



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA: INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

CURRICULAR, MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“TRITURADORA DE PET ENFOCADA A LA PRODUCCIÓN DE
ESCAMAS DE PLÁSTICO PARA EXTRUSORA DE FILAMENTO
PARA IMPRESORAS 3D”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Autor: Sebastián Andrés Valencia Silva

Director: Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos

Asesor: Ing. Fernando Vinicio Valencia Aguirre

Ibarra 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1720896537	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Valencia Silva Sebastián Andrés	
DIRECCIÓN:		Santa Lucía del Retorno, Urb. Ecovida	
EMAIL:		svalencias@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0981726330

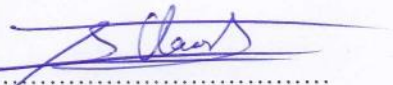
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	TRITURADORA DE PET ENFOCADA A LA PRODUCCIÓN DE ESCAMAS DE PLÁSTICO PARA EXTRUSORA DE FILAMENTO PARA IMPRESORAS 3D
AUTOR (ES):	Valencia Silva Sebastián Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	2023/05/22
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Milton Alejandro Gavilánez Villalobos

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de Mayo de 2023

EL AUTOR:

(Firma) 
Nombre: Sebastián Andrés Valencia Silva

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 22 de mayo de 2023

Ing. Milton Gavilanez

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



.....
Ing. Milton Gavilanez

C.C.: 1001139458

DEDICATORIA

A mis padres Edwin y Bethsabé, por sus invaluable consejos durante mis estudios y su incondicional apoyo y confianza en mí.

A mis hermanas Sofía y Estefanía, por ser mi compañía y por cada momento de unión y crecimiento que hemos compartido a lo largo del camino.

A mis amigos y compañeros, por los inolvidables momentos, conversaciones y aventuras que hemos vivido durante este recorrido universitario.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por brindarme la oportunidad de cursar la carrera de Mecatrónica. Agradezco a las autoridades de la carrera por su apoyo y orientación durante mi formación académica. También quiero agradecer al Ing. Milton Gavilanes por su invaluable guía y paciencia como mi tutor de tesis, así como al Ing. Fernando Valencia por su valiosa colaboración como cotutor. Su dedicación y conocimiento me han ayudado a alcanzar mi meta de completar esta importante etapa en mi vida.

RESUMEN

En la actualidad, la contaminación por desechos sólidos es una de las principales problemáticas medioambientales por lo cual surge la necesidad de buscar soluciones que, además de ayudar con la contaminación, generen ciertos beneficios extra a partir de los desechos utilizados como materia prima. Un gran porcentaje de los desechos sólidos en el Ecuador son plásticos, cuya primera línea de procesamiento durante su reciclaje es la trituración, a partir de la cual se puede reutilizar el producto obtenido como escamas de plástico para diferentes fines como, por ejemplo, la extrusión de plástico para la fabricación de filamento para impresión 3D. A continuación, se presenta el diseño y construcción de una máquina trituradora capaz de obtener escamas de plástico PET de un tamaño adecuado para ser utilizadas como materia prima en una extrusora de baja producción. Para obtener la solución se utiliza el método de diseño mecatrónico mediante el cual se selecciona los diferentes parámetros de la máquina a partir de una serie de requerimientos que debe cumplir la misma. A continuación, se selecciona la potencia del motor a partir de las características del material a triturar. Posteriormente, utilizando la herramienta “SolidWorks” se realiza el diseño mecánico y simulación de esfuerzos de la trituradora, obteniendo así el material a utilizar en las diferentes piezas como lo son el eje, cuchillas y estructura. Seguidamente se realiza el diseño de control en la herramienta “CadeSimu”. Finalmente se implementa todo el diseño mediante la construcción y pruebas de la trituradora.

ABSTRACT

Currently, contamination by solid waste is one of the main environmental problems, that's why there's a need of solutions which, in addition to helping with pollution, generate extra benefits from the waste used as raw material. A large percentage of solid waste in Ecuador is plastic, which first line of processing during recycling is shredding, in this process plastic flakes are obtained and can be reused for different purposes, such as plastic extrusion of filament for 3D printing. Next, the design and construction of a shredder machine to obtain PET plastic flakes of a suitable size to be used as raw material in a low production extruder is presented. For the solution, the mechatronic design method is used, through which the different parameters of the machine are selected from a series of requirements that it must meet. Next, the motor power is selected based on the characteristics of the material to be crushed. Subsequently, using the "SolidWorks" tool, the mechanical design and stress simulation of the crusher is conducted, thus obtaining the material to be used in the different pieces such as the shaft, blades, and structure. Next, the control design is conducted in the "CadeSimu" tool. Finally, the entire design is implemented through the construction and testing of the shredder machine.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	I
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
Capítulo I	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación	2
1.4 Alcance	3
Capítulo II.....	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Plásticos	5

2.2.1 Clasificación de los plásticos	6
2.2.2 Polietileno tereftalato (PET)	7
2.3 Reciclaje.....	8
2.3.1 Reciclaje de PET.....	9
2.3.2 Aplicaciones del PET reciclado	10
2.4 Trituración.....	12
2.4.1 Reducción de tamaño	12
2.4.2 Tamaños de partículas.....	13
2.4.4 Tamizado.....	13
2.5 Trituradoras.....	14
2.5.1 Tipos de trituradora.....	14
2.5.2 Elementos de una trituradora	15
Capítulo III.....	24
3.1 Modelo de la investigación	24
3.2 Diseño de la investigación	24
3.2.1 Fase 1:	24
3.2.2 Fase 2:	24
3.2.3 Fase 3:	27
3.2.4 Fase 4:	28
Capítulo IV.....	29
4.1 Resultados y análisis	29

4.2 Especificaciones.....	29
4.3 Diagramas funcionales.....	30
4.3.1 Nivel cero.....	30
4.3.2 Nivel uno.....	30
4.3.3 Nivel dos.....	31
4.3.4 Alternativas.....	32
4.4 Matriz morfológica.....	42
4.4.1 Matriz morfológica módulo 1.....	43
4.4.2 Matriz morfológica módulo 2.....	45
4.5 Solución del sistema de triturado.....	48
4.5.1 Subconjunto 1: Eje y cuchillas.....	48
4.5.2 Subconjunto 2: Cámara de triturado.....	70
4.5.3 Subconjunto 3: Estructura.....	74
4.5.4 Subconjunto 4: Ingreso y recolección.....	75
4.5.3 Resultados del análisis de convergencia.....	77
4.5.4 Diseño eléctrico.....	78
4.6 Fabricación y ensamble.....	80
4.6.1 Elementos principales del ensamble final.....	80
4.8 Análisis de resultados.....	85
4.8.1 Análisis eléctrico de la trituradora.....	85
4.8.1 Especificaciones técnicas de la trituradora.....	90

4.8.2 Producto obtenido	90
4.8.3 Análisis dimensional de las piezas.....	91
4.8.4 Análisis de costos.....	94
4.9 Conclusiones	95
4.10 Recomendaciones	96
Referencias.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Código RIC para clasificación de polímeros</i>	6
Figura 2	<i>Proceso de reciclaje de PET</i>	9
Figura 3	<i>Tela fabricada a partir de PET</i>	10
Figura 4	<i>Comparación de PET y agregado fino para mezclas de mortero</i>	11
Figura 5	<i>Diagrama funcional nivel cero</i>	30
Figura 6	<i>Diagrama funcional nivel uno</i>	30
Figura 7	<i>Diagrama funcional nivel dos</i>	31
Figura 8	<i>Tablero de control</i>	33
Figura 9	<i>Relé inteligente</i>	34
Figura 10	<i>Tolva</i>	35
Figura 11	<i>Sistema de poleas y correas</i>	36
Figura 12	<i>Motorreductor</i>	37
Figura 13	<i>Variador de Frecuencia</i>	38
Figura 14	<i>Cuchilla de filos rectos</i>	39
Figura 15	<i>Cuchilla de filos redondeados</i>	40
Figura 16	<i>Criba</i>	41
Figura 17	<i>Bandeja de tol</i>	42
Figura 18	<i>Solución a sistema de triturado</i>	48
Figura 19	<i>Modelo de la cuchilla realizado en SolidWorks</i>	49
Figura 20	<i>Longitud y espesor del filo cortante de la cuchilla</i>	50
Figura 21	<i>Diámetro de la cuchilla de la cuchilla</i>	51
Figura 22	<i>Asignación de fuerzas y geometrías fijas al modelo en SolidWorks</i>	52
Figura 23	<i>Malla resultante en modelo de cuchilla</i>	53
Figura 24	<i>Cálculo del factor de seguridad en el software SolidWorks</i>	54

Figura 25	<i>Simulación de desplazamientos en el software SolidWorks</i>	54
Figura 26	<i>Simulación de esfuerzos por von Mises en el software SolidWorks</i>	55
Figura 27	<i>Diseño de eje realizado en el software SolidWorks</i>	59
Figura 28	<i>Ensamble del subconjunto 1 en el software SolidWorks</i>	61
Figura 29	<i>Distribución de fuerzas cortantes a lo largo del eje</i>	62
Figura 30	<i>Condiciones de frontera del eje en el software SolidWorks</i>	65
Figura 31	<i>Malla resultante en modelo del eje</i>	66
Figura 32	<i>Cálculo del factor de seguridad del eje en el software SolidWorks</i>	66
Figura 33	<i>Simulación de desplazamientos del eje en el software SolidWorks</i>	67
Figura 34	<i>Simulación de esfuerzos del eje en el software SolidWorks</i>	68
Figura 35	<i>Cámara de triturado</i>	70
Figura 36	<i>Condiciones de frontera de la cámara de triturado</i>	71
Figura 37	<i>Malla resultante del modelo de la cámara</i>	72
Figura 38	<i>Cálculo del factor de seguridad de la cámara en el software SolidWorks</i>	72
Figura 39	<i>Simulación de desplazamientos de la cámara en el software SolidWorks</i>	73
Figura 40	<i>Simulación de esfuerzos: Cámara de triturador</i>	73
Figura 41	<i>Subconjunto 3 ensamblado</i>	74
Figura 42	<i>Diseño de tolva en el software SolidWorks</i>	76
Figura 43	<i>Diseño de criba en el software SolidWorks</i>	77
Figura 44	<i>Diseño de control para trituradora en el software CadeSIMU</i>	79
Figura 45	<i>Ensamble final de la cámara de triturado</i>	81
Figura 46	<i>Motorreductor</i>	82
Figura 47	<i>Tolva y criba</i>	82
Figura 48	<i>Estructura de soporte</i>	83
Figura 49	<i>Panel de control</i>	84

Figura 50 <i>Implementación final de la trituradora</i>	85
Figura 51 <i>Consumo de corriente de trituradora sin aplicar carga</i>	86
Figura 52 <i>Consumo de potencia de la trituradora sin aplicar carga</i>	87
Figura 53 <i>Consumo de corriente de la trituradora aplicando carga</i>	88
Figura 54 <i>Consumo de potencia de la trituradora aplicando carga</i>	89
Figura 55 <i>Tamaños de partículas</i>	91
Figura 56 <i>Dimensiones cuchilla</i>	92
Figura 57 <i>Dimensiones caja 1</i>	92
Figura 58 <i>Dimensiones caja 2</i>	93
Figura 59 <i>Dimensiones eje</i>	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Propiedades mecánicas del Tereftalato Polietileno (PET)</i>	8
Tabla 2	<i>Máximo rango de protección contra corto circuito</i>	17
Tabla 3	<i>Ampacidad máxima de conductores basado en la temperatura máxima alcanzable</i>	22
Tabla 4	<i>Descripción de las etapas del diagrama funcional nivel uno</i>	31
Tabla 5	<i>Descripción de las etapas del diagrama funcional nivel dos</i>	32
Tabla 6	<i>Descripción de control por lógica cableada</i>	33
Tabla 7	<i>Descripción de control por relé inteligente</i>	34
Tabla 8	<i>Descripción de tolva</i>	35
Tabla 9	<i>Descripción de motor con poleas</i>	36
Tabla 10	<i>Descripción de motorreductor</i>	37
Tabla 11	<i>Descripción de variador de frecuencia</i>	38
Tabla 12	<i>Descripción de alternativa 1 de cuchillas de cizalladura</i>	39
Tabla 13	<i>Descripción de alternativa 2 de cuchillas de cizalladura</i>	40
Tabla 14	<i>Descripción de criba curva</i>	41
Tabla 15	<i>Matriz morfológica módulo 1</i>	43
Tabla 16	<i>Evaluación de criterios Módulo 1</i>	43
Tabla 17	<i>Evaluación del criterio: Precio</i>	43
Tabla 18	<i>Evaluación del criterio: Interfaz</i>	44
Tabla 19	<i>Evaluación del criterio: Desmontable</i>	44
Tabla 20	<i>Selección de alternativa del Módulo 1</i>	44
Tabla 21	<i>Matriz morfológica módulo 2</i>	45
Tabla 22	<i>Evaluación de criterios Módulo 1</i>	45
Tabla 23	<i>Evaluación del criterio: Dimensión del Producto</i>	46

Tabla 24	<i>Evaluación del criterio: Materia prima</i>	46
Tabla 25	<i>Evaluación del criterio: Precio</i>	46
Tabla 26	<i>Evaluación del criterio: Desmontable</i>	47
Tabla 27	<i>Selección de alternativa del módulo 2</i>	47
Tabla 28	<i>Propiedades del acero ASTM A36</i>	55
Tabla 29	<i>Características Motor WEG</i>	56
Tabla 30	<i>Características acero de transmisión AISI 1018</i>	60
Tabla 31	<i>Características del rodamiento seleccionado</i>	69
Tabla 32	<i>Resultados de análisis de convergencia de mallas de piezas críticas</i>	78
Tabla 33	<i>Tabla de resultados del análisis de corriente y potencia de la trituradora</i>	89
Tabla 34	<i>Especificaciones técnicas de la máquina trituradora de PET</i>	90
Tabla 35	<i>Tamaños de partículas obtenidos</i>	90
Tabla 36	<i>Comparación de medidas del diseño contra medidas reales de la pieza</i>	92
Tabla 37	<i>Porcentaje de error en las dimensiones de las piezas</i>	94
Tabla 38	<i>Despliegue de costos de fabricación</i>	94

Capítulo I

1.1 Planteamiento del problema

Los plásticos en la actualidad son utilizados por una gran cantidad de empresas por sus ventajas en cuanto a versatilidad, peso y facilidad de producción. Sin embargo, debido al extenso periodo de descomposición que caracteriza estos residuos, se ha provocado un gran impacto ambiental en los últimos años. En el año 2018, a nivel nacional el 52,30% de los hogares ecuatorianos clasificó los residuos, es decir aproximadamente cinco de cada diez hogares realizaron esta práctica, siendo el plástico el principal residuo clasificado con el 37,40% (Prendho, 2020).

Una trituradora parte de la primera línea de procesamiento a la hora de reciclar plásticos, puesto que a partir de las escamas de plástico resultantes de la trituración se fabrican el resto de los subproductos (Rocha Viera, 2018a). Sin embargo, las máquinas trituradoras que se hallan hoy en día en el mercado responden a las grandes producciones, dejando de lado las necesidades tanto económicas como de cantidad de producción del emprendedor pequeño.

Los pellets son ampliamente utilizados para la fabricación de filamentos para impresión 3D, pero el costo de producción es elevado en comparación con la fabricación de filamento directamente a partir de escamas de plástico (Zander et al., 2019). Por lo tanto, una máquina generadora de escamas de plástico destinadas a la extrusión de filamento para impresoras 3D sería de gran utilidad para reducir los costos de producción y hacer que el proceso sea más eficiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar una máquina productora de escamas de plástico a partir de residuos de PET reciclado.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las principales características de las escamas de plástico para ser utilizadas en un sistema de extrusión de filamento para impresión 3D.
- Diseñar la máquina productora de escamas de plástico a partir de PET reciclado.
- Construir la máquina productora de escamas de plástico conforme al diseño.
- Validar diseño de la máquina productora de escamas de plástico.

1.3 Justificación

Dada la creciente contaminación por plástico en el planeta, se ha vuelto cada vez más necesario presentar ideas que ayuden a solucionar dicha problemática y que al hacerlo generen ciertos beneficios, no solo medioambientales, sino que también económicos.

El Ecuador, al ser un país en vías de desarrollo, requiere de maquinaria enfocada a los pequeños emprendedores, sin embargo, muchas veces lo que se puede encontrar en el mercado nacional o internacional se enfoca mayormente a industrias de mediano o gran tamaño. Es por eso por lo que se ha decidido diseñar esta máquina generadora de escamas de plástico, la cual obedece a las necesidades de producción de pequeños emprendedores y lo hace, además, a un bajo costo.

Por otra parte, el reciclado mecánico tiene un costo menor que el reciclado químico, teniendo en cuenta que tras el reciclado mecánico el producto final es de menor calidad

(Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013a). Sin embargo, para los propósitos de este proyecto la calidad resultante es suficiente.

Considerando la gran cantidad de aplicaciones que tiene el PET como materia prima, una máquina generadora de escamas de plástico será de gran rentabilidad para quien la adquiera, puesto que es la base para generar diferentes productos como por ejemplo filamento 3D a través de una extrusora, siendo la impresión 3D una de las empresas en crecimiento en el Ecuador.

1.4 Alcance

La máquina que se desarrollará estará enfocada en ser utilizada junto con una extrusora, permitiendo procesar el material obtenido para fabricar filamentos 3D de bajo costo. Asimismo, estará diseñada para generar producto en forma de escamas de plástico en una cantidad suficiente para las necesidades de la extrusora, y con un tamaño adecuado para ser utilizadas como materia prima. De esta manera, la máquina permitirá una producción más eficiente y económica de filamento de impresión 3D.

Se buscará que el diseño sea de bajo costo en comparación con otras alternativas disponibles en el mercado. Además, se complementará con manuales de operación y mantenimiento, que incluirá una guía de detección de averías, para asegurar que los usuarios puedan operar y mantener la máquina de manera eficiente y sin interrupciones en su funcionamiento. De esta manera, se busca facilitar el acceso de pequeños emprendedores a tecnologías de producción de filamento 3D de manera económica y con una alta calidad en su funcionamiento.

Capítulo II

2.1 Antecedentes

En los últimos años la innovación tecnológica a favor del reciclaje ha incrementado de gran manera en el Ecuador. En especial se han realizado varios estudios y proyectos acerca del reciclado de plástico, más en específico PET (Polietileno Tereftalato). Sin embargo, aún no se ha terminado de explotar todas las posibilidades que posee el reciclaje de este material, en este caso el uso de escamas de plástico PET trituradas como materia prima de una extrusora de filamento de bajo costo.

Rocha, en (Rocha Viera, 2018b) destaca la siguiente metodología y resultados:

- En el software SolidWorks simuló y validó el diseño de una trituradora de PET.
- Mediante diferentes métodos de manufactura fabricó la trituradora.
- Tras triturar botellas hasta convertirlas en escamas de plástico se obtuvieron partículas de alrededor de 10 a 15 milímetros de tamaño.

Chimborazo, en (Chimborazo López, 2016) destaca la siguiente metodología y resultados:

- La trituradora de PET arrojó como resultado pellets de entre 6 y 12 mm dependiendo del tamaño de la botella.
- Además, el prototipo tiene una producción de 300 kg/h y un consumo de 14.72 KWatts/h.
- Se obtuvo como resultado que el precio de fabricación de la máquina es de \$5657,46.

García et al., en su artículo “Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET” (García Villalba et al., 2016) destaca la siguiente metodología y resultados:

- Mediante una investigación en catálogos de materiales y elementos necesarios para la fabricación de la máquina, se obtuvo un precio de \$7112.

Hernández y Fonseca, en (Hernández Moyano & Fonseca La Rotta, 2017) destaca la siguiente metodología y resultados:

- Se obtuvo un diseño mecánicamente estable, esto comprobado mediante cálculos manuales y validado mediante la simulación en software de las piezas sometidas a mayores esfuerzos.
- Además, se obtuvo un precio total de \$5280 por la fabricación de este diseño.

Freire y Gonzales en (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b) destaca la siguiente metodología y resultados:

- El diseño tiene una velocidad de procesamiento de 20 kg/h.
- El diseño final tiene como precio un total de \$2200, tomando en cuenta el costo de transporte, entre otros.

Ogunedo y Chukwudi, en (Ogunedo & Chukwudi, 2020) destacan la siguiente metodología y resultados:

- Se consiguió diseñar una trituradora capaz de procesar 150 Kg de residuos plásticos en 6.98 minutos con una eficiencia del 97.8%.
- Además, el diseño propuesto es consigue abaratar costos en un 21.96% en comparación con investigaciones similares hechas anteriormente.

