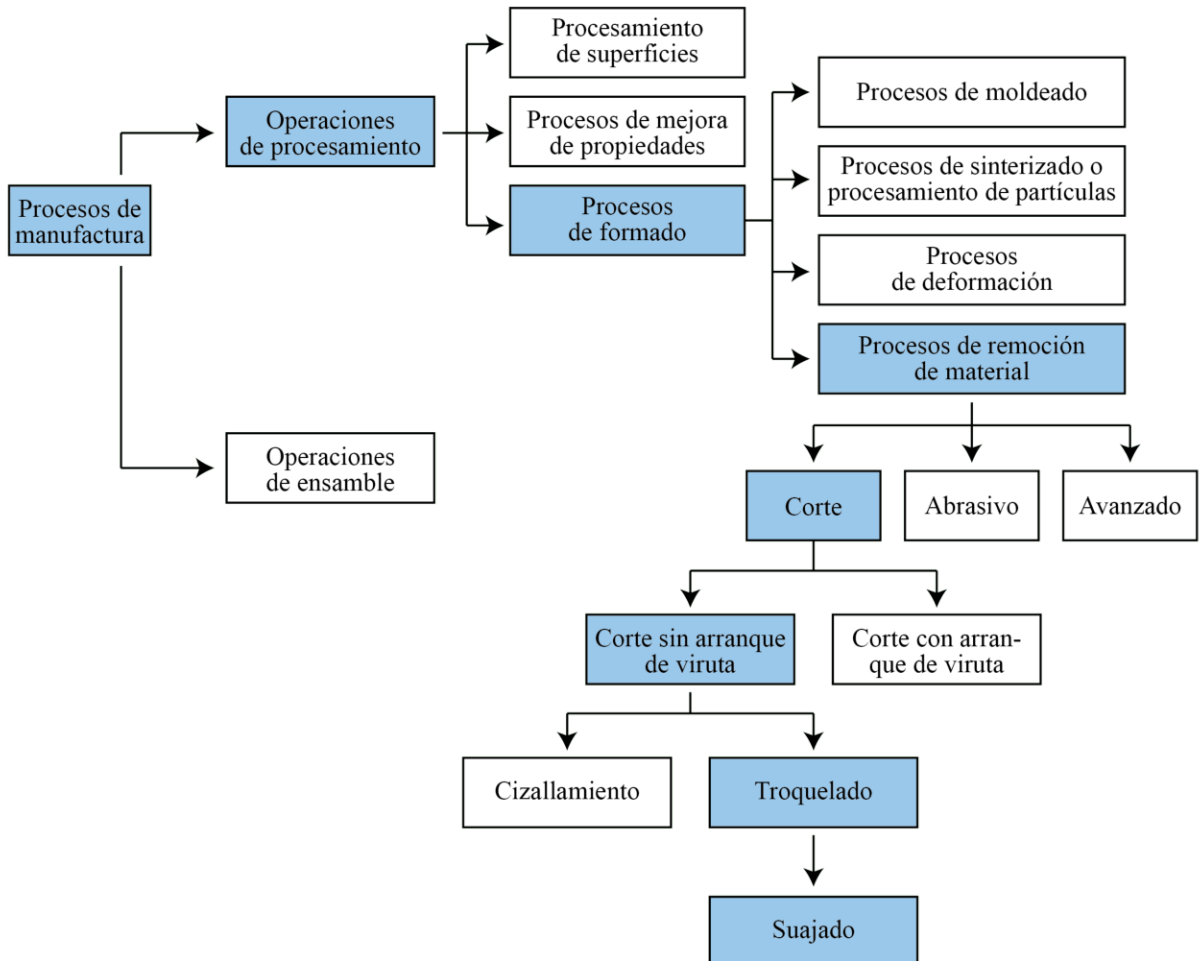
(b) Troqueladora rotativa

Nota. (a) Máquina troqueladora plana semiautomática para cortar cartulina y cartón corrugado. 1) Mesa de alimentación con elevación automática. 2) Apilador automático. 3) Panel touchscreen. (b) Máquina troqueladora rotativa semiautomática con suaje cilíndrico, para cartón corrugado y doble corrugado. 1) Incluye función de variación de velocidad. Tomado de: [www.marvi.com.mx](http://www.marvi.com.mx)

Después de investigar los diferentes procesos de manufactura con sus respectivas variaciones y métodos se puede decir que el proceso de suajado inicialmente es un proceso de manufactura que emplea operaciones de procesamiento, en este proyecto la operación que se aplica son los procesos de formado, mediante procesos de remoción de material utilizando el corte sin arranque de viruta. En la Figura 14 se muestra un recorrido completo a través de las diferentes

categorías de los procesos de manufactura que se han analizado, mostrando en donde se ubica el proceso de suajado.

**Figura 14** Clasificación del suajado dentro de los procesos de manufactura.



Nota. En la figura se hace un desglose de los diferentes tipos de procesos de manufactura que existen para saber a que clasificación pertenece el proceso de suajado.

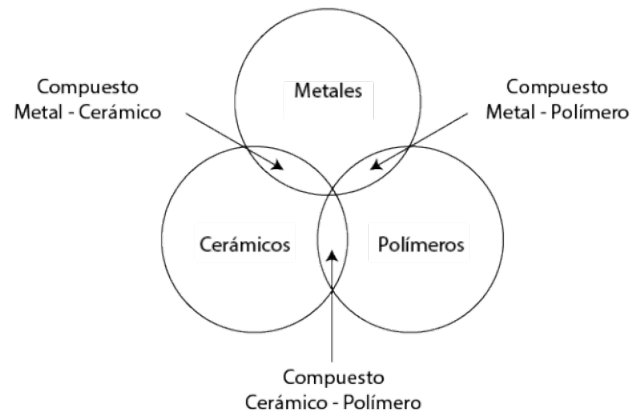
## 2.2. Material a procesar

El estudio de los materiales es de gran importancia en el desarrollo tecnológico, pues gracias a éste la humanidad ha logrado fabricar diversas herramientas para facilitar las tareas cotidianas y mejorar la calidad de vida de las personas. La importancia de conocer acerca de los materiales usados en la ingeniería radica en que existe un material ideal dependiendo de la finalidad propuesta, es decir, no hay un material que sea el mejor de todos, pero existe una

gran variedad de donde elegir según las propiedades necesarias, los procesos de manufactura y los requerimientos de la pieza en funcionamiento.

Por conveniencia, gran parte de la amplia variedad de materiales de ingeniería que existen se han clasificado en tres grupos principales: metales, cerámicos y polímeros; los materiales que no logran encajar en ninguno de estos grupos han dado paso a otros dos grupos de materiales técnicos: materiales compuestos (composite) y semiconductores. (Callister & Rethwisch, 2016). En la Figura 15 se observan los tres grupos principales materiales de ingeniería y los tres tipos de materiales compuestos que existen.

**Figura 15** Materiales de ingeniería.

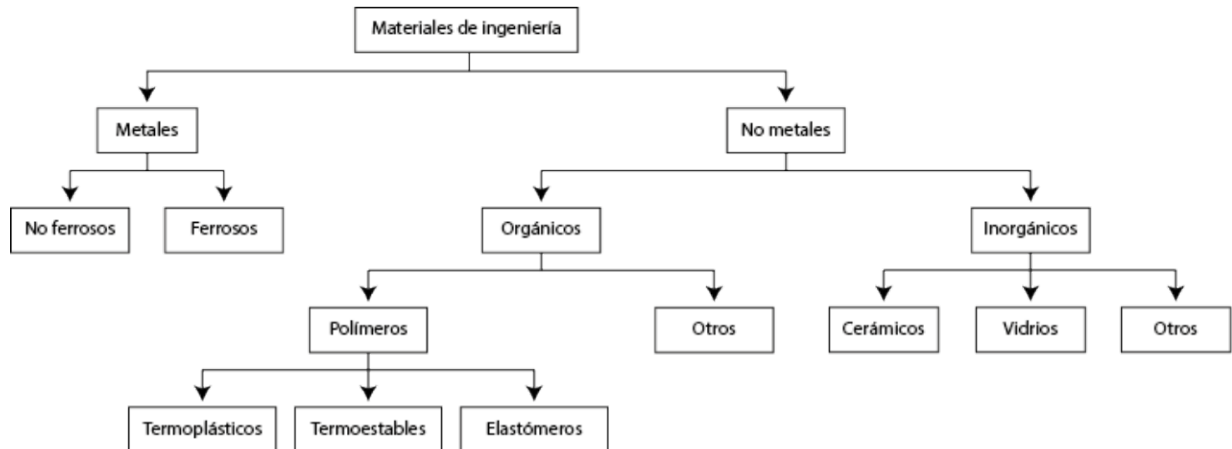


Nota. Diagrama de Venn que muestra los tres tipos básicos de materiales y los materiales compuestos. Fuente: UMSS, Tecnología Mecánica II, Facultad de Ciencias y Tecnología Ing. Mecánica.

El material utilizado en la fabricación de las caretas es la lámina de polietilén tereftalato (PET), pertenece al grupo de los polímeros que son compuestos orgánicos basados en elementos no metálicos como el carbono e hidrogeno (Callister & Rethwisch, 2016). Su resistencia y ductilidad varía mucho y la mayoría de los materiales poliméricos tienen muchas aplicaciones como aislantes eléctricos. (Smith W. , 1998).

Como se puede observar en la Figura 16 dentro del grupo de los polímeros encontramos tres grupos principales: termoplásticos, termoestables y elastómeros. El PET se ubica dentro del

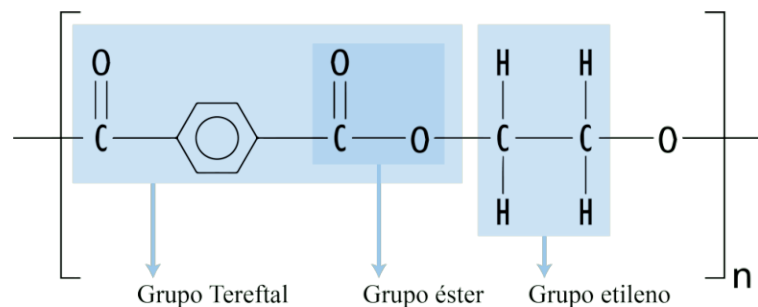
**Figura 16** Clasificación de los materiales de ingeniería.



Nota. La figura muestra la clasificación de los materiales usados en la ingeniería. Fuente: UMSS, Tecnología Mecánica II, Facultad de Ciencias y Tecnología Ing. Mecánica.

grupo denominado termoplásticos que se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas, pero sin modificar radicalmente la naturaleza de sus enlaces, por lo que pueden ser conformados a temperaturas elevadas, enfriados y después recalentados o reconformados sin afectar el comportamiento del polímero (Hermida, 2011). El PET está compuesto por un grupo éster que lo ubica en la categoría de poliésteres y le permite comportarse como fibra, el grupo etileno y tereftalato son los que dan lugar a su nombre (ver Figura 17).

**Figura 17** Composición química del PET.



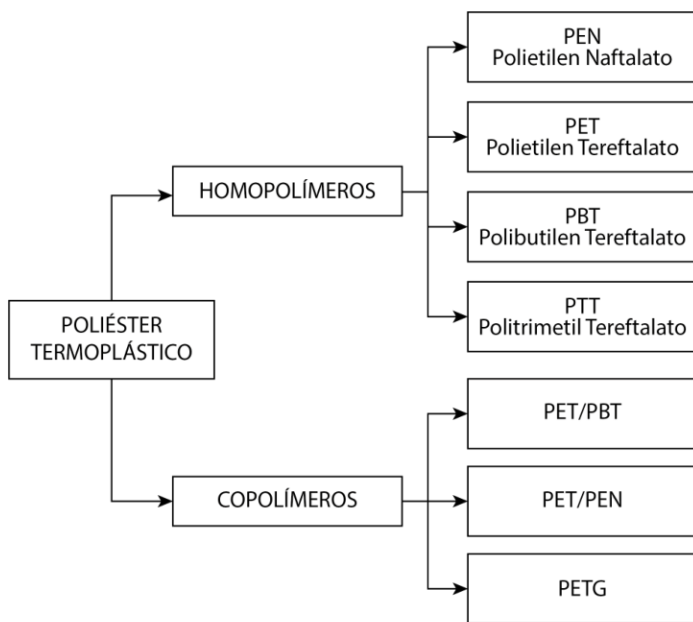
Nota. La figura muestra la composición química del PET y los grupos químicos que lo componen. Fuente: IMPI, 2000.



### 2.2.1. Concepto

El polietilén tereftalato es un es un material plástico de alta calidad derivado del petróleo, perteneciente al grupo de los materiales plásticos sintéticos denominados poliésteres termoplásticos (Martínez, 2007), esta familia comprende una gran variedad de plásticos (Ver figura 18) con propiedades específicas para fabricar fibras, películas, láminas, envases soplados y piezas de ingeniería. Los distintos grados son posibles gracias a la variedad en cuanto a niveles de peso molecular y cristalinidad, en cuanto mayor es el peso molecular se mejoran las propiedades mecánicas y al incrementar la cristalinidad el material aumenta su resistencia a altas temperaturas. (Instituto Mexicano del Plástico Industrial , 2000).

**Figura 18** Clasificación de los poliésteres termoplásticos.



Nota. La figura muestra la clasificación de los poliésteres termoplásticos de acuerdo a su contenido de monómero. Fuente: (IMPI, 2000).

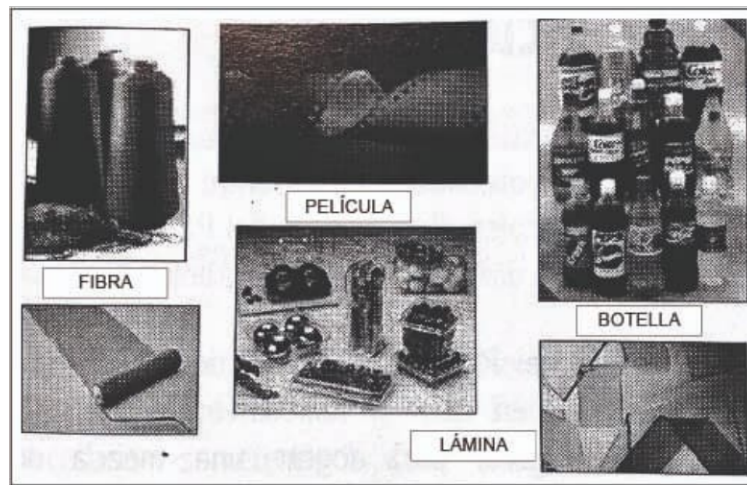
### 2.2.2. Historia

El PET fue inventado durante la Segunda Guerra Mundial, esta investigación estuvo muy enfocada en los textiles, por la compañía DuPont y desde entonces el PET se ha considerado como el más importante poliéster industrial. A mitades de 1960 se realizaron intentos de



inyección-moldeo del PET, pero fracasaron debido a que sus valores de cristalización eran bajos. Para 1970, el interés fue dirigido hacia el desarrollo de grados de cristalización del PET para usos de moldeo más convenientes como empaquetado, botellas para bebidas gaseosas, y termoformado de recipientes (Martínez, 2007). En la Figura 19 se observan ejemplos de productos fabricados con los diferentes grados de PET que fueron desarrollados.

**Figura 19** Grados del Polietilén Tereftalato.



Nota. La figura muestra los grados del Polietilén Tereftalato ejemplificados en diferentes objetos de uso común. Fuente: (IMPI, 2000).

En la actualidad la industria global del PET ha alcanzado su etapa de madurez en la industria del packaging, gracias a las cualidades que posee ha llegado a desplazar a otros materiales como el vidrio, pues se ha convertido en el envase más utilizado en el mercado de la bebidas refrescantes, aguas minerales, aceite comestible y detergentes; también bandejas termoformadas, envases de salsas, farmacia, cosmética, licores, etc., sin embargo, aún presenta buen nivel de crecimiento dado a la gran versatilidad tecnológica y de diseño, pues permite adecuarlo a las necesidades requeridas (Cayllahua, 2014).

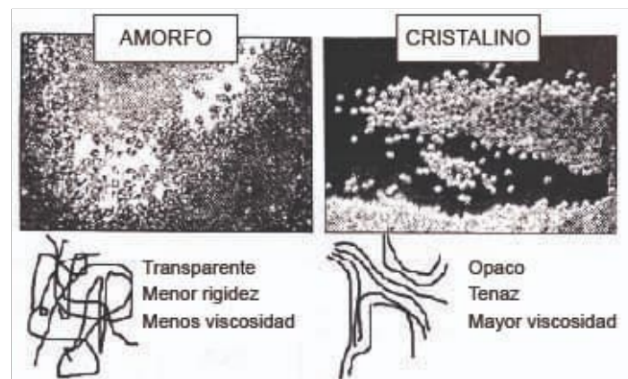
Este material se caracteriza por sus propiedades de resistencia mecánica, transparencia y barrera de gases, por lo que ha sido ampliamente usado como fibra textil e industrial desde

su introducción hasta hoy en día. También se puede encontrar como películas, chapas de diversos calibres y existen grados que permiten su uso como plástico de ingeniería por sus propiedades de resistencia térmica, resistencia dieléctrica y su apariencia superficial de alto brillo. (IMPI, 2000).

### 2.2.3. Propiedades del PET

Las propiedades físicas varían en función del peso molecular y grado de cristalinidad, es decir, las características específicas pueden cambiar dependiendo del grado del PET. (IMPI, 2000). En general es un material químicamente estable, de excepcional resistencia química y es una molécula lineal que existe en dos estados: amorfo y cristalino. En la Figura 20 se observan las características de cada uno los estados mencionados.

**Figura 20** Ordenamiento molecular del poliéster termoplástico.



Nota. La figura muestra los dos estados del PET y las diferencias que tienen a nivel molecular.

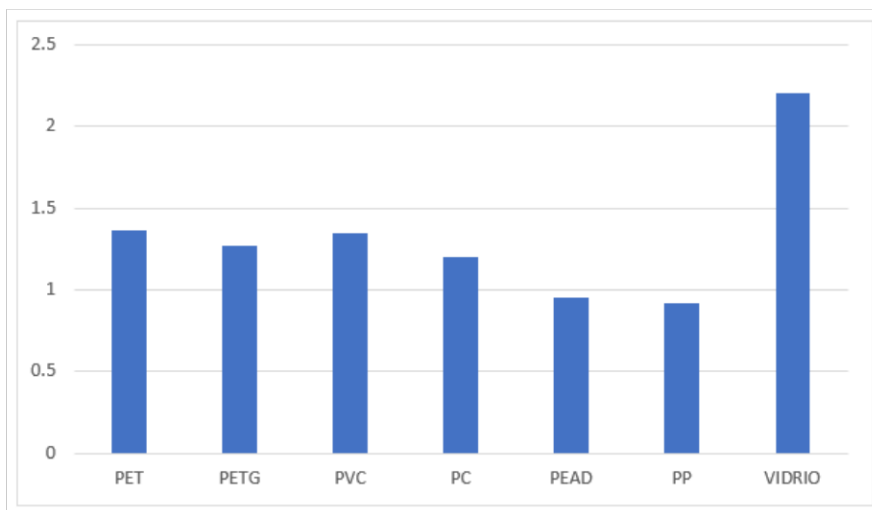
Fuente: (IMPI, 2000).

### Propiedades Físicas

El PET en su estado amorfo tiene una densidad de  $1,33g/cm^3$  y en su estado cristalino de  $1,38g/cm^3$ , esta propiedad ofrece ventajas sobre otros materiales ya que con el mismo volumen de capacidad se obtienen productos mucho más ligeros y que requieren de menor

consumo de energía para su transformación. (IMPI, 2000). La Figura 21 presenta valores sobre la densidad de diferentes plásticos incluyendo el del PET.

**Figura 21** Densidad de diferentes tipos de plásticos.



Nota. En la figura se muestra una comparativa entre la densidad de varios plásticos respecto a la densidad del vidrio. Fuente: (IMPI, 2000).

La permeabilidad o factor barrera en los plásticos se define como la resistencia que ofrece el material al paso de agentes exteriores a través del mismo por una determinada unidad de superficie, en un determinado tiempo y bajo unas determinadas condiciones. Estos agentes pueden ser, gases ofensivos, fluidos, humedad, contaminación, etc. (IMPI, 2000). El PET presenta muy buena barrera al dióxido de carbono, a la humedad y es más impermeable a los gases que el PVC y el Polipropileno (Sánchez I& Paredes, 2014).

### **Propiedades Mecánicas**

El polietilén tereftalato tiene dureza, rigidez, resistencia mecánica elevada y tenacidad, la estructura cristalina en láminas tiene mayor resistencia al impacto que la estructura amorfa y tiene mejor resistencia a la deformación plástica cuando se somete a tensiones mecánicas continuas. El polietileno de tereftalato posee una resistencia a la tensión que va de 59 – 72 MPa y una resistencia a la compresión de entre 76 – 128 MPa. (Chávez & Hidalgo, 2019).

El PET en su estado amorfo se caracteriza por tener menor dureza y rigidez, sin embargo, una vez que se transforma y pasa el proceso de biorientación adquiere propiedades similares al estado cristalino. (IMPI, 2000).

### **Propiedades Eléctricas**

El PET es ampliamente utilizado para producir películas aislantes debido a las buenas cualidades de aislamiento eléctrico y excelente comportamiento térmico y químico. En promedio presenta una constante dieléctrica de 3.3 a 60 Hertz y 25°C. La capacidad de aislamiento eléctrico del PET solo es superada por el Poliestireno y el Polietileno pero tiene una mejor resistencia térmica que estos últimos, es considerado clase dieléctrica B y está limitado a 130°C de temperatura de uso continuo. (IMPI, 2000).

### **Propiedades Térmicas**

El polietilén tereftalato tiene una baja resistencia mecánica en su estado fundido, por eso no se puede transformar mediante procesos de extrusión por soplo convencionales pues no resiste su propio peso y presenta rupturas. El PET posee una baja temperatura de transición vítrea,  $T_g=70^\circ\text{C}$ , esta propiedad permite que se pueda controlar el grado de cristalinidad durante el proceso de transformación, esto quiere decir que si el material se enfría rápido desde su estado fundido, arriba de  $270^\circ\text{C}$ , hasta una temperatura menor a la de la transición vítrea se obtiene un producto de apariencia transparente, siguiendo esta lógica si el material se calienta por arriba de la  $T_g$  se da paso a la cristalización que genera un producto opaco. (IMPI, 2000).

Los grados especiales para producir láminas transparentes amorfas de PET están diseñados para proveer la claridad, alta pureza, barrera y resistencia; por otro lado, el estado cristalino se caracteriza por tener un color blanco opaco presentando un alto nivel de cristalinidad y un peso molecular elevado. (Martínez, 2007). La temperatura máxima que resiste el PET amorfo es de  $71^\circ\text{C}$  y el PET cristalizado resiste hasta  $230^\circ\text{C}$  (Mariano, 2011).

## Propiedades Químicas

Este material tiene una alta resistencia a alcoholes, ácidos débiles inorgánicos y orgánicos, lo que permite su aplicación en el envasado de vinos, licores, vinagres, productos cosméticos y farmacéuticos. Presenta también una buena resistencia a grasas y agua, se puede ver afectado por sustancias alcalinas especialmente fuertes, hidrocarburos clorados y algunas cetonas, que generan que las paredes delgadas del material se vuelvan muy frágiles. En la Tabla 3 se observa el comportamiento de diferentes plásticos ante agentes químicos.

**Tabla 3** Resistencia química del Polietilén Tereftalato.

	PET	PET-G	PVC	PC	HDPE	PP	VIDRIO
Aceites y grasas	B	B	B	B	B	B	B
Alcohol	B	B	B	B	B	B	B
Ácidos	B	B	MB	L	MB	MB	MB
Álcalis	B	B	MB	M	MB	MB	MB

MB: Muy buena

B: Buena

M: Mala

L: Limitada

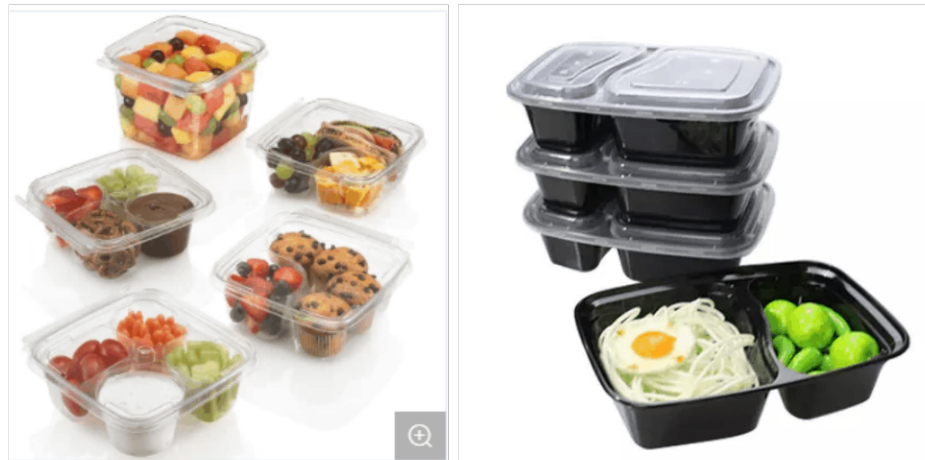
Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial , 2000.

### 2.3. Lámina de Polietilen Tereftalato

La lámina de PET está disponible en diferentes grados: lámina amorfa (A-PET) y lámina cristalina (C-PET), la lámina A-PET es la que se emplea en el proceso analizado en este proyecto de investigación. Los grados especiales para producir estas laminas están diseñados para proveer la claridad, alta pureza, barrera y resistencia que se requiere para productos específicos, como lo son las caretas Covid-19. Estas láminas se transforman por procesos de extrusión y tienen excelentes propiedades de barrera (Instituto Mexicano del Plástico

Industrial, 2000). En la Figura 23 se muestran ejemplos de productos fabricados con los diferentes grados de láminas de PET.

**Figura 22** Productos elaborados con lámina de PET.



(a) Contenedor de A-PET

(b) Contenedor de C-PET

Nota. En la imagen se puede observar la diferencia entre los productos elaborados con lámina de PET en sus diferentes grados. Tomado de selenis.com y hsqy-plasticgroup.com

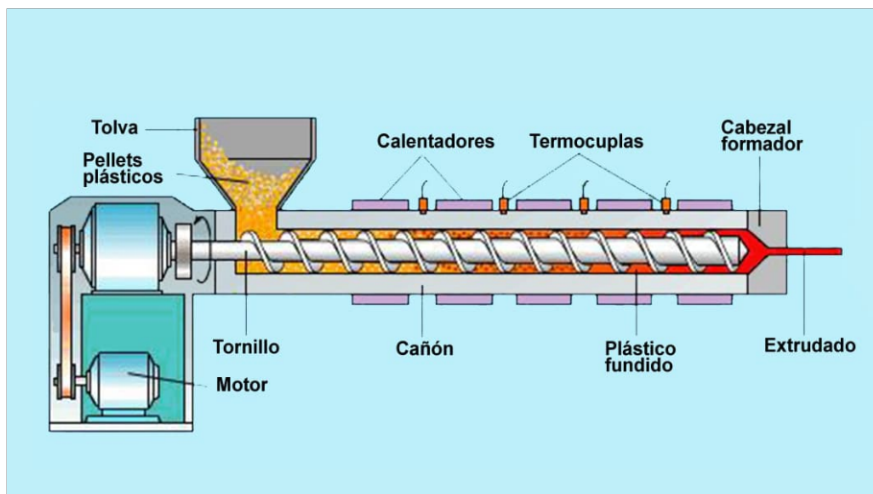
### 2.3.1. Transformación

Las láminas termoplásticas se producen por numerosos procesos y se basan principalmente en el proceso de extrusión, es importante mencionar que el término lámina u hoja se refiere a los materiales con un espesor entre 0.25 mm hasta cerca de 12.5 mm y se usan principalmente para material en la realización de productos de termoformado. (Cayllahua, 2014).

Para la fabricación de láminas y películas de polietilén tereftalato se usa el proceso de extrusión, el Instituto Mexicano del Plástico Industrial (2000) define a la extrusión como un “proceso de transformación primario, donde el plástico se funde y plastifica por medio de un husillo, impulsándolo a salir bajo presión a través de una boquilla que le confiere una forma

definida y continua, para finalmente recibir un enfriamiento que provoca su solidificación y proporciona estabilidad a la figura obtenida. Normalmente la materia prima son pellets o gránulos de plástico, aunque los polvos, hojuelas compactadas y moliendas son utilizados también de forma exitosa.” La Figura 23 muestra los elementos principales de una máquina extrusora usada para fabricar láminas plásticas.

**Figura 23** Esquema de extrusor.



Nota. La figura muestra las partes y principio de funcionamiento de una máquina extrusora.

Fuente: Mariano, Tecnología de los Plásticos, 2011.

### 2.3.2. Corte

El Instituto Mexicano del Plástico Industrial, (2000) ofrece algunas recomendaciones para obtener un adecuado corte de lámina de PET:

1. La temperatura de la lámina debe ser lo más baja posible para evitar que se deforme durante el suajado o troquelado.
2. Los flejes de corte deben ser de acero de alta resistencia, afiladas y ajustadas con el mínimo claro posible y deben estar en constante vigilancia para prevenir que se desgasten de forma prematura.



3. Es mejor usar troqueles pesados para facilitar la operación de corte de la lámina.

En la Tabla 4 se muestran datos tomados del Instituto Mexicano del Plástico Industrial acerca de cómo se comportan los diferentes tipos de láminas de PET ante el corte con troquel y el corte con suaje.

**Tabla 4** Resistencia al corte con diversos herramientas.

Material	Corte con troquel	Corte con suaje
C-PET	Sin problema	Sin problema
PET-G	Resistente	Sin problema
A-PET	Resistente	Sin problema

Fuente: Instituto Mexicano del Plástico Industrial , 2000.

Si bien existen otros materiales que cuentan con características similares a las que se mencionan anteriormente tales como las láminas de policloruro de vinilo (PVC) o de polimetilmetacrilato (PMMA) durante el desarrollo del proyecto se optó por utilizar la lámina de PET pues sus características son suficientes para cumplir con su función de protección y es relativamente económico.

### 2.3.3. Conformidad sanitaria

El PET supera a multitud de materiales en cuanto a calidad sanitaria pues es un producto químicamente inherente y sin aditivos. Los productos fabricados correctamente son totalmente inofensivos para uso humano.

### 2.3.4. Reciclado y recuperación

El PET puede ser fácilmente reciclado, el proceso de reciclado comienza por la separación y recolección diferenciada. Las técnicas de reciclado de este material son fundamentalmente dos:

1. Reciclado mecánico: Consiste en la separación, por color, retirado de etiquetas y tapas, lavado y molienda de los envases. Las escamas resultantes se pueden destinar en forma



directa a la fabricación de productos por inyección o extrusión, también se realizan, hilos y fibras utilizadas para la industria textil (rellenos, guata, polar).

2. Reciclado químico: Consiste en la separación de los componentes básicos de la resina (etilenglicol y ácido tereftálico) y la síntesis de nueva materia virgen, lo cual permite ampliar la gama de materiales a reciclar y el sustancial ahorro de gas y petróleo, que son las materias primas básicas del PET. Existen en este sentido varios procesos, de los cuales los más importantes son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis.

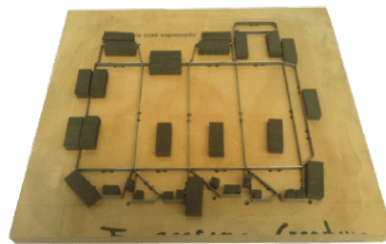
## 2.4. Componentes de un suaje

El proceso de suajado consiste en transformar un pliego de material mediante la formación de dobleces, perforados y/o cortes, hechos mediante un suaje, que es el herramental usado en el proceso y se lleva a cabo en una máquina suajadora, encargada de proveer la energía necesaria para realizar la operación (ver Figura 24). Se utilizan cuando se requiere fabricar corridas pequeñas, con cambios constantes en los modelos (Sánchez P., 2011). De acuerdo con Mérida (2010) este sistema es muy económico, por lo que en piezas que requieran corridas pequeñas, este tipo de máquinas es la ideal.

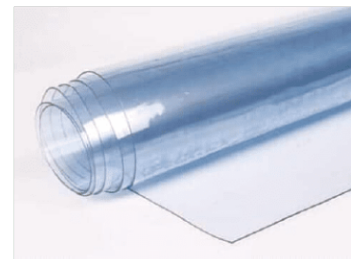
**Figura 24** Elementos presentes en el proceso de suajado.



1. Máquina suajadora



2. Suaje



3. Material a procesar

Nota. En la figura se presentan los elementos necesarios para realizar el proceso de suajado.

Un suaje esta formado por tres elementos principales, el primero es la madera que sirve como base para portar los otros dos elementos que son las cuchillas y los hules expulsores.

## 2.4.1. Madera

Las principales propiedades de la madera son su resistencia, dureza, rigidez y densidad, esta última suele indicar propiedades mecánicas, ya que cuanto más densa es, su composición es más fuerte y dura. Entre sus cualidades resalta su resistencia a la compresión, a la flexión, al impacto y a las tensiones, características que la transforman en un excelente material para aplicaciones de manufactura de objetos muy especializados, como lo son los suajes sometidos a grandes presiones (Mérida, 2010).

Las especies de madera más utilizadas en la manufactura de suajes son el pino, el abedul y el maple; cada una posee propiedades técnicas que se eligen de acuerdo al tipo de suaje que se realice, el proceso por el cual se realiza el calado y su modo de aplicación una vez conformado.

### 2.4.1.1. Pino (*Pinus taeda L.*)

La madera de pino es una de las más comunes y económicas que se encuentra comercialmente en el Estado de Oaxaca, ofrece un buen funcionamiento para la manufactura de suajes siempre y cuando se ocupe en trabajos en donde no se realicen demasiados cortes pues se desgasta rápidamente, por lo mismo de las tres especies presentadas esta es la que presenta menos demanda (Mérida, 2010). Además esta madera se recomienda trabajarla solo con caladora y no con corte láser para realizar las hendiduras en donde se colocan las cuchillas, esto es un punto que se opone al avance tecnológico que se ha dado en los últimos años, pues muchos fabricantes han optado por esta opción debido al nivel de exactitud que aporta al producto. La Asociación Española del Comercio e Industria de la Madera (2022) concentra la siguiente información técnica acerca de la madera de pino.

### Propiedades físicas

- Densidad aparente al 12% de humedad:  $510 \text{ kg/m}^3$ , madera semiligera.
- Estabilidad dimensional:

- Coeficiente de contracción volumétrico: 0.41 %, madera estable.
- Relación entre contracciones: 1.6 %, sin tendencia a atejar.
- Dureza (Chaláis-Meudon): 2.4, madera semiblanda.

Para esta y futuras referencias, se conoce como atejar a uno de los diferentes tipos de defectos comunes que presenta la madera en el que se genera un pandeo en el eje perpendicular a la dirección del veteado, este defecto se ilustra en la Figura 25.