2.2 Plásticos

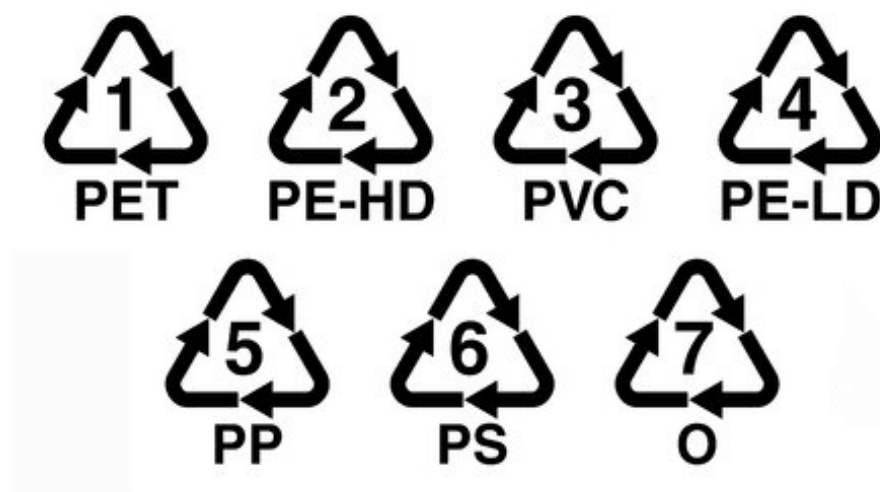
Los plásticos son materiales sintéticos derivados de polímeros que han transformado la industria moderna. Se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, como en envases de alimentos y bebidas, dispositivos electrónicos, juguetes, muebles y automóviles. Aunque los

plásticos son útiles, su producción y eliminación inadecuada pueden tener efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Por lo tanto, es importante considerar la sostenibilidad y la gestión adecuada de los plásticos (Hohn et al., 2020).

En la siguiente figura se puede observar el código de clasificación RIC para clasificación de polímeros. Estos sellos se encuentran en la mayoría de los productos plásticos como por ejemplo botellas o sus tapas.

Figura 1

Código RIC para clasificación de polímeros



Nota: la imagen es tomada de una página web (Anónimo, s. f.)

2.2.1 Clasificación de los plásticos

Los tipos de plásticos se pueden clasificar en función de su estructura química y propiedades físicas. A continuación, se presenta una clasificación común de los plásticos:

Polímeros termoplásticos: Este grupo incluye polietileno de alta densidad (HDPE), policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), y polietilentereftalato (PET). Estos polímeros pueden fundirse y moldearse

repetidamente mediante calor, lo que los hace muy adecuados para aplicaciones de fabricación (Dynisco, 2019).

Polímeros termoestables: Este grupo incluye el policarbonato (PC), que es un polímero que se endurece irreversiblemente después de haber sido moldeado por calor una vez. Los termoestables no pueden ser reutilizados o reciclados mediante calor y presión como los termoplásticos (Dynisco, 2019).

Plásticos biodegradables: Estos son plásticos que se descomponen en el medio ambiente en un corto período de tiempo. Los plásticos biodegradables se están volviendo cada vez más populares debido a su capacidad para reducir la cantidad de residuos plásticos (Dynisco, 2019).

2.2.2 Polietileno tereftalato (PET)

El PET (tereftalato de polietileno) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en la fabricación de botellas de bebidas, envases alimentarios, textiles y otros productos. Se caracteriza por ser ligero, transparente, resistente a los impactos y a la permeación de gases, además de ser fácil de procesar y reciclar.

El PET se produce a partir de dos monómeros, el ácido tereftálico y el etilenglicol, que se combinan mediante una reacción química para formar un polímero. El polímero resultante se procesa en una variedad de formas, incluyendo láminas, fibras y resinas (SpecialChem, 2013).

Una de las principales aplicaciones del PET es en la fabricación de botellas de bebidas, donde se utiliza debido a su resistencia y transparencia. Además, el PET es un material reciclable, lo que significa que puede ser recolectado, clasificado y transformado en nuevos productos útiles. El reciclaje de PET es una práctica importante que ayuda a reducir la

cantidad de residuos plásticos en el medio ambiente y a promover la sostenibilidad (Merrington, 2017; Sebastian & Paul, 2021).

En resumen, el PET es un polímero termoplástico ampliamente utilizado en la fabricación de gran variedad de productos. Es conocido por su ligereza, transparencia y resistencia, y es reciclable, lo que lo convierte en un material sostenible.

Tabla 1

Propiedades mecánicas del Tereftalato Polietileno (PET)

Propiedad	Valor	Unidad	Norma
Densidad	1.335	g/cm ³	ISO 1183
Resistencia a la Tracción	35.5 – 57	MPa	ISO 527-1,2
Resistencia a la Compresión	56	MPa	ISO 604
Temperatura de Fusión Cristalina (DSC)	245	°C	ISO 3146

Nota: Los datos mencionados fueron recabados de la tabla del manual técnico de PET (ANEXO 1)

2.3 Reciclaje

El reciclaje es un proceso en el que se convierten los materiales usados o desperdicios en nuevos productos o materiales. El objetivo del reciclaje es reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos y minimizar el impacto ambiental de su producción y eliminación. Los materiales más comunes para el reciclado incluyen papel, cartón, plástico, vidrio y metal. El proceso de reciclaje implica la recolección, clasificación, limpieza y transformación de los materiales en nuevos productos o materiales.

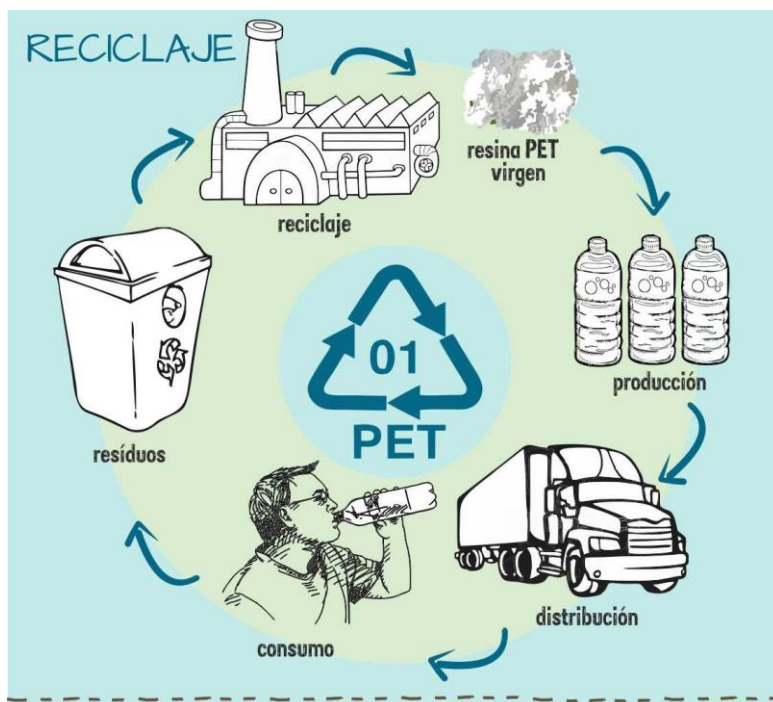
2.3.1 Reciclaje de PET

Dada la gran cantidad de desechos de PET que se generan diariamente, se ha vuelto una tarea de gran importancia encontrar alternativas de reciclaje de este material.

Las botellas desechadas de PET se recogen y se entregan en la planta de reciclaje, donde se limpian y se quita su tapa y etiqueta. Posteriormente se trituran. El material triturado se esteriliza para posteriormente fundirse a una temperatura aproximada de 245° C y se fabrican partículas conocidas como regranulado, se mezcla con granulado nuevo y se funde, para posteriormente fabricar mediante inyección las preformas de nuevas botellas de PET. Las preformas se calientan y mediante soplado se transforman en botellas de PET. Después se llenan, etiquetan y sellan para poder vender e iniciar el ciclo de nuevo (Residuos Profesional, 2020).

Figura 2

Proceso de reciclaje de PET



Nota: Figura tomada de la página ecoologic (*Reciclaje de PET*, s. f.)

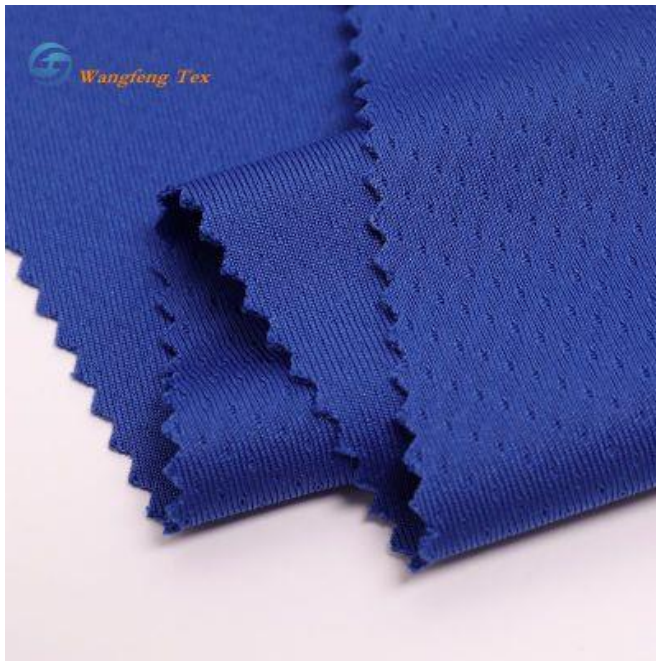
2.3.2 Aplicaciones del PET reciclado

El PET reciclado se puede utilizar para una variedad de aplicaciones, lo que lo convierte en una opción atractiva para aquellos que buscan reducir su impacto ambiental. Algunas de las aplicaciones más comunes del PET reciclado incluyen la fabricación de nuevos envases, textiles, materiales de construcción, entre otros.

En la industria textil el PET reciclado se usa como una alternativa sostenible al uso de fibras de PET virgen. Las fibras de PET reciclado se pueden utilizar para fabricar una amplia variedad de productos textiles, como ropa, alfombras y tapicería. El proceso de reciclaje del PET implica la trituración y fusión del plástico para convertirlo en una resina que se puede hilvanar y tejer para fabricar telas y fibras (NEXAM CHEMICAL, 2020; Shukla et al., 2008).

Figura 3

Tela fabricada a partir de PET



Nota: Esta imagen fue extraída de un proveedor de este tipo de material (*100% poliéster de PET reciclado tejido de tafetán tela reciclada de botella de plástico reciclado, s. f.*).

El PET reciclado también ha empezado a ser utilizado en la construcción. Diferentes estudios han encontrado que la adición de nanofibras de PET en las mezclas de mortero mejoran las características de este significativamente. Se ha documentado un incremento del 89.1% en la resistencia a la flexión, un decremento del 93.1% en la contracción tras el secado y un incremento general de la duración del mortero mezclado con nanofibras de PET (Chinchillas-Chinchillas et al., 2020; Sánchez Herrera et al., 2018).

Figura 4

Comparación de PET y agregado fino para mezclas de mortero



Nota: Imagen extraída de un estudio del uso de PET como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto (Acevedo Jaramillo & Posada Franco, 2019).

Otra alternativa es fabricación de filamento para impresión 3D a partir de PET reciclado, que es una forma innovadora de reciclar plásticos y reducir el impacto ambiental de la producción de filamentos para impresoras 3D. El proceso implica la trituración y fusión

del PET reciclado en una resina, que luego se extruye en forma de filamento para su uso en impresoras 3D.

2.4 Trituración

La trituración es un proceso mecánico que implica la reducción del tamaño de un material sólido en fragmentos más pequeños. El objetivo de la trituración puede ser diverso, desde facilitar el manejo y transporte de materiales hasta preparar el material para su procesamiento en otras etapas del proceso productivo.

2.4.1 Reducción de tamaño

La reducción de tamaño se refiere al proceso mediante el cual un sólido se rompe o separa en pedazos más pequeños. Este proceso, también llamado desintegración, se lleva a cabo mediante los siguientes posibles procesos:

Compresión: Genera pedazos poco finos y normalmente se utiliza en la reducción de sólidos duros (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b).

Impacto: Da como resultado productos gruesos, medios o finos (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b).

Frotación: Se realiza a partir de material blando no abrasivo y se obtiene como producto partículas muy finas (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b).

Corte: Permite un mayor grado de precisión en el tamaño final de las partículas, llenado incluso a obtener formas específicas (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b).

La reducción de tamaño se realiza mediante el uso de una variedad de equipos mecánicos, como molinos, trituradoras, chancadoras, entre otros. Estos equipos están

diseñados para aplicar fuerzas de compresión, impacto o corte al material para reducir su tamaño.

2.4.2 Tamaños de partículas

Los tamaños de partículas se definen mediante su diámetro. Para un trozo de material se puede determinar, midiendo el ancho, espesor y largo del mismo, la media aritmética o geométrica del diámetro de acuerdo con las siguientes expresiones (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b):

$$\text{Tamaño medio aritmético (TMA)} = \frac{\text{Ancho} + \text{Espesor} + \text{Largo}}{3} \quad \text{Eq. 1}$$

$$\text{Tamaño medio geométrico (TMG)} = \sqrt[3]{\text{Ancho} * \text{Espesor} * \text{Largo}} \quad \text{Eq. 2}$$

2.4.4 Tamizado

Para la separación de los diferentes tamaños de partículas se realiza un proceso conocido como tamizado. Para ello se realiza una placa con agujeros por los cuales pasarán las partículas. Para obtener el tamaño medio que se obtendrá de un tamizado se utiliza la siguiente expresión (Freire Cárdenas & González Mosquera, 2013b):

$$D = \frac{\sum_i D_i k_i}{\sum_i k_i} \quad \text{Eq. 3}$$

Donde:

D: Diámetro medio de las partículas (mm).

D_i: Tamaño de los agujeros del tamiz (mm).

k_i: Cantidad (peso) de partículas que pasan cada tamiz (g).

2.5 Trituradoras

Las trituradoras son equipos mecánicos diseñados para reducir el tamaño de materiales sólidos mediante la aplicación de fuerzas de compresión, corte o impacto. Las trituradoras se utilizan en una amplia variedad de industrias, como la minería, la construcción, la producción de alimentos y la fabricación de productos, para triturar materiales que van desde rocas y minerales hasta plásticos y alimentos.

2.5.1 Tipos de trituradora

Una trituradora mecánica consiste en una máquina de reducción de tamaño a partir de un sistema de corte, dentro de este tipo de molienda se encuentra el cizallamiento mediante cuchillas ubicadas en un eje giratorio (Morales Dávila, 2020).

Trituradora de 1 eje

Las cuchillas giratorias realizan el corte con ayuda de otro juego de cuchillas estáticas ubicadas en la pared de la caja de trituración (Morales Dávila, 2020).

Trituradora de 2 ejes

Se compone de dos juegos de cuchillas rotativas que giran en sentidos contrarios desgarrando el material a desintegrar (Morales Dávila, 2020).

Trituradora de 4 ejes

Es una combinación de dos trituradoras de 2 ejes que permite combinar su fuerza y controlar de mejor manera el tamaño del material de salida (Morales Dávila, 2020).

2.5.2 Elementos de una trituradora

En la siguiente sección se detallará el funcionamiento de cada parte de una trituradora. Además, se mostrarán las fórmulas necesarias para realizar el diseño de cada elemento.

Cuchillas de cizalladura

La cuchilla cumple la función de cortar el material en trozos de menor tamaño mediante su giro gracias a un torque ejercido en el eje que sostiene a estas herramientas.

Para determinar la fuerza de corte ejercida por las cuchillas se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_c = A * \tau \text{ Eq. 4}$$

Donde:

F_c: Fuerza de corte de la cuchilla (N)

A: Área de corte (mm²)

τ: Esfuerzo cortante (MPa)

A su vez para determinar el torque ejercido por la cuchilla se debe tomar en cuenta la siguiente ecuación:

$$T = F_c * r \text{ Eq.5}$$

Donde:

F_c: Fuerza de corte de la cuchilla (N)

r: Radio de la cuchilla (mm)

Motor

Potencia del motor

Para ejercer el torque necesario para la trituración se utiliza un motor con la potencia suficiente para superar la resistencia a la tracción del material a desintegrar. La fórmula para seleccionar la potencia de un motor en caballos de fuerza (hp) es la siguiente:

$$P(\text{hp}) = \frac{T*n}{7024} \text{ Eq. 6}$$

Donde:

P: Potencia del motor (hp)

T: Torque requerido (Nm)

n: Revoluciones por minuto a la salida del motor

Velocidad del motor

La velocidad de salida del motor deberá ser tomada en cuenta dependiendo de las RPM (revoluciones por minuto) que se recomiendan para la desintegración de cada material. En el caso del PET se recomiendan 60 rpm.

Para obtener la velocidad mencionada es necesario reducir la velocidad del motor, para obtener el índice de reducción se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{n_1}{n_2} \text{ Eq. 7}$$

Donde:

I: Índice de reducción

n1: Velocidad nominal del motor (rpm)

n2: Velocidad de salida del motor (rpm)

Protecciones Motor

Para la selección de elementos de protección del motor se usan los pasos indicados por la norma NEMA para cálculos de motores. A continuación, se presenta un resumen acorde a las necesidades de este proyecto:

Paso 1: Seleccionar la FLC (Corriente de carga completa) del motor, en caso de que este valor sea proporcionado por la placa del motor utilizar ese dato.

Paso 2: El dimensionamiento de la protección de sobre corriente se selecciona a partir de la FLC utilizando la siguiente tabla:

Tabla 2

Máximo rango de protección contra corto circuito

Porcentaje de FLC (Corriente de carga completa)				
Tipo de Motor	Fusible sin retardo de tiempo	Fusible con retardo de tiempo	Disyuntor de disparo instantáneo	Breaker de tiempo inverso
Monofásico	300	175	800	250
Jaula de Ardilla				
Diseño E	300	175	800	250
Otros	300	175	1100	250
Rotor bobinado	150	150	800	150
Corriente directa	150	150	250	150

Nota: Según el tipo de motor, se debe obtener el porcentaje correspondiente de la FLC y seleccionar una protección acorde (ANEXO 2).

Paso 3: Para el dimensionamiento de la protección de sobrecarga se toma en cuenta que para motores de carga continua de 1 hp o menos se debe obtener el 115% de la FLC (ANEXO 2). Además, es importante tomar en cuenta que la SFA (Corriente de factor de servicio) esté dentro del rango de protección de sobrecarga.

Eje

Es el eje que se conecta al motor mediante un sistema de transferencia de potencia mencionado en el apartado anterior. En este eje se ubican las cuchillas de cizalladura por lo cual se debe diseñar un sistema para sujetar las cuchillas en su posición. Para calcular los parámetros del eje se utilizan las siguientes fórmulas.

$$T = \frac{P}{2\pi f} \text{ Eq. 8}$$

Donde:

T: Par al que se somete el eje (Nm)

P: Potencia del motor (hp)

f: Frecuencia de giro

También es necesario utilizar la fórmula de inercia polar correspondiente a un eje circular sólido:

$$J = \frac{\pi c^4}{2} \text{ Eq. 9}$$

Donde:

J: Momento polar de inercia (mm⁴)

c: radio (mm)

Además, es necesaria la siguiente fórmula que relaciona la inercia polar y el radio con el esfuerzo máximo del eje:

$$\frac{J}{c} = \frac{T}{\tau_{max}} \text{ Eq. 10}$$

Donde:

J: Momento polar de inercia (mm⁴)

c: radio (mm)

T: Par que se aplica al eje (Nm)

τ_{max} : Esfuerzo máximo del eje (MPa)

- **Rodamiento del Eje**

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \text{ Eq. 11}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60n}\right) L_{10} \text{ Eq. 12}$$

Donde:

L₁₀: Vida nominal básica (millones de revoluciones)

L_{10h}: Vida nominal SKF (horas de funcionamiento)

C: Capacidad de carga dinámica

P: Carga equivalente del rodamiento

n: velocidad de giro

p: exponente de la ecuación de vida útil (3 para rodamiento de bolas)

Estructura

La estructura proporciona soporte y rigidez a la maquinaria. Es fundamental tener en cuenta el peso y las características de los componentes que sostendrá para seleccionar adecuadamente los materiales de fabricación. Por tanto, debe ser lo suficientemente resistente para soportar las cargas y esfuerzos a los que se verá sometido durante su uso, al tiempo que debe ser lo más liviano posible para evitar aumentar innecesariamente el peso total de la maquinaria. La selección adecuada de los materiales para su fabricación es esencial para garantizar la seguridad, durabilidad y eficiencia del equipo.