**Figura 25** Madera con tendencia a atejar.



Nota. En la figura se explica el defecto presentado en una madera con tendencia a atejar.

Fuente: Maderame - Enciclopedia de la madera, 2023.

### Propiedades mecánicas

- Resistencia a flexión estática: 975.00  $kg/cm^2$
- Módulo de elasticidad: 130,000.00  $kg/cm^2$
- Resistencia a la compresión 492.00  $kg/cm^2$

### Mecanización

- Aserrado: Fácil, salvo si tiene exceso de resina
- Secado: Fácil y rápido. Riesgo pequeño de fendas y deformaciones. Exudaciones de resina

- Cepillado: Fácil. Riesgo de embotamiento de resina
- Encolado: Problemas si existe exceso de resina
- Clavado y atornillado: Necesita pretaladros.
- Acabado: Problemas cuando exista resina. Conviene aplicar un fondo que homogeneice la madera.

#### 2.4.1.2. Abedul (*Betula pendula Roth*)

La madera de abedul a pesar de no ser un producto nacional, es la especie más demandada en la industria pues sus características ofrecen soluciones adaptables, esto se refiere a la versatilidad del material pues puede ser trabajada con caladora manual (opción de precio más bajo), corte con CNC y corte láser (opción de precio más elevado). Esta característica permite a los fabricantes ofrecer a sus clientes un rango de precios más amplio pues les permite elegir mediante que método quieren que se fabrique el suaje. La AEIM (2022) concentra la siguiente información técnica acerca de la madera de abedul.

#### Propiedades físicas

- Densidad aparente al 12 % de humedad:  $650 \text{ kg/m}^3$ , madera semipesada.
- Estabilidad dimensional
  - Coeficiente de contracción volumétrico: 0.38 %, madera estable.
  - Relación entre contracciones 1.4 %, sin tendencia a atear.
- Dureza (Chaláis-Meudon): 3.1, madera semidura.

#### Propiedades mecánicas

- Resistencia a flexión estática:  $1,548.00 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad:  $170,000.00 \text{ kg/cm}^2$

- Resistencia a la compresión:  $526.00 \text{ kg/cm}^2$

## Mecanización

- Aserrado: Fácil, sin problemas
- Secado: Fácil y rápido, sin apenas defectos.
- Cepillado: Fácil.
- Encolado: Fácil.
- Clavado y atornillado: Conviene realizar pretaladros.
- Acabado: El tinte lo toma de forma irregular. Los barnices agarran sin problemas.

### 2.4.1.3. Maple (*Acer saccharum Marsh*)

La madera de maple es recomendada para uso como base de suaje en casos especiales en que la herramienta será utilizada en una producción masiva pues su dureza permite recuchillar sin dañar en el proceso dicha base, es decir puede que por el uso las cuchillas se queden sin filo a tal grado de tener que ser remplazadas y esta madera permite la opción de cambiar la plecas en lugar de tener que fabricar un suaje nuevo por completo. La AEIM (2022) concentra la siguiente información técnica acerca de la madera de maple.

## Propiedades físicas

- Densidad aparente al 12 % de humedad:  $700 \text{ kg/m}^3$ , madera de semiligera a pesada.
- Estabilidad dimensional
  - Coeficiente de contracción volumétrico: 0.49 %, madera nerviosa.
  - Relación entre contracciones: 2.06 %, madera con tendencia a atejar.
- Dureza (Chaláis-Meudon): 4.5, madera semidura.

## Propiedades mecánicas

- Resistencia a flexión estática:  $1,090.00 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad:  $126,000.00 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la compresión:  $540.00 \text{ kg/cm}^2$

## Mecanización

- Aserrado: Necesita potencia.
- Secado: Fácil y medianamente lento. Riesgos de colapso, cementado y atejado
- Cepillado y demás operaciones: Además de los problemas de potencia, presenta repelo.
- Encolado: Fácil.
- Clavado y atornillado: Necesita pretaladros, para facilitar la penetración e impedir roturas.
- Acabado: Fácil.

### 2.4.2. Cuchillas

Las plecas para suajes son laminillas de acero templado, las plecas también se conocen como flejes y existen diferentes tipos de acuerdo con el grosor y la altura. La pleca a usar depende del material que se va a procesar en lo que respecta a la altura, mientras que el grosor va a depender del calado de la madera, es decir qué tipo de método se utiliza para realizar los canales donde van insertadas las plecas, comúnmente, el ancho de este canal es de 2 puntos (0.70 milímetros) y 3 puntos (1.05 milímetros) (Mérida, 2010). Existen dos principales tipos de plecas que son las de corte y las de hendido (ver Figura 26), la diferencia de su estructura está dada por el perfil de la laminilla y dentro de esta clasificación existen aún más variaciones de cada una que se presentan más adelante.

**Figura 26** Perfiles de placas para suajado.



(a) Placas de corte.

(b) Placas de hendido

Nota. La figura muestra la diferencia en la geometría de un perfil de placa de corte y un perfil de placa de hendido. Fuente: Bohler Uddeholm, 2018.

La calidad de una placa la definen tres factores: en primer lugar, la calidad del acero que se va a usar para fabricar la herramienta, en segundo término, el tratamiento que cada fabricante le da al acero y, por último, los diferentes procesos de dureza al cuerpo y al filo, que al final le dan a la placa un carácter propio de acuerdo a cada marca (Grafitroquel, 2020). Dado que el presente proyecto se enfoca en el corte del material se dejó de lado la investigación a profundidad acerca de las placas de hendido y a continuación se presenta información detallada sobre las placas para corte, abarcando características y principales aplicaciones.

#### **2.4.2.1. Dimensiones**

Las presentaciones y dimensiones dependen de la variedad que maneje cada fabricante pero de manera general estas son las medidas estándares de cómo se pueden encontrar en el mercado.

##### **1. Grosor del fleje**

1,3pt/0,45mm · 1,5pt/0,53mm · 2pt/0,71mm · 3pt/1,05mm · 4pt/1,42mm · 6pt/2,13mm  
· 8pt/2,84mm

## 2. Altura del fleje

8mm · 10mm · 12–100mm

Dentro de las plecas de corte existen diferentes tipos de perfiles, debido a que tienen diferentes aplicaciones dentro de la industria dependiendo del material y maquinaria que se utilice. Uno de los principales proveedores nacionales de materia prima en el sector de la impresión y embalaje es CITO Group, en su catálogo de flejes para suajado incluyen información valiosa acerca de qué tipo de perfil es el adecuado a utilizar dependiendo del tipo de trabajo que se desea, en la Figura 27 se resume esta información.

**Figura 27** Tipos de biselado de los flejes de corte.

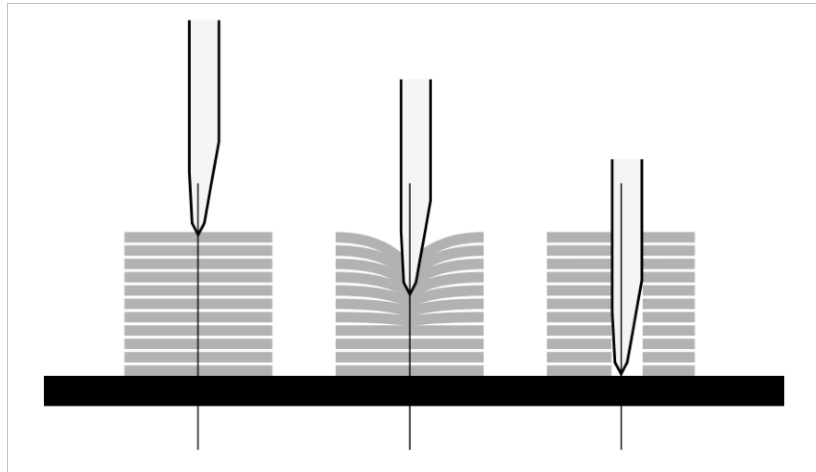


Nota. La figura describe las aplicaciones de corte que tiene el fleje según la geometría del perfil que posea. Fuente: CITO GROUP, 2020.

La última característica a considerar en un fleje de corte es si utilizar un filo liso o un filo dentado, este último ofrece capacidades superiores de corte en materiales de ingeniería y en conjunto con un ángulo de bisel largo y bisel interior secundario (biselado lateral facetado) garantiza las mejores dimensiones de tolerancias para cortes de material elástico cortado en multicapas (Bohlerstrip, 2017). En la Figura 28 tomada del catálogo mencionado, se ilustra la acción de un fleje biselado lateral facetado atacando a múltiples capas de un determinado material.



**Figura 28** Corte multicapa con fleje biselado lateral facetado.



Nota. La figura ilustra las etapas del corte multicapa usando un fleje biselado lateral facetado (BB). Fuente: Bohlerstrip, 2017.

### 2.4.3. Hule expulsor o botador

Este material impide que el corte sea profundo a tal punto que el material se quede trabado en el molde, el hule se deforma dependiendo de sus características con la presión del troquel, permitiendo que el movimiento del suaje sea suficiente para realizar el corte.

Existen ciertas consideraciones a tomar en cuenta para usar los hules, la primera de ellas es que el hule debe tener una separación adecuada, respecto de la cuchilla de corte esta puede ser entre 1.5 mm a 2.5 mm aproximadamente. En cuanto al grosor del hule depende directamente del grosor de la madera que se utilice, pero de manera estándar existe una referencia que indica que el caucho debe quedar siempre de 1.8 mm a 2.2 mm más alto que la cuchilla de corte. En general, se puede denominar a los hules como: duros, medios y suaves (ver Figura 29). Para materiales que son de calibre elevado se necesitan hules suaves que permitan un corte más profundo, es decir, que se compriman más. Al contrario si el material a troquelar es de calibre pequeño, se necesita un hule duro, y por último el de consistencia media se utiliza para materiales flexibles de calibres pequeños (Mérida, 2010).

**Figura 29** Hules expulsores usados en la fabricación de suajes.



Ejemplos de algunos tipos de hule botador disponibles en el mercado, consistencia media, dura y suave. Tomado de: [www.diesupplymty.com.mx](http://www.diesupplymty.com.mx)

En la Tabla 5 se muestra la información concentrada de los tipos de hule estándares disponibles en el mercado, sus características y especificaciones o sugerencias de uso.

**Tabla 5** Hule botador para suajes

Tipo	Características
80 Rojo	Hule célula abierta, alta calidad, densidad extrafirme. Para uso en cajas plegadizas de cartón, fibras sólidas y etiquetas.
65 Negro	Hule célula abierta, densidad media, para uso en la mayoría de las aplicaciones. Este es el hule botador más popular.
57 Gris	Hule célula cerrada, generalmente se usa en suaje rotativo, pero también puede ser utilizado en suaje plano.
95 Corcho	Combinación de corcho con hule altamente compresible, resistente a la fatiga.
75 Rojo	Hule célula abierta, densidad extrafirme para uso en cajas de cartón sólidos, juntas y etiquetas.

Continúa en la siguientes página.

## Hule botador para suajes

Tipo	Características
70 Rosa	Hule célula abierta, densidad firme, para uso en cartón corrugado y cajas de cartón plegadizo.
73 Naranja	Hule célula abierta, alta calidad, densidad extrafirme con o sin pegamento, uso en cartón corrugado y cajas de cartón.
68 Azul	Hule célula abierta, densidad extrafirme con o sin pegamento, uso en cartón corrugado y cartón.
60 Café	Hule célula abierta, densidad media, con o sin pegamento, uso en operaciones de suaje de corte para corrugado y cartón.
55 Negro	Hule de neopreno de celda cerrada, expandido por gas, con o sin pegamento, con cubierta en un lado para durabilidad y acolchado en el otro para adhesividad.
Hule plano	Hule plano principalmente usado en piezas
Hule Ondulado	Diseñado para compresión horizontal

Fuente: Cortemex, 2022.

## 2.5. Equipo necesario para la fabricación de suajes

### 2.5.1. Caladora

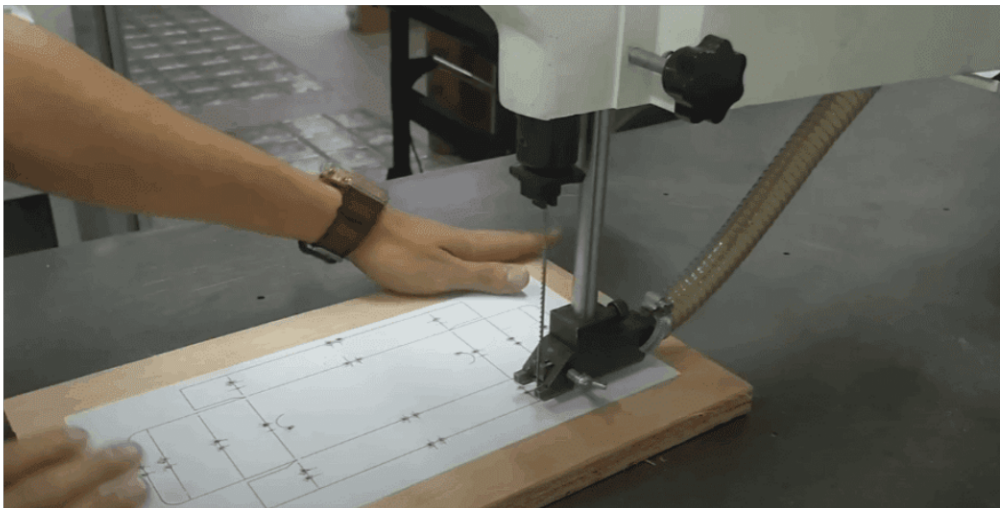
La operación para fabricar un suaje varía principalmente en el equipo que se utiliza para el calado de la madera, el cual puede hacerse de forma manual o automática, y depende de las características de calidad y precisión requeridas para decidir con qué equipo fabricarlo.

La caladora de mesa es una herramienta de gran versatilidad, pues facilita la realización de cortes curvos, rectos o incluso con algún grado de inclinación, actualmente existe gran

variedad de modelos y gamas de precios. La principal característica de estas caladoras es su motor montado horizontalmente, que permite un movimiento perpendicular a la dirección del corte, con lo que se consigue atacar de forma más efectiva al material y multiplicar la velocidad de corte. Muchos modelos disponibles cuentan con la capacidad de regulación electrónica que permite trabajar con velocidades que se ajustan a requerimientos de distintos materiales, para cortes en madera de mayor grosor y dureza se emplean velocidades altas, pero para maderas o tableros mas suaves y delgados, lo más recomendable será utilizar velocidades menores (Mérida, 2010).

En la Figura 30 se observa como se utiliza una caladora de mesa en la fabricación de un suaje, al tratarse de una operación manual la calidad del trabajo depende de la destreza del operario.

**Figura 30** Caladora de mesa utilizada en la elaboración de un suaje.



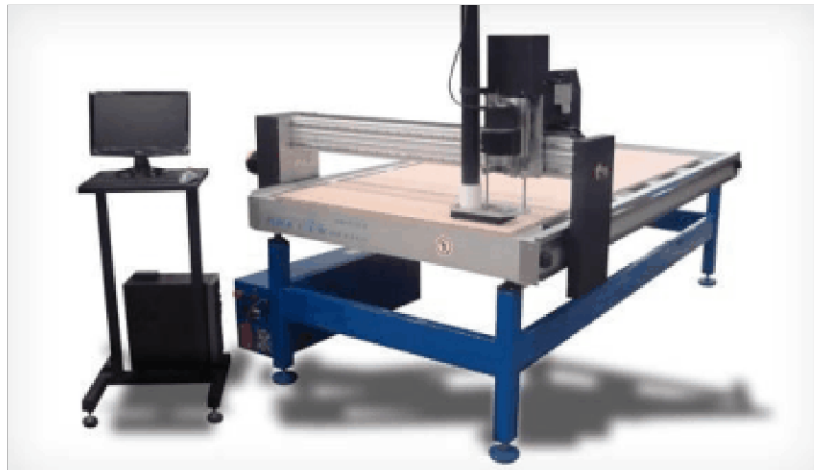
En la figura se muestra que se usa de referencia una impresión a escala real de la geometría en donde serán colocadas las cuchillas o flejes, sirviendo así como guía para realizar el corte. Fuente: Investigación de campo.

## 2.5.2. Router CNC

Otro método para la elaboración de suajes es mediante un enrutador CNC (Computer Numerical Control) Gutiérrez & Ramón (2017) afirman que es una máquina de corte controlada

por ordenador, que trabaja sobre 3 ejes y es utilizada para manufacturar piezas de diferentes materiales como madera, acrílico, cerámicos, entre otros. Existen diferentes tipos de máquinas CNC y normalmente se ven como se muestra en la Figura 31.

**Figura 31** Router comercial modelo PCX-BT.



Nota. En la figura se observan los elementos que conforman un router: programa, controlador, máquina herramienta y una estructura que la soporte. Fuente: PRECIX, 2016.

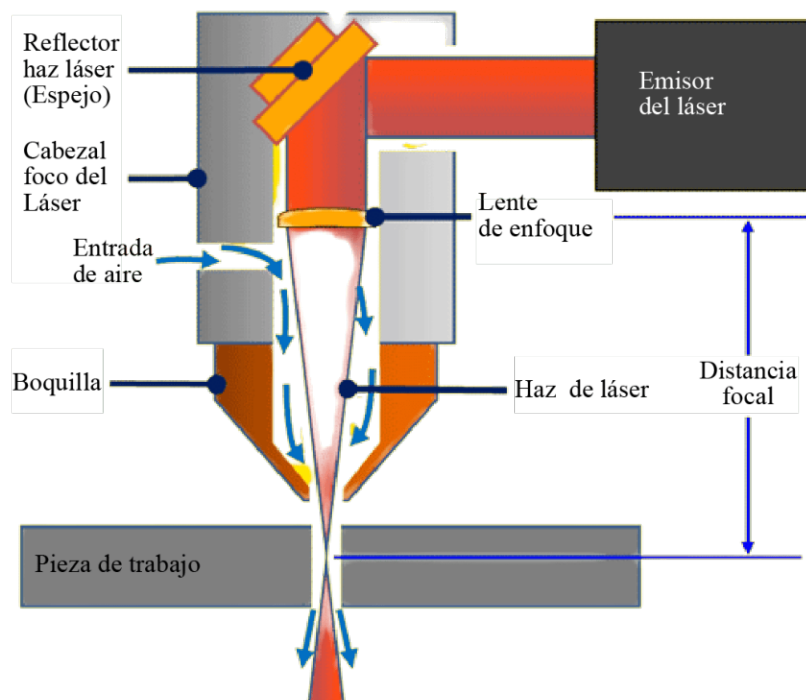
La programación nativa de la mayoría de las máquinas de Control Numérico Computarizado se efectúa mediante un lenguaje de bajo nivel llamado G & M. Se trata de un lenguaje de programación vectorial mediante el que se describen básicamente segmentos de recta y arcos de circunferencia, junto con sus parámetros de maquinado (velocidades de husillo y de avance de herramienta). El nombre G & M viene del hecho de que el programa está constituido por instrucciones Generales y Misceláneas. Hoy en día gracias a la estandarización que promovió la ISO para unificar la gran variedad de códigos G & M, es posible utilizar los mismos programas en distintas máquinas CNC de manera directa o con adaptaciones mínimas (Daza & Luegas, 2016).

### **2.5.3. Máquina de corte láser**

La palabra LÁSER proviene de "light amplification by stimulated emission of radiation" que en español significa Luz amplificada por la estimulación de la emisión de radiación. El

maquinado por rayo láser de sus siglas en inglés ‘Laser Beam Machining’ es un proceso inducido térmicamente, en el cual la energía del haz de luz focalizado es absorbida por el material, que se vaporiza formando así el corte. Los factores que determinan la posible aplicación del láser en el corte de materiales son las propiedades ópticas, térmicas, eléctricas y mecánicas del propio material, así como la longitud de onda de la radiación (Chucaralao & Llvísaca, 2021). Las máquinas de corte láser también funcionan mediante control numérico por computadora, por eso pueden trabajar a velocidades de tiempo real con una muy alta precisión de corte y/o grabado (Padilla, 2017) en la Figura 32 se muestran las partes que conforman una máquina de corte láser.

**Figura 32** Máquina de corte láser.



Nota. La figura muestra el las partes y el principio de funcionamiento de una máquina de corte láser. Fuente: Lisandro, 2017.

Independientemente del tipo de equipo usado para procesar la base de madera para fabricar un suaje, durante el calado se deben dejar espacios sin cortar a lo largo del perímetro de

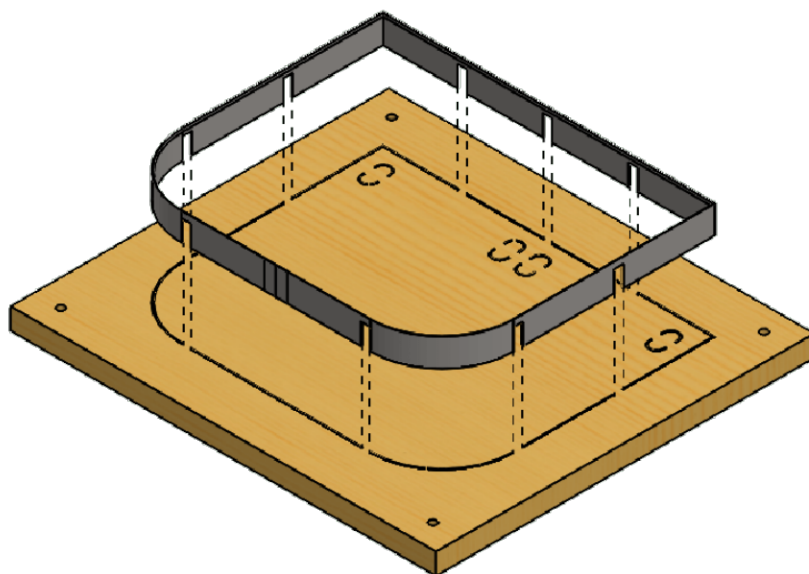


corte para mantener a la manera como una sola pieza, a estas zonas sin cortar se les conoce como puentes en la industria del manufactura de suajes (ver Figura 33).

#### 2.5.4. Máquina puenteadora

La máquina puenteadora o también conocida como cortador de regla es una máquina de troquelado especializada, en la fabricación de suajes es usada para realizar muescas en los flejes, es decir, pequeños trozos de la lámina se cortan para poder ensamblarlos en la ranura de la madera (ver Figura 33) y empalmar con los puentes existentes.

**Figura 33** Relación de los puentes y las muescas de los flejes en un suaje



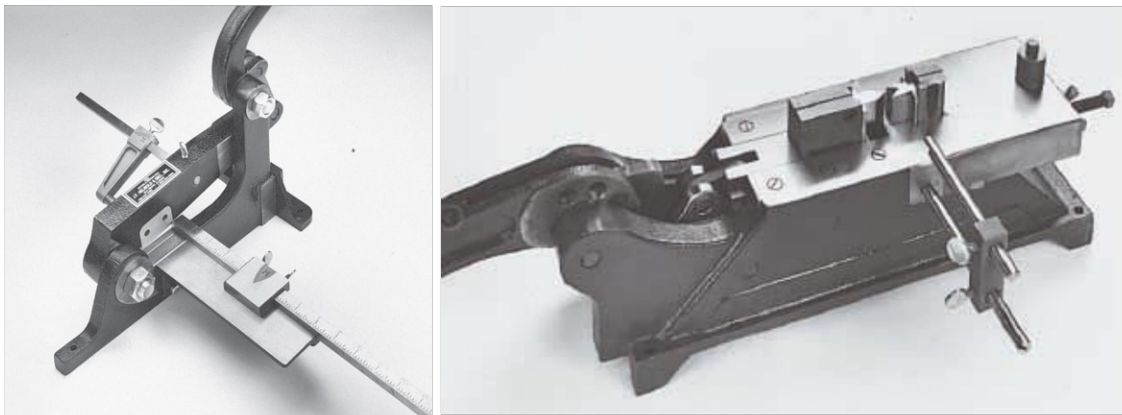
Nota. En la figura se muestra un ejemplo de los puentes que mantienen a la madera unida y como deben coincidir con las muescas que se cortan del fleje.

La máquina para realizar estas muescas consiste en un troquel que tiene la forma y dimensiones del agujero que se quiera realizar, y la matriz de corte por donde se inserta el troquel cuando es impulsado por la potencia que le proporciona la máquina, produciendo así el corte de la misma (Mena, 2015). Este troquel está adaptado a una base que incluye también una regleta y aditamentos que facilitan la colocación del fleje para realizar los puentes en la distancia requerida, como el ejemplo que se muestra en la Figura 34-a.

### 2.5.5. Máquina flejadora

Es una máquina dobladora que se usa para dar la forma a los flejes, ya sean dobleces rectos (angulosos) o curvos. Esta máquina se usa con sus aditamentos llamados dados con los que al aplicar una fuerza de presión se va dando la forma requerida para hacer que cumplan con el perímetro del corte de la pieza deseada y colocarlos en la madera calada. En la Figura 34-b se muestra una de las máquinas flejadoras disponibles en el mercado.

**Figura 34** Máquinas para procesar flejes.



(a) Máquina puenteadora.

(b) Máquina flejadora.

Nota. a) Este modelo de puenteadora es capaz de procesar reglas de hasta 6 puntos. b) Este modelo de dobladora incluye accesorios estándar, para trabajar con reglas de 3, 4 y de hasta 6 puntos. Fuente: GOETTSCH INTERNATIONAL INC, 2022.

## 2.6. Máquinas suajadoras disponibles en el mercado

A continuación se presenta la información obtenida luego de una investigación sobre las máquinas disponibles que se consideran más adecuadas, en términos de dimensiones. Se presentan junto con sus precios y características.



### 2.6.1. Máquinas suajadoras manuales

**Modelo 1.** Máquina suajadora manual de rodillos, portátil 50 cm de ancho, 80 cm largo y 30 cm de alto. Rodillos en acero de 2 1/2" de diámetro, estructura en perfil cuadrado de 1 1/2", manivela en acero redondo (ver Figura 35). Este modelo tiene un precio de \$ 5,000 con IVA incluido.

**Figura 35** Primer modelo de máquina suajadora manual.



Fuente: Mercado libre, 2022.

**Modelo 2.** Máquina suajadora manual de rodillos con un área de trabajo de 60 cm, cuenta con rodillos de 2 1/2" de acero cédula 40 maquinados y rectificado, con recubrimiento de PVC, estructura de tubular de 1 1/4" con soportes para la mesa, manivela de giro de rodillo circular de tubo 3/4" (ver Figura 36). Este modelo tiene un precio de \$ 7,600 con IVA incluido.

**Figura 36** Segundo modelo de máquina suajadora manual.



Fuente: Mercado libre, 2022.

**Modelo 3.** Suajadora manual de rodillos con área de trabajo de 60 cm y estructura alta de 90 cm. Rodillos de de acero cédula 60, rectificadas, estructura en perfil cuadrado de 1 1/2", manivela en acero redondo (ver Figura 37). Este modelo tiene un precio de \$ 8,499 con IVA incluido.

**Figura 37** Tercer modelo de máquina suajadora manual.



Fuente: Mercado libre, 2022.

**Modelo 4.** Suajadora de rodillos manual de 80 cm de ancho, 120 cm de largo y 100 cm de altura. Rodillos de acero de 3 1/2" de diámetro, estructura de la máquina elaborada en perfil cuadrado de 1 1/2", manivela en acero redondo de 80 cm de largo (ver Figura 38). Este modelo tiene un precio de \$ 16,000 con IVA incluido.

**Figura 38** Cuarto modelo de máquina suajadora manual.



Fuente: Mercado libre, 2022.

## 2.6.2. Máquinas suajadoras eléctricas

**Modelo 1.** Suajadora de rodillos de 80 cm de ancho, 120 cm de largo y 90 cm de altura. Motorreductor de 3/4 hp, giro en un solo sentido (voltaje a elegir 110 o 220). Rodillos en acero de 3 1/2" de diámetro. Estructura de perfil cuadrado de 1 1/2". Manivela para usarse manualmente: 100 cm de largo hecha en redondo de 5/8 (ver Figura 39). Este modelo tiene un precio de \$ 24,000 con IVA incluido.

**Figura 39** Primer modelo de máquina suajadora eléctrica.



Fuente: Mercado libre, 2022.

**Modelo 2.** Suajadora de rodillos de 100 cm de ancho. Motorreductor de 1.0 hp giro en ambos sentidos (voltaje a elegir 110 o 220). Rodillos de acero de 3 1/2" de diámetro cédula 40. Estructura elaborada en perfil cuadrado de 1 1/2". Manivela para usarse manualmente: 100 cm de largo hecha en redondo de 5/8 (ver Figura 40). Este modelo tiene un precio de \$ 33,000 con IVA incluido.

**Figura 40** Segundo modelo de máquina suajadora eléctrica.



Fuente: Mercado libre, 2022.

**Modelo 3.** Suajadora lineal eléctrica con ancho interno de trabajo 100 cm, corriente de alimentación 220v bifásico, estructura hecha en perfil de acero reforzado. Cuenta con protecciones en laterales de rodillo superior, el motor y poleas. Accionamiento con 2 pedales (ver Figura 41). Este modelo tiene un precio de \$ 69,600 con IVA incluido.

**Figura 41** Tercer modelo de máquina suajadora eléctrica.



Fuente: Mercado libre, 2022.

## 2.7. Selección de máquina suajadora

Como se puede observar en los datos de la investigación el precio de las máquinas disponibles en el mercado varía en base a las características de cada una, la principal diferencia de precio va en función de su forma de accionamiento: las máquinas manuales se cotizan en precios muy por debajo de las máquinas accionadas mediante energía eléctrica, el ejemplo más fácil de analizar son las máquinas de las Figuras 40 y 41 que muestran máquinas de las mismas dimensiones y características similares con la diferencia de forma de accionamiento, la segunda es una máquina eléctrica y su precio se eleva en un 150 %.

Otra característica importante son las dimensiones estándares que se manejan en la industria, la máquina eléctrica mas pequeña disponible es de 80 cm de área de trabajo, mientras que las máquinas manuales se encuentran fácilmente en dimensiones de 40 cm de área de trabajo y preguntando con algunos proveedores la mayoría de ellos ofrecen la opción de armar máquinas más pequeñas de hasta 20 cm de área de trabajo, pues son solicitados para trabajos didácticos

o artesanales.

Las máquinas eléctricas no se fabrican en dimensiones más pequeñas pues por la fuerza que logran transmitir con la energía eléctrica no son recomendadas para ser usadas con suajes más pequeños, además de ser contraproducente la inversión en un máquina con esa capacidad para trabajos que no lo requieran.

Por último es importante resaltar que se investigaron máquinas con dimensión del área de trabajo mínima de 50 cm pues los mismos proveedores asesoran que para elegir la máquina se debe tener en cuenta una medida aproximada del suaje a emplear en la operación de corte. Para obtener un buen acabado el suaje no se introduce paralelo al rodillo, sino que se coloca con cierto ángulo de modo que cuando comiencen a girar los rodillos entre primero una esquina del suaje y no un lado completo; es por eso que considerando el ancho del suaje la máquina a elegir debe tener de 10 a 15 cm de holgura en su ancho de área de trabajo. En base a esto y los precios obtenidos se determinó que la máquina más adecuada para usar en este proyecto sería la primer máquina manual que se presenta (Figura 35). Se hace referencia de esta manera por que resulta difícil otorgarles nombre o modelos a esta maquinaria, pues son máquinas fabricadas y puestas a la venta por personas independientes que no cuentan con una marca establecida o catálogos disponibles.

Después de realizar esta investigación se considero que sería oportuno ofrecer una opción alternativa a tener que comprar uno de estos equipos, pues tras conocer sus características se puede analizar que para este proyecto en específico resultan sobradas, si bien puede ser una máquina que aporte valor en otros ámbitos al instituto y a la carrera siendo parte de la maquinaria disponible para los proyectos del alumnado no es imprescindible al grado de destinarle ese recurso económico.



# Capítulo 3

## Desarrollo del concepto

En este capítulo se presenta la información que es utilizada para el desarrollo del concepto del producto que, siguiendo la metodología de Ulrich & Eppinger (2012), se desarrollaron tres apartados principales:

1. Identificación de necesidades del cliente.
2. Especificaciones del producto.
3. Generación de conceptos.

### 3.1. Identificación de necesidades del cliente

En la Tabla 6 se presenta una lista de necesidades del usuario para resolver el problema que genera la etapa de corte de láminas de PET. Estas necesidades se inferen a partir de la investigación realizada y la observación durante el desarrollo del proyecto de caretas.

**Tabla 6** Identificación de las necesidades del usuario.

Declaración de la misión	
Descripción del producto	Herramienta funcional para realizar la tarea de corte de tres láminas de PET calibre 10 (0.25mm) en cada operación.
Propuesta de valor	Herramienta de bajo costo, que se puede manufacturar en los talleres de la Universidad. Además para ser usada no requiere de una especialización del usuario pues es de fácil operación y mantenimiento.
Objetivos clave del proyecto	Ofrecer a la Universidad Tecnológica de la Mixteca una propuesta que mejora el proceso de corte del material en términos de calidad, reducción del tiempo requerido para la ejecución y seguridad para el operador.

Continúa en la siguiente página.



### Identificación de las necesidades del usuario.

Declaración de la misión	
Mercado primario	El diseño se enfoca para ser usado dentro del proceso de producción de caretas covid-19.
Mercados secundarios	Esta máquina es una herramienta que puede ser usada por los alumnos de la carrera de ingeniería en diseño: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambiando el suaje para proyectos de la materia de envase y embalaje para hacer prototipos y experimentar con materiales y procesos tangibles.</li> <li>• Como prensa para estampado en la materia de métodos de impresión.</li> </ul>
Suposiciones y restricciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal: Técnico del taller de madera, técnico que domine las máquinas para procesar metal y un operario de la máquina CNC.</li> <li>• Manufactura: Los bienes materiales disponibles en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.</li> </ul>
Involucrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingeniero en diseño (tesista)</li> <li>• Codirectores de tesis</li> <li>• Revisores del proyecto</li> <li>• Técnicos que realicen la manufactura</li> <li>• Administración de la universidad que proporcione los bienes materiales y la materia prima.</li> </ul>

Nota: En la tabla se presentan aspectos a considerar para el diseño de la herramienta de corte de láminas de PET.

### 3.1.1. Recopilación de datos del cliente

Durante el proceso de fabricación de caretas se tuvo la oportunidad de trabajar activamente en el proceso de corte de las láminas de PET y cuestionar al grupo con el que trabajaba.

Se realizaron preguntas sobre aspectos relacionados con la dificultad de la actividad, molestias físicas al realizarla y características que facilitarían la operación. En la Tabla 7 se presentan el concentrado de la información recabada durante las entrevistas.