Tolva

Una tolva es un contenedor de forma troncocónica utilizado para almacenar y dispensar materiales a granel, como granos, arena, polvo, líquidos y otros materiales. Generalmente, la tolva tiene una apertura en la parte superior para permitir la carga del material y una o varias aperturas en la parte inferior para la descarga del material. Las tolvas pueden estar hechas de diferentes materiales, como acero, plástico, madera o concreto, dependiendo del tipo de material que se almacene y del uso previsto. Las tolvas se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales, agrícolas y de construcción para almacenar y transportar materiales a granel de manera eficiente y segura.

Criba

Una criba es un dispositivo utilizado para separar materiales de diferentes tamaños mediante el uso de una malla o tamiz. Consiste en una estructura que sostiene la malla y un mecanismo que permite la vibración o el movimiento de esta. Los materiales se cargan en la criba en la parte superior y se agitan o se mueven para que las partículas más pequeñas pasen

a través de la malla y las partículas más grandes queden atrapadas en la parte superior. Las cribas pueden ser utilizadas para clasificar y separar una amplia variedad de materiales, como arena, grava, tierra, carbón, minerales y otros materiales a granel. También se utilizan en la industria alimentaria y farmacéutica para separar los ingredientes en diferentes tamaños y calidades. Las cribas pueden ser de diferentes tamaños y formas según el uso previsto y pueden ser manuales o automáticas.

Elementos de control eléctrico

Los elementos de control eléctrico son aquellos componentes que tienen como función manejar de manera sencilla la máquina. Para el caso de una trituradora es necesario realizar un sistema de encendido y apagado del motor, para lo cual se necesitarán los siguientes componentes:

Contactor

El contactor es un dispositivo electromecánico utilizado para controlar el flujo de corriente eléctrica en un circuito eléctrico. Consiste en un conjunto de contactos eléctricos y un sistema de bobinas electromagnéticas que se activan cuando se aplica una corriente eléctrica a ellas permitiendo el paso de corriente.

Para el dimensionamiento del contactor se debe tomar que debe soportar una corriente no menor a la corriente que soporta la protección contra sobre corriente (breaker).

Conductor (cable)

Los cables seleccionados deben ser del calibre adecuado para la potencia del motor, de modo que soporten la corriente que exige este. Para correcta selección se toman en cuenta los siguientes pasos:

Paso 1: Se determina la ampacidad que deberá soportar el cable. La ampacidad se refiere a la corriente que puede conducir el cable antes de calentarse. Para los fines de este proyecto se puede elegir la corriente seleccionada para el breaker.

Paso 2: Se selecciona un calibre de cable con una adecuada ampacidad. Para ello se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 3

Ampacidad máxima de conductores basado en la temperatura máxima alcanzable

	Temperatura admisible basado en una temperatura ambiente de 30°C		
	60°C	75°C	90°C
Tamaño AWG			Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN.
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
18	-	-	14
16	-	-	18
14	20	20	25
12	25	25	30
10	30	35	40
8	40	50	55

Nota: Los datos de esta tabla fueron tomados de las normas NEC (ANEXO 2)

Pulsadores

Los pulsadores son aquellos elementos que envían las señales de entrada para que el sistema realice cierta acción. Es necesario seleccionar pulsadores que resistan el voltaje y corriente máximos del sistema.

Paro de emergencia

El paro de emergencia es un elemento de seguridad que permite al operario detener por completo todas las funciones de la máquina en caso de ocurrir un accidente que pueda afectar la máquina o a el mismo.

Capítulo III

3.1 Modelo de la investigación

En este trabajo de titulación se lleva a cabo una investigación aplicada, la cual busca dar solución a un problema de la actualidad, enlazando la teoría con el producto final.

Además, se realiza una investigación experimental, que se basa en la construcción de una trituradora y la realización de pruebas de funcionamiento.

También se realiza una investigación documental, dada la necesidad de indagar en catálogos comerciales, además de la realización de un manual de usuario de la trituradora.

3.2 Diseño de la investigación

En el presente capítulo se expone la ejecución de cada una de las actividades necesarias para el cumplimiento de los objetivos específicos de este trabajo de grado.

3.2.1 Fase 1:

- ✓ **Actividad 1: “Investigación acerca de la extrusión de PET reciclado”;** esta obtención de información acerca de la extrusión de PET reciclado.
- ✓ **Actividad 2: “Entrevista al estudiante que fabrica la extrusora de PET”;** obtención de información acerca de las características necesarias del producto entregado como escamas de plástico PET.

3.2.2 Fase 2:

- ✓ **Actividad 1: “Obtención de información de los requisitos y criterios de la máquina”;** realización de entrevista con el estudiante que fabrica la máquina

extrusora de PET para obtención de información acerca de las características requeridas del producto entregado como escamas de plástico.

- ✓ **Actividad 2: “Realización de los diagramas funcionales”;** realización de los diagramas funcionales de la máquina del nivel cero, uno y dos.
- ✓ **Actividad 3: “Matriz Morfológica con las alternativas de diseño”;** despliegue de las posibles alternativas de diseño con sus respectivas ventajas y desventajas.
- ✓ **Actividad 4: “Método de criterios ponderados”;** realización del método de criterios ponderados para obtención del orden de prioridades de los requerimientos y criterios.
- ✓ **Actividad 5: “Selección de alternativa optima de la máquina generadora de escamas de plástico”;** obtención de la alternativa óptima mediante la evaluación de las alternativas y su respectivo cumplimiento de los requerimientos y criterios.
- ✓ **Actividad 6: “Diseño de piezas de la trituradora mediante uso de software de CAD”;** utilización de software de CAD para el diseño de las cuchillas, eje, caja y bastidor de la trituradora tomando en cuenta los métodos de fabricación.
- ✓ **Actividad 7: “Dibujo de planos de las piezas mediante uso de software de CAD”;** utilización de software de CAD para el dibujo de planos bajo la norma INEN.
- ✓ **Actividad 8: “Cálculo de los esfuerzos máximos de las piezas y comprobación mediante uso de software de simulación de CAE”;** utilización de software CAE para la simulación de esfuerzos de las piezas.

- ✓ **Actividad 9: “Selección de material en base a esfuerzos calculados”;**
selección de material a utilizar a partir de los esfuerzos anteriormente calculados tomando en cuenta la disponibilidad en catálogos del mercado nacional.
- ✓ **Actividad 10: “Cálculo de la potencia necesaria del motor para el correcto triturado de PET”;** utilización de software de simulación de CAE para el cálculo de la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de la trituradora.
- ✓ **Actividad 11: “Selección del motor en catálogos con disponibilidad en el mercado nacional”;** selección de un motor con la potencia adecuada para el óptimo funcionamiento de la trituradora tomando en cuenta la disponibilidad en el mercado nacional.
- ✓ **Actividad 12: “Diseño del sistema de control eléctrico de la trituradora”;** diseño de un sistema de control eléctrico que permita el correcto y seguro funcionamiento de la trituradora.
- ✓ **Actividad 13: “Selección de elementos del sistema de control eléctrico de la trituradora”;** selección de elementos eléctricos disponibles en el mercado nacional.
- ✓ **Actividad 14: “Dibujo de planos eléctricos del tablero de control de la trituradora”;** utilización de software de CAD para el dibujo de los planos eléctricos del tablero de control de la trituradora.

3.2.3 Fase 3:

- ✓ **Actividad 1: “Corte de piezas necesarias para la fabricación del bastidor de la trituradora”;** utilización de métodos de manufactura para el corte por tronzado de las piezas necesarias para el bastidor de la trituradora.
- ✓ **Actividad 2: “Ensamble del bastidor de la trituradora”;** ensamble de piezas del bastidor a partir de planos antes dibujados.
- ✓ **Actividad 3: “Corte por plasma CNC de piezas correspondientes a la caja trituradora”;** utilización de plasma CNC para realización de cortes precisos en planchas de acero A36 de las piezas de la caja de trituración.
- ✓ **Actividad 4: “Cálculo de los parámetros de corte para la fabricación del eje de las cuchillas”;** cálculo de parámetros como velocidad de corte, velocidad de avance, rpm y profundidad de pasada correspondientes al torneado y fresado del eje que sujeta las cuchillas.
- ✓ **Actividad 5: “Manufacturado de eje de las cuchillas”;** utilización de métodos de manufactura tomando en cuenta los parámetros antes calculados.
- ✓ **Actividad 6: “Fabricación de tolva para trituradora”;** fabricación de una tolva para la seguridad del operario de la trituradora.
- ✓ **Actividad 7: “Ensamble de la caja de trituración”;** ensamble del eje, cuchillas y paredes de la caja trituradora.
- ✓ **Actividad 8: “Ensamble final de la trituradora”;** ensamble de bastidor, caja trituradora, tolva y motor.
- ✓ **Actividad 9: “Implementación del sistema eléctrico de control”;** implementación del tablero eléctrico de control de la trituradora que fue anteriormente diseñado.

3.2.4 Fase 4:

- ✓ **Actividad 1: “Realización de pruebas de funcionamiento”;** pruebas de triturado de botellas de PET para el análisis del producto.
- ✓ **Actividad 2: “Análisis de resultados y aplicación de correcciones”;** tras el análisis de los resultados se realizan ajustes necesarios para el correcto funcionamiento de la trituradora.

Capítulo IV

4.1 Resultados y análisis

En el siguiente capítulo se describen los requerimientos necesarios para la construcción de la máquina trituradora enfocada a la producción de escamas de plástico aptas para usarse en una máquina extrusora, tomando en cuenta criterios y restricciones establecidos para cumplir con los objetivos planteados.

Seguidamente se realiza el método de criterios ponderados para escoger la alternativa más adecuada para cumplir estas especificaciones. Así mismo se prosigue con un diseño realizado en el software SolidWorks al cual se le realiza un análisis de esfuerzo de elementos finitos. Para el control se realiza el diseño y planos en el software CadeSIMU. A continuación, se describe el proceso de fabricación y ensamble de la máquina.

Finalmente, se presentan los resultados obtenidos y el costo final de la máquina.

4.2 Especificaciones

A continuación, se presentan los criterios y restricciones establecidos para el diseño:

Dimensiones del producto: el producto entregado como escamas de plástico debe tener un tamaño adecuado para ser extruido en una máquina extrusora de bajo presupuesto (49 mm²).

Materia prima: La máquina debe ser capaz de triturar botellas de plástico tipo PET.

Precio: El precio de la máquina debe ser menor a las existentes en el mercado nacional actual.

Interfaz: El interfaz usuario máquina debe ser intuitiva y sencilla para el operador.

Desmontable: La máquina debe ser desmontable hasta cierto grado, de modo que se pueda realizar mantenimiento en caso de ser necesario.

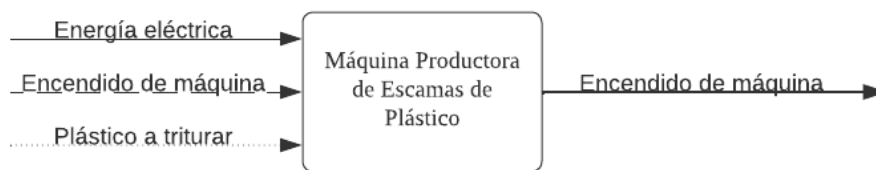
4.3 Diagramas funcionales

A continuación, se muestran los diferentes niveles realizados en el método de diagramas funcionales.

4.3.1 Nivel cero

Figura 5

Diagrama funcional nivel cero

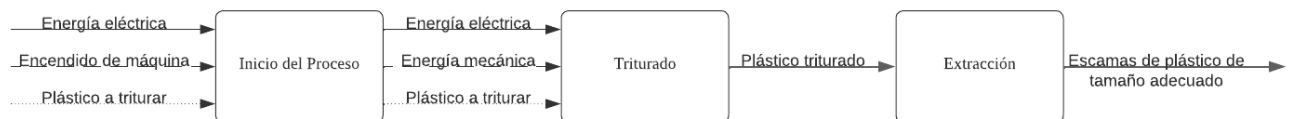


Nota: En esta figura se puede observar el nivel cero del diagrama funcional (Elaboración propia)

4.3.2 Nivel uno

Figura 6

Diagrama funcional nivel uno



Nota: En esta figura se puede observar el nivel uno del diagrama funcional, en el cual se agregan etapas más detalladas del funcionamiento de la máquina (Elaboración propia)

Tabla 4

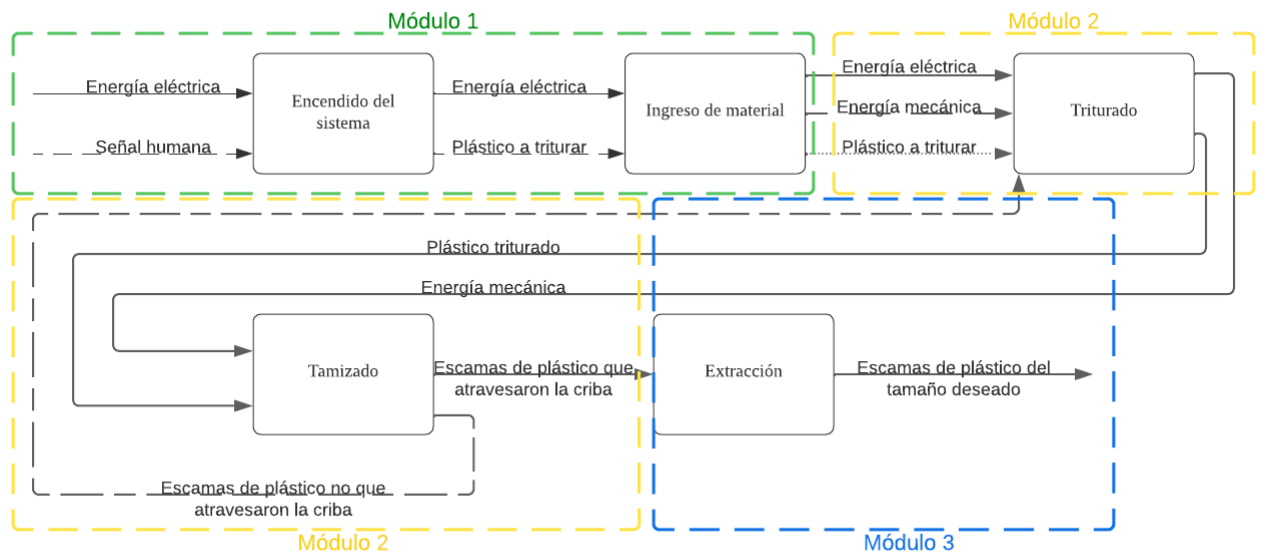
Descripción de las etapas del diagrama funcional nivel uno

Función	Descripción
Alimentación	Se enciende la máquina y se introducen las botellas de PET manualmente.
Triturado	Se procede a desintegrar el plástico de PET mediante un proceso de triturado.
Extracción	Se extrae el producto final una vez se haya tamizado.

4.3.3 Nivel dos

Figura 7

Diagrama funcional nivel dos



Nota: En esta figura se puede observar el nivel dos de la máquina, en este nivel se detallan los procesos y se separan en módulos (Elaboración propia)

Tabla 5*Descripción de las etapas del diagrama funcional nivel dos*

Función N1	Función N2	Descripción
Encendido del sistema	Puesta en marcha de la máquina para iniciar el proceso.	Encendido de la máquina mediante una señal humana como por ejemplo un pulsador.
Ingreso de material	Introducción manual del plástico a triturar.	Introducción de botellas de plástico PET sin tapa ni botella.
Triturado	Desintegración de Botellas mediante triturado.	Desintegración de botellas PET mediante triturado.
Tamizado	Atravesado de escamas de plástico de tamaño adecuado por criba.	Las partículas obtenidas del triturado que no atraviesen la criba son extraídas para realimentar la trituradora hasta que tengan el tamaño deseado.
Extracción	Separación de escamas de plástico demasiado grandes. Extracción de escamas de plástico que atravesaron la criba.	Se extraen las escamas de plástico que tengan el tamaño deseado, es decir, que logren atravesar la criba.

4.3.4 Alternativas

A continuación, se presentan las alternativas de soluciones que se toman en cuenta para cada módulo y el proceso de selección por el método de criterios ponderados.

Módulo 1

Encendido del sistema

Tabla 6

Descripción de control por lógica cableada

Alternativa 1: Lógica cableada

La lógica cableada consiste en un conjunto de elementos físicos electromecánicos que permiten controlar de manera automática o semiautomática un sistema.

Figura 8

Tablero de control



Nota: Ilustración de tablero de control con lógica cableada (Motor Maq SRL, s. f.)

Ventajas:

- Es de bajo costo en comparación con la lógica programable.
- Es fácil de implementar en sistemas de poca complejidad o con una función concreta.

Desventajas:

- Puede volverse complejo dependiendo del sistema a controlar.
 - Se requiere de varios elementos físicos por lo que ocupa más espacio.
-

Tabla 7

Descripción de control por relé inteligente

Alternativa 2: Relé Inteligente

Mediante el uso de un relé inteligente se puede utilizar la lógica programable para realizar acciones de control sencillas.

Figura 9

Relé inteligente



Nota: Ilustración de un relé inteligente
(Fernandez Alzate, 2017)

Ventajas:

- Permite reconfigurar el funcionamiento únicamente cambiando su programación.
- Requiere menos elementos físicos por lo que ocupa menos espacio.

Desventajas:

- Su precio es elevado

Ingreso del material

Tabla 8 Descripción de tolva

Alternativa 1: Tolva

Una tolva es un dispositivo que conduce cierto material hacia un depósito o ubicación determinada.

Figura 10

Tolva



Nota: Ilustración de una tolva (*Tolva*, s. f.)

Ventajas:

- Permite una mayor seguridad para el usuario ya que no es necesario acercar las extremidades a las cuchillas

Desventajas:

Módulo 2

Transmisión de potencia

Tabla 9

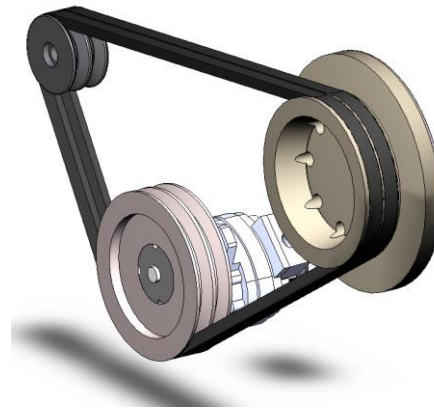
Descripción de motor con poleas

Alternativa 1: Motor con poleas

Un sistema de correas y poleas es un mecanismo simple que sirve para transmitir potencia desde un eje conductor, en este caso un eje conectado a un motor, a un eje conducido. Además, dependiendo de las dimensiones de las poleas, se puede modificar la velocidad de salida.

Figura 11

Sistema de poleas y correas



Nota: Ilustración de poleas y banda

(Wikipedia, s. f.)

Ventajas:

- Tiene un bajo costo.
- Es de fácil mantenimiento.
- Se puede modificar para obtener diferentes salidas de velocidad.

Desventajas:

- Se pueden generar pérdidas de potencia.
- La estructura para implementar se vuelve más compleja.
- Dependiendo de la velocidad inicial y velocidad final deseada se puede llegar a necesitar más de un juego de poleas.

Tabla 10

Descripción de motorreductor

Alternativa 2: Motorreductor

Un motorreductor es un motor eléctrico que se encuentra acoplado a una caja reductora que mediante sistemas mecánicos como trenes de engranajes transmite la potencia y varía la velocidad de entrada con respecto a la de salida.

Figura 12

Motorreductor



Nota: Ilustración de motorreductor angular
(SEEDTRG, s. f.)

Ventajas:

- No existe pérdida de potencia
- Son compactos por lo que su implementación es más sencilla

Desventajas:

- Su velocidad es fija y no puede modificarse.
 - Su precio es elevado.
-

Tabla 11

Descripción de variador de frecuencia

Alternativa 3: Motor con variador de frecuencia

Un variador de frecuencia es un dispositivo de control que mediante su programación nos permite variar, entre otros parámetros, la velocidad de un motor.

Figura 13

Variador de Frecuencia



Nota: Ilustración de variadores de frecuencia (PRECISION, s. f.)

Ventajas:

- Permite modificar fácilmente la velocidad del motor
- Puede llegar a permitir modificar gran variedad de parámetros como rampas de encendido y apagado, sentido de giro, entre otras.
- Es de un tamaño reducido por lo que su implementación es sencilla.