**Tabla 7** Recopilación de datos

Interpretación de las entrevistas	
¿Que tan difícil le resulta esta tarea? (Respuesta del operario)	¿Que tan difícil le resulta esta tarea? (Interpretación)
1. Me cuesta trabajo ir sobre la línea, no me salen derechas las micas. Marcarlas es fácil pero cortarlas es cansado, después de un rato me duele la mano.	Mejorar calidad de corte del perímetro exterior y herramienta ergonómica.
2. Yo no pude cortarlas con la tijera por que me voy muy chueco y estoy tratando de hacerlo con el cúter pero es muy cansado porque hay que aplicarle mucha fuerza para que se corte una lámina.	Herramienta resistente y ergonómica.
3. No se me hace difícil pero me tardo mucho por que el material está duro y las tijeras se van desgastando y con el cúter parece ser más rápido pero no tengo suficiente fuerza para cortarlo así.	Mejorar tiempos en el proceso y cuchillas adecuadas para el material.

Continúa en la siguiente página.

## Recopilación de datos

Interpretación de las entrevistas	
4. Los orificios no se cortan por completo, solo estira el material y tenemos que usar el cúter para terminar de removerlo, es peligroso por que como es una parte pequeña ya varios se han cortado.	Dimensiones y material adecuado. Ofrecer seguridad al operario.
5. Al hacer los orificios con este utensilio no se cortan pero si ayuda por que queda marcado en el material el perímetro que hay que cortar y el cúter ya se va sobre el línea.	Mejorar la calidad del corte de las perforaciones.
¿Qué problemas observa usted en este proceso que realizamos? (Respuesta del operario)	¿Qué problemas observa usted en este proceso que realizamos? (Interpretación)
1. Que somos muchos y no deberíamos estar en el mismo cuarto (Distanciamiento recomendado). Y que a veces las micas salen mal aquí y se tienen que desechar o ya vienen rayadas del proceso pasado.	Reducir el número de operarios para el corte y evitar daños al trabajar el material.
2. Que es cansado y muy tardado, somos muchos para lo que tenemos que hacer y ya nos lastimamos por cortar con la tijera.	Accesible.
3. Aparte de que el proceso es tedioso nos tardamos en traer todo lo que se necesita, como se tiene que guardar en la bodega del material, hay que traerlo y luego volver a llevarlo hasta allá, por que no lo podemos dejar aquí por que estorba.	Transportable
4. Que las herramientas no son las adecuadas por que con las tijeras es cansado y el cúter se resbala y corta donde es.	Herramienta fácil de controlar.

Nota: Interpretación de las necesidades de los usuarios en base a sus respuestas.

### 3.1.2. Jerarquización de las necesidades del cliente

Este paso busca organizar las necesidades en una lista jerárquica. En la Tabla 8 se presentan las necesidades primarias en el orden de importancia que se identificó mediante las entrevistas realizadas y los conocimientos adquiridos como estudiante de ingeniería en diseño.

**Tabla 8** Lista de necesidades jerarquizadas.

Número	Necesidades del usuario
1	Excelente calidad de corte
2	Resistente
3	Ergonómico
4	Reducir tiempo
5	Reducir operarios
6	Accesible
7	Fácil de instalar
8	Transportable
9	Económico
10	Mantenimiento sencillo

Nota: Las necesidades se organizan de mayor a menor importancia.

### 3.2. Especificaciones del producto

Establecer las especificaciones del producto permite describir las características que debe tener el producto para satisfacer las necesidades del usuario, y servir como punto de partida para la generación de conceptos. En la Tabla 9 se muestra un listado de especificaciones del producto, organizada jerárquicamente de acuerdo a su importancia.

Escala de importancia utilizada para establecer las especificaciones del producto:

1. Sería bueno tener esa función, pero no es imprescindible.
2. La función es altamente deseable, pero se puede considerar al producto sin ella.
3. La función es de importancia crítica. No se considera al producto sin esta función.

**Tabla 9** Especificaciones del producto.

Número	Necesidad	Descripción	Imp.
1	Excelente calidad de corte	Que logre un corte completo y limpio del material.	3
2	Resistente	Capaz de soportar la fuerza aplicada constantemente para realizar el corte.	3
3	Ergonómico	Que ofrezca comodidad y seguridad para el operario.	3
4	Reducir tiempo	Disminuir el tiempo empleado en esta parte del proceso.	3
5	Reducir operarios	Que un solo operario pueda realizar el corte.	2
6	Accesible	Que sea fácil de usar sin requerir ninguna especialización de los usuarios.	2
7	Fácil de instalar	No requiere mucho tiempo ni operaciones para colocar el suaje en el mecanismo usado.	2
8	Transportable	Que permita trasladarse fácilmente para guardarlo.	1
9	Económico	Utilizar materiales y procesos económicos.	1
10	Mant. sencillo	Que no requiera de gran especialización ni tiempo.	1

Nota: La importancia de las necesidades a cubrir se presenta en una escala del 1 al 3, donde 1 representa la importancia más baja y 3 la más alta.

### 3.2.1. Elaboración de métricas del producto

En la Tabla 10 se presentan las métricas que se han considerado para el diseño del producto, este paso permite reflejar las necesidades del cliente en un conjunto de especificaciones precisas y medibles, que al cumplirlas se asegura la satisfacción de los usuarios.

Escala de importancia utilizada para establecer las especificaciones del producto:

1. Sería bueno tener esa función, pero no es imprescindible.
2. La función es altamente deseable, pero se puede considerar al producto sin ella.
3. La función es de importancia crítica. No se considera al producto sin esta función.

**Tabla 10** Métricas para el diseño del producto.

Métrica	Necesidad	Métricas	Imp.	Unidades
1	1	Perímetro de corte	3	cm
2	1	Fuerza suficiente para cortar el material.	3	N
3	2	El material de estructura debe soportar las fuerza aplicada sin deformarse.	3	N
4	2	Las uniones fijas y móviles deben soportar la fuerza aplicada.	3	N
5	3	Altura a la que se debe usar para no causar lesiones.	3	cm
5	3	El operario debe ser capaz de aplicar la fuerza necesaria sin exponerse a lesiones.	3	N
6	3	El diámetro de la empuñadura en la pieza donde se aplica la fuerza.	3	cm

Contiúa en la siguiente página.

Métricas para el diseño del producto.

Métrica	Necesidad	Métricas	Imp.	Unidades
7	4	Tiempo mínimo para realizar un número determinado de cortes completos.	2	min
8	5	Que un solo operario pueda realizar este proceso de corte.	2	min
9	6	Herramienta intuitiva, que requiera el tiempo mínimo para saber como usarla.	2	Operario
10	7	Tiempo de desensamble/ensamble para instalación.	2	min
11	7	Mínima cantidad de operaciones para instalación.	1	Movimientos
12	8	Masa total.	1	Kg
13	8	Dimensiones totales.	1	cm
14	9	Materias primas económicas y en lo posible de material de reuso.	1	\$
15	9	Operaciones económicas que se puedan realizar dentro de las instalaciones de la UTM.	1	\$
16	10	Tiempo de desensamble/ensamble para mantenimiento.	1	min
17	10	Mínima cantidad de operaciones para mantenimiento.	1	Movimientos

Nota: La tabla muestra las unidades de medida de cada métrica con el cual se diseñó la herramienta de corte.

### 3.2.2. Análisis de productos de la competencia

En el mercado no existen suajes prefabricados para analizar, debido a que cada fabricante los hace de acuerdo a las necesidades del cliente y la tecnología que tenga. A continuación, en la tabla 11 se muestra la información obtenida después de solicitar cotizaciones del suaje requerido con tres diferentes empresas.

**Tabla 11** Cotización de suajes.


Empresa	Precio	Características
	\$ 460.00 + IVA	Suaje de madera de abedul de 15 mm, pleca de corte de 3 pts y doble faceta, altura de 23.8 mm
	\$ 1,600.00 + IVA	Suaje de madera de abedul de 18 mm calada con láser y pleca de 3 pts doble faceta bolher.
	\$ 900.00 + IVA	Suaje de madera de abedul de 15 mm calada con caladora y pleca de 3 pts doble faceta bolher.
	\$ 600.00 + IVA	Suaje de madera de pino de 15 mm y pleca 3 pts marca china.
	\$ 848.34 + IVA	Suaje de madera de abedul de 15mm calado con láser y pleca doble faceta 3pts marca bolher.

Nota: La cotización corresponde a precios del presente año y las especificaciones fueron dadas por los proveedores.



El análisis de la competencia se realizó para prensas manuales de corte de diferentes materiales, para usarse como guía del principio de funcionamiento de una propuesta de mecanismo más sencillo para montar el suaje. A continuación, en la Tabla 12 se analizaron tres mecanismos encontrados en el mercado, cabe recalcar que, si bien las herramientas analizadas no son específicamente para el corte de láminas de PET, estos pueden brindar información sobre las características que se requieren para el corte de otro tipo de láminas.

**Tabla 12** Tabla de comparación de prensas manuales de corte.

Objeto	Características	Ventajas	Desventajas
<p><b>Figura 42</b> Prensa para cortar esquinas</p>  <p>Tomado de: <a href="http://www.amazon.com.mx">www.amazon.com.mx</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina para redondear esquinas de diferentes materiales.</li> <li>• Material: acero endurecido.</li> <li>• Marca INTSUPERMAI.</li> <li>• Dimensiones: 31.75 x 23.11 x 22.86 cm</li> <li>• Peso del producto: 7.01 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedad de materiales: poliéster, cuero, papel, polipropileno, pvc, etc.</li> <li>• Ergonómico: Mango largo usa el principio de palanca.</li> <li>• Pisapapeles ajustable, evita que el papel se deslice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene un sistema que permita la fijación a una mesa de trabajo.</li> <li>• No se observa algún seguro para cuando no está en uso.</li> <li>• Es una herramienta costosa: \$ 3,206.02</li> </ul>

Continúa en la siguiente página

Tabla de comparación de prensas manuales de corte.




<p><b>Figura 43</b> Prensa para cortar cuero</p>  <p>Tomado de: mercadolibre.com.mx</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso: Perforadora manual para cortar agujeros de cuero.</li> <li>• Material: Acero.</li> <li>• Marca: Generic OEM</li> <li>• Dimensiones: cm</li> <li>• Peso del producto: kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura ajustable.</li> <li>• Ergonómico: Mango largo usa el principio de palanca.</li> <li>• Aspecto resistente.</li> <li>• Resorte ahorrador de mano de obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensiones pequeñas.</li> <li>• No tiene recubrimiento que proteja el material a procesar.</li> <li>• Se tiene que mover para sacar los residuos de material del agujero.</li> <li>• Es una herramienta costosa: \$ 6,050.68</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso: Prensa manual de escritorio.</li> <li>• Material: Acero y plástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales: láminas de metal, joyería, textiles.</li> <li>• Ergonómico: Mango largo y límite antideslizante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apto solo para trabajos pequeños. Carrera máxima: 34 mm.</li> </ul>

Tabla de comparación de prensas manuales de corte.

Objeto	Características	Ventajas	Desventajas
<p><b>Figura 44</b> Prensa multiusos</p>  <p>Tomado de: <a href="https://www.aliexpress.com">es.aliexpress.com</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marca: CJHZYG</li> <li>• Dimensiones: 11.0 X 17.0 X 34.0 cm</li> <li>• Peso del producto: 12 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versátil: diversas operaciones.</li> <li>• Fácil de instalar.</li> <li>• Resorte de alto rendimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere herramienta especializada.</li> <li>• Es una herramienta costosa: \$ 2,896.58</li> </ul>
<p><b>Figura 45</b> Prensa para ojales</p>  <p>Tomado de: <a href="https://www.mercadolibre.com.mx">mercadolibre.com.mx</a></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso: Máquina perforadora de metal.</li> <li>• Material: Aluminio.</li> <li>• Dimensiones: 18.0 x 15.0 x 40.0 cm</li> <li>• Peso del producto: 1.08 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ergonómico: Mango largo y recubierto.</li> <li>• Versátil: diversas operaciones.</li> <li>• Ligero, fácil de transportar.</li> <li>• Elementos de sujeción estándar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es difícil remover los residuos.</li> <li>• Es una herramienta costosa: \$ 1,395.00</li> </ul>

En la tabla 12 se analizaron características, ventajas y desventajas de cuatro prensas manuales.

En la Tabla 13, se muestra un listado de características obtenidas del análisis de la competencia, las cuales son importantes a considerar en las etapas siguientes de diseño de la herramienta de corte de láminas de PET.

**Tabla 13** Datos obtenidos del análisis de la competencia.

Número	Características
1	Herramienta especializada
2	Material resistente: Acero
3	Ergonómico: Brazo de palanca y mango antideslizante
4	Sistema que permita instalar el suaje de manera sencilla y sin herramienta especializada
5	Sistema que permita retirar el material sobrante de forma fácil y segura.
6	Recubrimiento en las piezas que estén en contacto con el material a procesar para protegerlo.
7	Seguro/restricción de movimiento para cuando no se use.
8	Elementos de sujeción estándar.

Nota: Datos que se consideran importantes para el diseño de la herramienta.

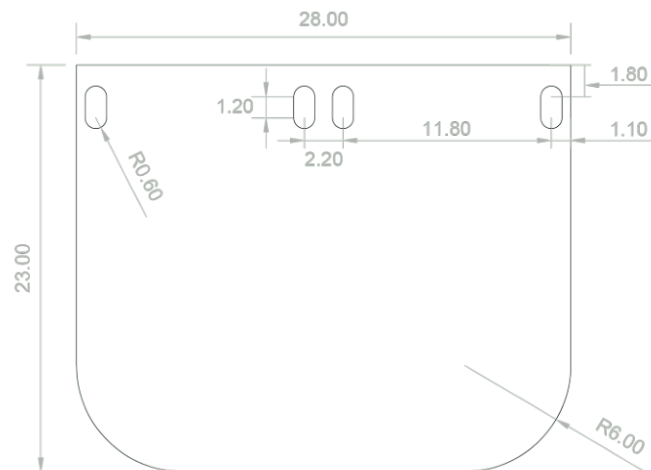
### 3.3. Requerimientos de diseño

Los requerimientos de diseño son variables fijadas previamente al proceso de conceptualización y se establecen en función de los requisitos que tenga que cumplir el solucionador del problema (Rodríguez, 1985). En este apartado se optó por separar los requerimientos de diseño de la herramienta de corte, presentando primero los requerimientos de diseño del suaje, seguido de los requerimientos de diseño de la prensa en donde será montado.

### 3.3.1. Requerimientos de diseño del suaje

En la Figura 46 se presenta una representación gráfica de la geometría de la lámina de PET que debe resultar de la operación, que es el objeto que determina el listado de requerimientos de la herramienta de corte a diseñar.

**Figura 46** Geometría de la lámina de PET usada en las caretas.



Nota. El gráfico describe la forma y dimensiones de la lámina de PET de las caretas covid-19, las unidades se expresan en cm.

#### 3.3.1.1. Requerimientos de uso

En la Tabla 14 se presenta un listado de los requerimientos de diseño de uso y una descripción en términos de especificaciones técnicas.

**Tabla 14** Requerimientos de uso del suaje

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Dimensiones adecuadas	Tomar en cuenta la geometría para el corte de la mica requerida y considerar el espacio para colocar el hule expulsor. Ancho de 32 cm y largo de 36 cm.
2	Fácil instalación	Colocar el suaje en la prensa debe ser una operación sencilla para el usuario, por eso es importante considerar operaciones y herramientas sencillas
3	Transportable	El usuario necesita moverlo para guardarlo, es importante no aumentar componentes que eleven su peso.

Nota: Se muestran los requerimientos de uso y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.1.2. Requerimientos de función

En la Tabla 15, se presenta un listado de los requerimientos de función que se han considerado para el diseño del suaje. Esta tabla contiene también una descripción del requerimiento en términos de especificaciones técnicas.

**Tabla 15** Requerimientos de función del suaje.

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Usar cuchillas adecuadas para el material	Los flejes de filo dentado y doble faceta permitan un corte limpio y preciso, en materiales plásticos y de tipo multicapa.
2	Especialización	Tomar en cuenta que la función única que desempeñará el suaje es para cortar la geometría en mica de PET que ya tiene medidas establecidas
3	Resistente	Debe ser capaz de resistir los constantes esfuerzos de compresión por eso es necesario un ensamblaje preciso
4	Acabado	El fleje y el hule son elementos prefabricados que no requieren de ningún otro proceso mas que el de colocación, la base de madera será lijada

Nota: Se muestran los requerimientos de función y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.1.3. Requerimientos estructurales

En la Tabla 16, se presenta un listado de los requerimientos estructurales que se han considerado para el diseño del suaje. Esta tabla contiene también una descripción del requerimiento en términos de especificaciones técnicas.

**Tabla 16** Requerimientos estructurales del suaje.

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Unión	Los flejes se colocan a presión en la línea calada de la madera y el hule se adhiere con aglutinante o con su propio adhesivo si cuenta con el.
2	Estructurabilidad	Es importante que se considere que el calado debe ser exacto y colocar los flejes de manera vertical para evitar dañarlos.

Nota: Se muestran los requerimientos estructurales y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.1.4. Requerimientos técnico-productivos

En la Tabla 17, se presenta un listado de los requerimientos técnico-productivos que se han considerado para el diseño del suaje. Esta tabla contiene también una descripción del requerimiento en términos de especificaciones técnicas.

**Tabla 17** Requerimientos técnico-productivos del suaje.

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Bienes de capital	Se requiere una sierra de banco, una lijadora, una máquina CNC, una flejadora, una punteadora y un martillo de goma.
2	Mano de obra	Un técnico del taller de madera, un técnico que domine las máquinas para procesar metal y un operario de la máquina CNC.
3	Modo de producción	Manufacturado en los talleres de maderas, plásticos y metales de la UTM.
4	Normalización	Tomar en cuenta las medidas estándar de tablas de madera, presentaciones de flejes y tipos de hule expulsor.
5	Línea de producción	Corte y perfilado de base de madera, calado mediante CNC, corte y dobléz de flejes, colocación de flejes y colocación de hule expulsor.
6	Materias primas	Madera de abedul de 18mm, fleje de filo dentado, biselado lateral facetado y hule expulsor 65 negro.

Nota: Se muestran los requerimientos técnico-productivos y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.2. Requerimientos de diseño de la prensa

La prensa estará diseñada en función de las características que ya se han determinado en los requerimientos del suaje, pues debe estar adaptada para colocar el suaje y poder realizar el corte, las tablas que se presentan a continuación contienen los requerimientos de diseño que se deben considerar para el diseño de la prensa.

#### 3.3.2.1. Requerimientos de uso

En la Tabla 18, se presenta un listado de los requerimientos de uso que se han considerado para el diseño de la prensa en donde se montará el suaje.

**Tabla 18** Requerimientos de uso de la prensa

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Dimensiones adecuadas	Tomar en cuenta las medidas del suaje y un recorrido lineal máximo y mínimo para su uso.
2	Accesible	Considerar que el usuario debe percibirla como una herramienta fácil de usar, usar un mecanismo que se accione con practicidad.
3	Seguridad	Tomar en cuenta un sistema de seguridad para cuando no realice el corte.
4	Manipulación adecuada del material a procesar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomar en cuenta que es un material que tiende a rayarse con facilidad cuando hay fricción con materiales duros. Usar un recubrimiento suave para las piezas de contacto.</li> <li>- Tomar en cuenta que el deslizamiento del material puede producir un corte de mala calidad. Incluir un sistema que evite que se mueva de la posición requerida.</li> <li>- Considerar la acción de remover el material sobrante. Incluir sistema que permita esta acción de modo fácil y seguro para el usuario.</li> </ul>
5	Instalación sencilla.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomar en cuenta que los operarios no tienen una especialización en el uso de máquinas y herramientas.</li> <li>- Usar operaciones sencillas y herramientas básicas para su instalación.</li> </ul>
6	Herramienta ergonómica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mango: Considerar una medida adecuada de brazo de palanca y un agarre cómodo y seguro.</li> <li>- Considerar que la herramienta debe colocarse a una altura permisible para un correcto uso. Incluir sistema que permita el anclaje a una mesa de trabajo.</li> </ul>
7	Mantenimiento y limpieza	Considerar un ensamble y desensamble sencillo y usar piezas de sujeción estándar.
8	Transportable	El usuario necesita moverlo para guardarlo, es importante no aumentar componentes que eleven su peso.

Nota: Se muestran los requerimientos de uso y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.2.2. Requerimientos de función

En la Tabla 19, se presenta un listado de los requerimientos de función que se han considerado para el diseño de la prensa en donde se montará el suaje.



**Tabla 19** Requerimientos de función de la prensa.

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Mecanismo	Tipo troquel generando la fuerza con un brazo de palanca.
2	Versatilidad	Puede ser usado para otros suajes que no rebasen las medidas. También podría ser usada su función de prensa para realizar trabajos de grabado e impresión para prácticas didácticas.
3	Resistente	Tomar en cuenta que la estructura y las uniones deben soportar el esfuerzo al que estarán expuestos constantemente.
4	Acabado	La estructura debe ser de acero, tomar en cuenta un acabado esmerilado y pintura para evitar su deterioro y mejorar su apariencia.

Nota: Se muestran los requerimientos de función y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.2.3. Requerimientos estructurales

En la Tabla 20, se presenta un listado de los requerimientos estructurales que se han considerado para el diseño de la prensa en donde se montará el suaje.

**Tabla 20** Requerimientos estructurales de la prensa.

Núm.	Requerimiento	Descripción del requerimiento
1	Componentes	Base inferior, piezas estructurales, mango, soporte para el suaje, pieza para transmisión de fuerza vertical y elementos de sujeción.
2	Unión	Soldadura para la estructura y la unión entre componentes móviles deberá efectuarse mediante elementos adicionales que permitan una construcción sólida pero a la vez desarmable.
3	Estructurabilidad	Las piezas de estructura pueden ser de placa de acero de reuso que cumplan con el calibre necesario para su correcta funcionalidad, deberá dar la impresión de resistencia.

Nota: Se muestran los requerimientos estructurales y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.3.2.4. Requerimientos técnico-productivos

En la Tabla 21, se presenta un listado de los requerimientos técnico-productivos que se han considerado para el diseño de la prensa en donde será montado suaje.

**Tabla 21** Requerimientos técnico-productivos de la prensa.

Núm.	Requerimiento técnico-productivos	Descripción del requerimiento
1	Bienes de capital	Se requiere esmeril, disco de corte, disco de lija, escuadras, planta soldadora, electrodos, machuelo, taladro de banco, lima, pistola de pintura.
2	Mano de obra	Un técnico que domine las máquinas para procesar metal.
3	Modo de producción	Manufacturado en el taller de metales de la UTM.
4	Normalización	Tomar en cuenta las medidas estándares de placa y perfiles de acero que se usen en el diseño.
5	Prefabricación	Considerar elementos accesibles dentro de la misma universidad o comercios cercanos.
6	Línea de producción	Corte y esmerilado de piezas de estructura, soldadura de los elementos fijos, corte y esmerilado de piezas del mecanismo de palanca, soldadura de elementos fijos, ensamblaje de los elementos móviles de sujeción.
7	Materias primas	Placa y perfiles de acero, elementos de sujeción estándar y barniz para metal.

Nota: Se muestran los requerimientos de uso y su interpretación en especificaciones técnicas que debe cumplir el producto.

### 3.4. Generación de conceptos

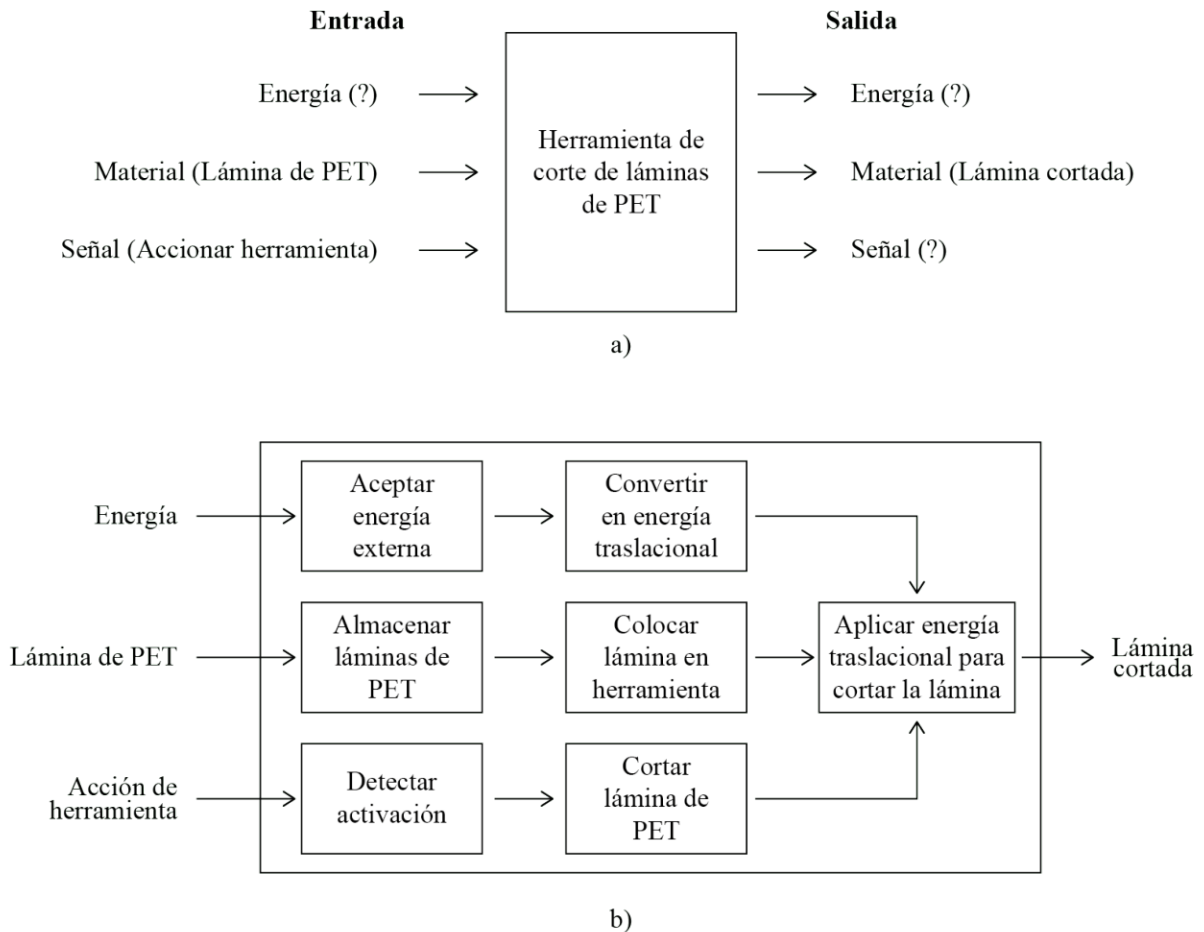
Siguiendo la metodología de Ulrich y Eppinger (2012), el proceso de generación de conceptos comienza con aclarar el problema y descomponerlo en subproblemas, para después comenzar con la búsqueda de soluciones, reflexionar y tener una retroalimentación constructiva.

#### 3.4.1. Aclarar el problema

Aclarar el problema consiste en desarrollar un entendimiento general y luego, si es necesario, partiendo de la misión para el proyecto, la lista de necesidades del cliente y las especificaciones preliminares del producto. En capítulos anteriores de esta investigación se determinó que el suaje por si solo no es capaz de realizar el corte, se requiere de una máquina, pero las máquinas disponibles en el mercado se consideran sobre calificadas para este proyecto y no es una inversión imprescindible, por lo que este capítulo busca generar conceptos de una solución en la que el suaje pueda ser usado mediante una prensa manual elaborada en los talleres de la universidad y así realizar un corte rápido y de buena calidad de una geometría

predefinida de láminas de PET calibre 10. El primer paso para descomponer un problema funcionalmente es representarlo como una caja negra que opera en flujos de material, energía y señales (ver Figura 47).

**Figura 47** Diagrama funcional de una herramienta manual para corte de láminas de PET.



Nota. En la figura se muestra una descomposición funcional del problema: a) caja negra general; b) refinamiento que muestra subfunciones.

### 3.4.2. Búsqueda de soluciones externas

La búsqueda externa está destinada a hallar soluciones existentes al problema general y a los subproblemas identificados y es un proceso de captación de información. Esta búsqueda de soluciones externas estará enfocada en las opciones para usar en el mecanismo de la prensa donde se montará el suaje y será realizada mediante consulta de la literatura existente.

## Información sobre mecanismos

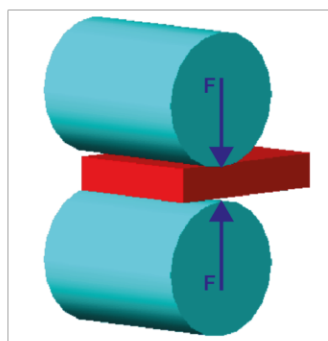
Los mecanismos son elementos destinados a transmitir y/o transformar fuerzas y/o movimientos desde un elemento motriz (motor) a un elemento conducido (receptor), con la misión de permitir al ser humano realizar determinados trabajos con mayor comodidad y menor esfuerzo. (De la Cruz, 2021). Un mecanismo sería entonces un conjunto de elementos conectados entre sí cuya misión es: transformar una velocidad en otra velocidad, transformar una fuerza en otra fuerza, transformar una trayectoria en otra diferente o transformar un tipo de energía en otro tipo distinto.

En lo referente al corte por suaje existen principalmente dos mecanismos que se han implementado con la finalidad de obtener piezas con formas determinadas y sin desprendimiento de viruta. Uno es el mecanismo de presión por rodillos y el otro es el tipo troquel (Félix, Torres, Delgado, & García, 2016). A continuación, se profundiza acerca de estos sistemas y cómo serían implementados en las propuestas alternativas para el uso del suaje.

### Mecanismo de presión por rodillo

En este sistema el principio de funcionamiento se basa en concentrar la fuerza de corte entre los puntos tangentes de dos rodillos que se hacen girar con un volante y son colocados uno encima de otro, separados a una distancia determinada tal como se observa en la Figura 48 (Aguilera, Garduño, & Vázquez, 2010).

**Figura 48** Mecanismo de presión por rodillos.



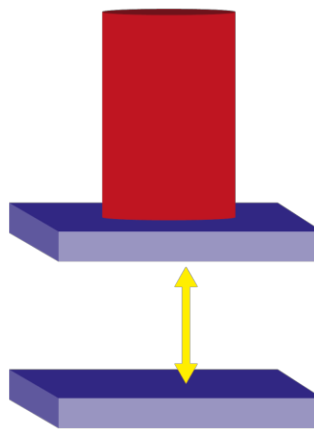
Nota. El diagrama muestra cómo la fuerza total es aplicada en el punto ubicado entre las dos flechas. Fuente: Sólis, 2011.

Como la presión sólo es aplicada en este único punto la fuerza requerida para cortar es mínima y puntual. En este mecanismo el rodillo inferior se encarga de la movilidad, es decir que es la pieza que hace posible que el conjunto se desplace para que la presión se pueda ejercer sobre la superficie deseada y el rodillo superior se encarga de ejercer la presión necesaria para realizar el corte (Sólis, 2011).

### **Mecanismo tipo troquel lineal (Leva)**

El troquel es un útil que se monta en una prensa (mecánica, neumática, etc.) que ejerce una fuerza sobre los elementos del troquel, provocando que la pieza superior encaje sobre la inferior o matriz, lo que produce corte o conformado del material que se ha interpuesto entre ambas piezas. En el troquel lineal el movimiento es totalmente axial es decir sólo a lo largo de la línea de movimiento (ver Figura 49), generalmente la placa móvil lleva unas guías que limitan el movimiento creando presión sobre toda el área de la plancha (Chavez & Sánchez, 2008).

**Figura 49** Mecanismo de troquel lineal.



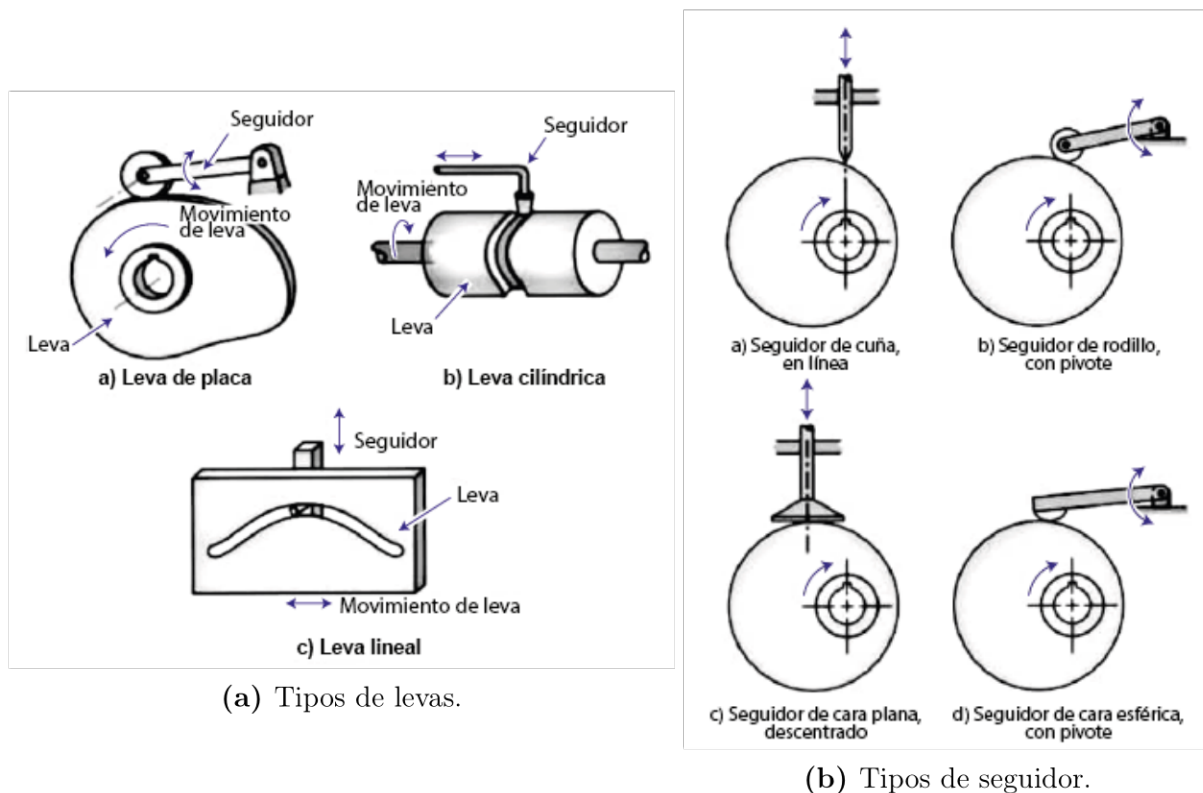
Nota. La figura muestra la dirección del movimiento de un troquel lineal. Fuente: Sólis, 2011.

Para este proyecto se propone usar este sistema de troquelado lineal usando un mecanismo de leva para realizar la función de la prensa axial y generar la fuerza requerida para realizar la operación de corte. A continuación, se explican las características de dicho mecanismo.

“Una leva es un elemento mecánico que sirve para impulsar a otro elemento, llamado seguidor, para que desarrolle un movimiento especificado, por contacto directo.” (Shigley, 1988). La característica principal de una leva es impartir un movimiento definido y sincronizado pues es programable mediante su diseño. (Myszka, 2012). Los mecanismos de leva y seguidor tienen diferentes ventajas tales como su sencillez, costo relativamente bajo, hace uso de pocas piezas móviles, ocupan espacios reducidos y fácilmente se pueden diseñar movimientos del seguidor que tengan las características deseadas. (Shigley, 1988).

Existe una gran variedad de aplicaciones para este tipo de mecanismo, su funcionamiento depende de 3 factores: la forma básica de la leva, la forma básica del seguidor y su movimiento de salida característico, estas variantes se pueden observar en la Figura 50.

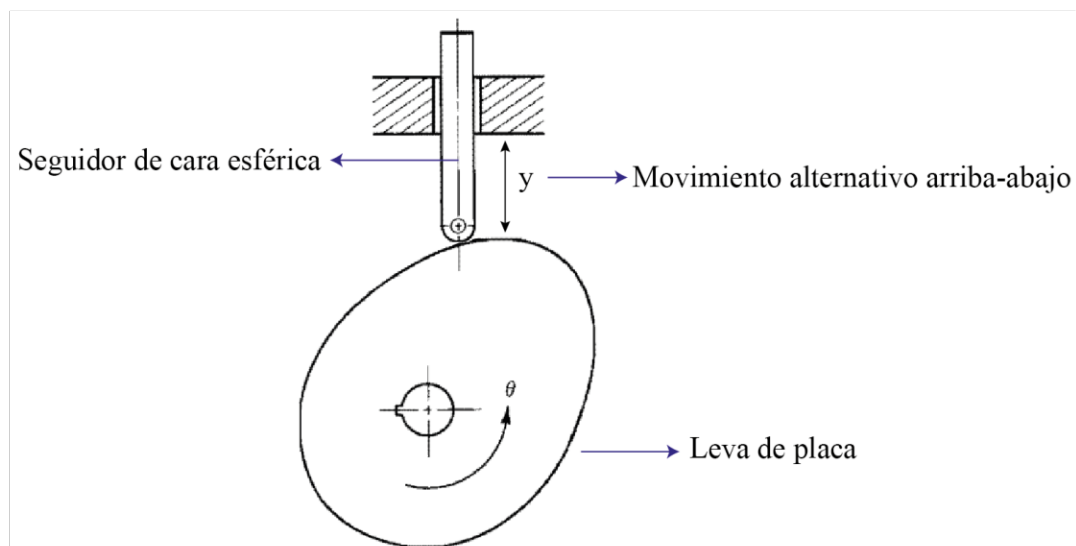
**Figura 50** Variantes de un mecanismo de tipo leva-seguidor.



Nota. La figura muestra los diferentes tipos de levas y seguidores que se pueden usar según el tipo de movimiento que se requiera. Fuente: (Myszka, 2012).

Como se menciona anteriormente lo que se busca es un mecanismo que genere el movimiento de un troquel lineal, debe ser un movimiento alternativo pues el troquelado es una operación repetitiva en donde el troquel sube y baja constantemente para penetrar el material y cortarlo introduciéndose en la matriz. De acuerdo con la investigación realizada y analizando cada tipo de leva y seguidor se optó por utilizar una leva de placa aparejada con un seguidor de cara esférica, al trabajar en conjunto estos dos componentes permiten un movimiento lineal alternativo, gracias a la forma de perfil curvo y espesor constante de la leva en la que el contacto con el seguidor tiene lugar a través de la superficie lateral correspondiente al espesor de la placa como se muestra en la Figura 51.

**Figura 51** Mecanismo leva de placa con seguidor de cara esférica.

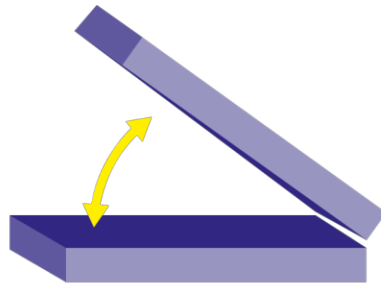


Nota. En la figura se detalla el mecanismo leva-seguidor que permite un movimiento lineal alternativo. Fuente: (Myszka, 2012).

### Mecanismo tipo troquel angular (Palanca)

Un troquel angular es dirigido por una guía curva la cual rige el movimiento de una forma angular, la presión se va distribuyendo progresivamente sobre toda el área de la placa, como se observa en la Figura 52. Para implementar este tipo de mecanismo en el proyecto se propone un brazo de palanca como mecanismo de acción, a continuación se presentan las características y principio de funcionamiento de las palancas.

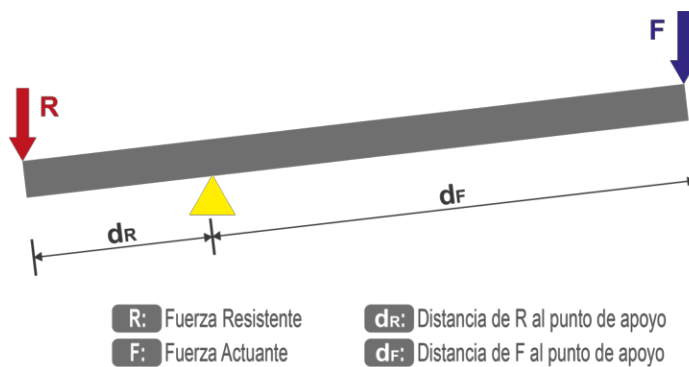
**Figura 52** Mecanismo de troquel angular.



Nota. La figura muestra la dirección del movimiento de un troquel angular. Fuente: Sólis, 2011.

Las palancas son un mecanismo que pertenece a la clasificación de transmisión de movimiento lineal, pues transmiten el movimiento de un punto a otro, sin transformarlo. Esto quiere decir que si el movimiento es lineal a la entrada, seguirá siendo lineal a la salida, este tipo de mecanismo consiste en una barra rígida que oscila sobre un punto de apoyo denominado fulcro, el objetivo de la palanca es vencer una fuerza de resistencia  $R$  aplicando una fuerza motriz  $F$  más reducida (Lozano, 2018). En la Figura 53 se observan los elementos que conforman un mecanismo de palanca.

**Figura 53** Parámetros característicos de las palancas.



Nota. En la figura se detallan los elementos que componen a un mecanismo de palanca.

La ley de la palanca es una ecuación que explica el funcionamiento de una palanca. “La fuerza aplicada por su distancia al punto de apoyo, será igual a la resistencia a vencer por



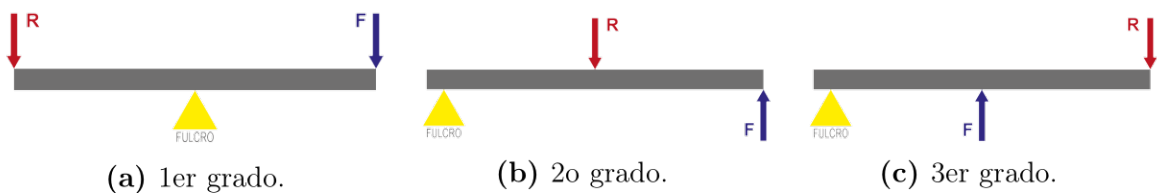
su distancia al punto de apoyo” (De la Cruz, 2021). Esta expresión matemática en forma práctica quiere decir que en cuanto mayor sea la distancia de la fuerza aplicada al punto de apoyo (brazo de fuerza), menor será el esfuerzo a realizar para vencer una determinada resistencia.

$$R * dR = F * dF$$

### Tipos de Palancas

1. Palancas de primer grado: El punto de apoyo (fulcro) se sitúa entre la fuerza aplicada y la resistencia a vencer (ver Figura 54-a).
2. Palancas de segundo grado: La resistencia a vencer se sitúa entre la fuerza aplicada y el punto de apoyo, también llamado fulcro (ver Figura 54-b).
3. Palancas de tercer grado: La fuerza aplicada se sitúa entre la resistencia a vencer y el punto de apoyo (ver Figura 54-c).

**Figura 54** Tipos de palancas.



Nota. La figura muestra las diferencias entre los tipos de palancas, que se traduce en las posiciones de los elementos que la conforman.

La información presentada en esta fase de búsqueda de soluciones externas será retomada y usada en la etapa de conceptualización de la prensa que se pretende diseñar como alternativa al uso de la máquina suajadora comercial seleccionada.

### 3.4.3. Búsqueda de soluciones internas

La búsqueda de soluciones internas es una actividad que hace uso del conocimiento personal para generar conceptos de solución. En este paso se utilizó la técnica de creatividad denominada

lista de atributos, creada por Robert P. Crawford en 1954, esta técnica identifica los atributos de un producto, servicio o proceso, con la finalidad de considerarlos cada uno como una fuente de modificación y perfeccionamiento.

## PROCEDIMIENTO

1. Identificar el producto, servicio o proceso a mejorar o el problema a resolver.
2. Dividir el problema, producto o proceso en sus partes más importantes.
3. Elaborar una lista de los atributos de cada parte.
4. Analizar los atributos que se tienen actualmente y proponer ideas de mejora.
5. Evaluar las propuestas más adecuadas.

### **1. Identificación**

Se tomó como punto de partida el proceso de corte de lámina de PET descrito en el capítulo 1 de esta investigación.

### **2. División**

En la Figura 47 se realizó una descomposición funcional del problema y se identificaron las siguientes partes:

- Energía
- Manipulación del material
- Accionar la herramienta

### **3. Lista de los atributos de cada aspecto.**

En la Tabla 22 se enlistan los atributos relacionados con cada parte del producto.

**Tabla 22** Lista de atributos: energía.

Número	Atributos relacionados con la energía
1	Energía requerida para marcar las láminas.
2	Energía aplicada con una mano para cortar con tijera.
3	Energía aplicada con una mano para cortar con un cúter.
4	Energía requerida para marcar los orificios de la lámina.
5	Energía requerida para remover el material de los orificios con un cúter.
Número	Atributos relacionados con la manipulación del material.
1	Es marcado con un molde y un plumón indeleble.
2	El molde tiene un recubrimiento de foami para evitar rayar la lámina de PET.
3	La calidad del corte depende de la destreza para manejar las tijeras o el cúter.
4	El material se traslada continuamente para someterlo a todo el proceso hasta conseguir productos terminados.
Número	Atributos relacionados con la acción de la herramienta.
1	La tijera se acciona con el principio de palanca.
2	El cúter se acciona aplicando una fuerza vertical a lo largo del perímetro de la lámina.
3	El troquel usado para marcar las perforaciones se acciona aplicando fuerza con un brazo de palanca.

Nota: En la tabla se muestran atributos sobre la energía necesaria para realizar el corte del material, estas actividades se hacen a la par, requieren 4 operarios para este proceso.

#### 4. Proponer ideas de mejora

En la Tabla 23 se enlistan las propuestas de mejora relacionadas con cada parte del producto.

**Tabla 23** Listado con ideas de mejora para cada aspecto

Aspecto	Ideas de mejora
Energía	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Energía con un motor eléctrico.</li><li>2. Energía mecánica proveniente de la fuerza muscular del músculo bícep.</li><li>3. Energía mecánica proveniente de la fuerza muscular del pie/pierna.</li><li>4. Energía hidráulica.</li></ol>
Manipulación del material	<ol style="list-style-type: none"><li>5. Cortar más de una lámina a la vez.</li><li>6. Usar material de recubrimiento en todas las piezas que estén en contacto con el material.</li><li>7. Que la herramienta se pueda llevar fácilmente a donde se encuentra el material para evitar dañarlo en el traslado.</li><li>8. Herramienta que no exija una destreza específica al usuario.</li><li>9. Herramienta compacta que se pueda usar en distintos lugares.</li></ol>
Accionar herramienta	<ol style="list-style-type: none"><li>10. Usar principio de palanca con un mango largo.</li><li>11. Usar mecanismo de leva con una manija.</li><li>12. Usar presión con rodillos mediante un volante.</li><li>13. Usar accionamiento con un pedal.</li></ol>

Nota: En la tabla se muestran atributos sobre ideas de mejora que buscan realizar el corte en una sola acción y un solo operario.

## 5. Evaluar las propuestas más adecuadas

Se realizó un análisis de las ideas de mejora obtenidas con el proceso, después de evaluar las ventajas y desventajas de cada una se concentraron en la Tabla 24 las ideas que se consideran más apropiadas teniendo en cuenta la factibilidad a nivel de inversión, operativo o técnico.

**Tabla 24** Listado con ideas de mejora para cada aspecto

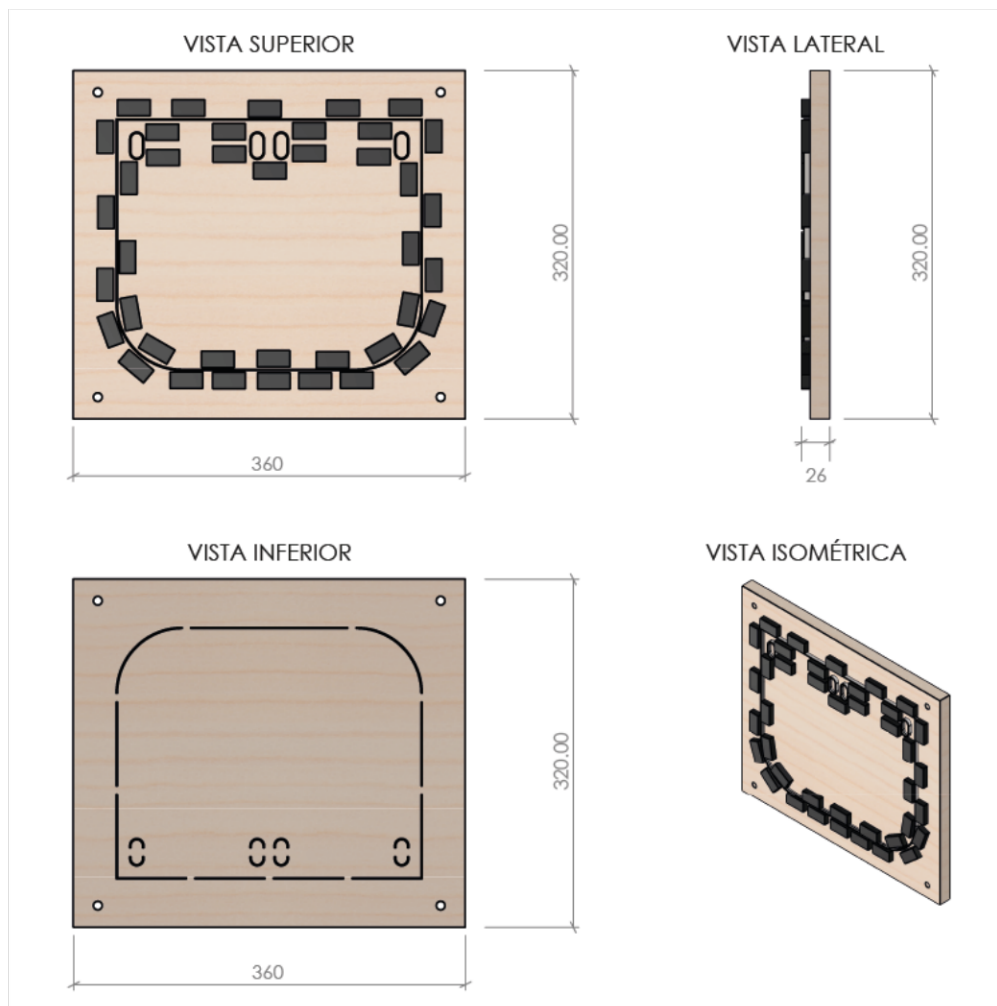
Aspecto	Ideas de mejora
Energía	1. Energía mecánica proveniente de la fuerza muscular del músculo bíceps.
Manipulación del material	2. Cortar más de una lámina a la vez. 3. Usar material de recubrimiento en todas las piezas que estén en contacto con el material. 4. Herramienta que no exija una destreza específica al usuario.
Accionar herramienta	5. Usar principio de palanca con un mango largo. 6. Usar mecanismo de leva con una manija.

Nota: En la tabla se muestran atributos a contemplar en el diseño de la herramienta.

### 3.4.4. Conceptualización

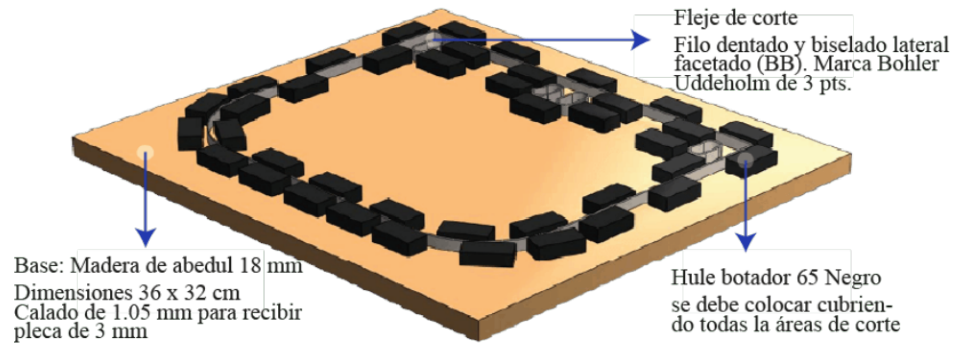
De acuerdo con Rodríguez (1985) una vez que se tiene esta información se puede proceder a lo que el llama: Proyección o desarrollo del proyecto, en donde se generan conceptos de diseño en relación con el problema planteado y las soluciones propuestas. En esta fase se trabaja en medios de expresión gráfica y tridimensionales el concepto de diseño por generar, hasta llegar a seleccionar la alternativa óptima por producir. En las Figuras 55 y 56 se presentan los detalles de la conceptualización del suaje.

**Figura 55** Vistas generales del suaje.



Nota. En la figura se muestran las vistas y medidas generales del suaje que se propone.

**Figura 56** Elementos del suaje.

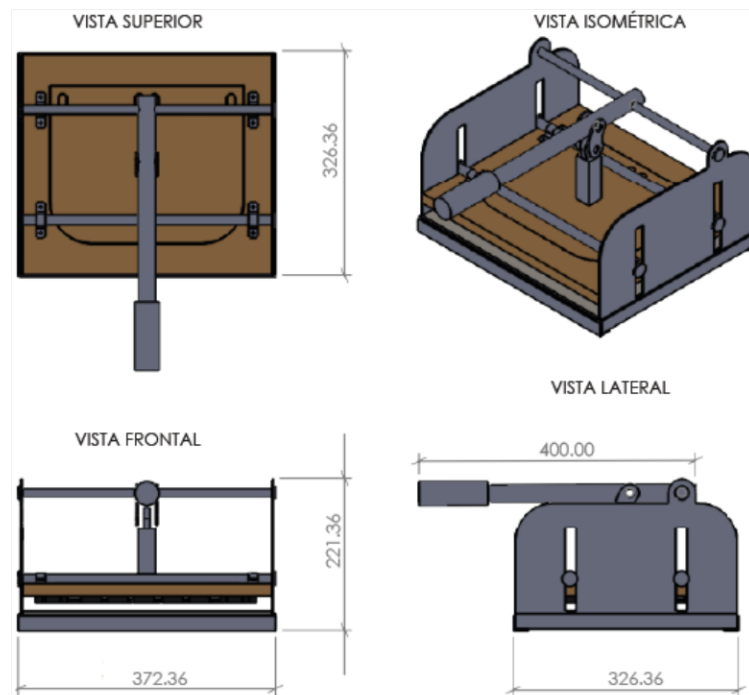


Nota. El diagrama ilustra los elementos que conforman al suaje y se describen en la notas que se incluyen.

### Conceptualización de prensa. Etapa 1

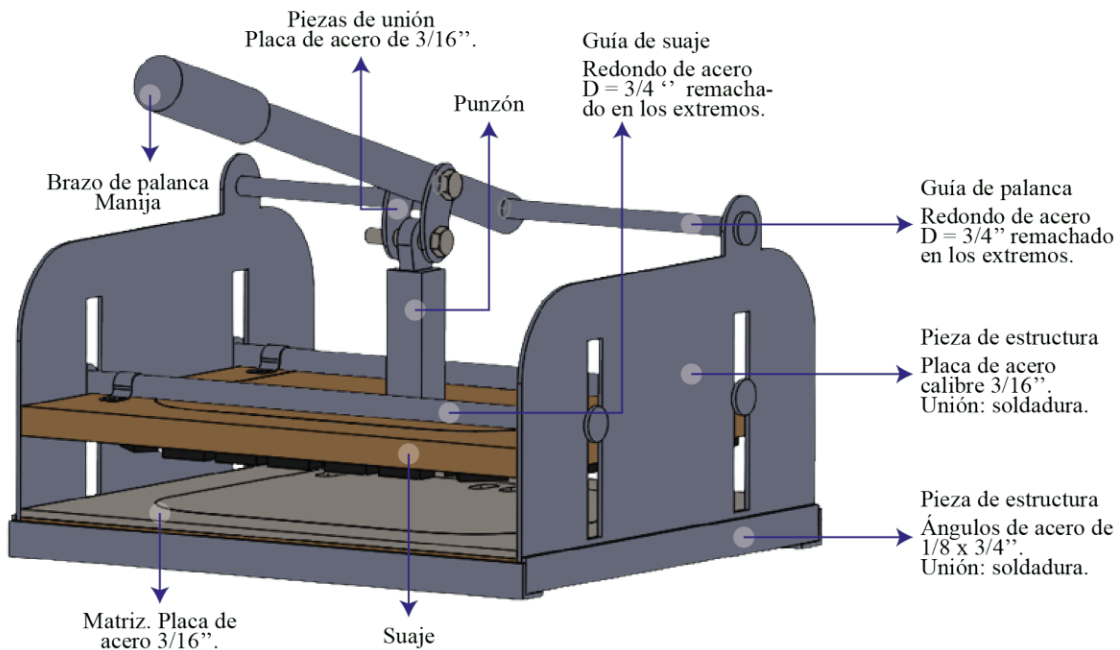
La conceptualización de la prensa manual consta de dos etapas, inicialmente se elaboraron dos propuestas de diseño. De la Figura 57 a la 59 se presentan los detalles de la conceptualización de la primer propuesta.

**Figura 57** Vistas generales - Propuesta de prensa 1.



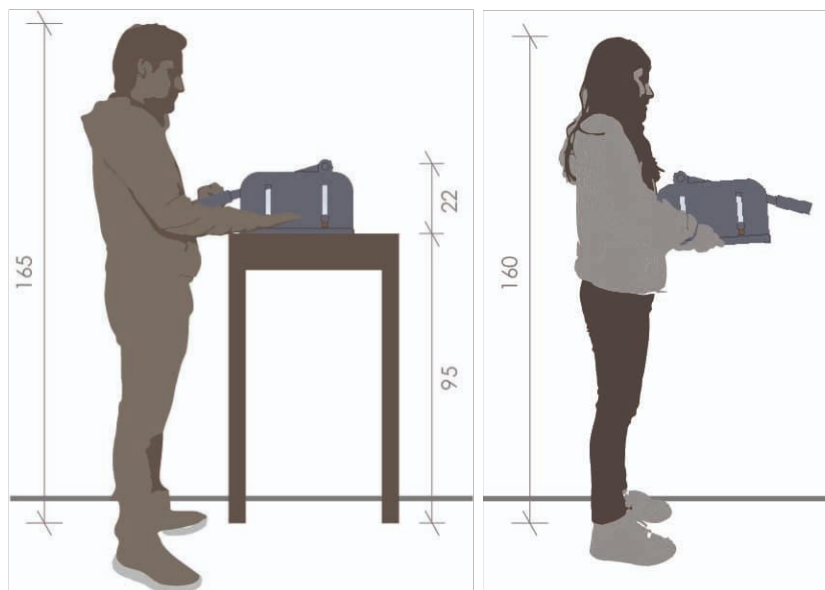
Nota. En la figura se muestran las vistas generales del mecanismo de palanca.

**Figura 58** Elementos del mecanismo de palanca.



Nota. El diagrama ilustra los elementos que conforman la prensa que emplea el mecanismo de palanca.

**Figura 59** Interacción del usuario con la herramienta.



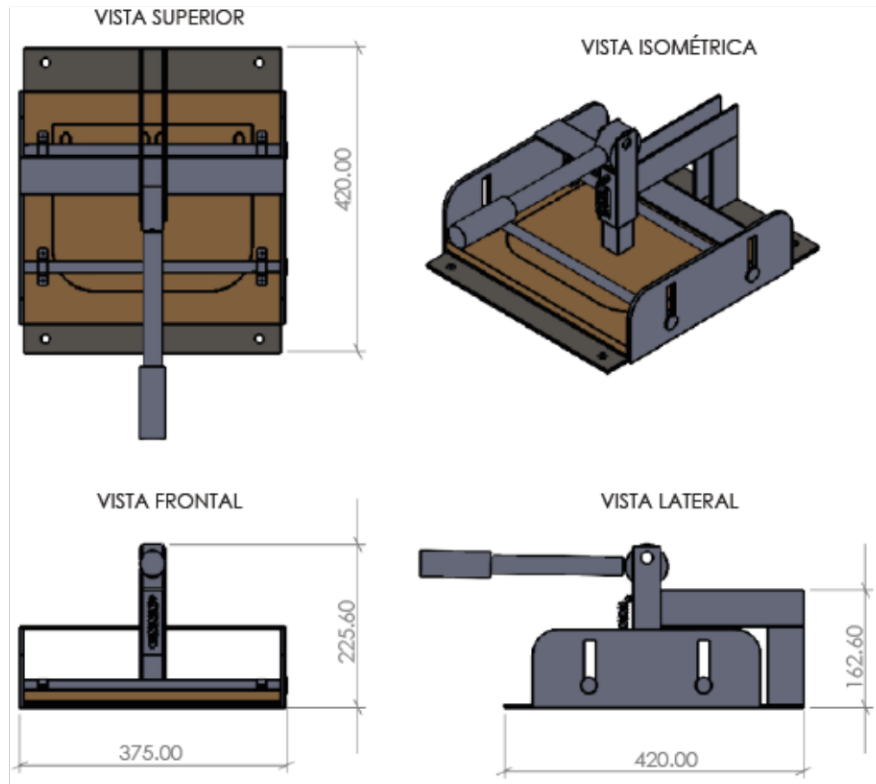
**(a)** Modo de uso de la herramienta. **(b)** Modo de transporte.

Nota. En la figura se muestra la interacción del usuario con la herramienta que emplea el mecanismo de palanca.



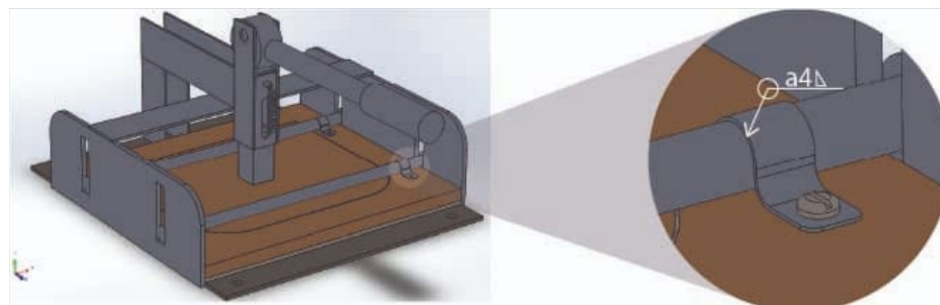
De la Figura 60 a la 63 se presentan los detalles de la conceptualización de la segunda propuesta de prensa.

**Figura 60** Vistas generales - Propuesta de prensa 1.



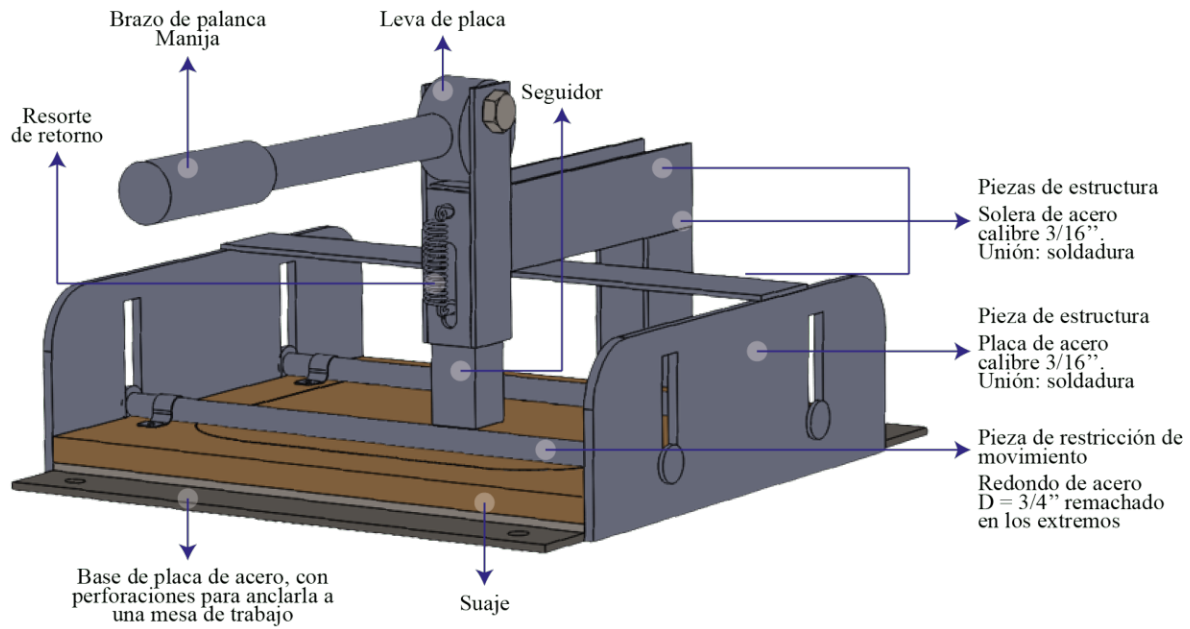
Nota. En la figura se muestran las vistas generales del mecanismo de palanca.

**Figura 61** Ensamble del suaje en la prensa.



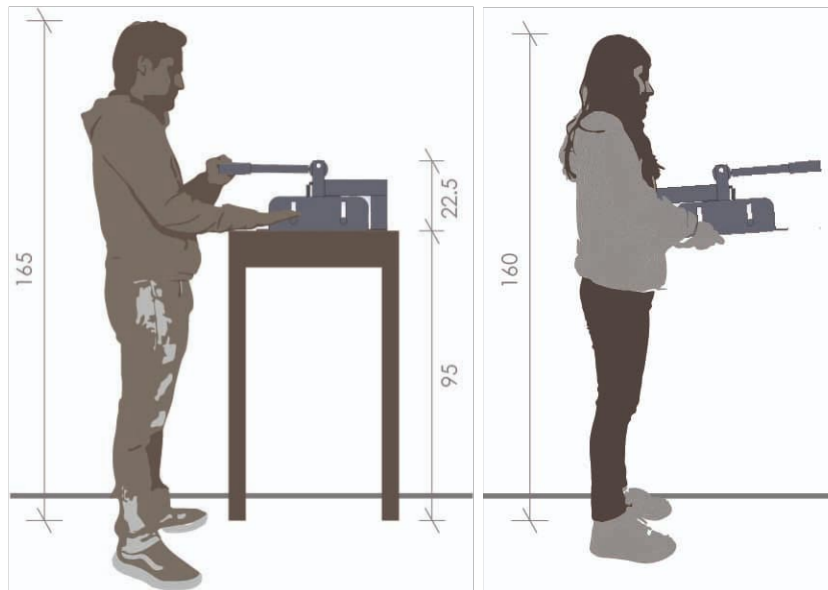
Nota. En la figura se observa que el suaje se ensambla a la prensa usando abrazaderas que lo sujetan a las guías metálicas que atraviesan la estructura.

**Figura 62** Elementos del mecanismo de leva-seguidor.



Nota. El diagrama ilustra los elementos que conforman la prensa que emplea el mecanismo de leva-seguidor.

**Figura 63** Interacción del usuario con la herramienta.

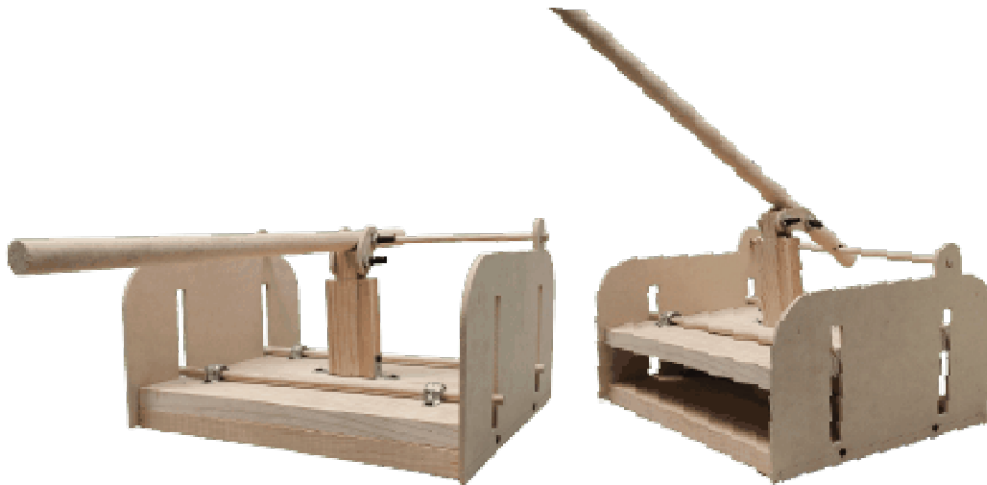


**(a)** Modo de uso de la herramienta. **(b)** Modo de transporte.

Nota. En la figura se muestra la interacción del usuario con la herramienta que emplea el mecanismo de palanca.

Se realizaron prototipos volumétricos de baja fidelidad usando como materia prima madera y MDF, con la finalidad de una mejor comprensión del funcionamiento diseñado. En las Figuras 64 y 65 se muestran los prototipos construidos.

**Figura 64** Prototipo de prensa con mecanismo de palanca.



Nota. En la figura se muestra el prototipo volumétrico basado en el principio de palanca que trabaja en conjunto con las piezas de conexión diseñadas que permiten las transmisión del movimiento, se observa el modelo en sus dos posiciones de uso.

**Figura 65** Prototipo de prensa con mecanismo de leva-seguidor.



Nota. En la Figura se muestra el prototipo volumétrico basado en el principio del mecanismo leva-seguidor, en sus dos posiciones de uso.

## Conceptualización de prensa. Etapa 2

Después de un análisis detallado sobre las dos propuestas presentadas anteriormente se identificaron aspectos a mejorar, se presentan en la Tabla 25.