Desventajas:

- Su precio es elevado.
- No es muy útil para aplicaciones sencillas.

Cuchillas de cizalladura

Tabla 12

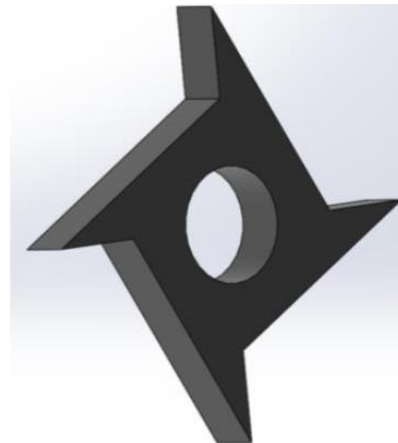
Descripción de alternativa 1 de cuchillas de cizalladura

Alternativa 1: Cuchilla recta cuatro filos

Cuchilla de cuatro filos con flancos rectos.

Figura 14

Cuchilla de filos rectos



Nota: Ilustración de cuchilla recta de cuatro filos (Javier Renato Moyano Arévalo et al., 2020)

Ventajas:

- Su fabricación es sencilla en comparación a otras alternativas.

Desventajas:

- La forma de sus filos tiene a presentar una mayor deformación.
-

Tabla 13

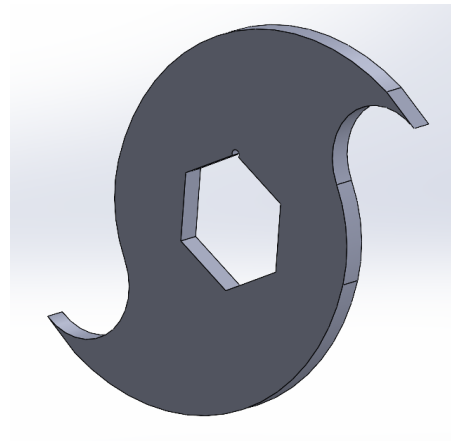
Descripción de alternativa 2 de cuchillas de cizalladura

Alternativa 2: Cuchilla curva dos filos

Cuchilla de dos filos con flancos curvos.

Figura 15

Cuchilla de filos redondeados



Nota: Ilustración de cuchilla curva con dos filos (Elaboración propia)

Ventajas:

- Los flancos curvos presentan mejores resultados.

Desventajas:

- Requiere un proceso de fabricación más complejo.
-

Tamizado

Tabla 14

Descripción de criba curva

Alternativa 1: Criba curva

Una criba es un dispositivo con agujeros que permite tamizar partículas por su tamaño, dejando pasar las que sean de igual o menor tamaño que los agujeros y descartando las más grandes.

Figura 16

Criba



Nota: Ilustración de criba curva

(Maquinaria Agrícola Industrial, s. f.)

Ventajas:

- Permite que el material que no atraviesa la criba se triture nuevamente

Desventajas:

- Es más difícil de intercambiar que una criba externa
-

Módulo 3

El módulo 3 consiste en la recolección del material obtenido, para lo cual se utilizará una bandeja de tol como se puede observar en la figura 17 a continuación.

Figura 17

Bandeja de tol



Nota: Bandeja para recolección de material (TECYME, s. f.)

4.4 Matriz morfológica

A continuación, se presenta una matriz morfológica en la cual se combina las alternativas individuales anteriormente presentadas para cada módulo y se obtiene la mejor opción de diseño según los requerimientos.

4.4.1 Matriz morfológica módulo 1

Tabla 15

Matriz morfológica módulo 1

Función	Característica	Componente		Alternativas
Encendido del sistema	Puesta en marcha de la máquina para iniciar el proceso	Lógica	Relé	
Ingreso del material	Introducción manual del plástico a triturar.			Alternativa 1 ■ Alternativa 2 ■

- **Alternativa 1:** Lógica cableada, tolva
- **Alternativa 2:** Relé Inteligente, tolva

Evaluación de soluciones módulo 1

Tabla 16

Evaluación de criterios Módulo 1

	Precio	Interfaz	Desmontable	$\Sigma +1$	Ponderación	
Precio			1	0.5	2.5	0.42
Interfaz	0			0	1	0.17
Desmontable	0.5	1			2.5	0.42
SUMA					6	1.00

Nota: Precio & Desmontable > Interfaz

Tabla 17

Evaluación del criterio: Precio

Precio	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.67
Alternativa 2	0		1	0.33
SUMA			3	1.00

Nota: Alternativa 1 > Alternativa 2

Tabla 18

Evaluación del criterio: Interfaz

Interfaz	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0	1	0.33
Alternativa 2	1		2	0.67
SUMA			3	1.00

Nota: Alternativa 2 > Alternativa 1

Tabla 19

Evaluación del criterio: Desmontable

Desmontable	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma +1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	1.5	0.50
Alternativa 2	0.5		1.5	0.50
SUMA			3	1.00

Nota: Alternativa 1 = Alternativa 2

Tabla 20

Selección de alternativa del Módulo 1

	Precio	Interfaz	Desmontable	Σ	Ponderación
Alternativa 1	0.28	0.06	0.21	0.54	GANA
Alternativa 2	0.14	0.11	0.21	0.46	

Nota: Se escoge la alternativa 2 que consta del control de la máquina mediante lógica cableada y el ingreso de material mediante una tolva.

4.4.2 Matriz morfológica módulo 2

Tabla 21

Matriz morfológica módulo 2

Función	Característica	Componente	Alternativas
Transmisión de Potencia	Transmisión de potencia de un motor hacia las cuchillas		Alternativa 1 ■ Alternativa 2 ■ Alternativa 3 ■ Alternativa 4 ■ Alternativa 5 ■ Alternativa 6 ■
Cuchillas de cizalladura	Herramientas que realizan el proceso de triturado	Cuchilla, Cuchill	
Tamizado	Separación por tamaño de las partículas resultantes del triturado	Criba	

- **Alternativa 1:** Poleas, Cuchilla recta 4 fillos, criba
- **Alternativa 2:** Motorreductor, Cuchilla recta 4 fillos, criba
- **Alternativa 3:** Variador de frecuencia, Cuchilla recta 4 fillos, criba
- **Alternativa 4:** Poleas, Cuchilla curva 2 fillos, criba
- **Alternativa 5:** Motorreductor, Cuchilla curva 2 fillos, criba
- **Alternativa 6:** Variador de frecuencia, Cuchilla curva 2 fillos, criba

Evaluación de soluciones módulo 2

Tabla 22

Evaluación de criterios Módulo 1

	Dim. Producto	Materia prima	Precio	Desmontable	$\Sigma +1$	Ponderación
Dim. Producto		0.5	0.5	1	3	0.30
Materia prima	0.5		0.5	1	3	0.30
Precio	0.5	0.5		1	3	0.30

Desmontable	0	0	0				1	0.10
				TOTAL			10	1.00

Tabla 23

Evaluación del criterio: Dimensión del Producto

Dim. Producto	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Σ +1	Ponderación
Alt 1		0.5	0.5	0	0	0	2	0.10
Alt 2	0.5		0.5	0	0	0	2	0.10
Alt 3	0.5	0.5		0	0	0	2	0.10
Alt 4	1	1	1		0.5	0.5	5	0.24
Alt 5	1	1	1	0.5		0.5	5	0.24
Alt 6	1	1	1	0.5	0.5		5	0.24
						Total	21	1.00

Tabla 24

Evaluación del criterio: Materia prima

Materia prima	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Σ +1	Ponderación
Alt 1		0	0	0	0	0	1	0.05
Alt 2	1		0.5	0	0	0	2.5	0.12
Alt 3	1	0.5		0	0	0	2.5	0.12
Alt 4	1	1	1		0	0	4	0.19
Alt 5	1	1	1	1		1	6	0.29
Alt 6	1	1	1	1	0		5	0.24
						Total	21	1.00

Tabla 25

Evaluación del criterio: Precio

Precio	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Σ +1	Ponderación
Alt 1		1	1	0.5	1	1	5.5	0.26
Alt 2	0		0.5	0	0.5	0.5	2.5	0.12
Alt 3	0	0.5		0	0.5	0.5	2.5	0.12
Alt 4	0.5	1	1		0	0	3.5	0.17
Alt 5	0	0.5	0.5	1		0.5	3.5	0.17
Alt 6	0	0.5	0.5	1	0.5		3.5	0.17
						Total	21	1.00

Tabla 26*Evaluación del criterio: Desmontable*

Desmontable	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	$\Sigma +1$	Ponderación
Alt 1		1	1	1	1	1	6	0.29
Alt 2	0		0.5	0	0.5	0.5	2.5	0.12
Alt 3	0	0.5		0.5	0.5	0.5	3	0.14
Alt 4	0	1	0.5		1	1	4.5	0.21
Alt 5	0	0.5	0.5	0		0.5	2.5	0.12
Alt 6	0	0.5	0.5	0	0.5		2.5	0.12
Total							21	1.00

Tabla 27*Selección de alternativa del módulo 2*

	Dim. Producto	Materia prima	Precio	Desmontable	Σ	Ponderación
Alt 1	0.03	0.01	0.08	0.03	0.15	
Alt 2	0.03	0.04	0.04	0.01	0.11	
Alt 3	0.03	0.04	0.04	0.01	0.11	
Alt 4	0.07	0.06	0.05	0.02	0.20	
Alt 5	0.07	0.09	0.05	0.01	0.22	GANA
Alt 6	0.07	0.07	0.05	0.01	0.20	
TOTAL					1.00	

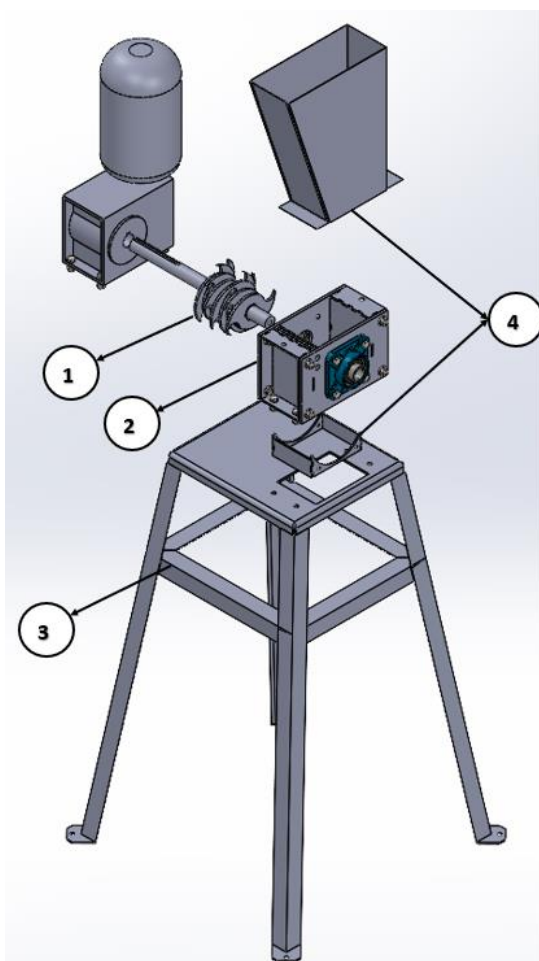
Nota: Se escoge la alternativa 5 que consta de un motorreductor para el giro del eje de la máquina. Además, se escoge la cuchilla curva de 2 filos para el procesamiento del material y finalmente una criba para el tamizado del producto final.

4.5 Solución del sistema de triturado

En la figura 18 se presenta el diseño final de la máquina trituradora de PET, este diseño se divide en dos subconjuntos: 1) Cámara de triturado, 2) Eje y cuchillas, 3) Estructura y 4) Ingreso y recolección. En el ANEXO 3 se puede encontrar el plano de conjunto a detalle.

Figura 18

Solución a sistema de triturado



Nota: Diseño final de la máquina donde se identifican los subconjuntos (Elaboración propia)

4.5.1 Subconjunto 1: Eje y cuchillas

El subconjunto 2 consta de un eje con sección hexagonal en el cual se encaja las cuchillas. Además, en este apartado se procede a calcular la potencia necesaria para el motor

en base al torque generado por las cuchillas al entrar en contacto con el material a triturar, en este caso PET.

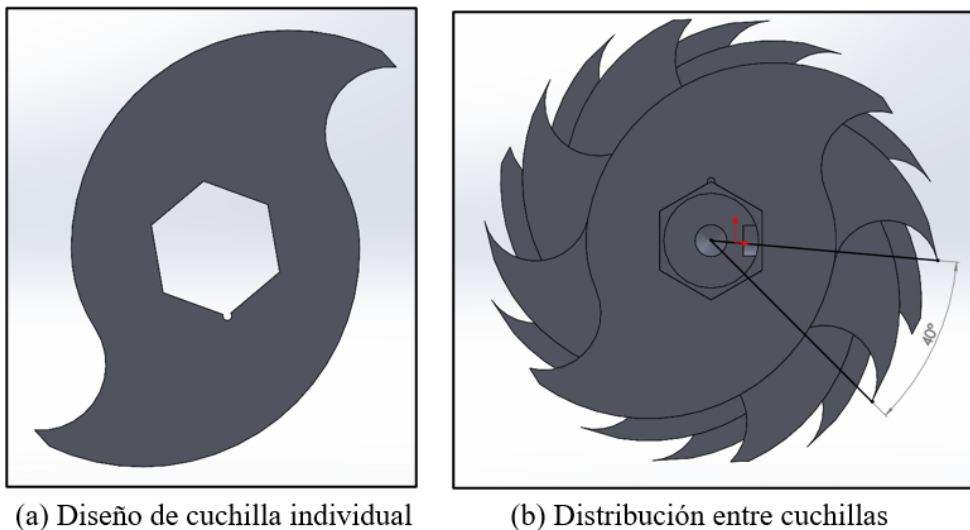
Diseño y selección del material para las cuchillas

En este apartado se realiza el cálculo de los parámetros de funcionamiento de las cuchillas para seguidamente seleccionar el material adecuado para su fabricación. En el ANEXO 3 se pueden encontrar los planos de las piezas.

En la figura 19 (a) se puede observar el modelo de la cuchilla realizado en la herramienta SolidWorks 2020. Además, se puede ver en la figura 19 (b) que el grado de separación entre las cuchillas es de 40° , esto permite que haya menos cantidad de cuchillas en contacto con el material, reduciendo a su vez la potencia necesaria del motor.

Figura 19

Modelo de la cuchilla realizado en SolidWorks

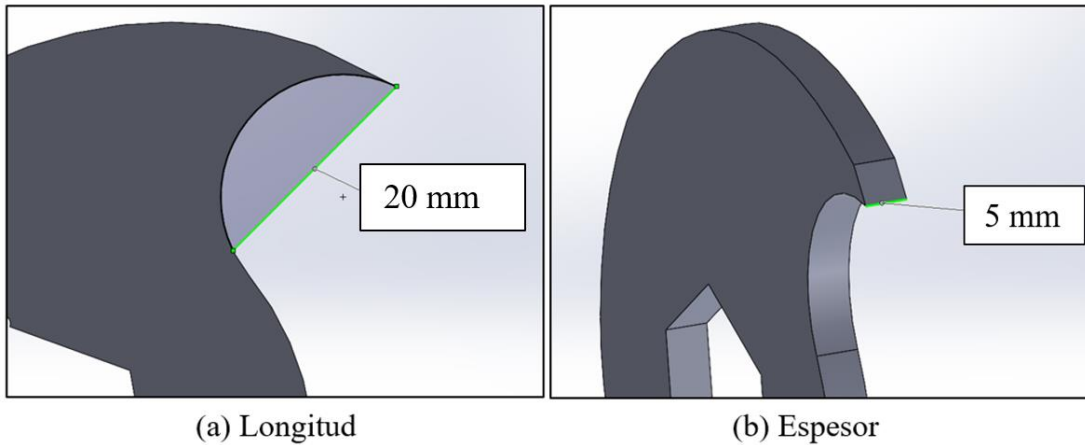


Nota: En la figura (a) se puede observar el diseño individual de la cuchilla mientras que en la figura (b) se observa el ángulo que existe entre los filos de las cuchillas (Elaboración propia)

Se utiliza la Eq. 4 para obtener el esfuerzo cortante, para ello primero se calcula el área de corte de la cuchilla con los parámetros presentados en la figura 20.

Figura 20

Longitud y espesor del filo cortante de la cuchilla



Nota: Medidas tomadas del modelo de SolidWorks (Elaboración propia)

Se asume que un tercio de la longitud por el espesor del filo cortante estará en fricción durante el proceso de triturado.

$$A = \frac{L * e}{3} = \frac{20 * 5}{3}$$

$$A = 33.3 \text{ mm}^2$$

De la tabla 1 se toma el valor de la resistencia a la tracción del material a triturar, en este caso PET.

$$\sigma_{T_{PET}} = 57 \text{ MPa}$$

Para calcular el esfuerzo cortante de la cuchilla se utiliza la Eq. 4.

$$F_c = \tau * A$$

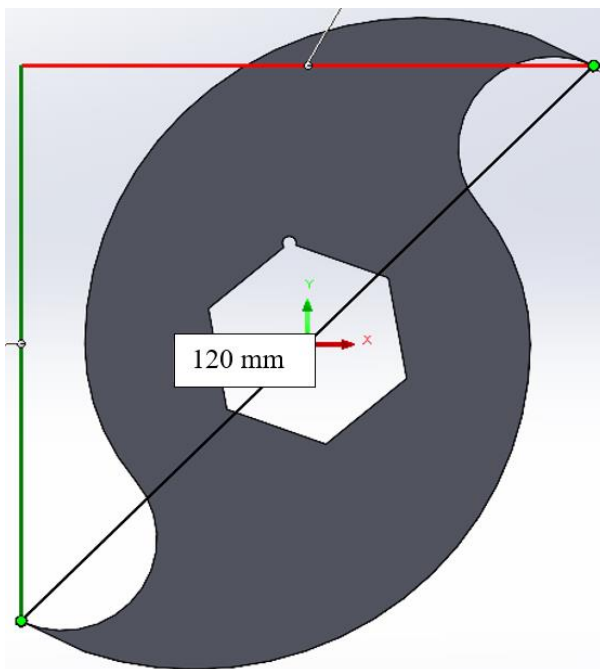
$$F_c = 57 \text{ MPa} * 33.3 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 1900 \text{ N}$$

Con el valor anterior se calcula el torque que va a ejercer la cuchilla utilizando la Eq. 5 y el radio de la cuchilla que se puede observar en la figura 21.

Figura 21

Diámetro de la cuchilla de la cuchilla



Nota: Medida tomada del modelo en SolidWorks (Elaboración propia)

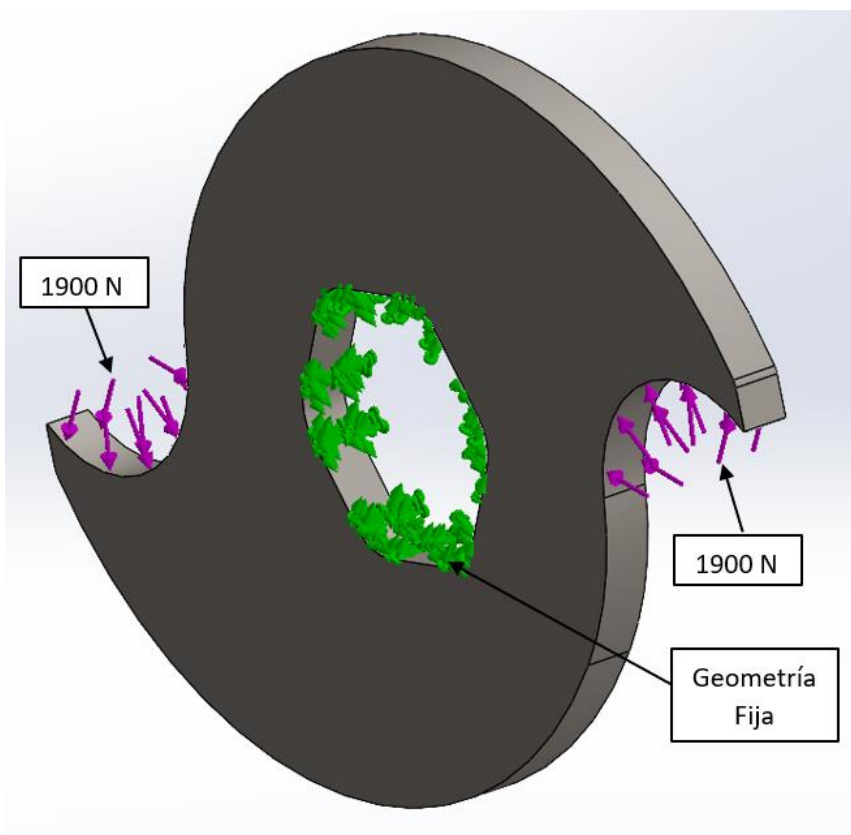
$$T_{cuchilla} = 1900 \text{ N} * \frac{120 \text{ mm}}{2 * 1000}$$

$$T_{cuchilla} = 114 \text{ Nm}$$

A continuación, se procede a realizar la simulación de elementos finitos en el software SolidWorks. Para ellos en primer lugar definimos las condiciones de frontera de la cuchilla como puede verse en la figura 22.