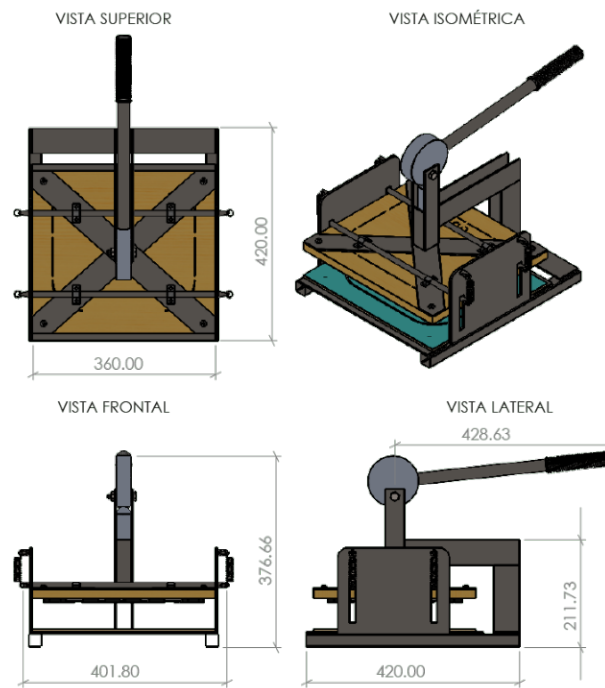
**Tabla 25** Análisis de los conceptos realizados.

Número	Aspecto a considerar
1	La leva resultó más apto para generar la transmisión de movimiento de angular a lineal.
2	El resorte que se considero en el concepto 2 no es suficiente para hacer el movimiento retráctil, es inestable.
3	Considerar una forma más rápida de ensamblar el suaje y tratar de intervenir la madera base del suaje lo menos posible.
4	Cambiar la posición en el modo de uso, para garantizar el mejor aprovechamiento de la herramienta.
5	Considerar una manera de anclar la herramienta a la mesa sin intervenir de ninguna manera la mesa de trabajo.
6	El punzón transmite la fuerza en un solo punto del suaje, considerar que la madera se mantiene unida solo por los puentes.
7	Considerar una separación entre la herramienta y la mesa de apoyo para remover material de desperdicio.

La tabla muestra aspectos a corregir que se identificaron durante la elaboración de las maquetas volumétricas.

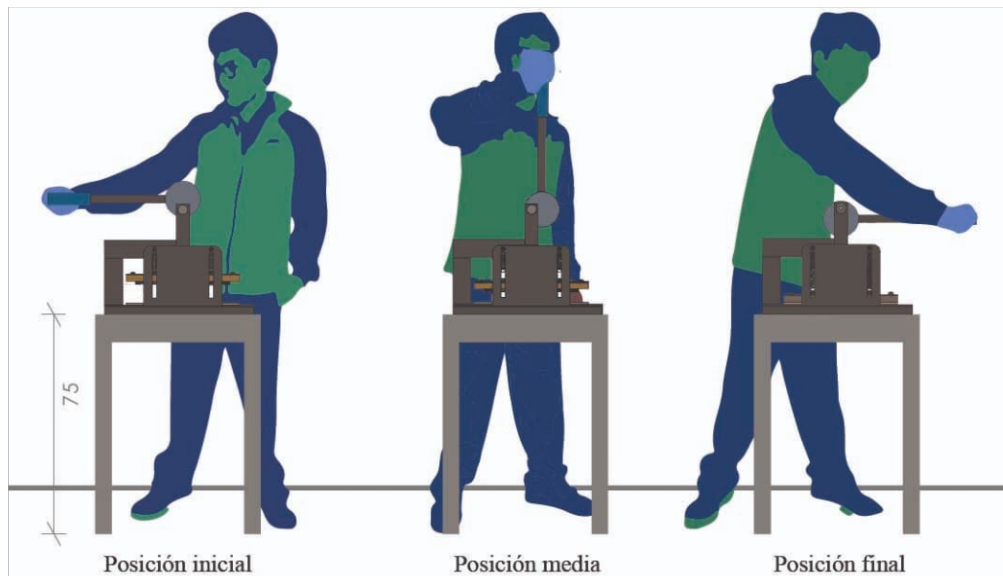
En las Figuras 66 a 68 se presenta el desarrollo del concepto de prensa 3, resultado de la investigación realizada y el análisis de los conceptos de prensa 1 y 2.

**Figura 66** Vistas generales - Propuesta de prensa 3.



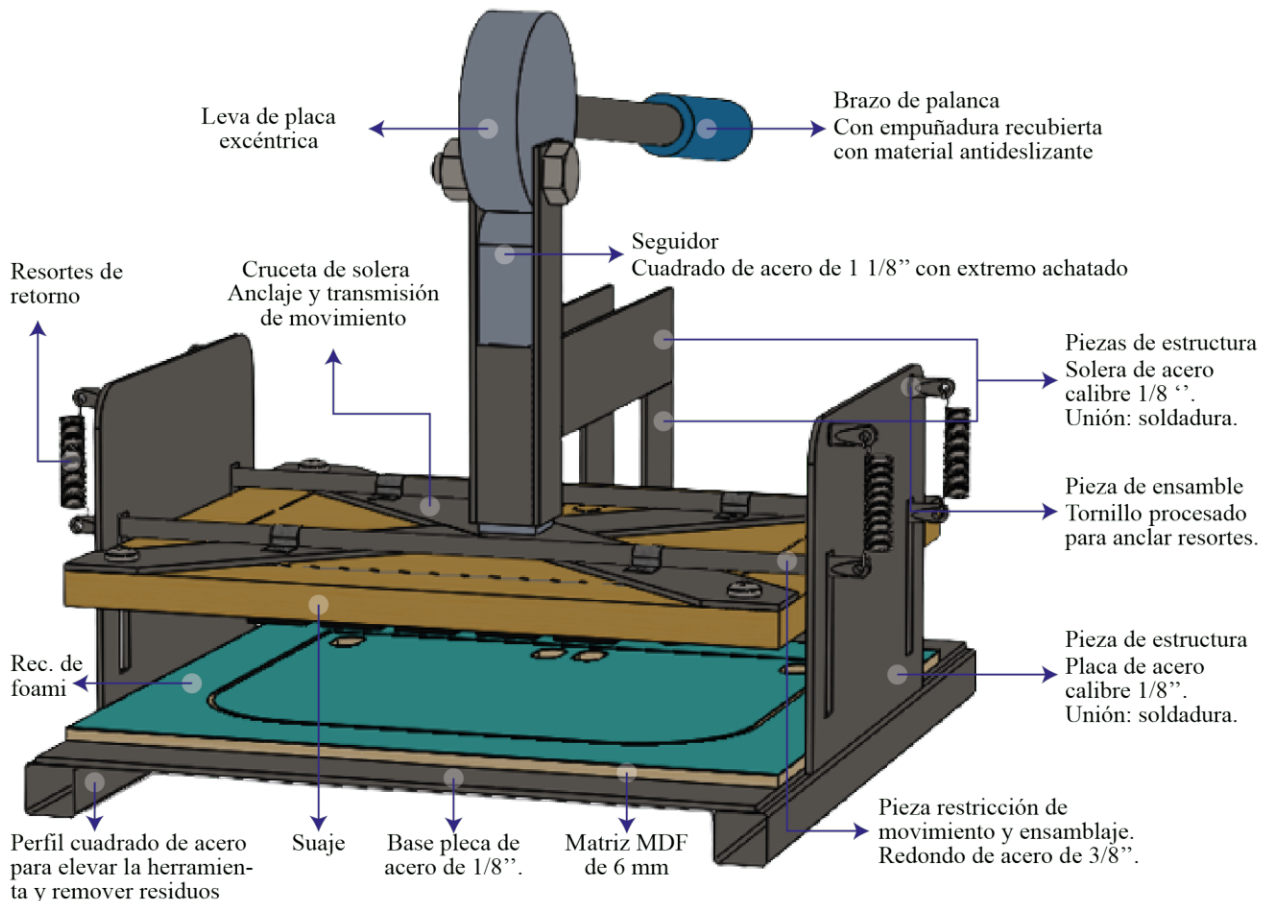
Nota. Se muestra un concepto que usa el principio de palanca para accionar un mecanismo de leva-seguidor.

**Figura 67** Interacción del usuario con la herramienta.



Nota. La figura muestra la interacción del usuario con la prensa del concepto 3.

**Figura 68** Elementos del mecanismo definido en el concepto 3.



Nota. El diagrama ilustra los elementos que conforman la prensa que emplea el principio de palanca para accionar un mecanismo de leva-seguidor.

En el concepto 3 presentado anteriormente se buscó integrar a las propuestas que se consideraron en el concepto uno y dos, además de las características que fueron identificadas en la elaboración de los modelos de baja fidelidad. En base a eso se ideó una propuesta que ocupa el principio de ambos mecanismos. El principal beneficio de la palanca es que, al variar la distancia se puede aumentar la fuerza de corte proporcionalmente, pero en el mecanismo tipo troquel angular se complica utilizar el suaje, pues este requiere de un movimiento lineal alternativo (que suba y baje). Es por eso que para conservar su beneficio se pretende utilizarlo conjuntamente con el mecanismo tipo leva excéntrica, que se usa en mecánica para transformar movimientos rotativos en movimientos rectilíneos.

# Capítulo 4

## Diseño en el nivel sistema

En este capítulo se retomará la descomposición que se realizó del problema mediante la representación de la caja negra, en donde se identificaron las subfunciones de la herramienta a diseñar. De esta manera se puede identificar cuáles son los elementos o piezas que se relacionan para cumplir cada subfunción y conseguir un sistema completo y funcional, en la Tabla 26 se presentan las subfunciones identificadas.

**Tabla 26** Subfunciones que realiza la herramienta de corte.

Núm.	Subfunción	Elementos que intervienen para cumplirlo
1	Energía	La energía externa será la fuerza que aplica un operario proveniente de sus extremidades superiores de una magnitud suficiente para lograr llegar al punto de fractura de las láminas de PET.
2	Material a procesar: Lámina de PET	Para procesar la lámina en la herramienta se requiere de una estructura en donde se pose el material y del herramental de corte que es el suaje .
3	Acción de herramienta: cortar	Para llevar a cabo el corte de la lámina de PET se requiere de un mecanismo que genere un movimiento axial y concentre la fuerza aplicada en el herramental.

Nota: En la tabla se muestra la relación entre las subfunciones de la herramienta y los elementos necesarios para realizarlas.

## 4.1. Subfunción: Energía

La energía de entrada es la fuerza que una persona promedio es capaz de aplicar al accionar una prensa manual, esta depende de una serie de factores, como la edad, el sexo, el estado físico y la habilidad de la persona en cuestión. Para accionar esta herramienta se requiere que el operario aplique fuerza con el brazo, proveniente principalmente de las extremidades superiores del operario.

### Fuerza de corte

Para calcular la fuerza de corte se parte desde la teoría sobre esfuerzo cortante, de acuerdo con Hibbeler (2011) el esfuerzo cortante se encuentra en el plano del área y se desarrolla cuando las cargas externas tienden a ocasionar que los dos segmentos del cuerpo se deslicen uno sobre el otro y lo define como:

$$\tau_{prom} = \frac{V}{A} \quad (4.1)$$



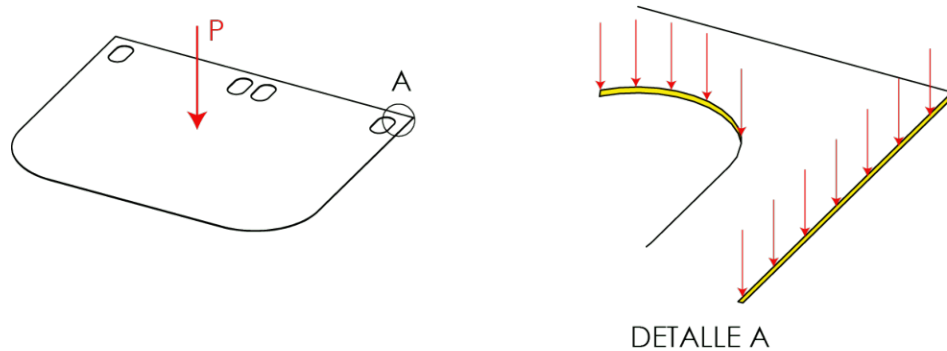
Donde:

$\tau_{prom}$  = Esfuerzo cortante promedio en la sección, que se supone es igual en cada punto situado en la sección

$V$  = fuerza cortante interna resultante en la sección determinada a partir de las ecuaciones de equilibrio

$A$  = área en la sección

**Figura 69** Área en la sección.



Nota. La figura muestra el área en donde se genera el esfuerzo cortante para cortar las láminas de PET.

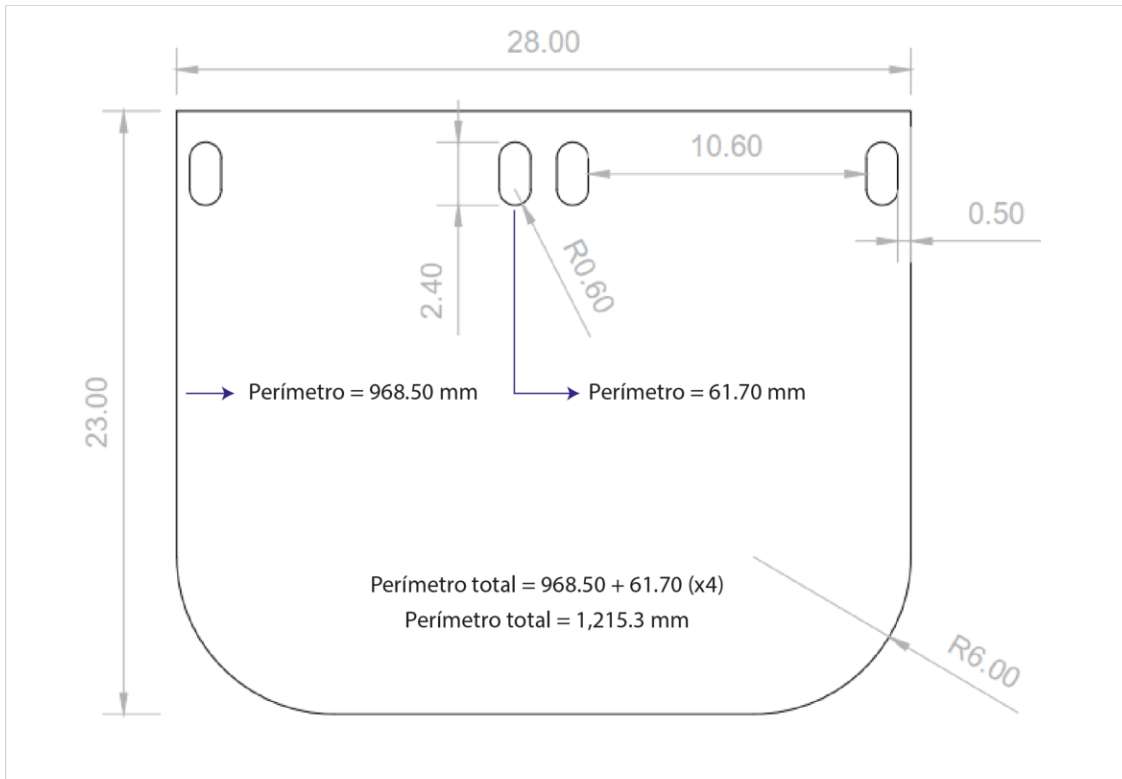
De acuerdo con el diagrama que muestra la Figura 69 se sabe que  $V = P$ , la fuerza necesaria para cortar el material y  $A$  esta dada por el perímetro total de las geometrías a cortar multiplicado por el espesor de la lámina, se despeja  $V$  de la ecuación 4.1:

$$V = \tau_{prom} * A \quad (4.2)$$

$$V = P$$

Para conocer el área de sección es necesario calcular el perímetro y multiplicarlo por el grosor de la lámina, en la Figura 70 se muestra un desglose del perímetro total a cortar.

**Figura 70** Perímetro total a cortar.



Nota. En la figura se explica el cálculo del perímetro total a cortar.

El polietileno de tereftalato posee una resistencia al corte de 88.25 MPa a temperatura ambiente (Caviedes, 2020).

**Cálculo de la fuerza requerida para cortar 1 lámina de PET de 0.25 mm de grosor.**

$$P = (88,25MPa)(0,00025m)(1,22m) \quad (4.3)$$

$$P_1 = 26,92N$$

**Cálculo de la fuerza requerida para cortar 2 láminas de PET de 0.50 mm de grosor.**

$$P = (88,25MPa)(0,0005m)(1,22m) \quad (4.4)$$

$$P_2 = 53,83N$$

**Cálculo de la fuerza requerida para cortar 3 láminas de PET de 0.75 mm de grosor.**

$$P = (88,25MPa)(0,00075m)(1,22m) \quad (4.5)$$

$$P_3 = 80,75N$$

Las fuerzas resultantes se consideran aceptables, en base a que la fuerza requerida por la prensa proviene de la musculatura del tren superior del operario principalmente de los músculos bíceps, Gómez, Hernández, Marín & Rivera (2015) realizaron un estudio estadístico en donde analizaron la composición corporal y manifestación de la fuerza máxima que presentan hombres y mujeres , se obtuvo que la fuerza promedio que ejerce un hombre con los bíceps es de 245 Newtons y la fuerza promedio ejercida por una mujer es de 196 Newtons, a eso se le agrega la fuerza proveniente del pecho y el musculo dorsal que complementan la musculatura del tren superior, infiriendo que las fuerzas calculadas son fácilmente aplicadas por un humano adulto promedio.

## **4.2. Subfunción: Material a procesar**

Esta subfunción se centra en la estructura que permite que el usuario pueda usar el mecanismo para procesar la lámina. En este apartado se considera dónde y cómo se coloca el material y los elementos que permiten el ensamblaje del suaje a la prensa.

### 4.2.1. Madera

Es importante mencionar que al momento de fabricar un suaje se debe considerar que la madera debe mantenerse como un solo bloque, para eso se usa algo que en la industria del suajado se conoce como puentes, que son pequeñas zonas en las que la madera no se cala y mantienen a las piezas unidas.

Para el suaje en cuestión se consideran 9 puentes para el perímetro del corte exterior y para los flejes que harán los orificios internos se consideran dos puentes en cada ranura, las medidas se detallarán más adelante.

Otra consideración importante para la madera del suaje es a la hora del maquinado CNC, este se puede llevar a cabo en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de la Mixteca en el router del taller de plásticos tomando en cuenta las siguientes especificaciones.

**Figura 71** Herramienta para realizar la operación de desbaste.



Nota. En la figura se muestra un ejemplo de la herramienta para calar la madera en un router.

Tomado de: [www.vistronica.com](http://www.vistronica.com)

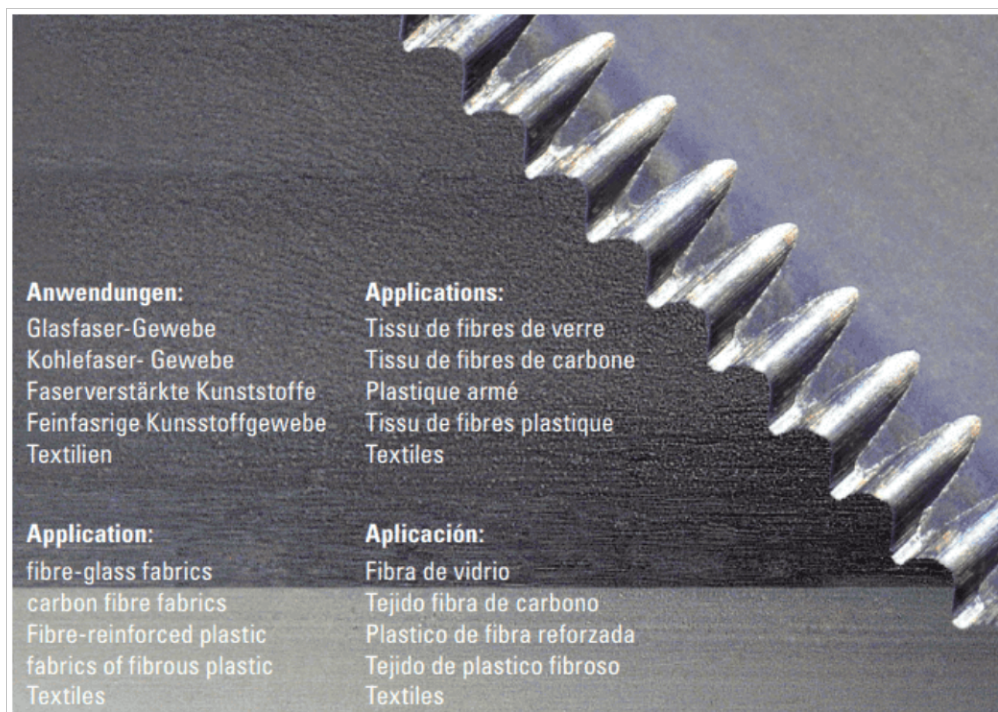
Como se observa en la Figura 71 la herramienta cumple con el diámetro de 1.05 mm pero el largo de corte es de 10 mm, y el grosor del bloque a desbastar es de 18 mm. Para lograr esta operación se genera un primer desbaste de 9 mm en la cara superior de la pieza, una vez terminado se hace un giro de 180° respetando la dirección y manteniendo el mismo centro geométrico para desbastar los 9 mm restantes partiendo de la cara inferior.

Para este proceso existe otra opción para llevarlo a cabo, que sería la forma manual utilizando una maquina caladora y como referencia una impresión a escala real de la pieza final para que sirva como guía para el corte.

#### 4.2.2. Flejes

En la investigación realizada se determinaron las características de los diferentes tipos de fleje y cómo se utilizan de acuerdo a cada operación a realizar, ahora se presenta esta información a modo de lista y en la Figura 72 se observa un ejemplo del fleje requerido disponible en el mercado.

**Figura 72** Fleje de filo dentado y biselado lateral facetado (BB).

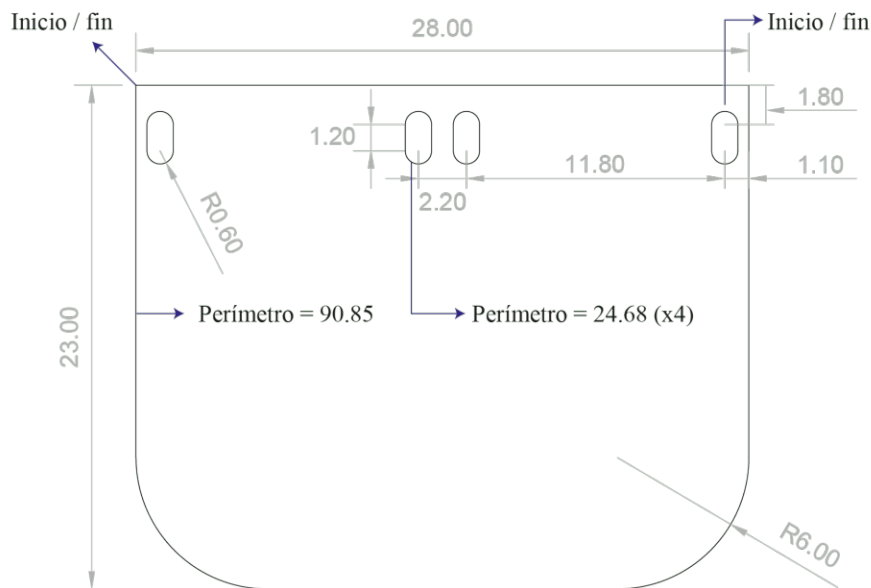


Nota. En la figura se muestra un ejemplo del tipo de fleje seleccionado. Fuente: Bohler Uddeholm, 2018.

- Grosor: 3 puntos = 1.05 mm.
- Altura: 23.8 mm.
- Geometría del perfil: Bisel lateral facetado.
- Tipo de filo: Dentado

Una vez que se determinaron las características del fleje, en la Figura 73 se presentan las medidas longitudinales que debe tener cada sección para conformar la geometrías necesarias.

**Figura 73** Longitud de cada sección de fleje.



Nota. En la figura se muestra la medida longitudinal que debe tener cada sección de fleje.

### 4.2.3. Hule botador

Existen ciertas consideraciones a tomar en cuenta para usar los hules, la primera de ellas es que el hule debe tener una separación adecuada, respecto de la cuchilla de corte esta puede ser entre 1.5 mm a 2.5 mm aproximadamente. En cuanto al grosor del hule depende

directamente del grosor de la madera que se utilice, pero de manera estándar existe una referencia que indica que el caucho debe quedar siempre de 1.8 mm a 2.2 mm más alto que la cuchilla de corte. Se usará un hule botador de consistencia media, que es el más adecuado para materiales flexibles de calibres pequeños (Mérida, 2010).

Las consideraciones presentadas anteriormente son muy importantes para la manufactura del suaje, pues de ello depende que sea una herramienta funcional. En la Tabla 27 ya no se detallan estas consideraciones pero se explica el proceso de manufactura que se debe seguir.

### **4.3. Subfunción: Acción de herramienta**

La acción de la herramienta es cortar las láminas de PET y para lograrlo es necesario un mecanismo que transforme la fuerza del operario en energía traslacional para generar el movimiento lineal del suaje. A continuación se presentan algunos parámetros importantes a considerar en el diseño del mecanismo.

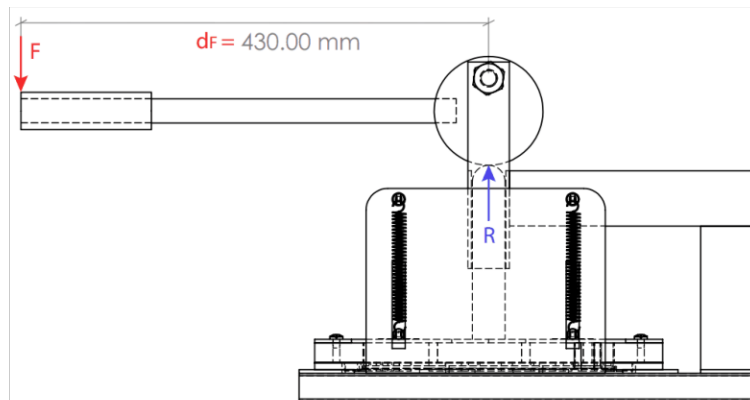
#### **4.3.1. Características del brazo palanca**

Para determinar la longitud de la palanca se tomaron como base los modelos volumétricos realizados en el desarrollo del concepto, pues se manejaron medidas que favorecieran la ergonomía de la herramienta. En la Figura 74 se ilustra la medida contemplada para el brazo de palanca.

La resistencia  $R$  son los 80.75 Newtons calculados previamente (tomando el valor máximo), se partirá del torque para cortar el PET, se obtiene lo siguiente:

$$T = 80,75N(0,43m) = 34,72Nm$$

**Figura 74** Dimensiones del brazo de palanca.

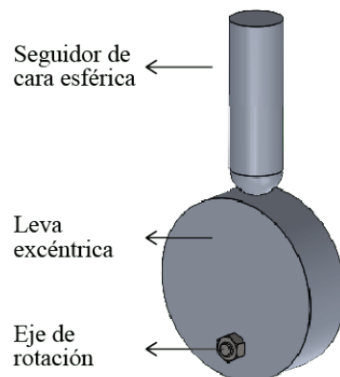


Nota. En la figura se muestran los datos usados en el cálculo de la longitud adecuada del brazo de palanca.

### 4.3.2. Dimensiones requeridas de leva-seguidor

Cuando la leva es un elemento circular y hay un desplazamiento del eje de rotación con respecto al centro del elemento circular, se configura una excéntrica (ver Figura 75). La distancia desde el eje de rotación hasta un punto periférico varía constantemente a medida que la excéntrica rota. Esta condición implica que el seguidor ubicado en un punto periférico de la excéntrica genere movimientos lineales alternativos.

**Figura 75** Leva de placa tipo excéntrica.



Nota. En la figura se muestran los elementos que intervienen en el mecanismo y como interactúan entre sí.



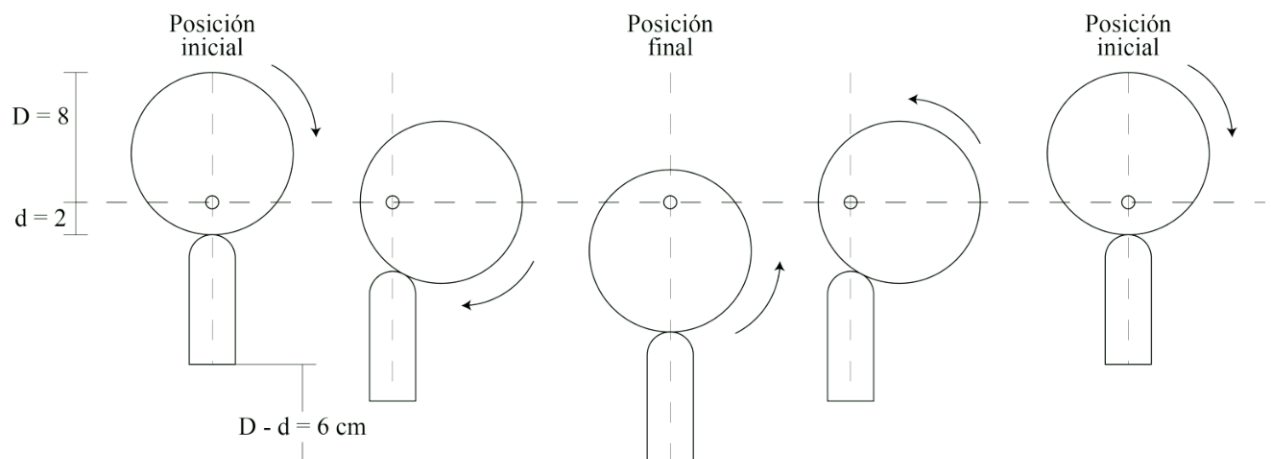
En la herramienta a diseñar la distancia que va a controlar la leva es la separación máxima del suaje y la matriz, es decir, la distancia libre que queda para introducir y remover el material conformado. Para determinar la distancia ideal se realizaron pruebas con usuarios utilizando una mesa auxiliar de laptop de altura regulable (ver Figura 76), el objetivo fue encontrar la distancia mínima, que le permitiera a los usuarios introducir las manos de manera cómoda, sin exponerlos a sufrir cortes con los flejes del suaje, que quedaría suspendido en la parte superior.

**Figura 76** Prueba para determinar la altura a salvar con el mecanismo de leva.



Nota. En la figura se muestra como se hizo la prueba con el usuario para determinar el desplazamiento mínimo ideal que debe tener el mecanismo.

**Figura 77** Análisis del mecanismo leva-seguidor para establecer dimensiones.

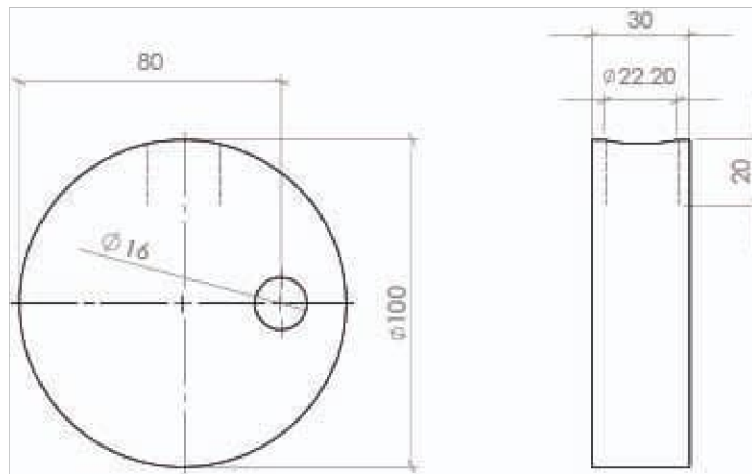


Nota. En la figura se describe el desplazamiento del seguidor con respecto al diámetro de la leva excéntrica.

En la Figura 77 se detalla el análisis realizado para establecer las dimensiones de la leva

excéntrica, una vez que se determinó la altura de 6 cm se procedió a calcular las medidas adecuadas del perfil de la excéntrica, considerando que el desplazamiento del seguidor es igual a la diferencia entre la distancia mayor (D) y la distancia menor (d) que existe entre el eje de giro y la periferia de la excéntrica y en la Figura 78 se muestran las vistas principales con las medidas correspondientes. Para que este mecanismo tenga un mejor funcionamiento el seguidor debe estar pulido y engrasado para evitar la fricción con las paredes de las piezas que sirven como guía y estructura.

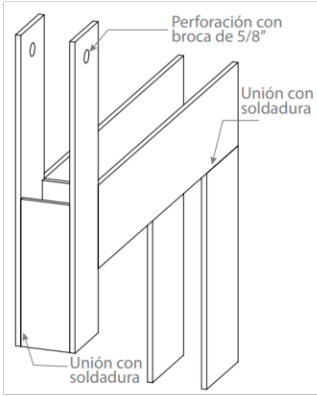
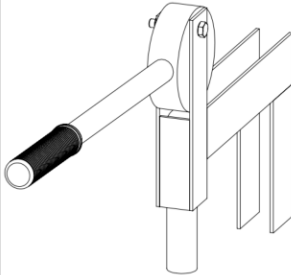
**Figura 78** Dimensiones de la leva.



Nota. En la figura se muestran las dimensiones de la leva empleada en el mecanismo a utilizar, las unidades se expresan en mm. Fuente: Elaboración propia.

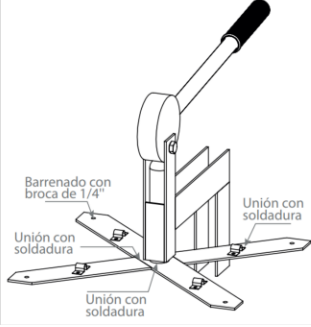
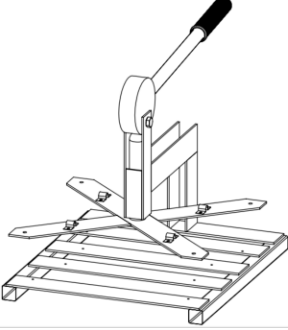
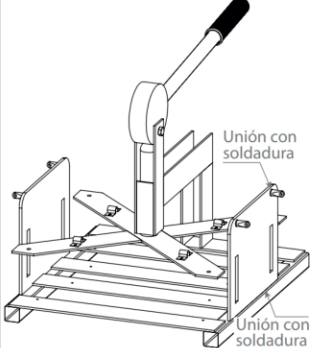
En la página siguiente se encuentra la Tabla 27 en donde se detallan los procesos de manufactura necesarios para la elaboración de la prensa y el suaje.