Figura 22

Asignación de fuerzas y geometrías fijas al modelo en SolidWorks

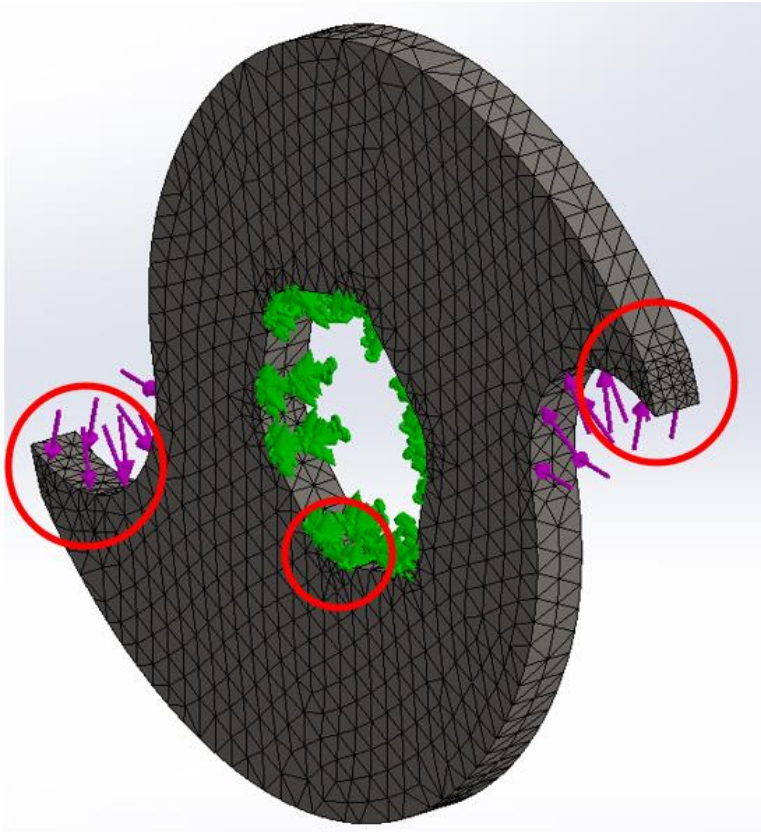


Nota: Las flechas moradas representan las fuerzas cortantes que afectan a los filos de las cuchillas y cuyo valor fue calculado anteriormente. Las flechas verdes son geometrías fijas y representan las partes de la pieza que ofrecerán resistencia ante el movimiento de las fuerzas ejercidas.

Se procede a realizar un análisis de convergencia, se decide utilizar el método H disponible en el software SolidWorks. Este consiste en ejecutar el análisis de tensiones de von Mises varias veces, reduciendo el tamaño de la malla en las secciones críticas en cada iteración. Tras realizar este proceso se puede observar la malla resultante en la siguiente figura.

Figura 23

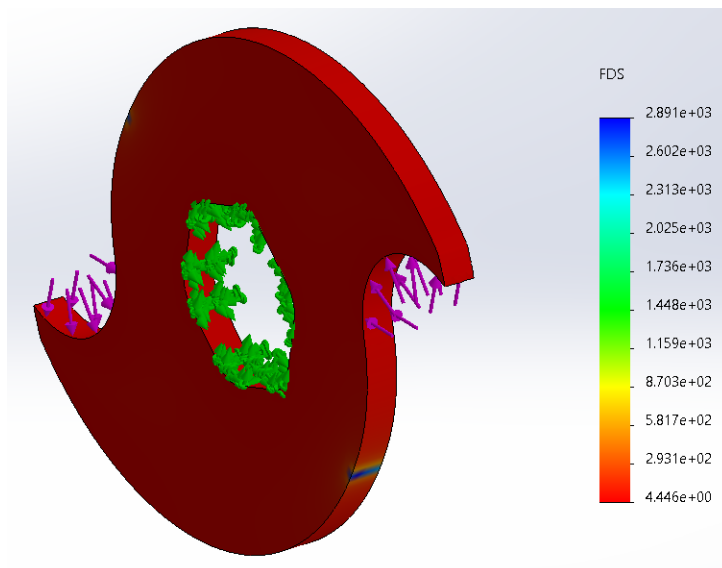
Malla resultante en modelo de cuchilla



Nota: Se puede observar que la malla es más fina en los filos de la cuchilla, así como en los ángulos del agujero hexagonal (Elaboración propia).

Figura 24

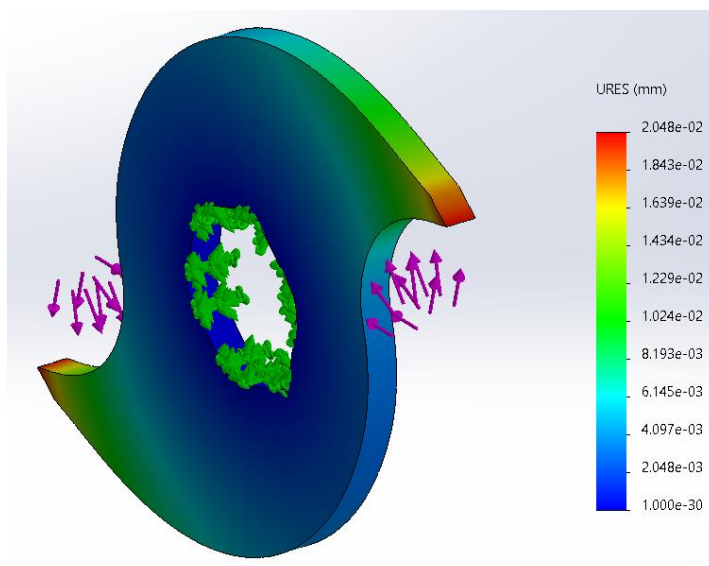
Cálculo del factor de seguridad en el software SolidWorks



Nota: Se obtiene un factor de seguridad mayor a 2, por lo cual se puede decir que el diseño es factible (Elaboración propia).

Figura 25

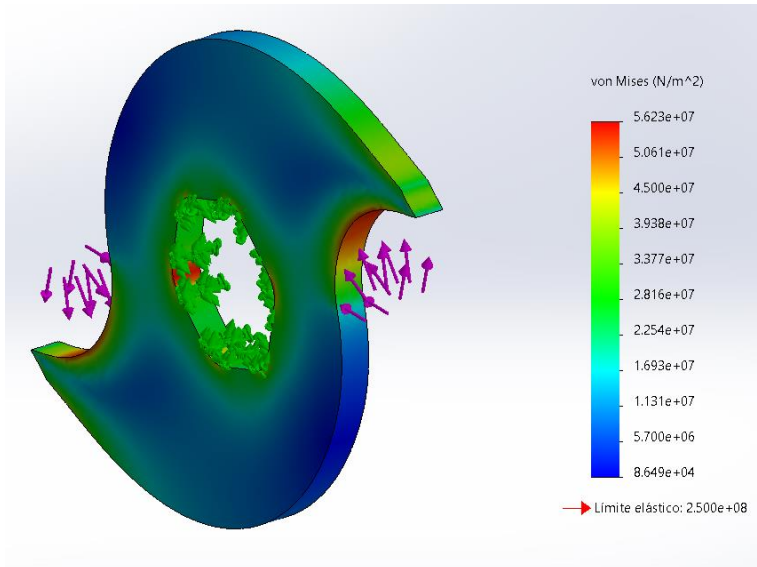
Simulación de desplazamientos en el software SolidWorks



Nota: Se obtiene un desplazamiento mínimo en los filos de la cuchilla como es de esperarse (Elaboración propia).

Figura 26

Simulación de esfuerzos por von Mises en el software SolidWorks



Nota: Se obtiene que el esfuerzo máximo se encuentra en el filo de corte y tiene un valor de 56.23 MPa (Elaboración propia).

Tomando en cuenta el resultado de la simulación se escoge como material para las cuchillas el Acero ASTM A36 cuyas propiedades se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 28

Propiedades del acero ASTM A36

Calidad	Propiedades Mecánicas			
	Fluencia (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Alargamiento %	Norma Equivalente
A36	250	400	20	-

Nota: Datos tomados del catálogo DIPAC por su disponibilidad nacional (ANEXO 4)

Selección de potencia del motor

Se procede a calcular la potencia necesaria del motor utilizando la Eq. 6. Se reemplazan los valores correspondientes y se obtiene el valor adecuado.

$$P(\text{hp}) = \frac{114 \text{ Nm} * 60 \text{ rpm}}{7024}$$

$$P(\text{hp}) = 0.97 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

Tabla 29

Características Motor WEG

Motor Marca WEG			
Tipo	WFF21	Protección	IP55
Frecuencia	60 Hz	Conexión	220ΔΔ
Potencia	1 hp	SF	1.15
Corriente nominal	3.02 A	Hecho en	Brasil

Nota: Se selecciona un motorreductor trifásico de 1 hp a 60 rpm por su disponibilidad en el mercado nacional además de su mejor rendimiento a la hora de entregar una velocidad constante. El detalle del motor puede encontrarse en el ANEXO 5.

Seguidamente se calcula el índice de reducción de velocidad que tendrá el motor a partir de su velocidad de entrada y velocidad de salida de la caja reductora. Para ello se utiliza la Eq 7.

$$I = \frac{1730 \text{ rpm}}{60 \text{ rpm}}$$

$$I = 28.8$$

Selección de protecciones del motor

A continuación, se siguen los pasos especificados en la sección del capítulo 2:

Protecciones del motor.

Paso 1: De la tabla 2 se obtiene el valor de la FLC (Corriente de carga completa)

$$FLC = 3.02 A$$

Paso 2: En la tabla 2 se selecciona el porcentaje de FLC según el tipo de motor que se tenga, en este caso es un motor de jaula de ardilla. Con este valor se dimensiona el breaker a utilizar:

$$I_{Breaker} = FLC * 250\%$$

$$I_{Breaker} = 7.55 A$$

Con este valor se selecciona del catálogo el breaker que más se aproxime, en este caso se selecciona un breaker de la marca chint de 12 A por su disponibilidad en el mercado nacional (ANEXO 6).

Paso 3: Para la protección contra sobrecargas se toma en cuenta que para una potencia de 1 hp se obtiene el 115% de la FLC, dándonos como resultado:

$$I_{Sobrecarga} = FLC * 115\%$$

$$I_{Sobrecarga} = 3.47 A$$

A partir del valor obtenido se selecciona un relé de sobrecarga que incluya este amperaje en su rango, además es de importancia que de igual forma incluya el valor de SFA (Corriente de factor de servicio). En este caso se selecciona un relé térmico de 2.5 a 4 A de la marca LS por su disponibilidad en el mercado nacional (ANEXO 7).

Diseño y selección del material para el eje

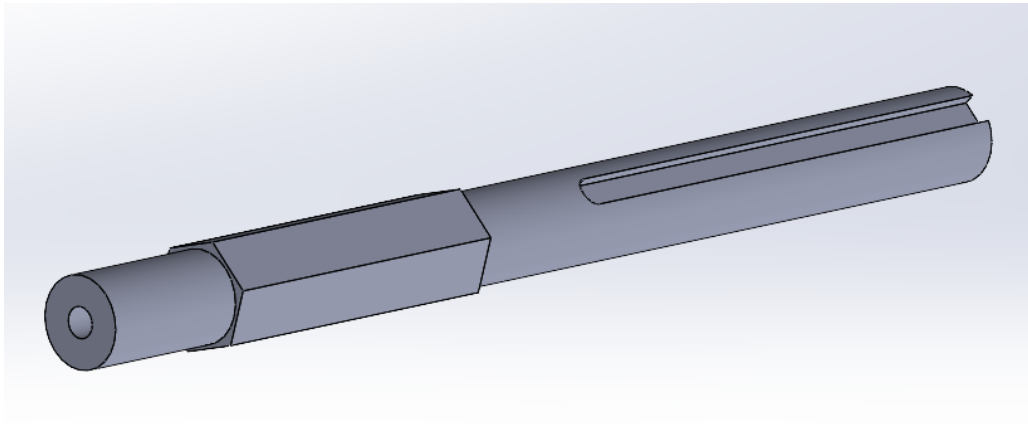
Para el diseño del eje se toman en cuenta las siguientes características:

- Sección hexagonal para acoplar las cuchillas
- Largo suficiente para acoplar el motorreductor
- Chavetero para acoplar al motorreductor
- Agujeros roscados para ajustar el eje de ambos lados

En la figura 27 se puede apreciar el diseño del eje realizado en el software SolidWorks. Además, en el ANEXO 3 se puede ver el detalle en los planos de la pieza.

Figura 27

Diseño de eje realizado en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar que el eje cuenta con una sección hexagonal para colocar las cuchillas, también cuenta con perforaciones roscadas en sus dos caras para su sujeción en el ensamble final. Finalmente se puede apreciar el chavetero para poder acoplar el eje al motorreductor (Elaboración propia).

A continuación, se transforman las unidades de los datos según es necesario:

$$P = 1 \text{ Hp} = 6600 \frac{\text{lb} * \text{in}}{\text{s}}$$

$$f = 60 \text{ rpm} = 1 \text{ Hz}$$

Con estos parámetros se calcula el par ejercido por el eje a partir de la Eq. 10

$$T = \frac{P}{2\pi f} = \frac{6600 \frac{\text{lb} * \text{in}}{\text{s}}}{2\pi * 1 \text{ Hz}}$$

$$T = 1050.42 \text{ lb in}$$

Se toma en cuenta un esfuerzo máximo del eje equivalente al material del que se desea fabricarlo, en este caso Acero AISI 1018:

Tabla 30

Características acero de transmisión AISI 1018

Propiedades Mecánicas Acero de Transmisión			
Resistencia Mecánica (N/mm²)	Punto de Fluencia (N/mm²)	Elongación % Min	Dureza Rockwell
410-520	235	20	143

Nota: Se usa como dato la resistencia máxima 235 N/mm² puesto que es el punto en que el material se deforma permanentemente (ANEXO 4).

Se transforma el esfuerzo máximo a las unidades necesarias para realizar el cálculo:

$$\tau_{max} = 235 \frac{N}{mm^2} = 34083 \text{ Psi}$$

Se despeja el radio en la Eq. 12 y se reemplaza los valores numéricos:

$$c = \frac{J * \tau_{max}}{T}$$

$$2c = d = 13.8 \text{ mm}$$

Donde:

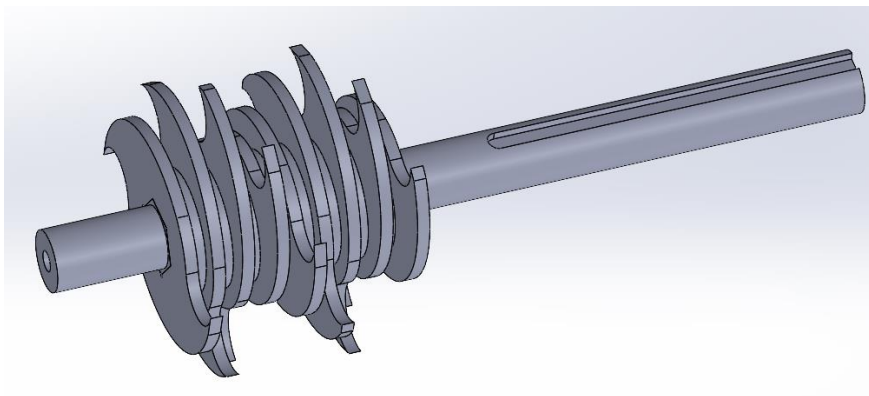
d: Diámetro del eje

El diámetro mínimo del eje es de 13.8 mm. Tomando en cuenta el diámetro del acople del motorreductor, la sección hexagonal y la disponibilidad del material en el catálogo (ANEXO 4) se escoge un eje de 1.25 in (38.4 mm) que será posteriormente mecanizado para obtener un diámetro mínimo de 25 mm en las secciones de acople.

A continuación, se realiza el cálculo de los esfuerzos cortantes del eje a lo largo de su sección hexagonal, puesto que en esta van colocadas las cuchillas y separadores como se ve en la figura 28.

Figura 28

Ensamble del subconjunto 1 en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar el ensamble final del eje, cuchillas y separadores (Elaboración propia)

Se procede a realizar el cálculo de las reacciones que generan los rodamientos en los extr de la sección hexagonal, para ello es necesario obtener la fuerza que ejerce cada cuchilla y separador a partir de su peso. Es así como se tiene que:

$$F_{cuchilla} = 170 \text{ g} = 1.67 \text{ N}$$

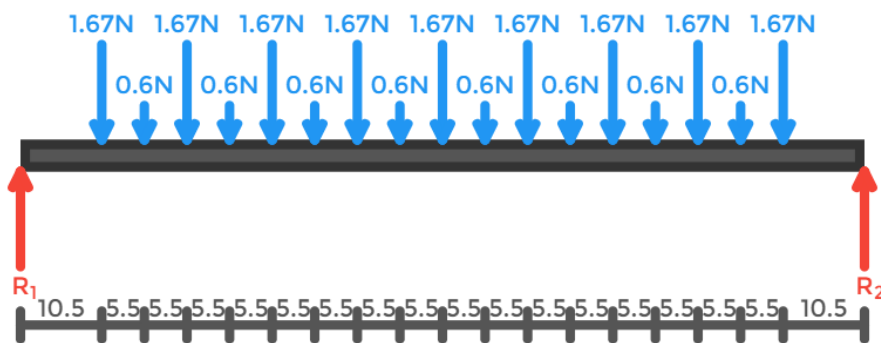
$$F_{separador} = 61 \text{ g} = 0.6 \text{ N}$$

Con estos datos se calcula las reacciones como se muestra a continuación en la figura

29:

Figura 29

Distribución de fuerzas cortantes a lo largo del eje



Nota: la longitud entre las reacciones R1 Y R2 corresponde a la distancia entre los rodamientos que se colocan en el eje (Elaboración propia).

Se realiza la sumatoria de fuerzas en Y tomando en cuenta las reacciones R1 y R2 de los soportes

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 + F_9 + F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{13} + F_{14} + F_{15} + F_{16} + F_{17} - R_1 - R_2 = 0$$

Se despeja R1 y R2 y se reemplaza los valores de las fuerzas

$$R_1 + R_2 = 19.83 \text{ N}$$

Se realiza la sumatoria de momentos.

$$\begin{aligned} \sum M = 0 \rightarrow & R_2(x_{R2} + x_{R1}) - F_1(x_{F1} - x_{R1}) - F_2(x_{F2} - x_{R1}) - F_3(x_{F3} - x_{R1}) - F_4(x_{F4} \\ & - x_{R1}) - F_5(x_{F5} - x_{R1}) - F_6(x_{F6} - x_{R1}) - F_7(x_{F7} - x_{R1}) - F_8(x_{F8} - x_{R1}) \\ & - F_9(x_{F9} - x_{R11}) - F_{10}(x_{F10} - x_{R1}) - F_{11}(x_{F11} - x_{R1}) - F_{12}(x_{F12} - x_{R1}) \\ & - F_{13}(x_{F13} - x_{R1}) - F_{14}(x_{F14} - x_{R1}) - F_{15}(x_{F15} - x_{R1}) - F_{16}(x_{F16} - x_{R1}) \\ & - F_{17}(x_{F17} - x_{R1}) = 0 \end{aligned}$$

Se despeja y se reemplaza los valores para obtener

$$\begin{aligned} R_2(x_{R2} + x_{R1}) = & F_1(x_{F1} - x_{R1}) + F_2(x_{F2} - x_{R1}) + F_3(x_{F3} - x_{R1}) + F_4(x_{F4} - x_{R1}) \\ & + F_5(x_{F5} - x_{R1}) + F_6(x_{F6} - x_{R1}) + F_7(x_{F7} - x_{R1}) + F_8(x_{F8} - x_{R1}) \\ & + F_9(x_{F9} - x_{R11}) + F_{10}(x_{F10} - x_{R1}) + F_{11}(x_{F11} - x_{R1}) + F_{12}(x_{F12} - x_{R1}) \\ & + F_{13}(x_{F13} - x_{R1}) + F_{14}(x_{F14} - x_{R1}) + F_{15}(x_{F15} - x_{R1}) + F_{16}(x_{F16} - x_{R1}) \\ & + F_{17}(x_{F17} - x_{R1}) \end{aligned}$$

$$R_1 + R_2 = 19.83 \text{ N}$$

$$109R_2 = 1080.735 \text{ N}$$

Se obtiene que las reacciones son

$$R_1 = 9.915 \text{ N}$$

$$R_2 = 9.915 \text{ N}$$

A continuación, se calcula el esfuerzo máximo despejando la variable de interés de la Eq 12 como se muestra a continuación:

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{J}$$

Se tienen los siguientes datos:

T: Torque de la cuchilla = 114 Nm

c: Radio del eje = 25 mm

J: Momento polar de inercia de un eje sólido = Eq. 11.