**Tabla 27** Procesos de manufactura del mecanismo

Entrada	Proceso de manufactura		Piezas procesadas
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Proceso	Componentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieza circular previamente maquinada en aluminio de 10 cm de diámetro y 3 cm de grosor.</li> <li>• Redondo de acero macizo de 1 1/8" de diámetro.</li> <li>• Solera de acero de 1 1/2" y espesor de 1/8".</li> <li>• Redondo de acero macizo de 3/8" de diámetro.</li> <li>• Solera de acero de 2" de ancho y 1/8" de espesor.</li> <li>• Puño de silicona antideslizante.</li> <li>• Tornillo de cabeza hexagonal M8 largo de rosca 45 mm y tuerca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esmeril con disco de corte</li> <li>• Planta soldadora MMA</li> <li>• Flexómetro</li> <li>• Lápiz bicolor</li> <li>• Equipo de protección</li> <li>• Taladro y broca de 5/8".</li> <li>• Torno y buril de corte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazado y corte de solera .</li> <li>• Armado de la estructura mediante soldadura.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corte y torneado de perfil redondo para conformar el seguidor.</li> <li>• Ensamble de las piezas con el tornillo hexagonal.</li> <li>• Colocación del mango antideslizante.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solera de acero de 2" de ancho y espesor de 1/8".</li> <li>• 4 abrazaderas de 3/8" Tipo Omega.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esmeril con disco de corte.</li> <li>• Planta soldadora MMA</li> <li>• Flexómetro</li> <li>• Marcador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazado y corte de solera para formar la cruceta.</li> <li>• Armado de la estructura con soldadura.</li> <li>• Unión de las abrazaderas con soldadura.</li> <li>• Unión de cruceta y punzón con soldadura.</li> </ul>	

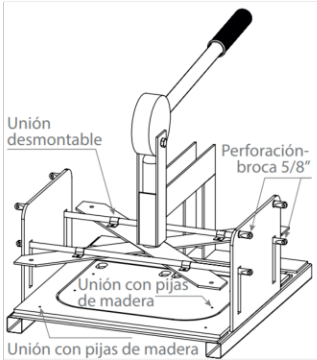
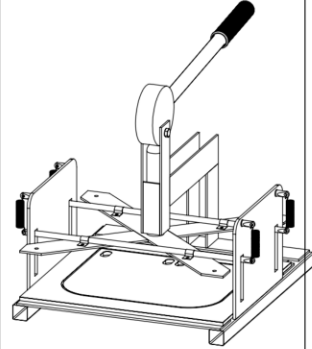
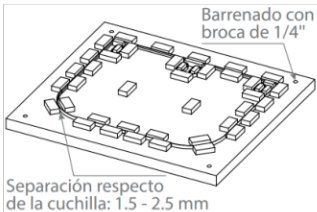
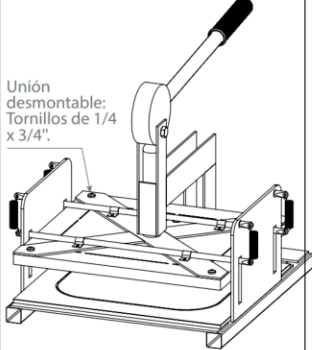
Continúa en la siguiente página.

## Proceso de manufactura del mecanismo

Entrada	Proceso de manufactura		Piezas procesadas
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Proceso	Componentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Perfil PTR de 1" x 1" cédula 14.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Equipo de protección</li> <li>● Taladro</li> <li>● Broca de 5/16".</li> <li>● Broca de 1/8".</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Trazado y corte de solera y PTR para base.</li> <li>● Barrenado de solera.</li> <li>● Unión mediante soldadura.</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  </div>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Placa de acero de 3/16" de grosor.</li> <li>● Redondo de acero macizo 3/8" de diámetro.</li> <li>● Placa de MDF de 6 mm de grosor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Esmeril con disco de corte</li> <li>● Planta soldadora MMA</li> <li>● Flexómetro</li> <li>● Marcador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Trazado y corte de placa de acero.</li> <li>● Corte y taladrado de redondo de acero.</li> <li>● Soldadura de redondo a placa.</li> <li>● soldadura de placa a base.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Trazado y corte de MDF.</li> </ul>	

Continúa en la siguiente página.

## Proceso de manufactura del mecanismo

Entrada	Proceso de manufactura		Piezas procesada
Materia prima	Maquinaria y herramienta	Proceso	Componentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 piezas de pija cónica No.6 x 3/8" de diámetro de rosca.</li> <li>• Lámina de goma eva (EVA: etileno, vinil y acetato).</li> <li>• 4 piezas de resorte A-026 de acero inoxidable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de protección</li> <li>• Taladro</li> <li>• Broca de 1/8".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensamblaje con pijas.</li> <li>• Corte y taladrado de redondo para conformar guías.</li> <li>• Colocación de guías.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pegar lámina de goma eva.</li> <li>• Colocación de resortes.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Madera de abedul de 18 mm de grosor.</li> <li>• Fleje de filo dentado y biselado lateral facetado de 3 pts.</li> <li>• Hule expulsor negro 65.</li> <li>• Pegamento blanco.</li> <li>• 4 piezas de tornillo de cabeza redonda de cruz de 1/4" de diámetro de rosca x 3/4" de largo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Router CNC</li> <li>• Fresa de corte de 1.05 mm.</li> <li>• Flexómetro</li> <li>• Marcador</li> <li>• Equipo de protección</li> <li>• Taladro y broca de 1/4".</li> <li>• Máquina flejadora</li> <li>• Máquina puenteadora</li> <li>• Martillo de goma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquinado de madera.</li> <li>• Taladrado de madera.</li> <li>• Corte de flejes.</li> <li>• Realizar puentes y doblar flejes.</li> <li>• Colocar los flejes con martillo de goma.</li> <li>• Pegar hule botador con tolerancias indicadas.</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensamblar el suaje a la prensa con tornillos.</li> </ul>	

Nota: La tabla muestra el proceso de manufactura del suaje y su ensamble en la prensa.



# Capítulo 5

## Diseño de detalle

El prototipo virtual de la herramienta de corte es el resultado del proceso de investigación, el análisis de la información recabada en cuanto a los requerimientos de diseño y los cálculos realizados que se han presentado en los capítulos anteriores.

Esta etapa de la metodología está dedicada a presentar el concepto de la herramienta de corte usando imágenes renderizadas del producto, planos, listado de los componentes y el funcionamiento general. Se presentan planos generales y algunos detalles necesarios para su construcción. A continuación, se muestra la información del modelo 3D elaborado:

## Especificaciones del producto

- Dimensiones: 36.0 cm de largo x 32.0 cm de ancho x 2.6 cm de altura.
- Peso: 1.54 kg.
- Alimentación: Presión para realizar el corte.
- Material a procesar: Lámina de Polietilen Tereftalafo calibre 10.
- Cortado previo: Secciones con largo máximo de 36 cm.

En la Figura 79 se muestra una imagen renderizada del suaje diseñado.

**Figura 79** Diseño conceptual de suaje.



Nota. En la imagen se muestra una vista previa del suaje diseñado para corte de lámina de PET calibre 10, con geometría usada en la fabricación de caretas covid-19.



## Montaje en máquina suajadora comercial

### Especificaciones de la máquina:

- Dimensiones: 50 cm de ancho (área de trabajo) x 80 cm de largo x 30 cm de altura.
- Alimentación: Presión por rodillos, máquina manual.
- Material a procesar: Lámina de Polietilen Tereftalato calibre 10
- Marca: NESTEK venta en plataforma de Mercado libre.
- Modelo: TP50

La máquina suajadora seleccionada tiene un principio de funcionamiento de presión por rodillos, el área de trabajo es de 50 cm de ancho y se recomienda esta dimensión mínima de trabajo debido a que el suaje debe colocarse de manera inclinada, como se muestra en la Figura 80 para conseguir cortes de mejor calidad.

**Figura 80** Suaje montado en la máquina seleccionada.



Lámina de PET  
Se hace el corte de una sola lámina en cada acción para evitar que el material se raye y se mueva.

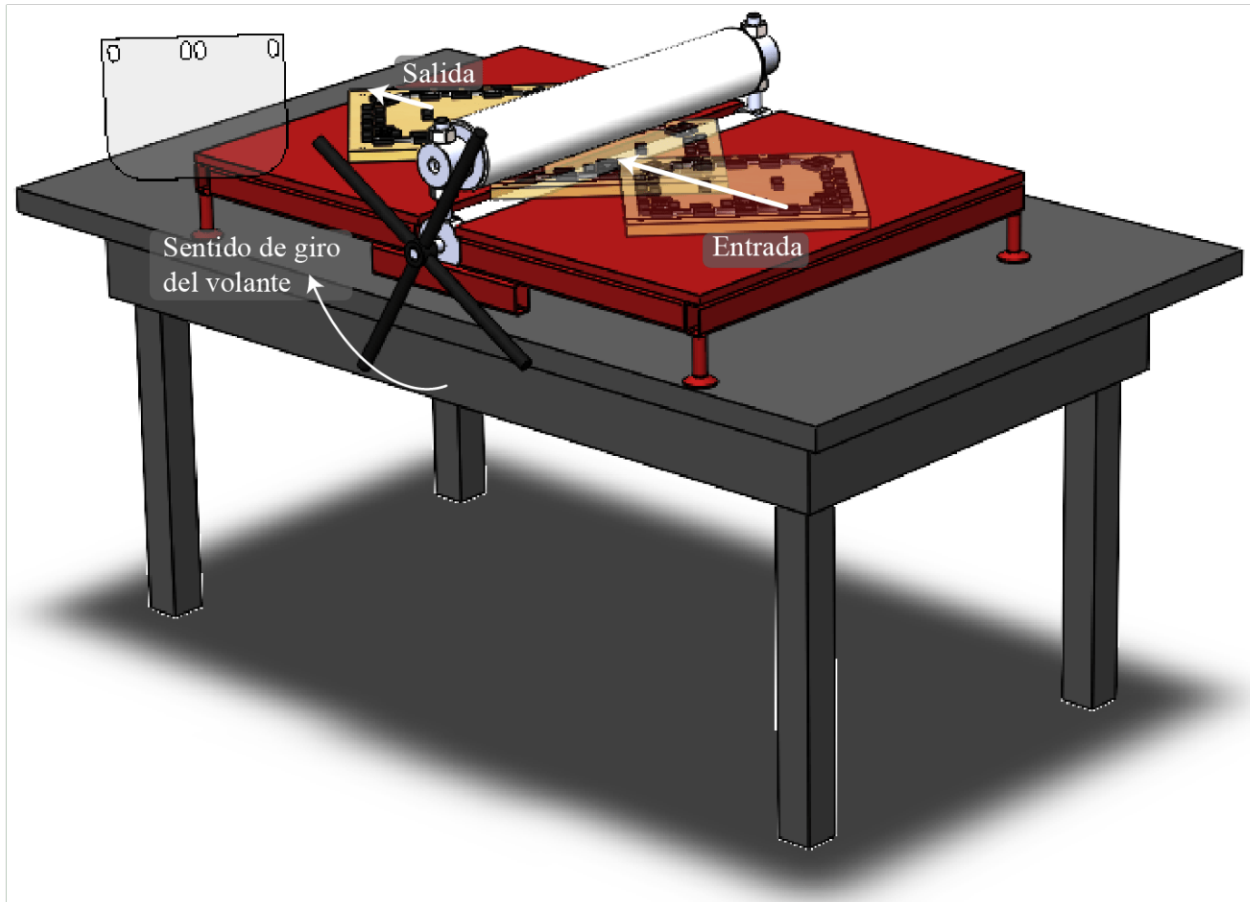
Suaje diseñado  
Se coloca a 45° para que entre a los rodillos una esquina primero y lograr mejores acabados en el corte

Máquina suajadora  
Área de trabajo de 50 cm de ancho, 80 cm de largo y 30 cm de altura. Cuenta con sistema de regulación de la distancia entre rodillos.

Nota. La figura describe el modo de colocación de los elementos para realizar el corte en una máquina comercial de presión por rodillos.

Una vez que se coloca el suaje y la lámina de PET a procesar se acciona la máquina usando el volante para hacer girar el rodillo inferior y comenzar a realizar el corte ejerciendo una fuerza puntual generada entre los rodillos conforme va pasando el suaje y al final del recorrido se obtiene la geometría de corte requerida, en la Figura 81 se ilustra este proceso.

**Figura 81** Modo de uso de la máquina seleccionada.



Nota. En la figura se muestran las etapas y acciones necesarias para realizar el corte de lámina de PET usando un suaje montado en una máquina suajadora manual de presión por rodillos.

En un vídeo que comparte el proveedor de estas máquinas explicando el modo de uso se detectó que el tiempo requerido para realizar el corte completo, incluyendo tiempos de colocación y retiro de material es de 20 segundos aproximadamente, generando un aproximado de 3 cortes por minuto y 180 cortes en una hora en un trabajo continuo.

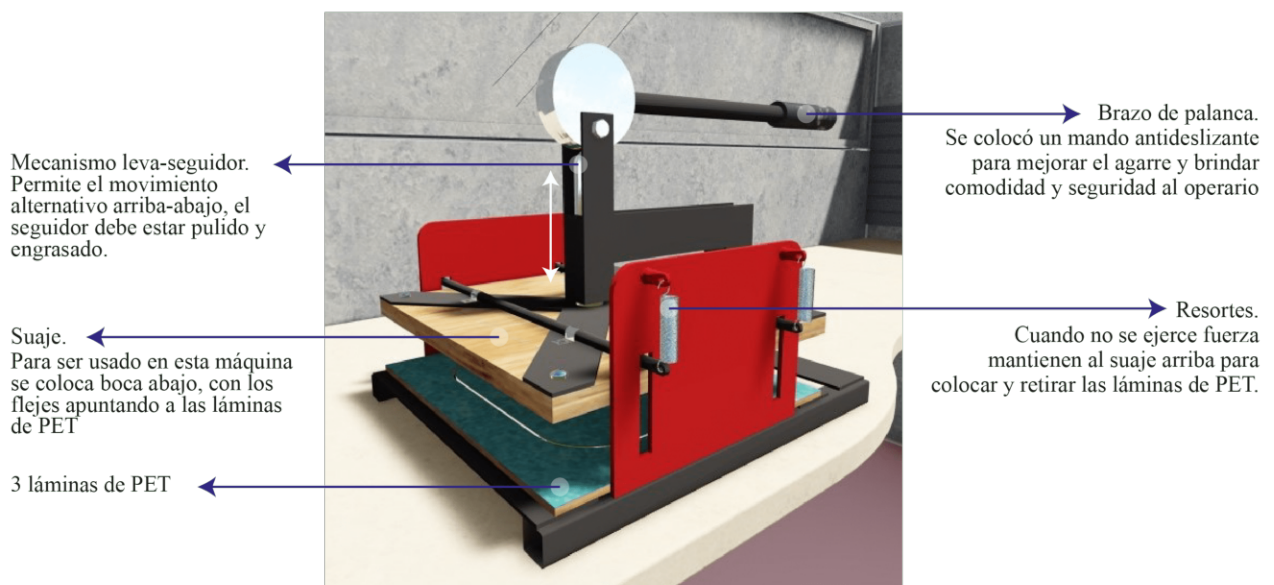
## Montaje en prensa manual diseñada

### Especificaciones de la máquina:

- Dimensiones: 41.2 cm de ancho x 42.0 cm de largo x 37.7 cm de altura.
- Alimentación: Presión usando brazo de palanca transmitida mediante un mecanismo leva-seguidor, máquina manual.
- Material a procesar: Lámina de Polietilen Tereftalafo calibre 10
- Marca: Diseño conceptual, se incluye documentación para ser construido en talleres de la UTM.

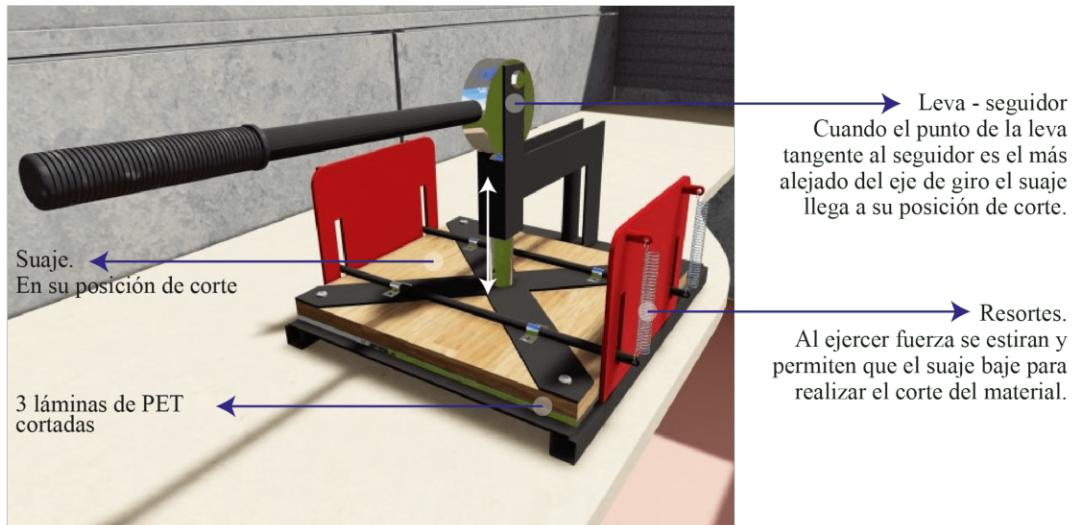
En las Figuras 82 y 83 se muestra la colocación del suaje montado en la prensa manual diseñada en las dos posiciones de uso, estado de reposo y cuando se realiza el corte.

**Figura 82** Suaje montado en prensa manual, posición de reposo.



Nota. En la Figura se muestra el suaje en la prensa manual diseñada en su posición de seguridad, los resortes mantienen el suaje suspendido cuando no se usa.

**Figura 83** Suaje montado en prensa manual, posición de corte.

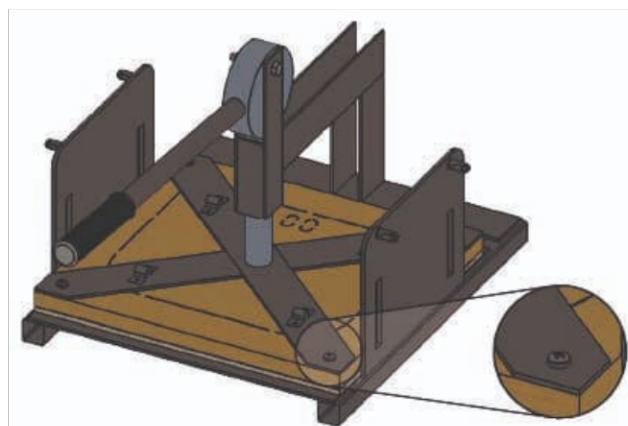


Nota. En la Figura se muestra el suaje en la prensa manual diseñada en su posición de final, cuando el suaje baja por completo para que el fleje penetre el material.

## Ensamblaje

En las siguientes figuras se muestra la forma de ensamblaje del suaje en el mecanismo de prensa, el cual se realiza mediante la colocación de los tornillos para unir el suaje a la cruceta de solera como se observa en la Figura 84.

**Figura 84** Ensamblaje en prensa manual - paso 1

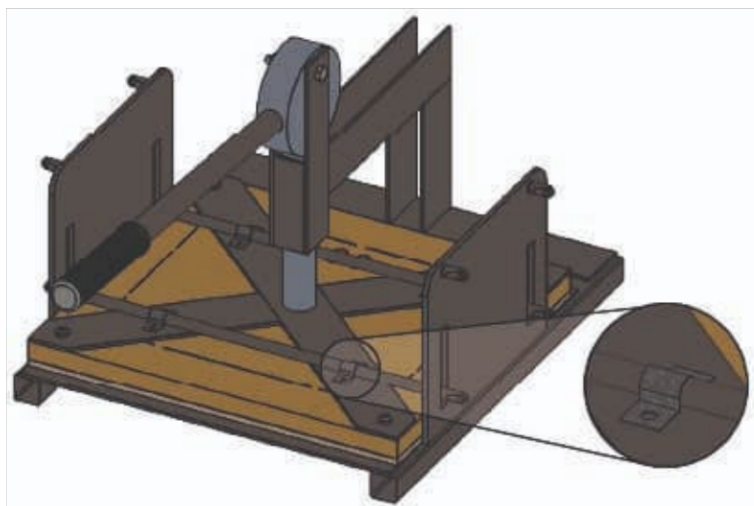


Nota. En la figura se muestra el primer paso para el montaje del suaje: colocación de tornillos de sujeción.



Posteriormente se colocan las guías metálicas entre las ranuras de las estructuras laterales y las abrazaderas que están soldadas a la cruceta como se observa en la Figura 85.

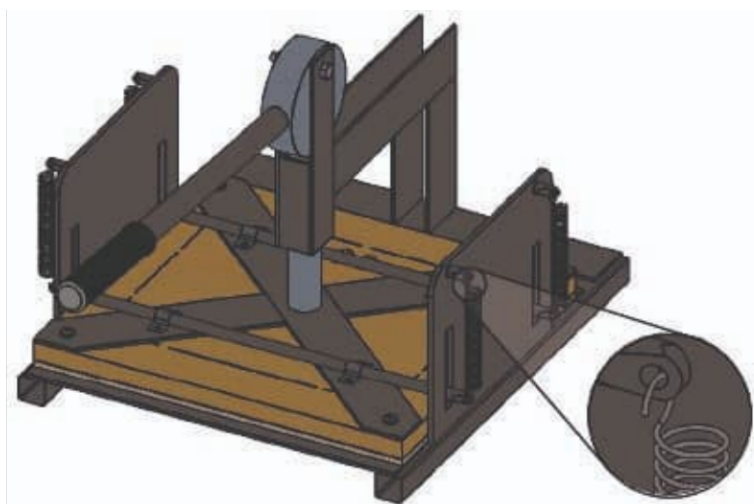
**Figura 85** Ensamblaje en prensa manual - paso 2



Nota. En la figura muestra el segundo paso para el montaje del suaje: colocación de guías.

Finalmente se colocan los cuatro resortes enganchando los extremos en la perforación de las guías y las piezas soldadas que tienen las estructuras respectivamente como se observa en la Figura 86.

**Figura 86** Ensamblaje en prensa manual - paso 3

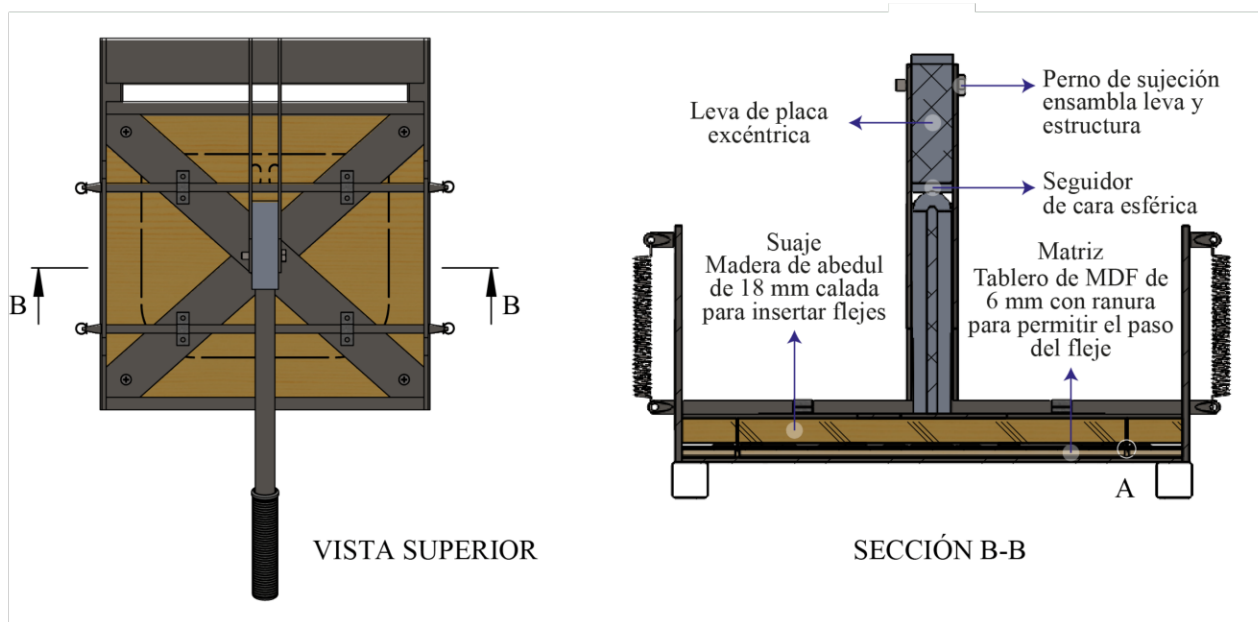


Nota. En la figura muestra el primer paso para el montaje del suaje: colocación de resortes.

## Funcionamiento

Una vez que el suaje se monta en prensa manual diseñada, se ejerce la fuerza haciendo que el suaje baje hasta que el fleje se introduce en la matriz cortando las láminas de PET, en la Figura 87 se presenta una vista de sección en donde se detalla el funcionamiento de la prensa, el detalle A se presenta en una ampliación mas adelante.

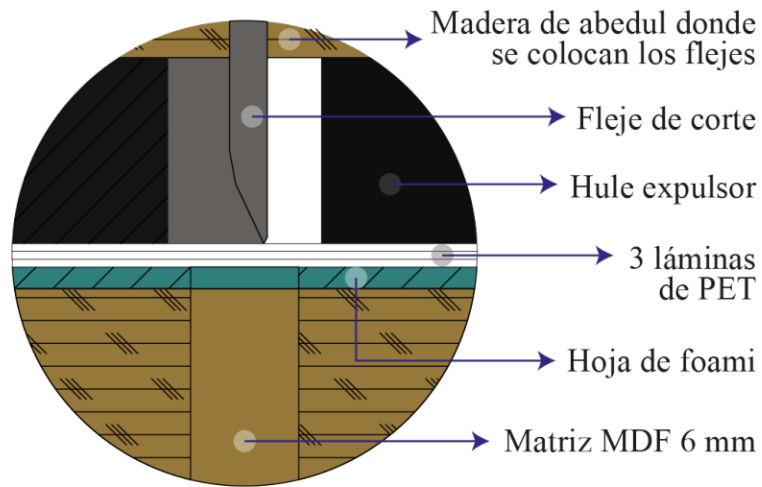
**Figura 87** Vista seccionada de prensa manual con suaje.



Nota. En la figura se muestra una vista seccionada de la prensa con el suaje montado enfatizando la ubicación de los elementos que intervienen en el corte de las láminas de PET.

Debido a que el fleje y las láminas son elementos muy delgados es difícil visualizarlos en esta vista de sección, por eso en las Figuras 88 - 90 se muestra el detalle A de la Figura 87 mostrando las etapas y posiciones de los elementos al momento del corte del material.

**Figura 88** Posición inicial del fleje antes de penetrar el material.

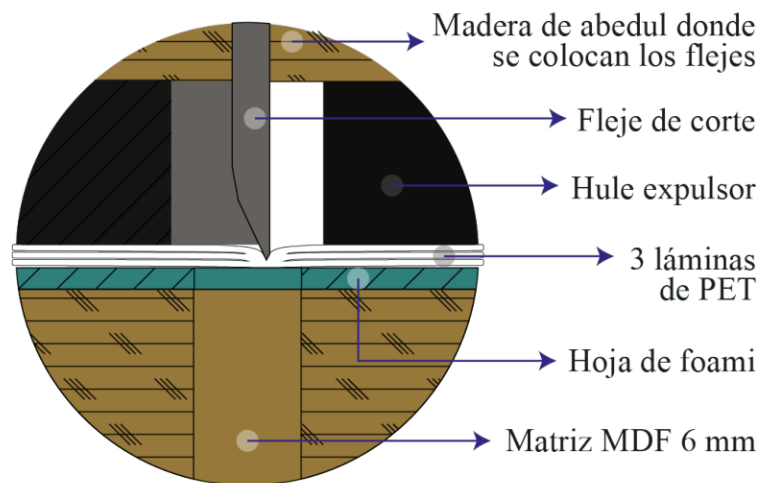


#### DETALLE A

#### Posición inicial

Nota. En la figura se observa a detalle los elementos que intervienen en el corte del material con el fleje posicionado para cortar.

**Figura 89** Penetración del fleje en las láminas de PET.

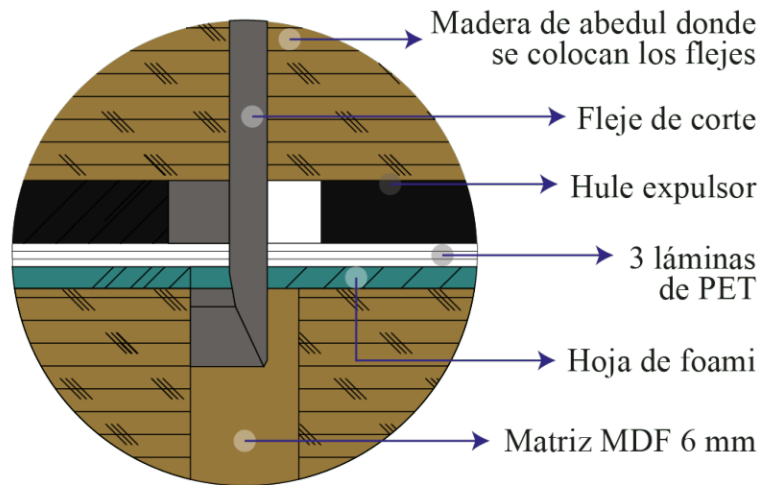


#### DETALLE A

#### El fleje comienza a penetrar el material

Nota. En la figura se observa a detalle los elementos que intervienen en el corte del material con el fleje penetrando el material.

**Figura 90** Corte completo de las tres láminas de PET.

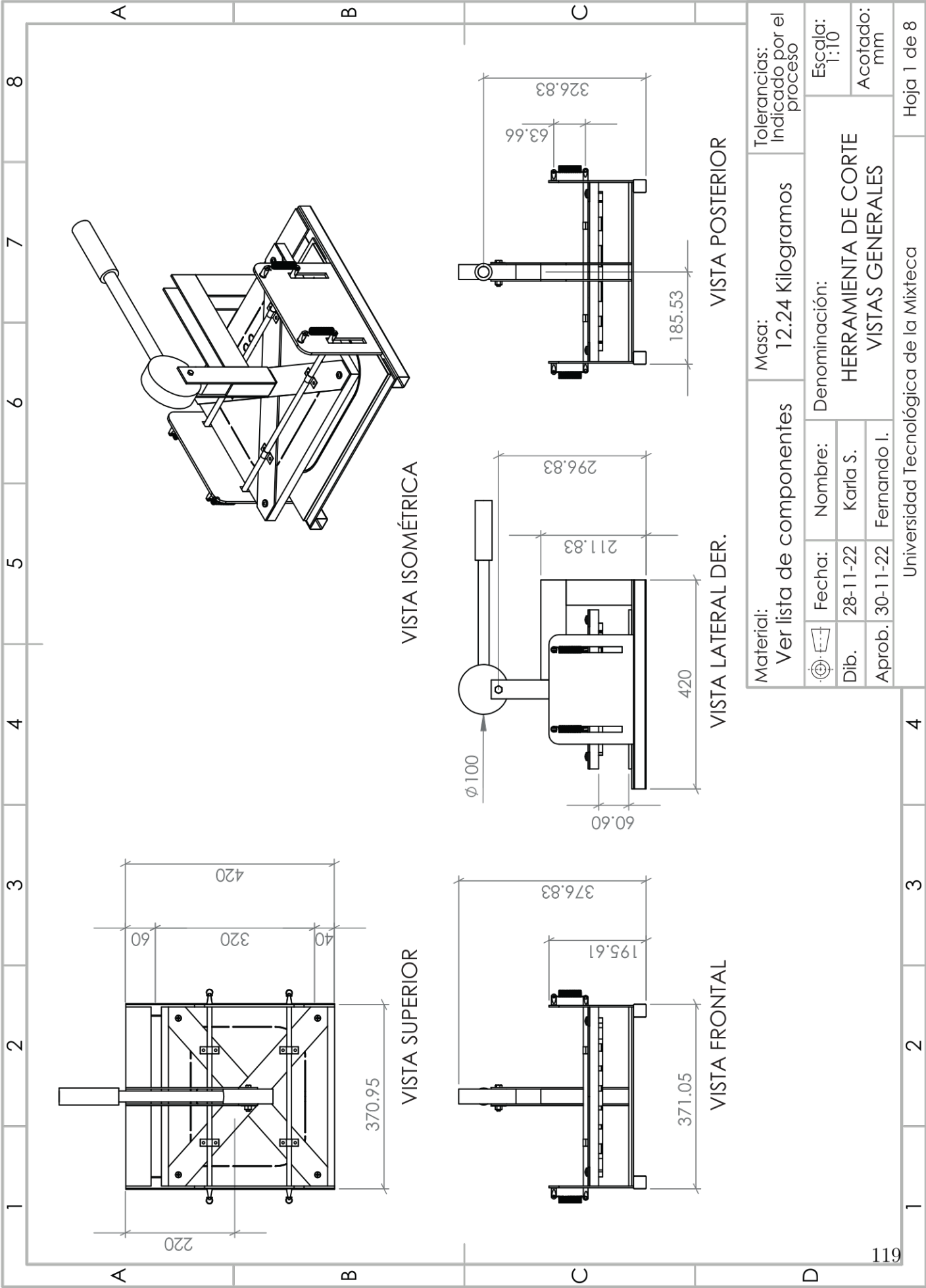


**DETALLE A**  
**Realiza el corte**  
**completo del material**

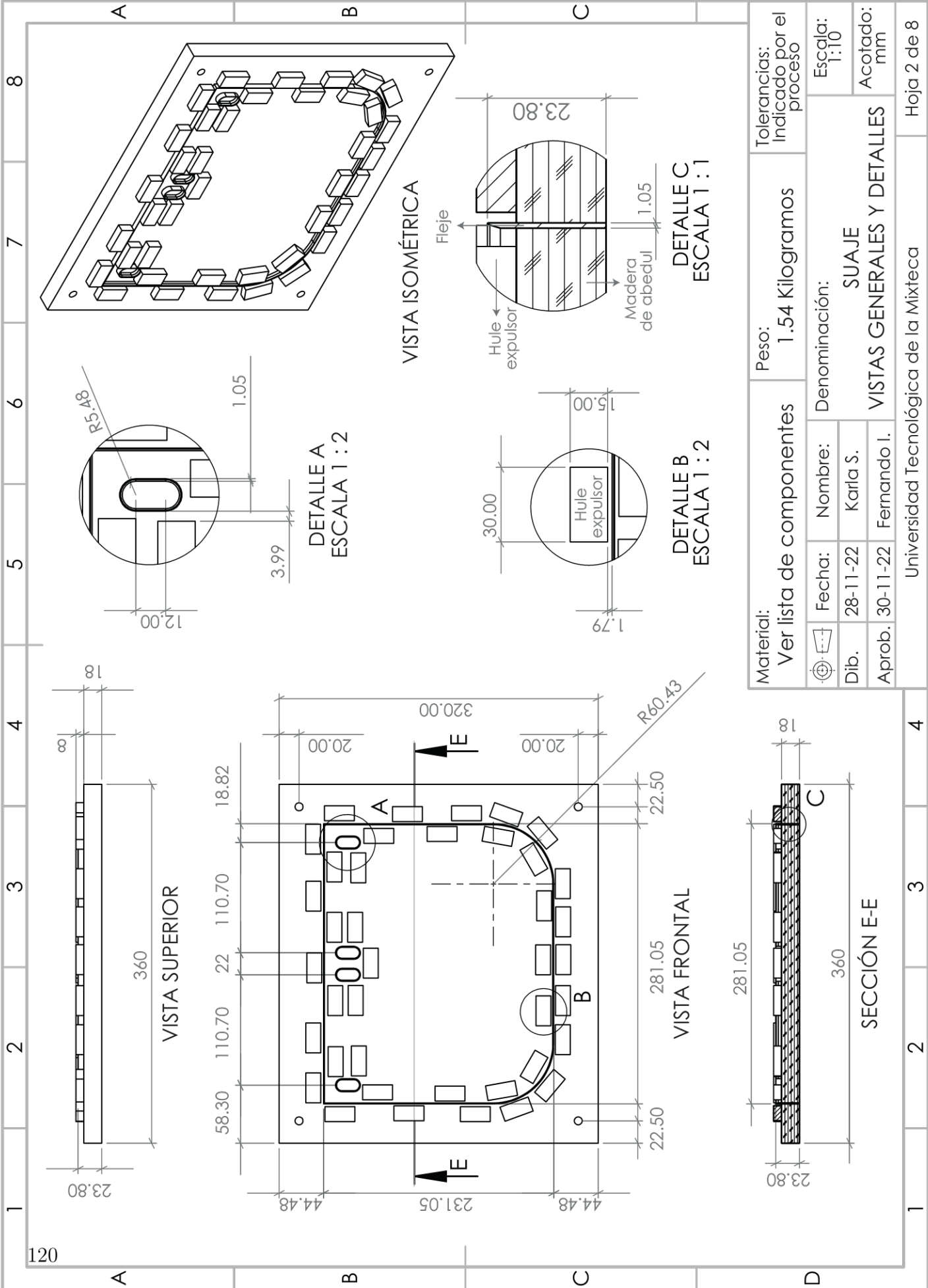
Nota. En la figura se observa a detalle los elementos que intervienen en el corte del material cuando el fleje ya corto el material.

En las siguientes páginas se presentan los planos constructivos del suaje y de la prensa manual diseñados, se incluyen vistas de detalle y vistas explosionadas con sus respectivas listas de componentes.

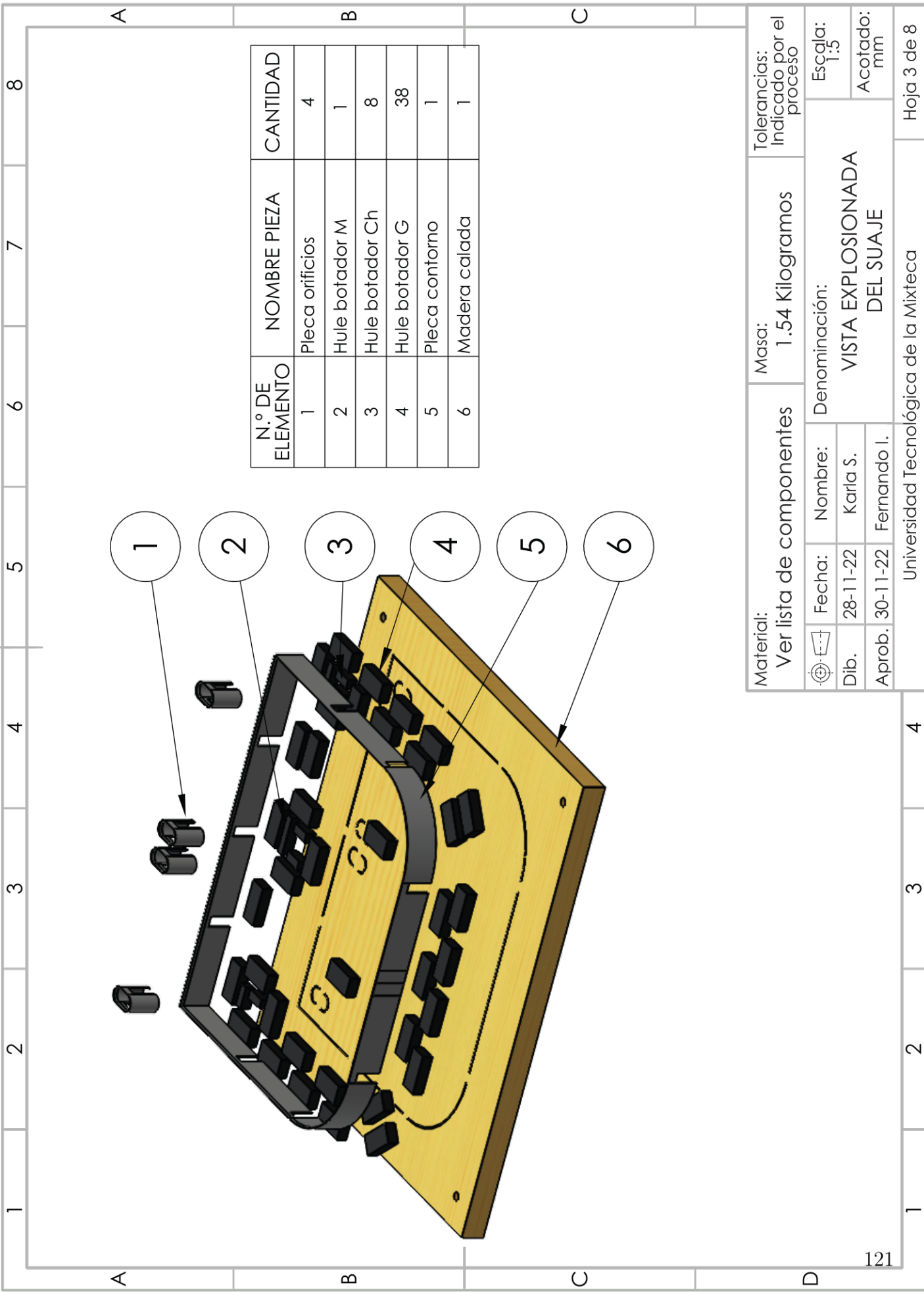




Material: Ver lista de componentes		Masa: 12.24 Kilogramos		Tolerancias: Indicado por el proceso	
Fecha: 28-11-22		Nombre: Karla S.		Escala: 1:10	
Dib. Aprob. 30-11-22		Aprob. 30-11-22		Acotado: mm	
Fernando I.		HERRAMIENTA DE CORTE VISTAS GENERALES		Denominación:	
Universidad Tecnológica de la Mixteca		Hoja 1 de 8			

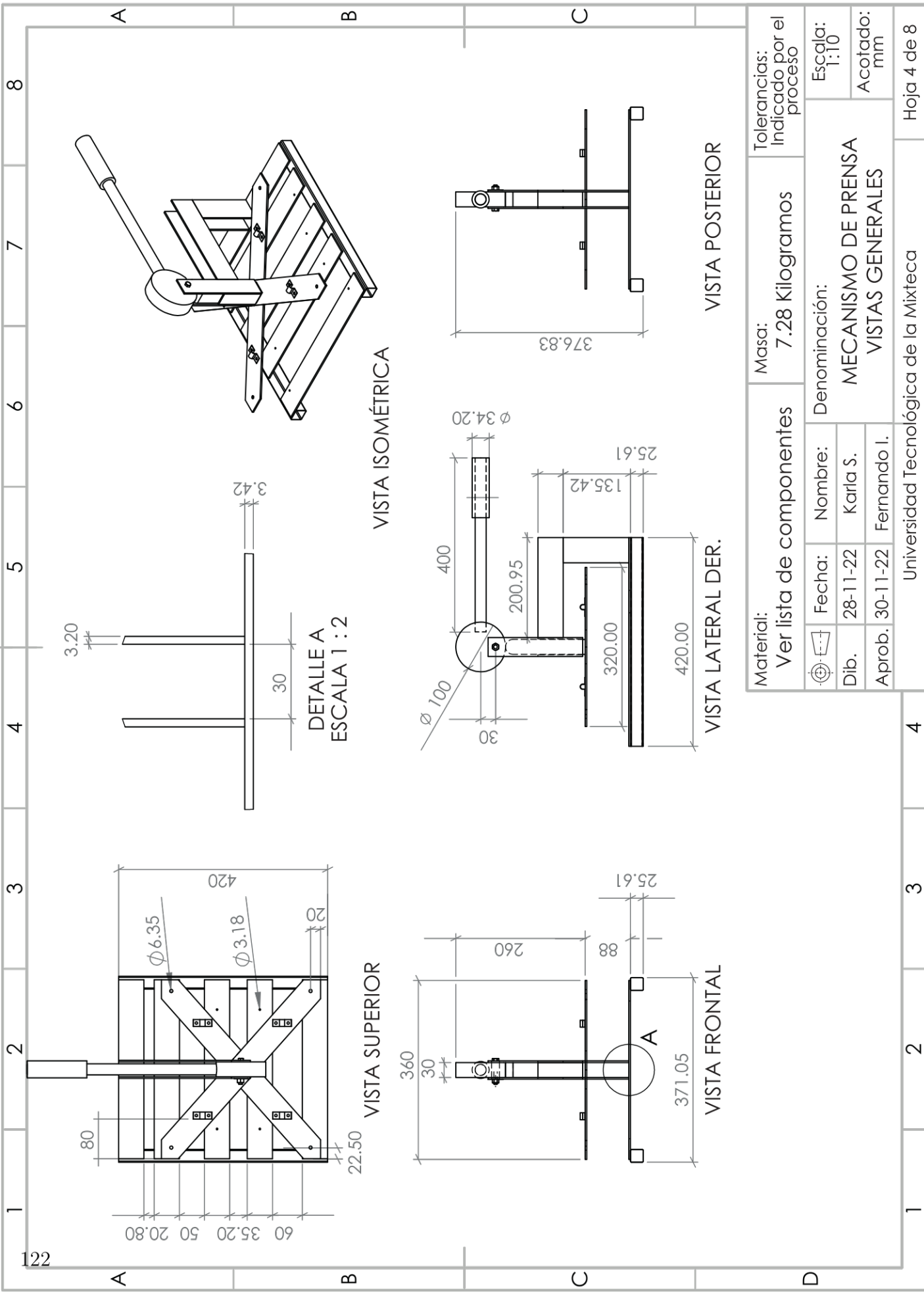


<b>Material:</b> Ver lista de componentes		<b>Peso:</b> 1.54 Kilogramos	<b>Tolerancias:</b> Indicado por el proceso
<b>Fecha:</b> 28-11-22	<b>Nombre:</b> Karla S.	<b>Denominación:</b> SUAJE	
<b>Dib.:</b> 28-11-22	<b>Proyecto:</b> Fernando I.	<b>Escala:</b> 1:10	<b>Acotado:</b> mm
<b>Aprob.:</b> 30-11-22	<b>Escuela:</b> Ingeniería de Alimentos	<b>VISTAS GENERALES Y DETALLES</b>	
<b>Universidad Tecnológica de la Mixteca</b>			<b>Hoja 2 de 8</b>

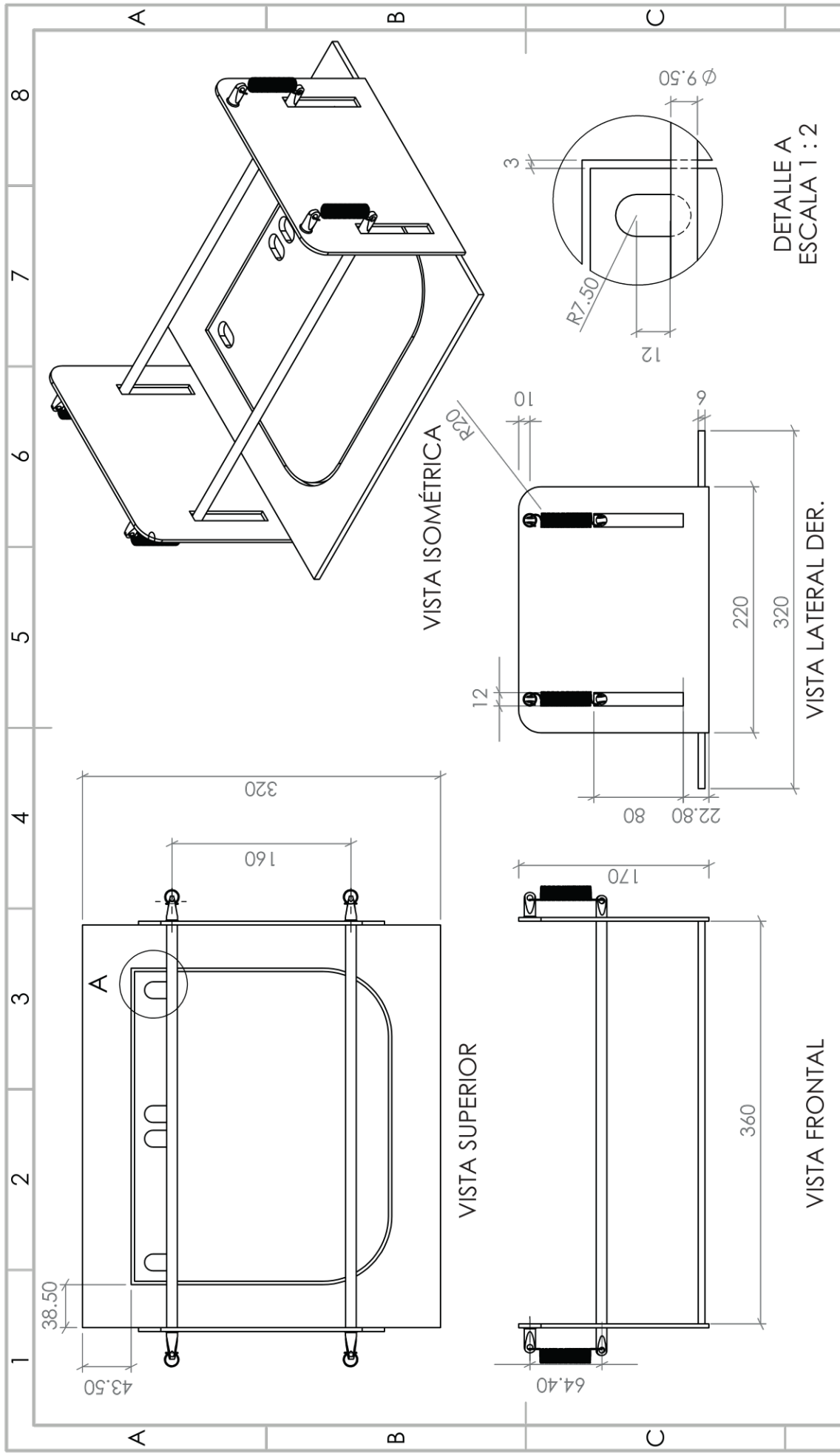


N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	Pleca orificios	4
2	Hule botador M	1
3	Hule botador Ch	8
4	Hule botador G	38
5	Pleca contorno	1
6	Madera calada	1

Material: Ver lista de componentes		Masa: 1.54 Kilogramos		Tolerancias: Indicado por el proceso	
Fecha:	Nombre:	Denominación:			
28-11-22	Karla S.	VISTA EXPLOSIONADA			
Aprob. 30-11-22		Fernando I.		DEL SUAJE	
Universidad Tecnológica de la Mixteca				Hoja 3 de 8	

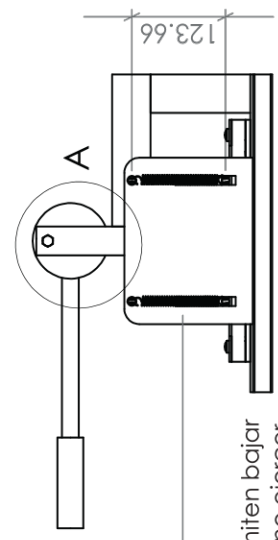
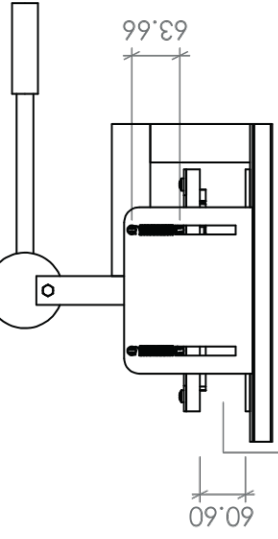
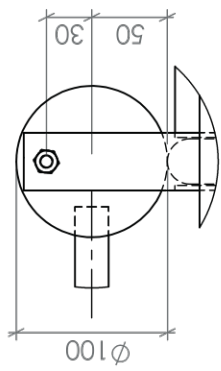
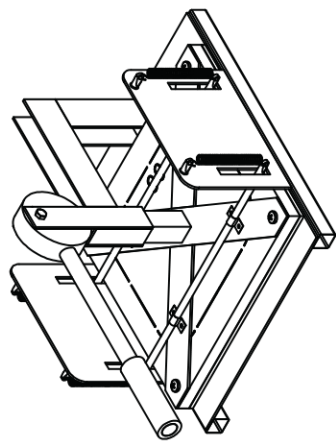
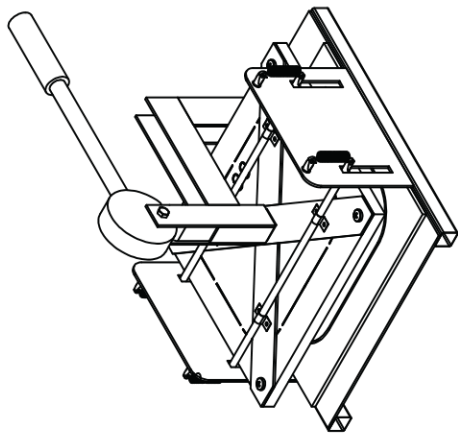


<b>Material:</b> Ver lista de componentes		<b>Masa:</b> 7.28 Kilogramos		<b>Tolerancias:</b> Indicado por el proceso	
<b>Fecha:</b> 28-11-22	<b>Nombre:</b> Karla S.	<b>Denominación:</b> MECANISMO DE PRENSA			
<b>Dib.</b> Aprob. 30-11-22	<b>Aprob.</b> 30-11-22	<b>VISTAS GENERALES</b>			
<b>Escala:</b> 1:10				<b>Acotado:</b> mm	
Universidad Tecnológica de la Mixteca				Hoja 4 de 8	



Material: Ver lista de componentes		Peso: 3.26 Kilogramos		Tolerancias: Indicado por el proceso	
Fecha: 28-11-22	Nombre: Karla S.	Denominación: SUAJE		Escala: 1:10	
Aprob. 30-11-22	Fernando I.	VISTAS GENERALES Y DETALLES		Acotado: mm	
Universidad Tecnológica de la Mixteca				Hoja 5 de 8	

1 2 3 4 5 6 7 8



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

VISTA LATERAL  
POSICIÓN 1

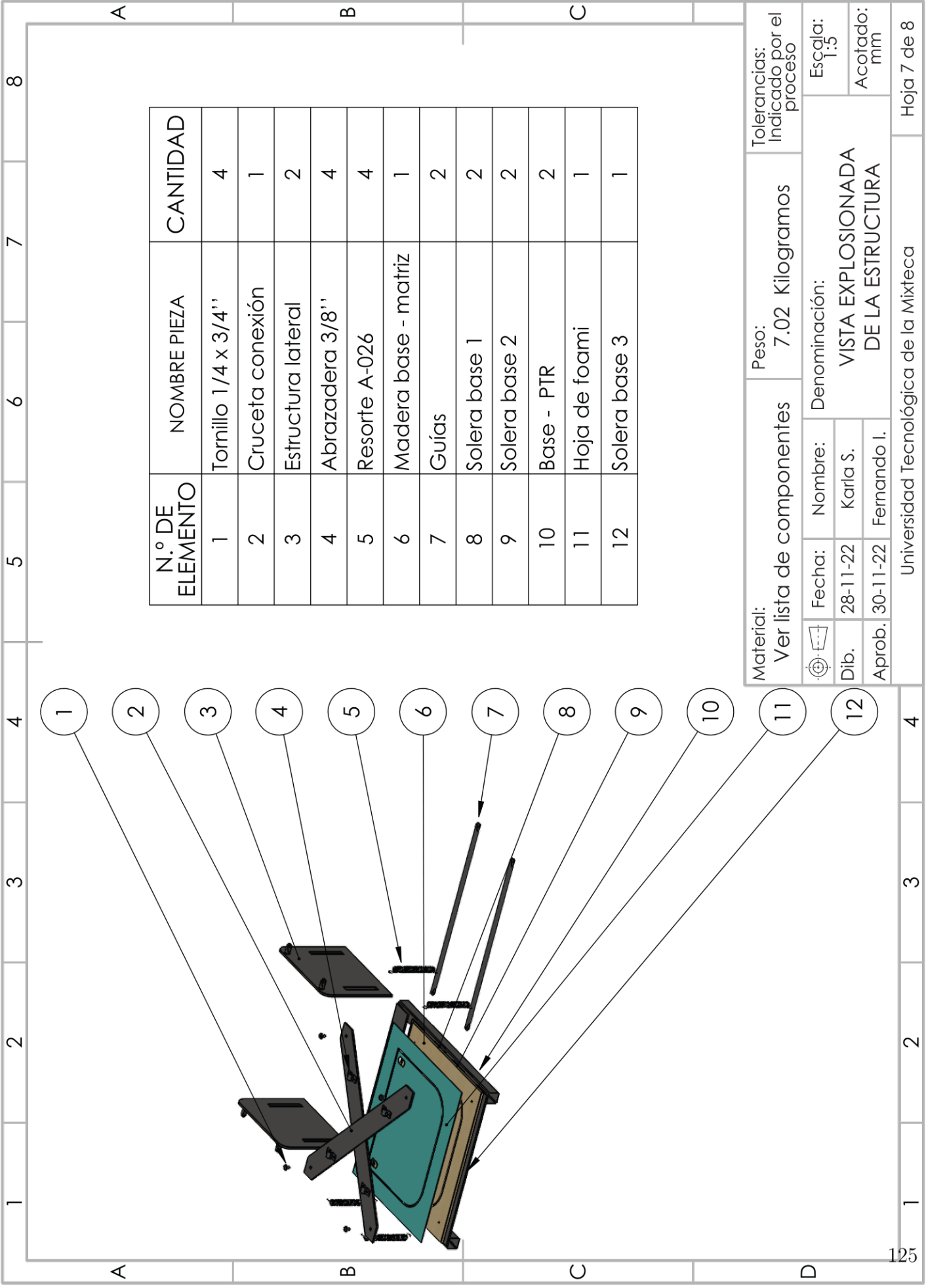
VISTA LATERAL  
POSICIÓN 2

Espacio para colocar el material a cortar

Los resortes permiten bajar la palanca y al no ejercer presión mantienen el espacio abierto

Material: Ver lista de componentes		Masa: 12.08 kg	Tolerancias: Indicado por el proceso
Fecha: 28-11-22	Nombre: Karla S.	Denominación: HERRAMIENTA DE CORTE POSICIONES DE USO	
Dib.	Aprob.	Escala: 1:10	Acotado: mm
30-11-22	Fernando I.	Hoja 6 de 8	

Universidad Tecnológica de la Mixteca

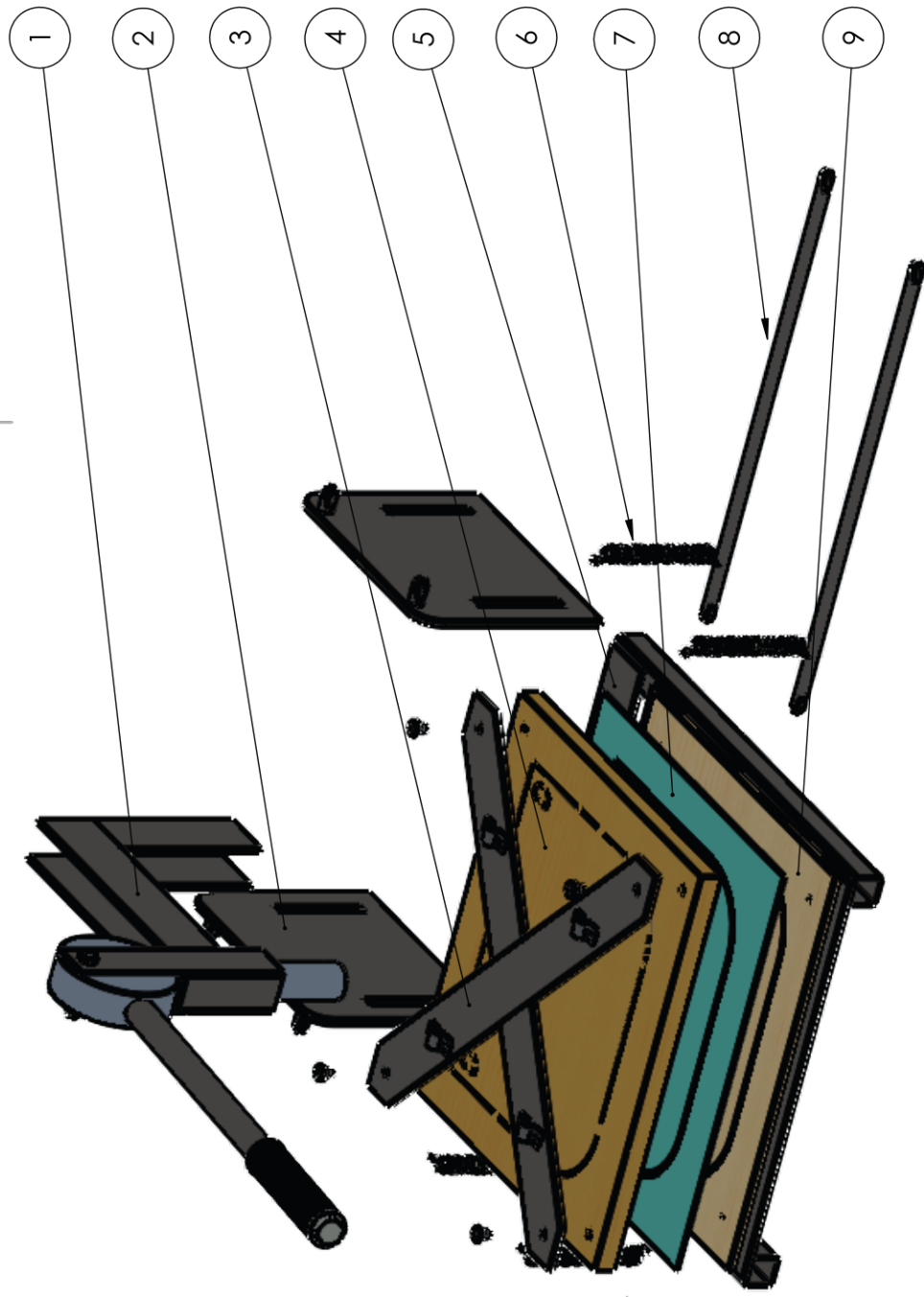


N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	Tornillo 1/4 x 3/4"	4
2	Cruceta conexión	1
3	Estructura lateral	2
4	Abrazadera 3/8"	4
5	Resorte A-026	4
6	Madera base - matriz	1
7	Guías	2
8	Solera base 1	2
9	Solera base 2	2
10	Base - PTR	2
11	Hoja de foami	1
12	Solera base 3	1

Material: Ver lista de componentes		Peso: 7.02 Kilogramos		Tolerancias: Indicado por el proceso	
Escala: 1:5	Denominación: VISTA EXPLOSIONADA DE LA ESTRUCTURA		Acotado: mm		
Fecha: 28-11-22	Nombre: Karla S.		Hoja 7 de 8		
Aprob. 30-11-22	Fernando I.		Universidad Tecnológica de la Mixteca		



1 2 3 4 5 6 7 8



N.º DE ELEMENTO	NOMBRE PIEZA	CANTIDAD
1	Ensamble leva	1
2	Estructura lateral	2
3	Cruceña conexión	1
4	Ensamble suaje	1
5	Base mecanismo	1
6	Resorte A - 026	4
7	Hoja de foami	1
8	Guías	2
9	Madera base - matriz	1

A

B

C

A

B

C

D

Material: Ver lista de componentes		Masa: 12.50 kg	Tolerancias: Indicado por el proceso
Fecha: 28-11-22	Nombre: Karla S.	Denominación: VISTA EXPLOSIONADA DE LA HERRAMIENTA DE CORTE	
Dib.	Aprob.	Escala: 1:10	Acotado: mm
30-11-22	Fernando I.		
Universidad Tecnológica de la Mixteca			Hoja 8 de 8



## Capítulo 6

# Pruebas y refinamiento

En este capítulo se muestra el proceso de análisis ergonómico y estático realizado a la herramienta de corte de láminas de PET diseñada, usando métodos de evaluación ergonómica y software especializado, para evaluar la eficiencia de la solución propuesta.

## **6.1. Análisis ergonómico**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2015) existen diferentes factores de riesgo conocidos y diversos métodos de evaluación de riesgo ergonómico, la selección se basa en el tipo de factor de riesgo que se presente en la tarea a evaluar. Durante el uso de la máquina de corte de lámina de PET se identificó que la aplicación de fuerza es un factor de riesgo ergonómico, que será evaluado mediante el método propuesto en la norma EN 1005-3.

### **6.1.1. Norma EN 1005-3.**

La Norma EN 1005-3 establece los límites de aplicación de fuerzas recomendados y los niveles de riesgo asociados a las mismas, permitiendo identificar situaciones potencialmente perjudiciales en el diseño de máquinas y puestos de trabajo. La norma evalúa el riesgo basándose en la capacidad de generar fuerza de los usuarios o trabajadores (Diego-Mas, Jose Antonio, 2015). Para esta evaluación se usó el software on line de Ergonautas, desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia llamado Fuerzas-EN 1005-3. El objetivo de este análisis es encontrar la fuerza y condiciones óptimas que permitan una mejora en el proceso actual ofreciendo seguridad al operario.

#### **Condiciones de evaluación**

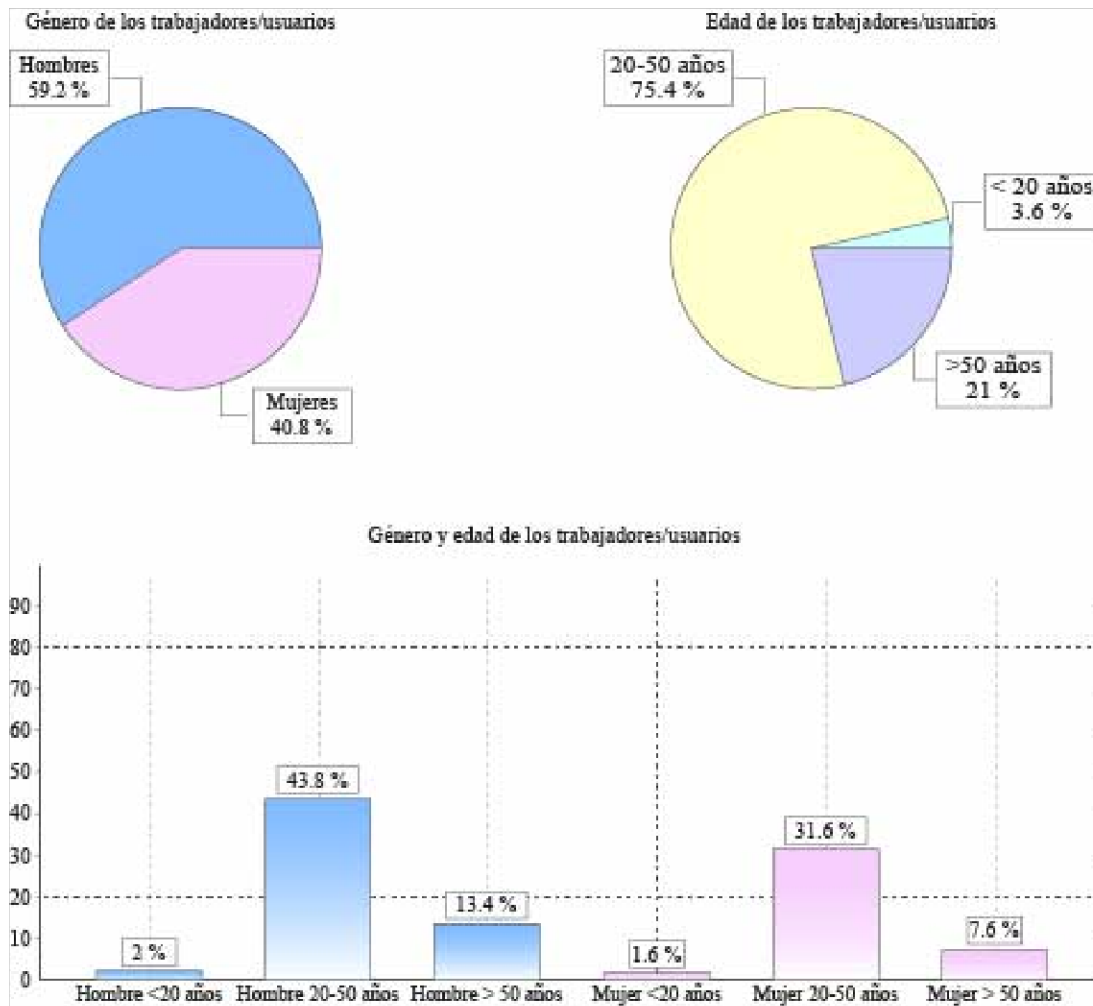
Se establecieron las condiciones iniciales para conocer el nivel de riesgo al que se exponen los operarios.

- Acciones a evaluar: Se evalúa el empuje que genera el operario sobre el brazo de palanca para realizar el corte.
- Nivel de protección: Se eligió el nivel de protección doméstico pues los operarios no son

personas especializadas en el uso de prensas manuales y este factor protege al 99% de la población en general.

- Trabajadores: Se evalúa para múltiples trabajadores pues no se cuenta con un perfil único de usuario, dado que este proceso era realizado por personal variable de la universidad.
- Edad y género: Para la evaluación se considera tomar datos de la población laboral (ver Figura 91).

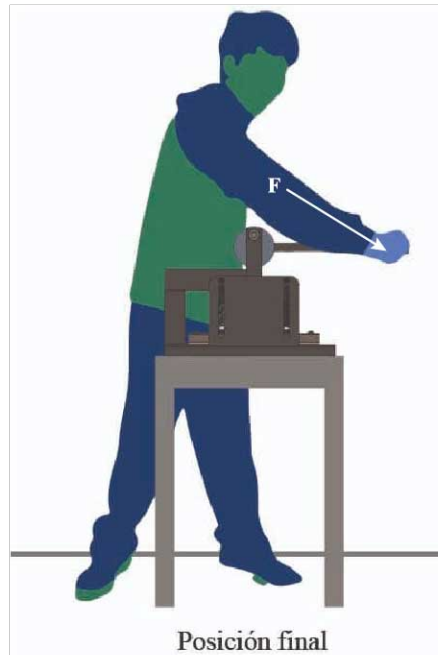
**Figura 91** Distribución de género y edad considerados en la evaluación.