Reemplazando J se obtiene:

$$\tau_{max} = \frac{T * c}{\frac{\pi c^4}{2}}$$

Reemplazando con valores numéricos se obtiene que:

$$\tau_{max} = \frac{114 \text{ Nm} * \frac{0.025}{2} \text{ m}}{\frac{1}{2} * \pi * \left(\frac{0.025}{2} \text{ m}\right)^4}$$

$$\tau_{max} = 37177070.1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

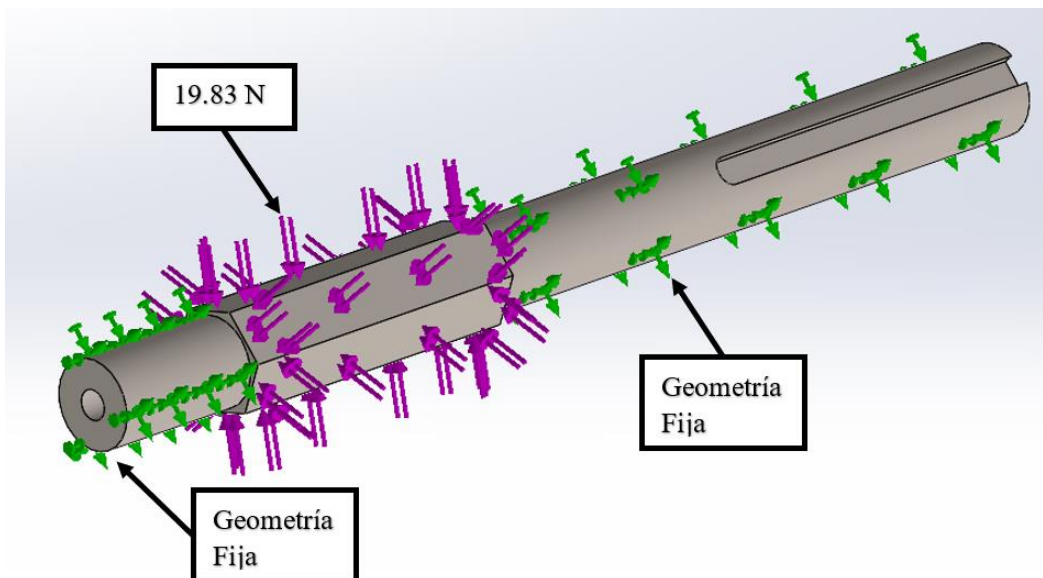
$$\tau_{max} = 37.18 \text{ MPa}$$

A continuación, se realiza el mismo procedimiento que con las cuchillas en el apartado anterior. Se definen las condiciones de frontera para lo cual es necesario tomar en cuenta la fuerza ejercida por las cuchillas sobre la sección hexagonal.

$$W_{cuchillas} = 19.83 \text{ N}$$

Figura 30

Condiciones de frontera del eje en el software SolidWorks

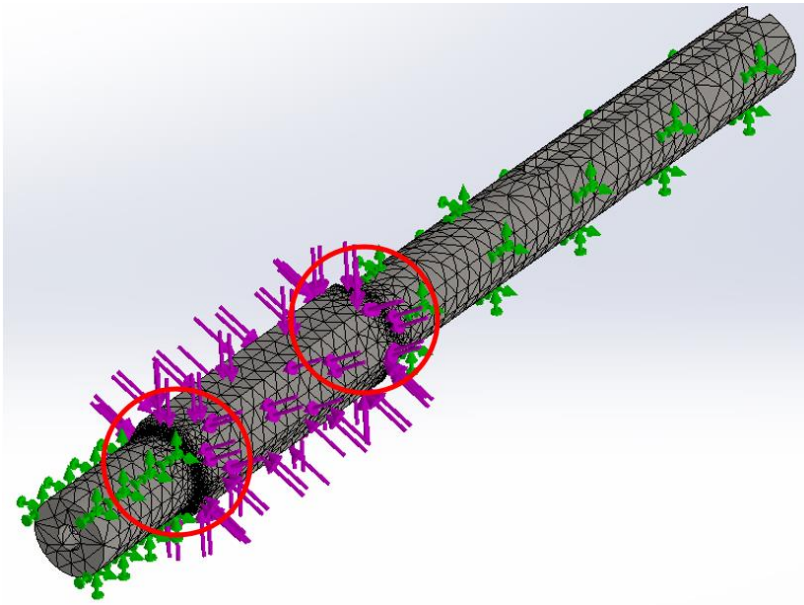


Nota: Las flechas moradas representan las fuerzas cortantes correspondientes al peso de las cuchillas. Las flechas verdes son geometrías fijas y representan las partes de la pieza que ofrecerán resistencia ante el movimiento de las fuerzas ejercidas (Elaboración propia).

Se procede a ejecutar el estudio obteniendo los resultados que pueden observarse en las figuras a continuación.

Figura 31

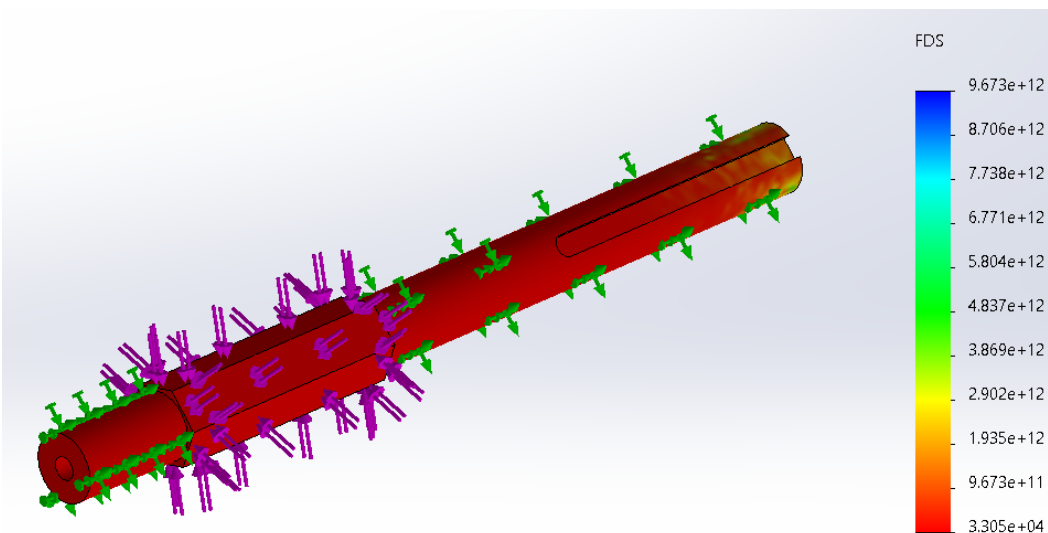
Malla resultante en modelo del eje



Nota: Se puede observar que la malla es más fina en las uniones de la sección hexagonal con el resto del eje (Elaboración propia).

Figura 32

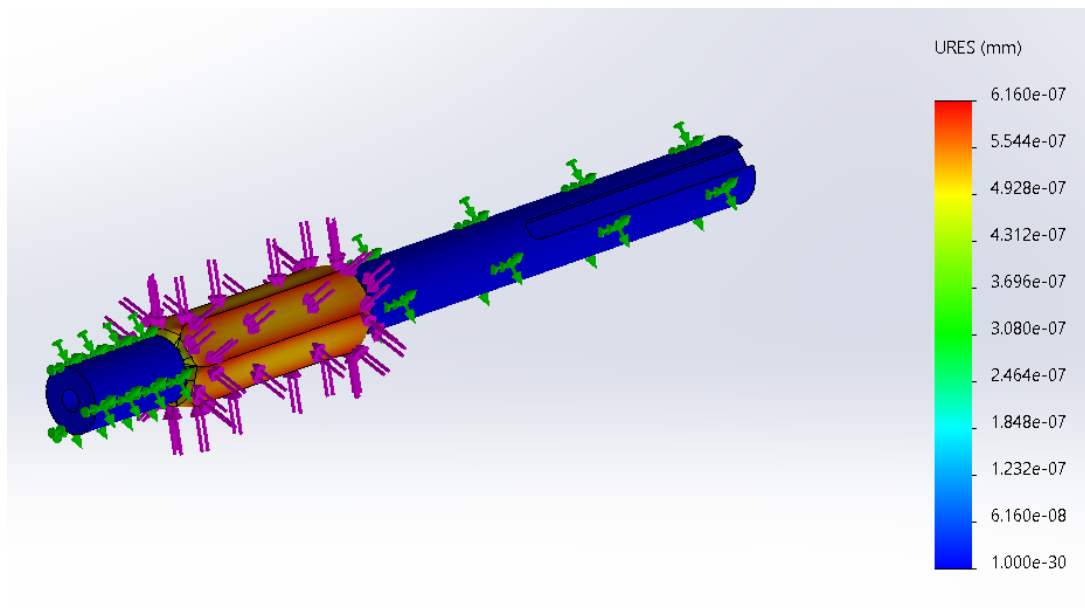
Cálculo del factor de seguridad del eje en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar que el factor de seguridad es mayor a 2 por lo que es factible fabricar el eje (Elaboración propia).

Figura 33

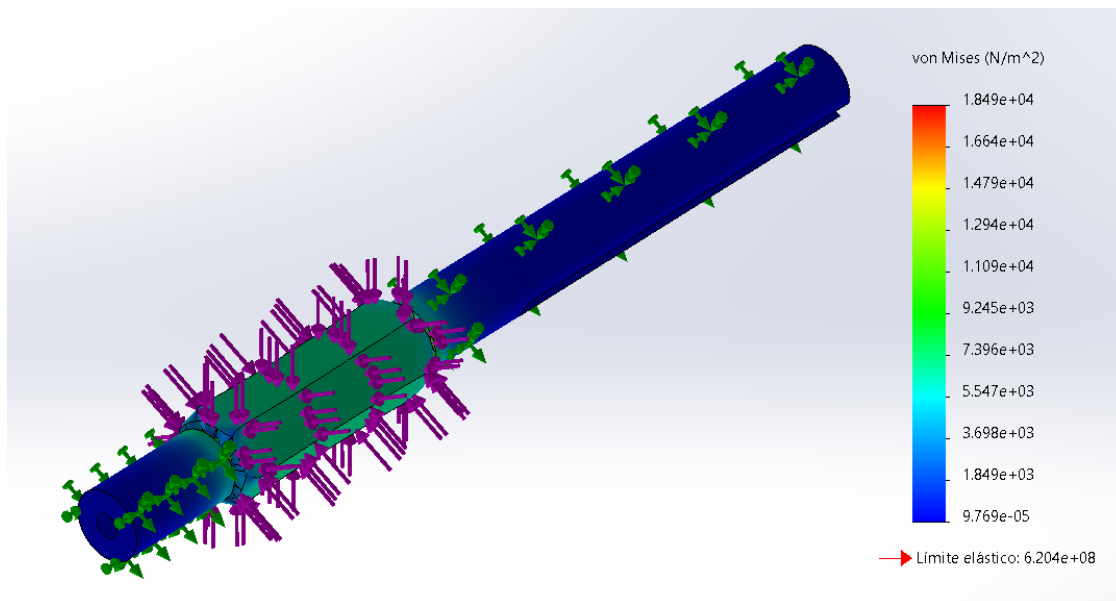
Simulación de desplazamientos del eje en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar que existe un desplazamiento de magnitud despreciable en la zona hexagonal (Elaboración propia).

Figura 34

Simulación de esfuerzos del eje en el software SolidWorks



Nota: Mediante von Mises se puede observar que el esfuerzo máximo es de 18.49 MPa, lo que se encuentra dentro de la tolerancia del material seleccionado (acero de transmisión AISI 1018) como puede verse en la tabla 28, por lo que es factible fabricar el eje en este material.

Selección de rodamientos

Para la selección de rodamientos se toma en cuenta los siguientes parámetros:

Diámetro del eje: 25 mm

Carga Axial: 9.915 N

Carga Radial: 0 N

Velocidad de giro: 60 rpm

Tomando estos datos en cuenta se selecciona el rodamiento con las características indicadas en la tabla 31.

Tabla 31*Características del rodamiento seleccionado*

Dimensiones Principales			Capacidad de Carga	Carga límite de fatiga	Velocidad de Referencia	Masa	Designación	
			Dinámica	Estática				
d	D	B	C	Co	Pu			
mm	mm	mm	kN	kN	kN	rpm	kg	
25	47	8	8.06	4.75	0.212	32000	0.055	16005

Nota: Los datos de esta tabla pueden verse en detalle en el ANEXO 8.

Finalmente se toma en cuenta los siguientes datos para calcular el tiempo de vida del rodamiento con la ecuación Eq.15 y Eq.16.

Carga dinámica equivalente del rodamiento: 9.915 N

Velocidad de giro: 60 rpm

$$L_{10} = \left(\frac{8.06}{0.099} \right)^3$$

$$L_{10} = 53.96 \times 10^4 \text{ millones de revoluciones}$$

$$L_{10h} = \left(\frac{10^6}{60 * 60} \right) 53.96 \times 10^4$$

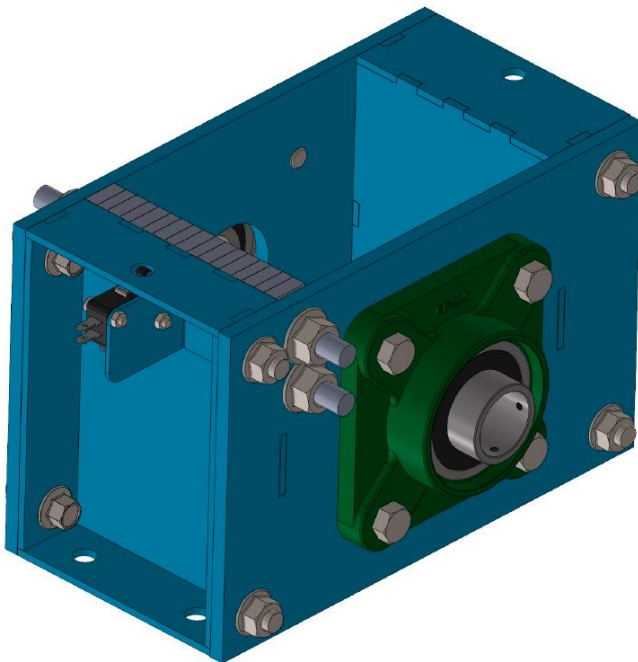
$$L_{10h} = 149.89 \times 10^6 \text{ horas de funcionamiento}$$

4.5.2 Subconjunto 2: Cámara de triturado

La cámara de triturado es la caja en la cual ingresa el material y dentro de la cual se encuentran las cuchillas de cizalladura. En la figura 35 se puede observar el diseño de la cámara ensamblada por completo. Además, en el ANEXO 3 se puede encontrar los planos de las piezas.

Figura 35

Cámara de triturado



Nota: Ensamble final de cámara de triturado en software SolidWorks (Elaboración propia)

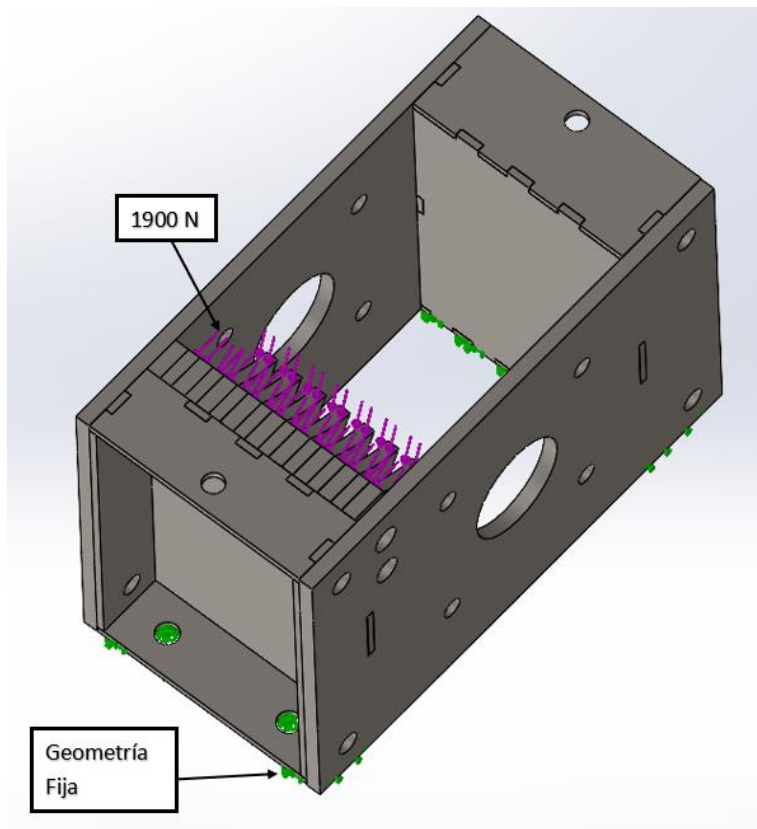
Para la simulación de esfuerzos se tomó como material el acero ASTM A26. A continuación se pueden ver los resultados tras aplicar una fuerza equivalente a la que se

aplica a las cuchillas móviles, pero esta vez aplicada en las cuchillas estáticas de la cámara de triturado.

En primer lugar, se definen las condiciones de frontera como puede observarse en la figura 36.

Figura 36

Condiciones de frontera de la cámara de triturado

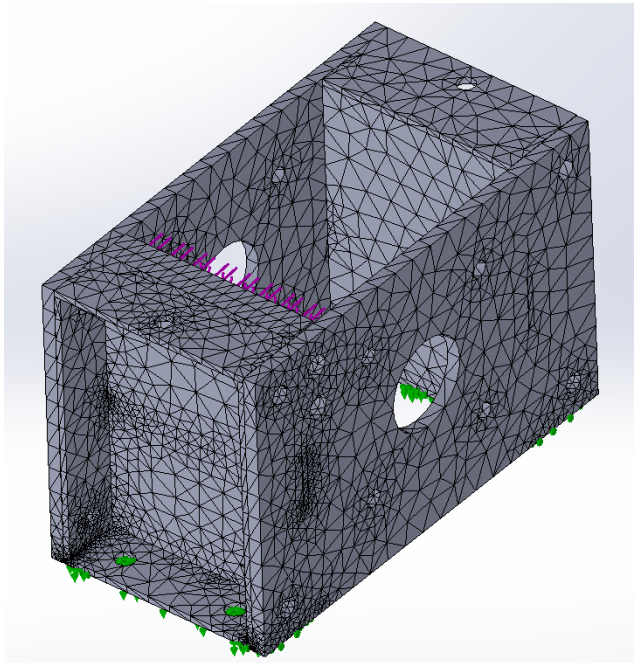


Nota: Las flechas moradas representan las reacciones ejercidas en las cuchillas fijas. Mientras que las flechas verdes representan la geometría fija de la cámara (Elaboración propia).

En la figura 37 se puede observar la malla obtenida tras el análisis de convergencia realizado en Solidworks.