Nota. En la figura se muestran los datos demográficos estimados considerando la población laboral. Fuente: Software Fuerzas-EN 1005-3, Universidad de Valencia.

Después de especificar estos parámetros en el software aparece un pantalla en donde muestra los diferentes tipos de acciones, la acción a evaluar se representa en la Figura 92, dentro de la evaluación en el software se eligió la acción de empujar con el cuerpo estando de pie tal como se muestra en la Figura 92.

**Figura 92** Acción a evaluar.



Nota. En la figura se muestra al operario aplicando la fuerza en la posición final de la prensa que es cuando se corta el material.

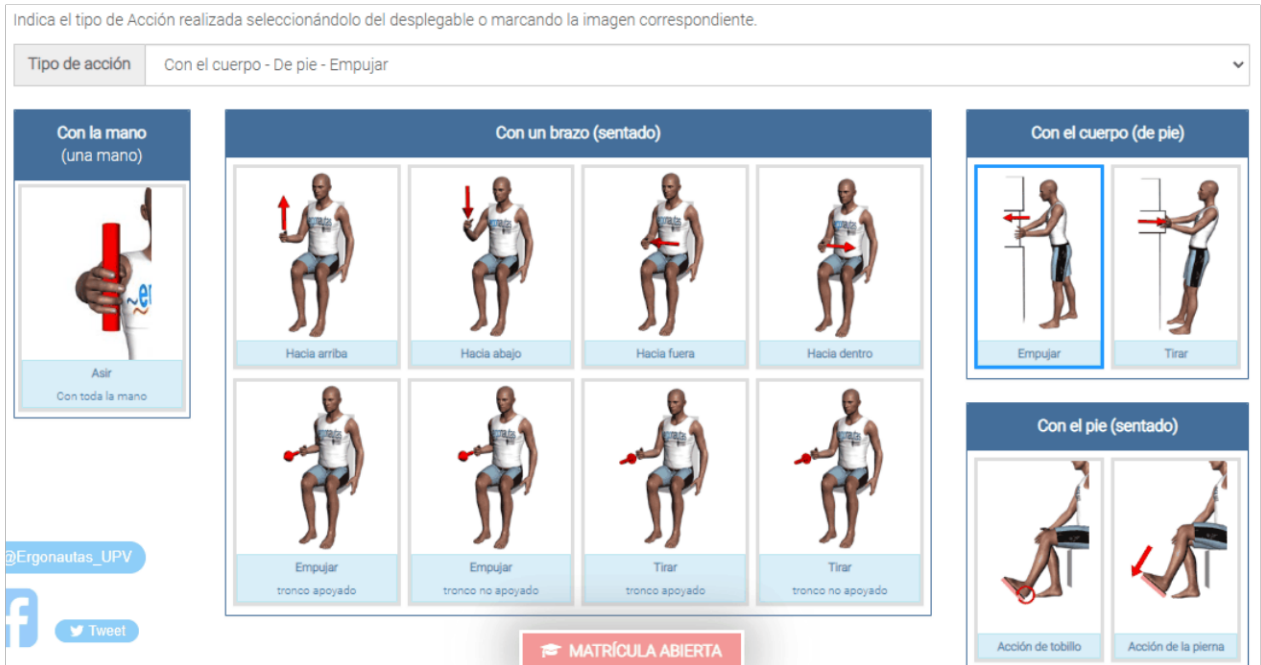
El software solicita los datos necesarios para hacer el cálculo de riesgo:

- Fuerza aplicada: Se seleccionó 8.5 kg que era la opción más aproximada a los 8.23 kg = 80.75 N calculados para el corte de 3 láminas.
- Frecuencia (acción/minuto): Se estima que se realicen dos acciones por minuto suponiendo un trabajo acelerado, lo que supondría mayor esfuerzo y riesgo (por el diseño de corte multicapa en cada acción se cortan 3 láminas obteniendo 6 láminas cortadas por minuto), considerando el tiempo que le toma al usuario introducir el material y retirar el desperdicio.
- Velocidad de la acción: Las opciones que ofrece son inmovilidad o movimiento muy

lento y movimiento apreciable, se eligió esta última.

- Tiempo que se ejerce fuerza en cada acción individual: Menor o igual que 3 segundos.
- Duración total de las acciones: Entre 1 y 2 horas.

**Figura 93** Selección del tipo de acción a evaluar.



Nota. En la figura se muestra el tipo de acción a evaluar seleccionada en el software. Fuente: Software Fuerzas-EN 1005-3, Universidad de Valencia.

Una vez que se completan todos los datos el software realizó el cálculo y se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 94 que muestra un índice de riesgo de 1.09 que es un nivel inaceptable de riesgo y recomienda un valor de fuerza máxima para usar en esta acción de 38.21 N, este valor solo permitiría el corte de una lámina por acción y como el objetivo de esta máquina es realizar un corte multicapa se optó por cambiar algunas especificaciones para obtener un nivel de riesgo aceptable y ofrecer seguridad a los usuarios.

**Figura 94** Resultados del primer análisis.



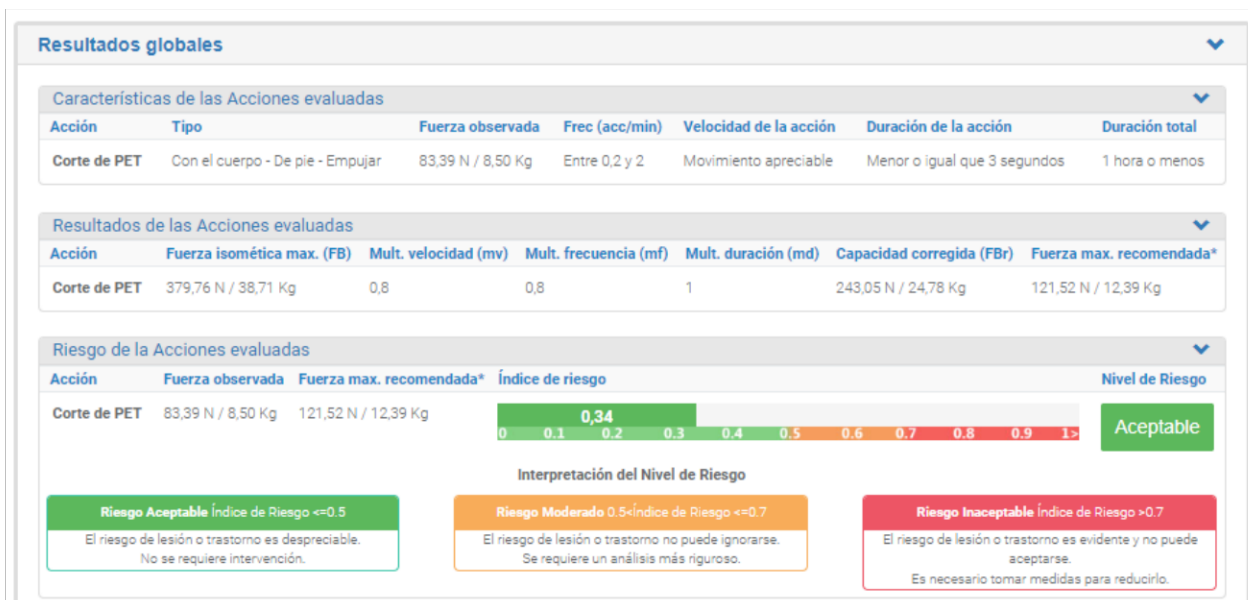
Nota. En la figura se muestran la pantalla de resultados analizando la acción con la fuerza calculada para cortar 3 láminas de PET. Fuente: Software Fuerzas-EN 1005-3, Universidad de Valencia.

Después de realizar más pruebas haciendo variaciones en las condiciones de evaluación, en la Figura 95 se muestra la pantalla de resultados que se obtuvo un índice de riesgo de 0.34 que corresponde un nivel de riesgo aceptable, utilizando las siguientes especificaciones para el análisis:

### Condiciones de evaluación

- Acciones a evaluar: Se evalúa el empuje que genera el operario sobre el brazo de palanca para realizar el corte.
- Nivel de protección: Se eligió el nivel de protección profesional (personas con experiencia usando prensas manuales), este factor protege al 85 % de la población en general.
- Trabajadores: Se evalúa para un usuario/trabajador específico.
- Edad y género: Debe ser de género masculino con una edad de entre 20 y 50 años.

**Figura 95** Resultados del segundo análisis.



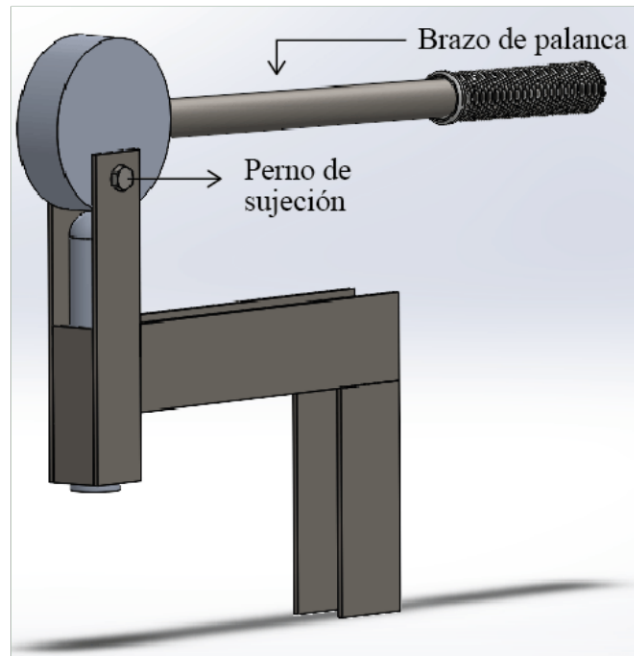
Nota. En la figura se muestran la pantalla de resultados analizando la acción con la fuerza calculada para cortar 3 láminas de PET, se hicieron cambios en las condiciones de evaluación. Fuente: Software Fuerzas-EN 1005-3, Universidad de Valencia.

Con el análisis realizado se puede realizar el corte de tres láminas en cada acción de la máquina tomando en cuenta que para tener un nivel de riesgo aceptable durante la realización de la tarea se recomienda que sea utilizada por hombres de entre 20 y 50 años que cuenten con alguna experiencia previa trabajando con prensas manuales.

## 6.2. Análisis estático

A continuación se muestra el proceso de análisis estático realizado a algunas de las piezas del mecanismo diseñado, usando el software SolidWorks, con el objetivo de garantizar la resistencia de los materiales empleados en las piezas que estarán expuestas a mayores esfuerzos, en la Figura 96 se muestran las piezas seleccionadas dentro del subensamble al que pertenecen.

**Figura 96** Piezas seleccionadas para realizar el análisis estático.



Nota. En la figura se muestra la posición y función de las piezas seleccionadas para realizar el análisis estático.

### 6.2.1. Análisis del brazo de palanca

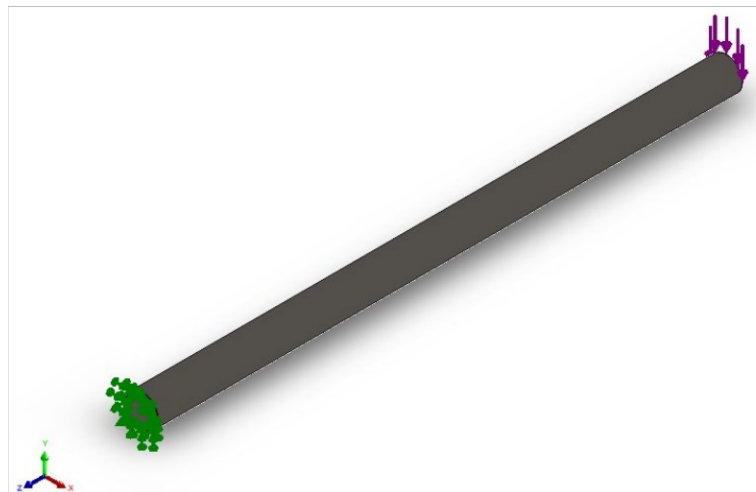
A continuación, se presenta el estudio estático realizado a la pieza del mecanismo que estará haciendo la función de brazo de palanca, sometiéndola a la fuerza necesaria para realizar el corte de lámina de PET.

- Carga aplicada: 80.75 Newtons
- Material: Acero ASTM 36



- Masa: 1.21542 kg
- Densidad: 7,850 kg/m<sup>3</sup>
- Límite elástico: 250 Mpa
- Módulo elástico: 200000 MPa
- Cargas y sujeciones: Se colocaron sujeciones de geometría fija y la fuerza como se muestra en la Figura 97.
- Malla: se creó una malla basada en curvatura de tamaño fino, para proporcionar resultados más precisos en los análisis.

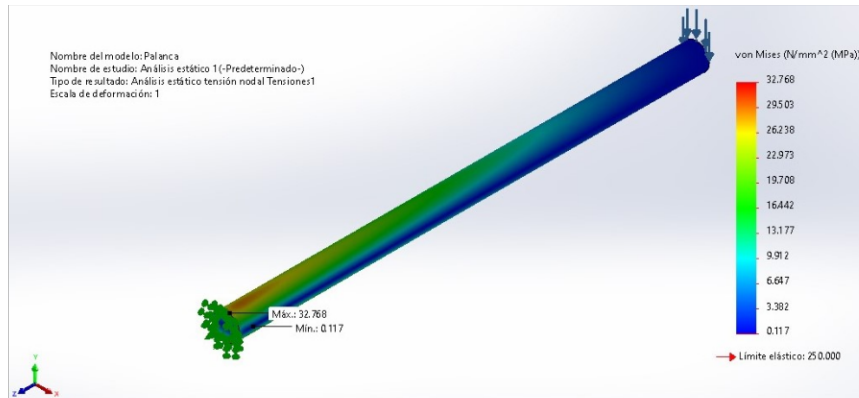
**Figura 97** Sujeciones y cargas del brazo de palanca.



Nota. En la figura se muestran las sujeciones y cargas aplicadas a la pieza.

En las Figuras 98 y 99 se muestran los resultados obtenidos en el software de SolidWorks realizados a la pieza de brazo de palanca conformada por un redondo de acero.

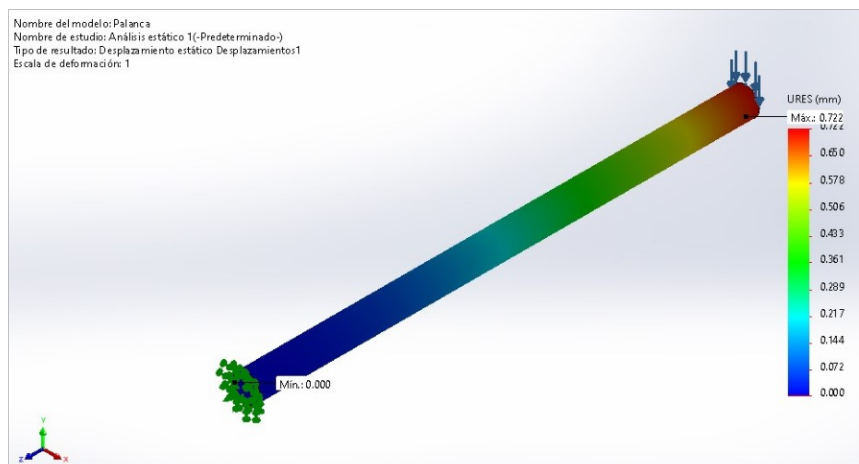
**Figura 98** Valores máximos y mínimos de las tensiones presentadas en el brazo de palanca.



Nota. En la figura se muestra que la máxima tensión presentada en la pieza es de 32.768 Mpa. y la mínima de 0.117 MPa.

Se puede decir que el material y el diámetro propuesto para la palanca usada en la herramienta de corte es el adecuado ya que el límite elástico es de 250 Mpa, y la tensión máxima producida por la carga aplicada es apenas de 32.768 MPa.

**Figura 99** Valores máximos y mínimos de los desplazamientos presentados en el brazo de palanca.



Nota. En la figura se muestra que el máximo desplazamiento presentado en el modelo es de 0.722 mm, mientras que el mínimo es de 0 mm.

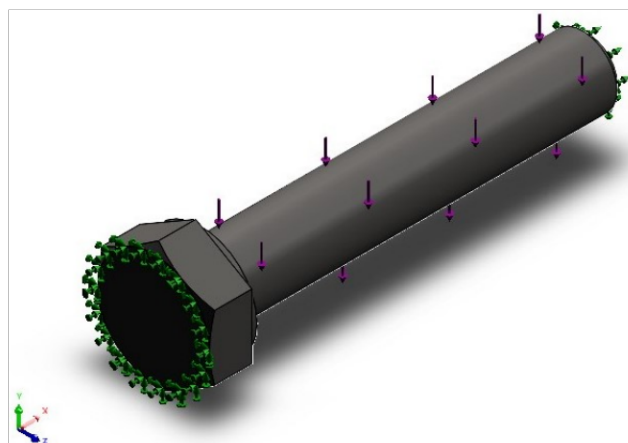
Se puede decir que el desplazamiento máximo que sufre la pieza es de 0.722 mm, la cual es una deformación imperceptible.

## 6.2.2. Análisis del perno de sujeción

A continuación, se presenta el estudio estático realizado al perno que une a la leva a la estructura, sometiéndolo a la fuerza necesaria para realizar el corte de lámina de PET.

- Carga aplicada: 80.75 Newtons
- Material: Acero AISI 1020
- Masa: 42.4220 gramos
- Densidad:  $0.0079 \text{ g/m}^3$
- Límite elástico: 351.571 Mpa
- Módulo elástico: 200000 MPa
- Cargas y sujeciones: Se colocaron sujeciones de geometría fija y la fuerza como se muestra en la Figura 100.
- Malla: se creó una malla basada en curvatura de tamaño fino, para proporcionar resultados más precisos en los análisis.

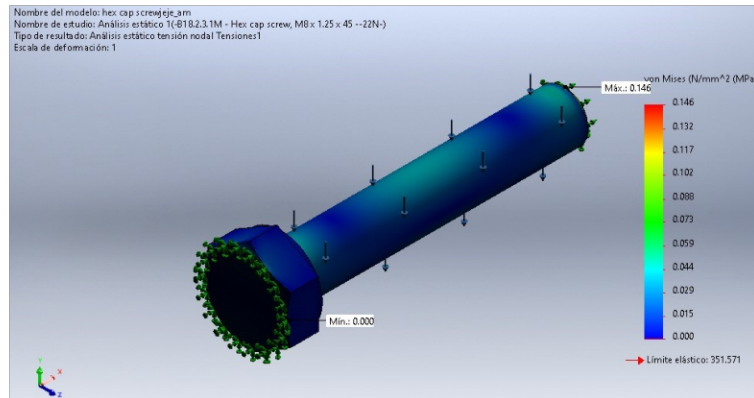
**Figura 100** Sujeciones y cargas aplicadas al perno.



Nota. En la figura se muestran las sujeciones y cargas aplicadas al perno. Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 101 y 102 se muestran los resultados obtenidos en el software de SolidWorks realizados a la pieza del perno de sujeción de los elementos del mecanismo leva-seguidor.

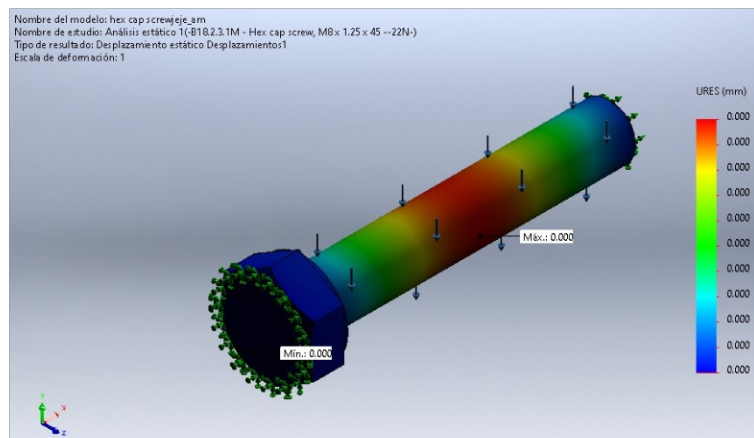
**Figura 101** Valores máximos y mínimos de las tensiones presentadas en el perno.



Nota. En la figura se muestra que la máxima tensión presentada en la pieza es de 0.146 Mpa. y la mínima de 0 MPa.

Se puede decir que el material y el diámetro propuesto para la palanca del contenedor es el adecuado ya que el límite elástico es de 351.571 MPa, y la tensión máxima producida por la carga aplicada es apenas de 0.146 MPa.

**Figura 102** Valores máximos y mínimos de los desplazamientos presentadas en el perno.



Nota. En la figura se muestra que valores de desplazamiento presentados en el modelo son iguales a 0, se puede decir que el desplazamiento es imperceptible.

# Conclusiones

Con el desarrollo del presente proyecto se logró el objetivo de tesis, obteniendo el diseño conceptual de un suaje para usarlo en una máquina comercial para cortar lámina de PET calibre 10 con la geometría usada para la fabricación de caretas covid-19. En la Tabla 28 se detallan las condiciones y las estimaciones de producción del proceso antiguo comparándolo con la implementación de las propuestas de mejora.

**Tabla 28** Comparativa del corte de láminas de PET con antiguo proceso y con las propuestas de mejora.

Antiguo Proceso	Máquina suajadora comercial	Prensa manual diseñada
6 operarios	1 Operario	1 Operario
Corte exterior únicamente	Corte completo: geometría exterior y orificios internos	Corte completo: geometría exterior y orificios internos
2 láminas cortadas por minuto	3 láminas cortadas por minuto	6 láminas cortadas por minuto
120 cortes por hora	180 cortes por hora	360 cortes por hora
Turno 4 horas = 480 piezas aprox.	Turno de 4 horas = 720 aprox.	Turno de 4 horas = 1140 aprox.

Nota: Optimización del proceso de corte de láminas de PET con datos aproximados del antiguo proceso.

De esta manera se puede concluir que con las propuestas de mejora se obtiene un considerable reducción del número de operarios necesarios para realizar la tarea y se realiza el corte completo de la lámina en una sola acción. Implementando la máquina suajadora se obtiene un aumento del 150 % en la producción, pero considerando que es un equipo costoso, se tomó la decisión de ofrecer una alternativa extra para el accionamiento del suaje concluyendo con el diseño conceptual de la prensa manual, se estima que esta herramienta genere un aumento en la producción del triple gracias al diseño de corte multicapa.

Para el lograr los objetivos y metas establecidos, se desarrollaron los temas que se presentan

a continuación:

1. Se trabajó como parte activa del equipo de fabricación de caretas, lo que permitió experimentar las incomodidades del proceso desarrollado durante el proyecto, así como la capacidad de producción que se tuvo con dicho proceso. Se realizaron entrevistas a los compañeros que formaban el grupo dedicado al corte de la lámina de PET para recabar información relacionada con la problemática debido a que no existían antecedentes relacionados pues era un proyecto que surgió a partir de la emergencia sanitaria ocasionada por el virus covid-19. El objetivo de estas encuestas fue investigar las incomodidades de los trabajadores al realizar el corte del material y conocer su opinión acerca del proceso que realizaban en sus turnos. Con esta información se obtuvieron las necesidades de los usuarios que determinaron las características de los elementos diseñados.
2. Se consultaron diferentes bibliografías, con autores como Groover para esclarecer el tipo de proceso de manufactura que se pretendía optimizar al implementar el diseño propuesto y el Instituto Mexicano del Plástico Industrial de donde se obtuvo información acerca de las características del material a procesar. También se realizó una investigación para identificar cada uno de los componentes que conforman un suaje, así como los procesos y herramental necesarios para la fabricación de los mismos.
3. Además se presentó un listado de las máquinas suajadoras disponibles en el mercado que se ajustan en términos del tamaño al suaje propuesto, esta investigación fue un parteaguas en este proyecto pues al conocer las características y costos se optó por ofrecer una alternativa para poder utilizar el suaje diseñado sin necesidad de adquirir alguno de estos equipos pues se considera que no es una máquina imprescindible para la universidad.
4. Se tomó como base la Metodología de diseño y desarrollo de productos de Ulrich y Eppinger (2012), que fue de gran apoyo para el logro de los objetivos pues permitió un proceso ordenado partiendo de la identificación de un problema y necesidades reales para servir como punto de partida durante el desarrollo del concepto, mismo que se

fue definiendo a lo largo de las etapas de diseño a nivel sistema y diseño a detalle en donde se consideraron aspectos de la manufactura de cada elemento obteniendo así una solución detallada al problema detectado.

5. Se realizó un análisis ergonómico para el uso de la prensa manual en base a la Norma EN 1005-3 que establece los límites de aplicación de fuerzas recomendados y los niveles de riesgo asociados a las mismas, este análisis se llevo a cabo en un software creado por la Universidad de Valencia y que esta disponible en línea. Se concluye que para obtener un índice de riesgo aceptable la fuerza máxima permitida es de 80.75 N, calculada para el corte de 3 láminas en una sola acción, la duración de la tarea no debe exceder de una hora, el operario debe ser de genero masculino de entre 20 y 50 años de edad con un nivel de especialización profesional (experiencia manejando máquinas manuales).
6. Por otro lado en la fase de evaluación también se realizó un análisis estático, para evaluar la pieza que funciona como brazo de palanca y el perno de sujeción que une los elementos que conforman el mecanismo de leva, los resultados arrojaron que dichas piezas se diseñaron acertadamente en términos de diámetros y materiales pues las tensiones máximas que se registraron no superan sus límites elásticos respectivamente, y en cuanto a los desplazamientos que sufren las piezas se consideran imperceptibles.





# Trabajos futuros

Con el fin de darle seguimiento al tema desarrollado en esta tesis, a continuación se enlistan los posibles puntos a mejorar, así como nuevos objetivos a desarrollar.

1. Fabricación del prototipo para evaluarlo en términos de eficiencia y poder realizar análisis ergonómicos de otros factores de riesgo involucrados, como posturas forzadas y trabajos repetitivos para los cuales a nivel de concepto no se cuenta con los datos suficientes para realizarlo.
2. Comprobación de la calidad del corte multicapa y de la fuerza calculada con el uso de un dinamómetro para determinar si los factores externos varían respecto del cálculo que se presenta en el presente trabajo.
3. Adaptar la prensa manual diseñada a diferentes herramientas de trabajo para ser usado en los talleres y asignaturas de la carrera de Ingeniería en diseño, como pudieran ser técnicas de impresión para grabados con tinta.
4. En este trabajo se partió de ya contar con tramos cortados del rollo de lámina y ese es un proceso diferente que también se puede analizar para hacerlo más rápido y disminuir el personal necesario, por que las caretas son un elemento que protege a posibles enfermedades que tengan las mismas vías de transmisión que el covid-19 y vale la pena tener un plan de emergencia para fabricarlas de la manera más rápida y eficiente en dado caso de ser requeridas.

## Referencias

- Aguilera, G. y. (2010). Diseño e implementación de una máquina suajadora automática. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Albuja, F. (2011). Implementación de un sistema de aire comprimido en la automatización de la cizalla manual del taller de procesos de producción mecánica. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Alfaro, A. y. (2009). Diseño de una máquina troqueladora para láminas de poliestireno expandido. Tesis de licenciatura. Universidad de Carabobo, Valencia. Obtenido de <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/764348>
- Asociación Española del Comercio e Industria de la Madera. (15 de octubre de 2022). Directorio de la madera. Obtenido de AEIM: <https://www.aeim.org>
- Bohler Uddeholm. (2018). Flejes de acero Martin Miller. Böhlerwerk, Austria, Europe: Bohler Uddeholm.
- Bohlerstrip. (2017). Rule Die Steel – the unmatched. Waidhofner Strasse, Boehlerwerk, Austria: Voestalpine.
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2016). Ciencia e ingeniería de materiales. Barcelona: Editorial Reverté, S. A.
- Caviedes, J. (2020). Diseño de una máquina trituradora para plástico PET. Tesis de licenciatura. Fundación Universidad De America, Bogotá.
- Cayllahua, B. (2014). Láminas de tereftalato de polietileno PET reciclado. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa – Perú.
- Chávez, D., & Sánchez, M. (2008). Diseño y fabricación de un troquel para placas de apagador de aluminio. Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.

- Chucaralao, B., & Llvísaca, E. (2021). Diseño de una máquina láser para corte y grabado de materiales no metálicos en la empresa "S. T. S.". Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- CITO GROUP. (2020). CITO Cutting. Schwaig bei Nürnberg, Germany: CITO-SYSTEM GmbH.
- Cotín, A. (1968). Tecnología mecánica II. Ciudad de México: Editorial Reverté Mexicana, S. A.
- Cruz, V., Hernández, I., Iturbide, F., Mendoza, Á., Palma, R., Sánchez, O., & Santiago, A. (2020). "Caretas para uso del personal del sector salud y personal que realiza actividades". Reporte ejecutivo - Proyecto 312705. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca.
- Daza, U., & Luegas, S. (2016). Router CNC aplicado al desarrollo de PCB's". Tesis de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- De la Cruz, M. (2021). Teoría de máquinas y mecanismos. Tesis de Licenciatura. Universidad Tecnológica de Querétaro, Santiago de Querétaro.
- Diego-Mas, José Antonio. Evaluación del riesgo por las fuerzas ejercidas en el puesto de trabajo o en la utilización de máquinas mediante la norma EN 1005-3. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
- Félix, J., Torres, J., Delgado, M., & Carlos, G. (2016). Optimización de una máquina suajadora. Proyecto terminal de licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México.
- Gamboa, D. (2016). Diseño y construcción de una máquina troqueladora lineal. (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- García, F. (2020). "Diseño y construcción de una cortadora de láminas de acero, tipo guillotina hidráulica, de hasta 1.4 mm de espesor, para la empresa ingeniería del acero

y matricería de la ciudad de Ambato”. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

- Grafitroquel. (19 de octubre de 2020). Obtenido de <https://www.grafitroquel.com/productos>
- Groover, M. P. (2007). Fundamentos de manufactura moderna. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Gutiérrez, M., & Ramón, A. (2017). “Modelado de un tornillo sin fin cónico y construcción mediante una máquina CNC de 4 ejes didáctica”. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Hermida, E. (2011). Polímeros. Guía Didáctica. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.: INET.
- Hibbeler, R. (2011). MECANICA DE MATERIALES (8a. ed.). México: PEARSON EDUCACION.
- HÜTTE, A. (1980). Manual del ingeniero. Barcelona: Gustavo Gili S. A. de C. V.
- Instituto Mexicano del Plástico Industrial. (2000). Enciclopedia del plástico Tomo 1. Ciudad de México: Centro Empresarial del Plástico S.A de C.V.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2015). Documento elaborado por el Grupo de trabajo sobre TME de la CNSST. Madrid: Ministerio de trabajo y economía social.
- Lozano, J. &. (2018). MECANISMOS. Unidad didáctica. Consejería de Educación, Cultura y Deporte de la Generalidad Valenciana, Valencia.
- MADIT & CIMA. (2020). Equipo de Protección Personal: Máscara-Careta “GEA-MADiT”. Obtenido de <http://www.ccadet.unam.mx/contenido/carrusel/temporal/caretamadit.pdf>
- Mariano. (03 de junio de 2011). Tecnología de los Plásticos. Obtenido de Materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>

- Mariano. (15 de marzo de 2011). Tecnología de los Plásticos. Obtenido de EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion>
- Mario, R. (1989). Estampado en frío de la chapa. Madrid: Editorial Dossat.
- Martínez, A. (2007). "Técnicas de caracterización fisicoquímicas en el reciclado del polietilentereftalato". Tesis para obtener el grado de especialización en química aplicada. Centro de investigación en química aplicada, Saltillo, Coahuila.
- Mena, P. (2015). Diseño y simulación de una troqueladora semiautomática para corte de res de una capacidad de cinco toneladas. tesis de licenciatura. Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec>
- Mérida, J. (2010). Proceso de fabricación de moldes de troquel, en la industria de fabricación de cajas plegadizas. (tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Myszka, D. (2012). MÁQUINAS Y MECANISMOS. Edo. de México: Pearson.
- Ochoa, C. (2007). Principales máquinas herramientas utilizadas en la industria metal mecánica. Ciudad de México: El Cid Editor.
- OMS. (2020). Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19).
- Padilla, R. (2017). Diseño y construcción de una cortadora láser para papel con interfaz gráfica. Tesis de licenciatura. Universidad del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Poly-Tech Industrial, Inc. (02 de enero de 2023). Poly-Tech Industrial, Inc. Obtenido de Poly-Tech Industrial, Inc.: <https://www.polytechindustrial.com>
- Rodríguez, G. (1985). Manual de diseño industrial. Curso básico UAM-A GG. CDMX: G. Gilli.
- Rodríguez, G. (2010). Manual de diseño industrial. Naucalpan, Edo. De México: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., México.

- Sánchez, M., & Paredes, P. (2014). Estudio de la viabilidad técnica de la implementación del tereftalato de polietileno como material para la estabilización de taludes. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Sánchez, P. (2011). Automatización de una máquina suajadora. Tesis para obtener el grado de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad de México.
- Santos, E., Yenque, J., Rojas, O., & Rosales, V. (2001). Acerca del ensayo de dureza. Industria Data.
- Sarmiento, E. (1979). “Cálculo y diseño de una cizalla mecánica compacta con capacidad para cortar planchas de acero hasta 3 mm de espesor x 1.25 m. de longitud”. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Shigley, J. (1988). Teoría de máquinas y mecanismos. Edo. de México: McGraw-Hill.
- Smith, W. (1998). Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana.
- Solís, P. (2011). Automatización de una máquina suajadora. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad de México.
- Suasnavas, D. (2017). Degradación de materiales plásticos “PET” (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión. Monografía previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Químicas con Mención en Química Analítica. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). Diseño y desarrollo de producto. México, CDMX.: McGraw-Hill.
- Valverde, A. (2013). Reporte de experiencia profesional como supervisor de diseño y fabricación de suajes. Trabajo profesional para obtener el grado de licenciatura. Universidad Autónoma de México, Ciudad de México.

- Vera, T. y. (2020). Diseño y fabricación de caretas faciales ergonómica para el uso del personal médico asistencial de primera línea de atención para cuatro instituciones hospitalarias del departamento del huila ante la emergencia covid-19. (tesis de licenciatura). Universidad Cooperativa de Colombia, Neiva.
- Zhen-Dong Guo, Z.-Y. W.-F.-B.-Z.-Y.-Y.-W. (2020). Aerosol and Surface Distribution of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Hospital Wards. Wuhan, China: Emerging Infectious Diseases.