Figura 37

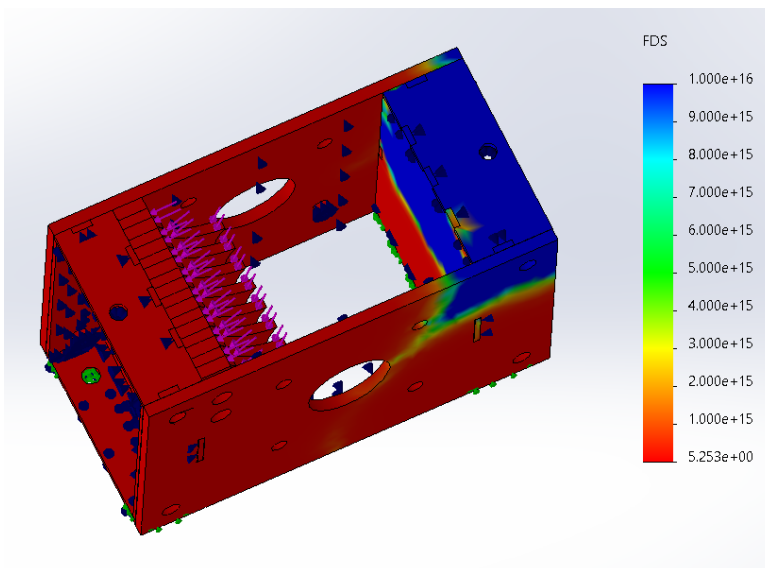
Malla resultante del modelo de la cámara



Nota: Podemos observar la mala generada tras el análisis de convergencia (Elaboración propia).

Figura 38

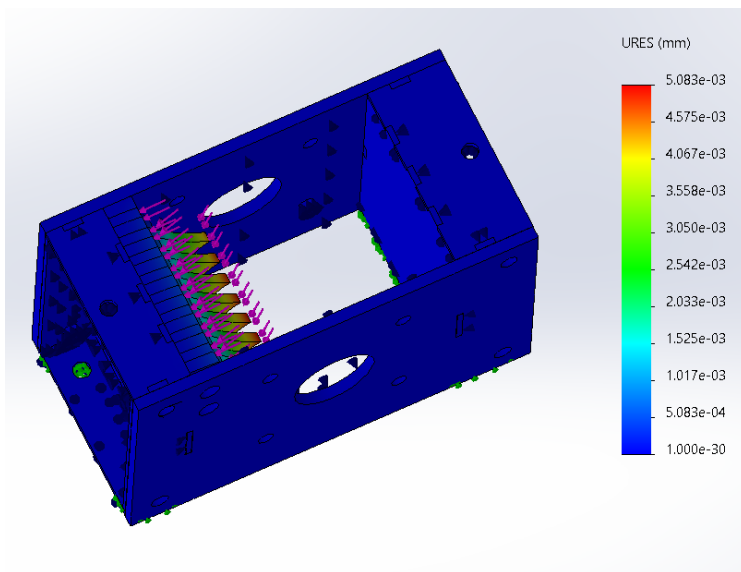
Cálculo del factor de seguridad de la cámara en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar que el factor de seguridad es mayor a 2 por lo cual es factible fabricar la caja (Elaboración propia)

Figura 39

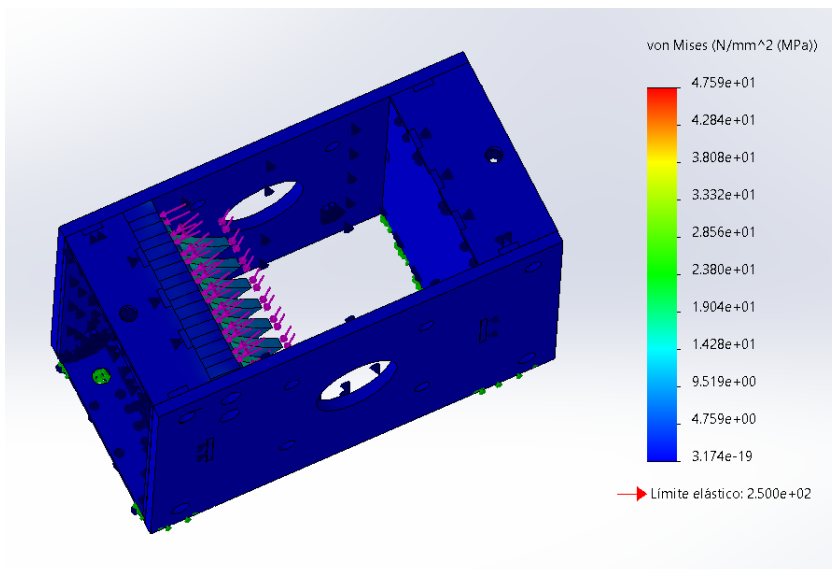
Simulación de desplazamientos de la cámara en el software SolidWorks



Nota: Se puede observar que el desplazamiento máximo que se genera es despreciable (Elaboración propia).

Figura 40

Simulación de esfuerzos: Cámara de triturador



Nota: Simulación de esfuerzos de cámara de triturado en software SolidWorks (Elaboración propia)

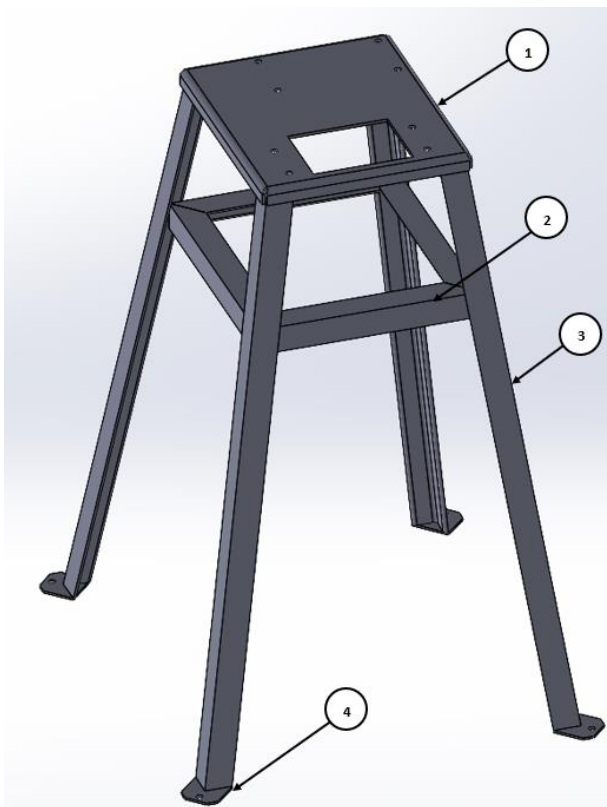
Para la simulación de esfuerzos se puede observar que por von Mises el esfuerzo máximo de la cámara es de 47.59 N. Se decide utilizar como material el acero ASTM A36 que es suficiente para resistir los esfuerzos que se obtienen en la simulación.

4.5.3 Subconjunto 3: Estructura

Para la estructura se ha diseñado un banco con un agujero para la salida del material como puede verse en la figura 41 Se puede ver el detalle del subconjunto y los planos individuales de las piezas en el (ANEXO 3)

Figura 41

Subconjunto 3 ensamblado



Nota: Estructura ensamblada en la cual se pueden distinguir sus elementos individuales (Elaboración propia).

1) Base

Para la base se utiliza una plancha de 4 mm de espesor con perforaciones para la sujeción del motor y la cámara de triturado. Además, se realiza un corte cuadrado debajo de la cámara de triturado para la salida del material.

2) Marco

Se diseña un marco rectangular con perfiles estructurales ángulos “L” doblado, del tipo L 40 x 3 (ANEXO 4), este da firmeza a la estructura y sirve para colocar la bandeja de recolección del producto final.

3) Patas

Para el diseño de las patas de la estructura se utiliza el mismo tipo de perfiles estructurales ángulos “L” doblado, del tipo L 40 x 3 (ANEXO 4).

4) Pies

Se diseñan bases para las patas con un agujero para poder fijar la estructura al suelo en caso de ser necesario.

4.5.4 Subconjunto 4: Ingreso y recolección

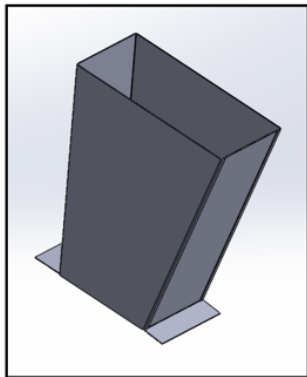
En este apartado se muestra el diseño de la tolva para el ingreso del material y de igual forma, se muestra el diseño de la criba para el tamizado del producto ya triturado.

Tolva

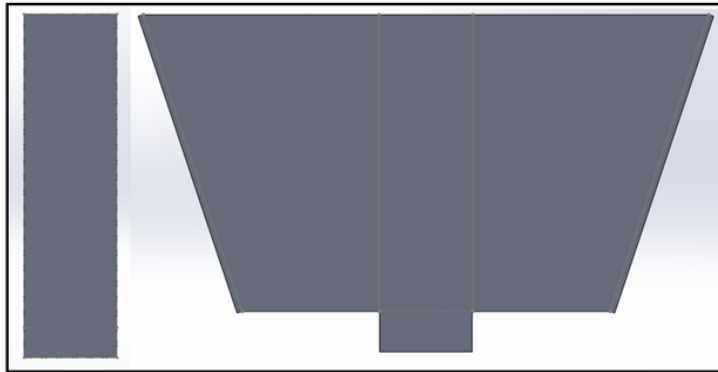
En la figura 42 (a) se muestra la tolva ensamblada mientras que en la figura 42 (b) se puede observar el despliegue de la tolva.

Figura 42

Diseño de tolva en el software SolidWorks



(a) Tolva ensamblada



(b) Despliegue de chapa metálica

Nota: En la figura (a) se puede distinguir la tolva ensamblada, mientras que en la figura (b) se puede ver la chapa metálica desplegada (Elaboración propia).

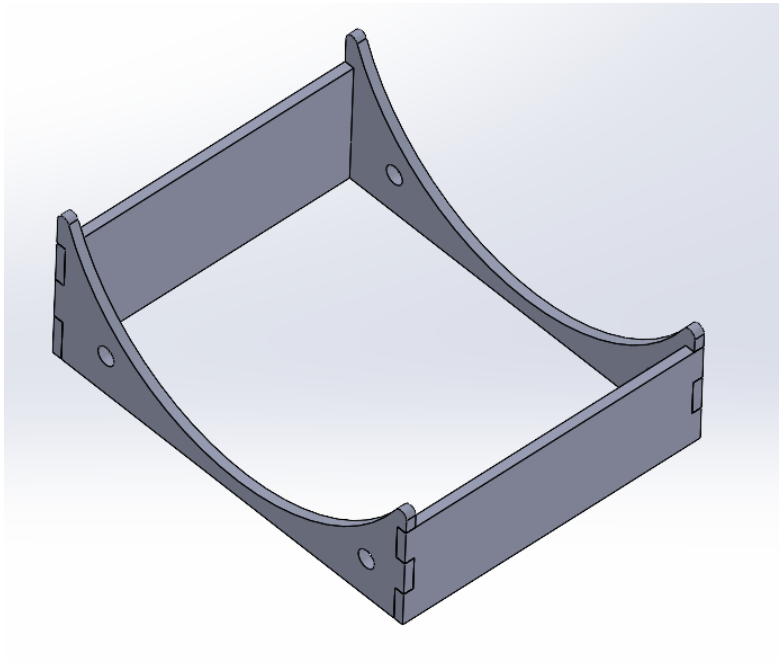
Se tiene en cuenta cierta inclinación en una de sus caras para conducir el material ingresado hacia las cuchillas de la trituradora.

Criba

La criba se diseña teniendo en cuenta la retroalimentación de la máquina, por lo cual se fabrica la misma curvatura que tiene el recorrido de las cuchillas de modo que el material que no atraviese el tamizado se vuelva a triturar. El diseño puede observarse en la figura 43.

Figura 43

Diseño de criba en el software SolidWorks



Nota: Ensamble completo de la criba (Elaboración propia).

En el molde mostrado anteriormente se coloca la malla perforada con el diámetro adecuado para el tamaño de partículas deseado.

4.5.3 Resultados del análisis de convergencia

En la tabla a continuación se indican los resultados del análisis de convergencia realizados a las piezas críticas mediante el método H del software SolidWorks.

Tabla 32*Resultados de análisis de convergencia de mallas de piezas críticas*

Pieza	Nro de Iteraciones	Nro de Nodos	Nro de Elementos	Precisión del Método (%)
Cuchilla	5	34603	21647	98.47
Eje	5	88043	58534	98.65
Cámara de triturado	5	152310	84158	98.53

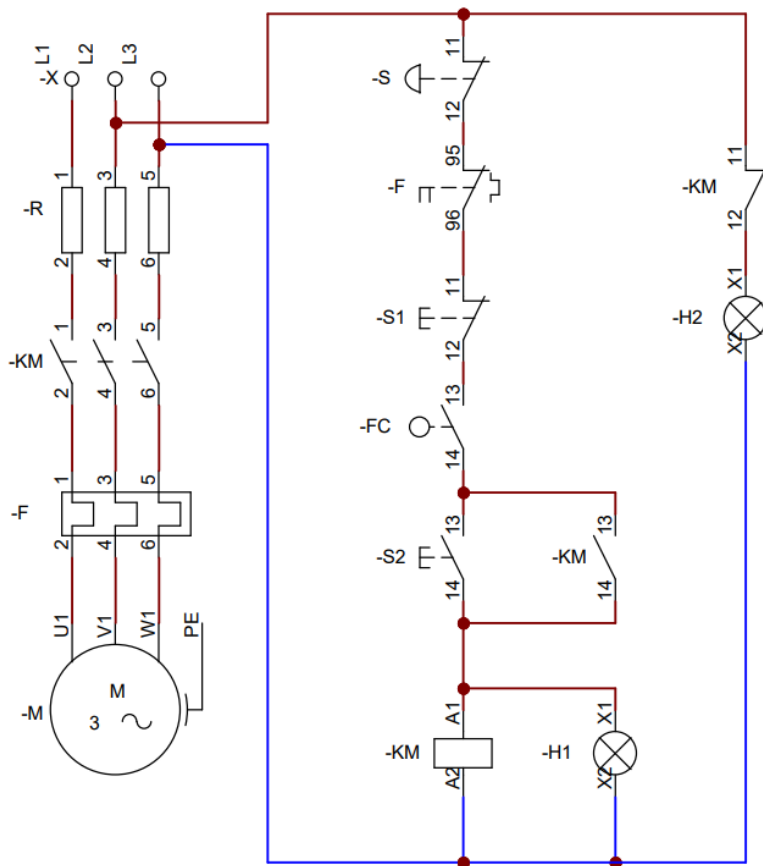
Nota: Los datos de la tabla son obtenidos del análisis realizado en el software Solidworks (Elaboración propia).

4.5.4 Diseño eléctrico

Para el diseño eléctrico se utilizó el software CadeSIMU mediante el cual se dibujó el diagrama eléctrico mostrado en la figura 44.

Figura 44

Diseño de control para trituradora en el software CadeSIMU



Nota: El detalle del plano se puede encontrar en el ANEXO 3.

Selección de elementos eléctricos de control

En este apartado se seleccionan los elementos de control adecuados para el sistema obviando los elementos de protección del motor los cuales se escogen en apartados anteriores.

Selección de contactor

Para este elemento se toma el mismo dimensionamiento que se utilizó para el breaker en el apartado: Selección de protecciones del motor. Por lo cual se elige un contactor marca Chint de 12 A por su disponibilidad en el mercado (ANEXO 6).

Selección de conductor (cables)

Para la correcta selección se siguen los pasos descritos en la sección conductor del capítulo 2. Es así como:

Paso 1: Se selecciona la ampacidad que deberá tener el conductor. Siguiendo lo establecido anteriormente, es importante seleccionar un cable con una ampacidad igual o superior a la corriente máxima que el breaker puede soportar sin saltar, la cual se ha fijado en 12 A.

Paso 2: Tras revisar la tabla 3, se decide seleccionar un conductor de calibre 16 cuya ampacidad es de 18 A. Se decide sobredimensionar la ampacidad por una mayor seguridad.

4.6 Fabricación y ensamble

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la fabricación y ensamble de los elementos que componen la máquina trituradora de PET.

4.6.1 Elementos principales del ensamble final

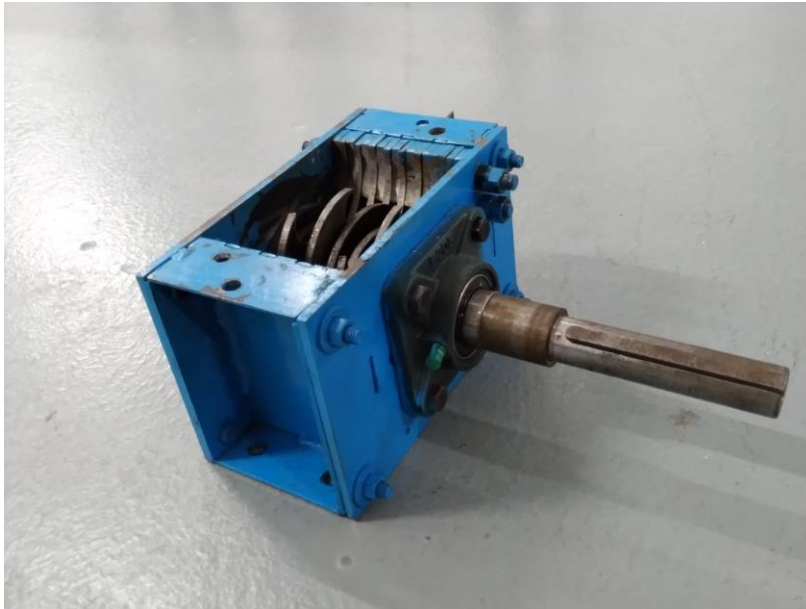
A continuación, se muestran figuras de los elementos reales del ensamble final de la trituradora de PET.

Cámara de Triturado

En la figura 45 se puede observar el ensamble final de la cámara de triturado.

Figura 45

Ensamble final de la cámara de triturado



Nota: Para el detalle del desensamble y limpieza se puede revisar el manual de usuario (ANEXO 9).

Motorreductor

En la figura 46 se puede observar el motorreductor listo para ser implementado en el ensamble.

Figura 46

Motorreductor



Nota: Para el detalle de los datos del motor revisar el ANEXO 5.

Tolva y criba

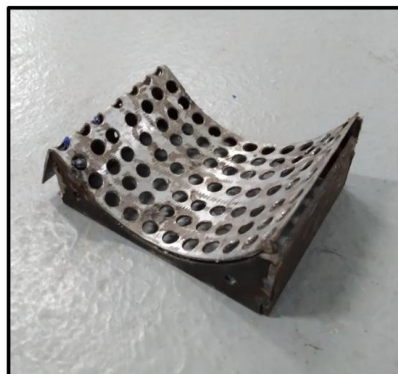
En la figura 47 (a) se puede observar la tova que permite introducir la materia prima de manera segura para el operario. Por otro lado, en la figura 47 (b) se puede observar la criba que filtra las partículas a la salida de la máquina.

Figura 47

Tolva y criba



(a) Tolva



(b) Criba

Nota: Para el detalle de la tolva y la criba revisar los planos (ANEXO 3).

Estructura

En la figura 48 se puede observar la estructura sobre la que se apoyan todos los demás elementos

Figura 48

Estructura de soporte



Nota: Para el detalle de la estructura revisar los planos (ANEXO 3).

Panel de control

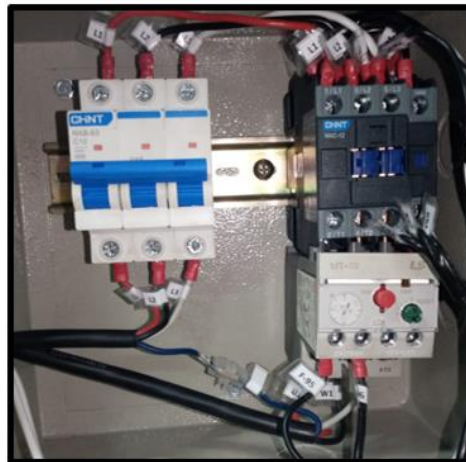
En la figura 49 (a) se puede observar el panel de control mediante el cual se manipula la máquina trituradora de PET. Además, en la figura 49 (b) se puede observar el interior del panel.

Figura 49

Panel de control



(a) Botonera del Panel



(b) Interior del Panel

Nota: Para el detalle del panel revisar el plano eléctrico (ANEXO 3).

Implementación completa

En la figura 50 se puede observar la máquina completamente ensamblada y lista para funcionar.

Figura 50

Implementación final de la trituradora



Nota: Se puede observar el ensamble total de la trituradora (Elaboración propia).

4.8 Análisis de resultados

En esta sección se detallan los resultados obtenidos de la fabricación y pruebas realizadas con la máquina trituradora de PET.

4.8.1 Análisis eléctrico de la trituradora

Se realizó un análisis eléctrico minucioso mediante el Analizador Energético modelo 3945-B disponible en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte. A continuación, se muestran las gráficas resultantes de los análisis de corriente y potencia obtenidos.

Análisis sin carga

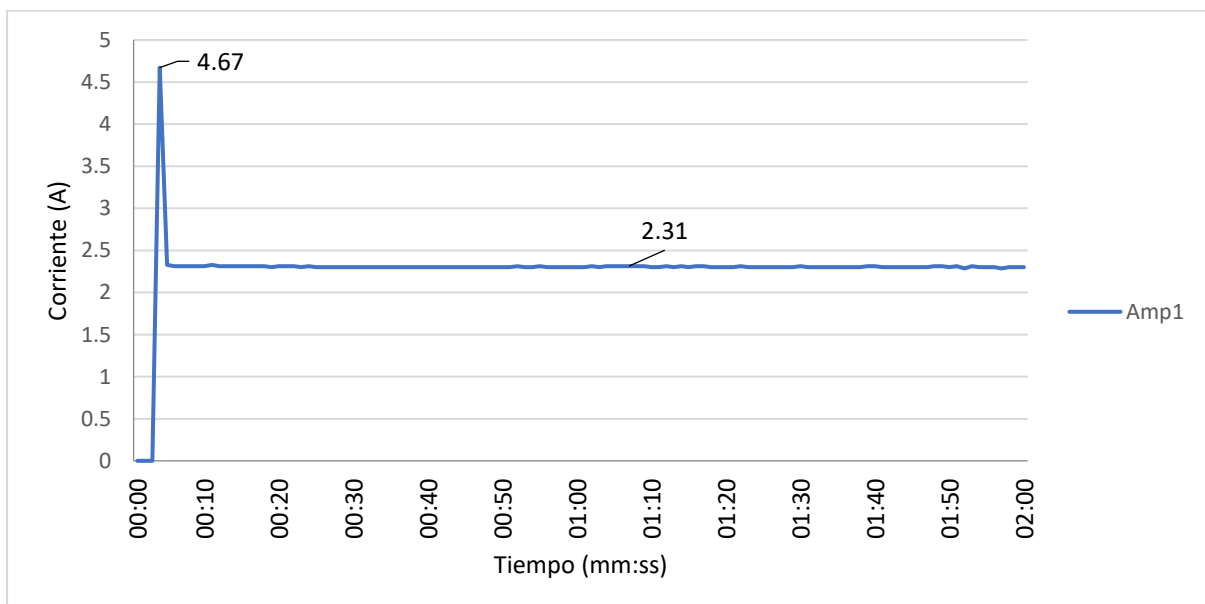
Para este análisis se midió el consumo de corriente y potencia de la máquina durante el proceso de encendido sin ingresar ninguna botella para ser triturada.

Consumo de corriente sin carga

En la figura 51 se muestra la gráfica de corriente de las 3 fases de motor mientras no se ingresa ningún material en la trituradora.

Figura 51

Consumo de corriente de trituradora sin aplicar carga



Nota: Se obtienen los datos de corriente a partir del analizador 3945-B (Elaboración propia).

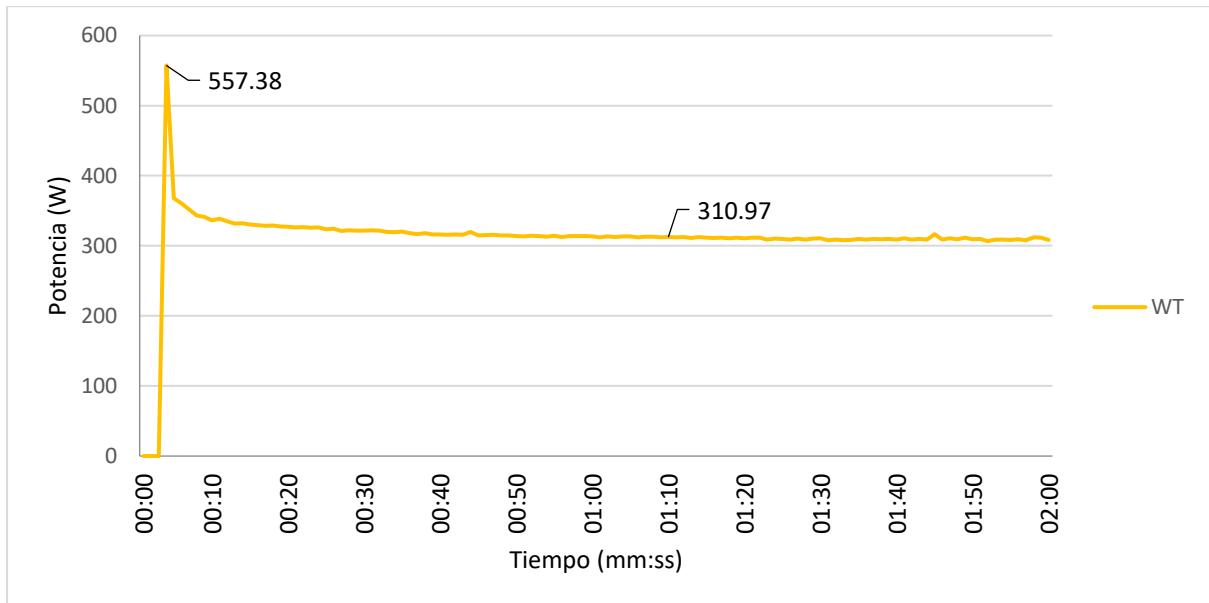
Como se puede observar en la figura 51 existe un pico de 4.67 A que representa el encendido de la máquina, posteriormente la corriente se mantiene en un promedio de 2.31 A, lo cual es aceptable para el motor seleccionado.

Consumo de potencia sin carga

A continuación, se muestra la gráfica correspondiente a la potencia consumida por la máquina mientras no se le aplica ninguna carga.

Figura 52

Consumo de potencia de la trituradora sin aplicar carga



Nota: Se obtienen los datos de potencia a partir del analizador 3945-B (Elaboración propia).

Al igual que con la corriente, existe un pico de potencia al encender la máquina. El pico promedio en la potencia total es de 557.38 W. Tras el encendido, la potencia consumida total en promedio es 310.97 W.

Análisis con carga

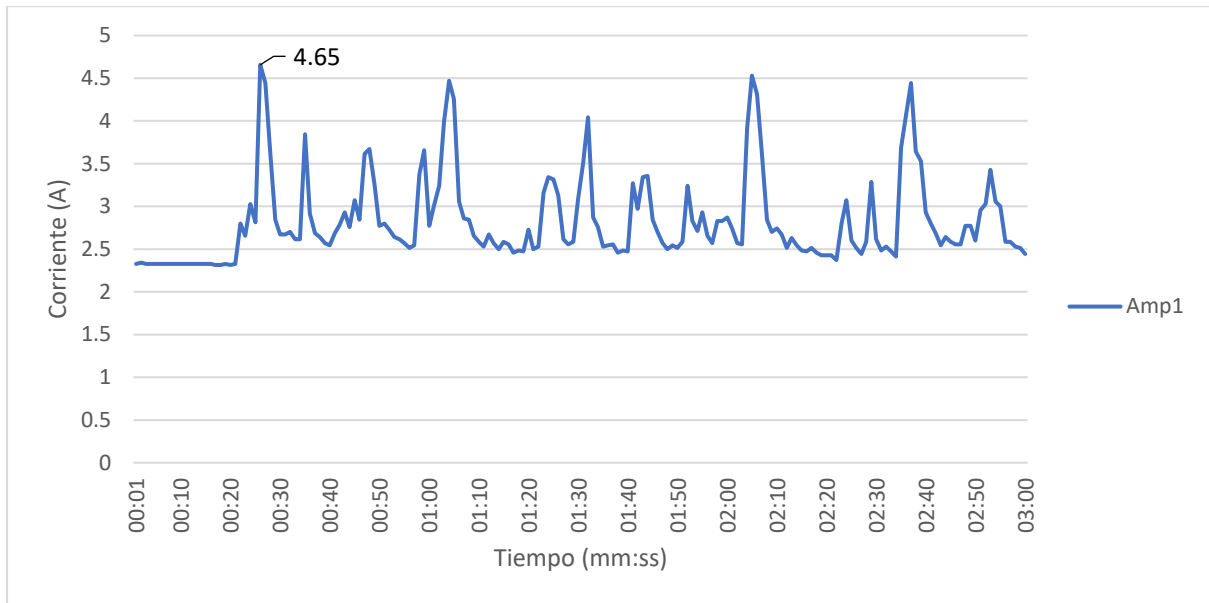
Para este análisis se midió la corriente y la potencia de la máquina durante el proceso de triturado.

Consumo de corriente con carga

En la figura 53 y 54 se puede ver la gráfica resultante del consumo de corriente y potencia de la máquina durante el proceso de triturado.

Figura 53

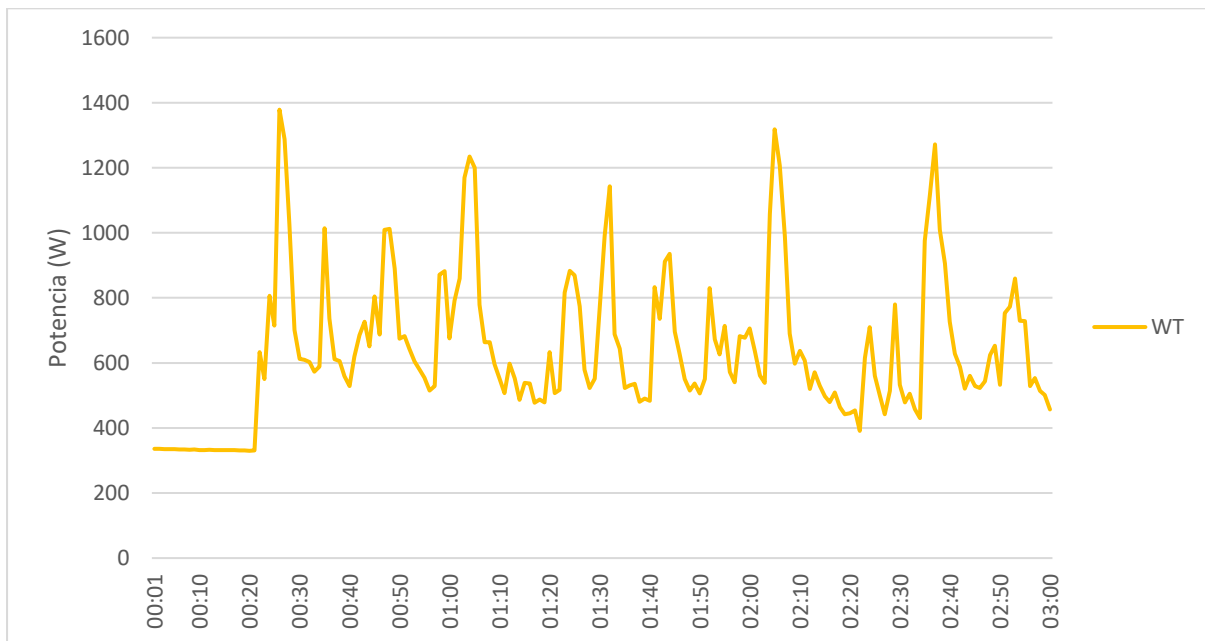
Consumo de corriente de la trituradora aplicando carga



Nota: Los picos de corriente que se pueden observar son correspondientes al ingreso de las botellas (Elaboración propia).

Figura 54

Consumo de potencia de la trituradora aplicando carga



Nota: Se pueden observar las potencias de cada fase por separado además de la potencia total (Elaboración propia).

En la tabla 32 se puede observar los resultados de corriente y potencia obtenidos en el análisis.

Tabla 33

Tabla de resultados del análisis de corriente y potencia de la trituradora

	Corriente (A)	Potencia (W)
Promedio	2.73	637.37
Máximo	4.65	1378.63
Mínimo	2.3	329.77

Nota: Los datos obtenidos corresponden al análisis del proceso de triturado de botellas de 1 L (Elaboración propia).

4.8.1 Especificaciones técnicas de la trituradora

A continuación, se presenta una tabla de especificaciones técnicas de la máquina, que incluyen información relevante sobre sus capacidades.

Tabla 34

Especificaciones técnicas de la máquina trituradora de PET

Especificación	Característica
Capacidad de procesamiento	3 kg/h
Tamaños de botella aceptados	200 ml a 1 L
Potencia del motor	1 hp
Revoluciones del motor	60 RPM
Consumo de energía con carga	0.637 kWh

Nota: Los datos de la tabla se toman de la realización de pruebas de funcionamiento (Elaboración propia).

4.8.2 Producto obtenido

En este apartado se describen las dimensiones de las partículas de plástico obtenidas.

Tabla 35

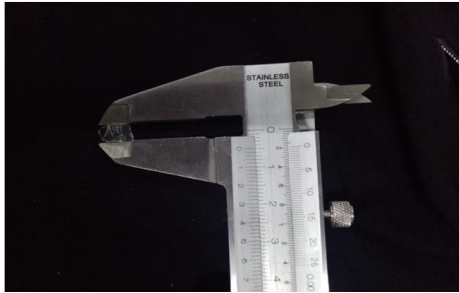
Tamaños de partículas obtenidos

Tamaño	Porcentaje	Apto para extruir
5x5 mm ² - 7x7 mm ²	80%	Si
8x8 mm ² - 13 mm ²	10%	Si (En menor cantidad)
Mayores a 13x13 mm ²	10%	No

Nota: Datos obtenidos de muestra de 200 g de PET triturado 2 veces (Elaboración propia).

En las siguientes figuras se pueden observar muestras de diferentes tamaños de partículas.

Figura 55 Tamaños de partículas



(a) 5 mm



(b) 11 mm

Nota: Se muestran las medidas más comunes obtenidas en las pruebas de triturado (Elaboración propia).

4.8.3 Análisis dimensional de las piezas

En la siguiente tabla se realiza una comparación entre las medidas ideales de los planos y las reales obtenidas tras el proceso de fabricación.

Tabla 36

Comparación de medidas del diseño contra medidas reales de la pieza

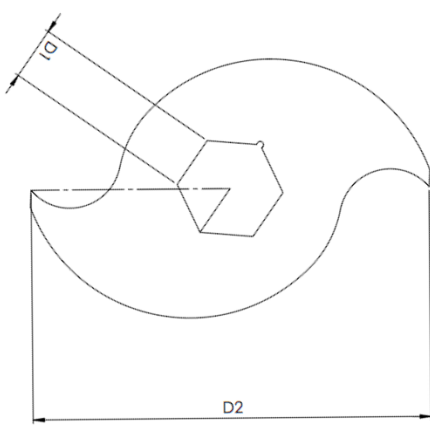
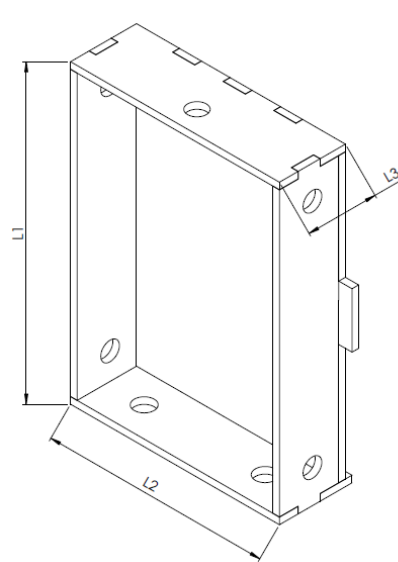
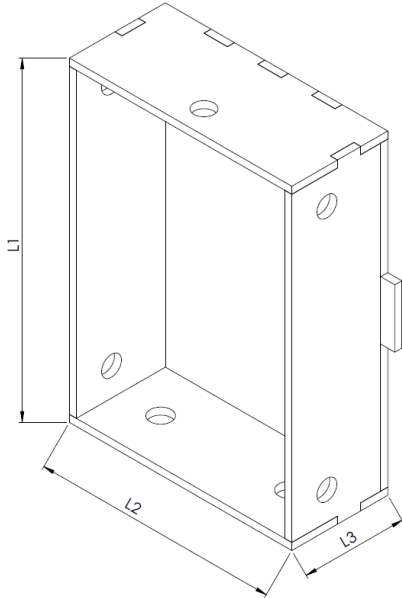
Pieza	Medida (mm)	
	Diseño	Real
Figura 56		
<i>Dimensiones cuchilla</i>		
	D1: 15.6	D1: 16
	D2: 120	D2: 119
Figura 57		
<i>Dimensiones caja 1</i>		
	L1: 135	L1: 135.2
	L2: 95	L2: 95.9
	L3: 30	L3: 30.4

Figura 58

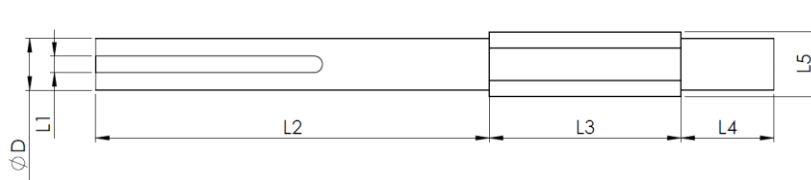
Dimensiones caja 2



L1:135	L1: 135.7
L2: 95	L2: 95.6
L3: 41	L3: 41.2

Figura 59

Dimensiones eje



D: 25	D: 25.4
L1: 8	L1: 7.8
L2: 191	L2: 191
L3: 93	L3: 92
L4: 45	L4: 44
L5: 31.2	L5: 31.5

Nota: Para los datos de esta tabla se tomaron las medidas de las piezas de mayor importancia y se comparó las medidas reales con las de los planos (ANEXO 3).

Tabla 37*Porcentaje de error en las dimensiones de las piezas*

Pieza	Porcentaje de error
Cuchilla	0.96%
Caja 1	0.69 %
Caja 2	0.55 %
Eje	0.74 %

Nota: Se calcula el porcentaje de error en base a los resultados de la tabla anterior

(Elaboración propia).

4.8.4 Análisis de costos

A continuación, se realiza un despliegue de los costos de fabricación de la máquina trituradora de PET.

Tabla 38*Despliegue de costos de fabricación*

Elemento	Costo
Corte plasma de piezas de trituradora	\$ 72
Eje	\$ 10
Mecanizado eje	\$ 40
Motorreductor	\$ 401
Material para estructura	\$ 20
Chumaceras	\$ 12
Pernos/Tuercas/Rodelas	\$ 10

Relé térmico	\$ 30
Relé de sobretensión	\$ 6
Contactador	\$ 16
Botones/Luces Piloto	\$ 10
TOTAL	\$ 627

Nota: Para los datos de la tabla se toman en cuenta los precios del mercado nacional (Elaboración propia).

4.9 Conclusiones

- Mediante el método de diseño mecatrónico se plantearon diferentes alternativas, finalmente se escogió la solución óptima para las restricciones y necesidades establecidas. Obteniendo como resultado una máquina que cumple con los requisitos y el alcance establecidos.
- Se ha conseguido que obedezca a las necesidades de pequeños emprendedores tanto en sus niveles de producción como en su costo. En cuanto a su producción, tiene una capacidad de 3 kg/h que es suficiente para suministrar la materia prima de la extrusora de plástico a la que se enfoca este proyecto. Por otro lado, su precio de fabricación es económico en comparación con las trituradoras disponibles en el mercado nacional e internacional.
- Con la investigación del proceso de extrusión de plástico tipo PET para la fabricación de filamento para impresión 3D se obtuvo que las partículas de plástico con un área no mayor a 49 mm² son aptas para ser extruidas.
- Tras las pruebas de funcionamiento se determina que la velocidad de 60 RPM es adecuada para el correcto proceso de desintegración de plástico tipo PET,

permitiendo el proceso de realimentación del material de modo que se obtiene una granulometría de menor tamaño.

- Mediante un análisis energético se obtuvo que el motor seleccionado es adecuado para el proceso de triturado de botellas de PET. Siento este motor de 745.7 W (1 hp) mientras que el consumo promedio de potencia del motor durante el proceso de triturado es de 637 W (0.83 hp).

4.10 Recomendaciones

- Implementar un sistema que mida las revoluciones de la máquina y la detenga en caso de una bajada brusca de velocidad por diferentes motivos como el ingreso de algún material con resistencia mucho mayor a la del plástico.
- Se recomienda ingresar botellas de entre 200 ml a 1L máximo para evitar atascos de material. Para plásticos de mayor tamaño se puede cortar en trozos más pequeños antes de ingresar a la trituradora.
- Es recomendable ingresar las botellas bien lavadas y sin su tapa ni etiqueta, ya que estos materiales no son aptos para ser utilizados en la extrusora.
- Se recomienda cortar el pio de las botellas puesto que las partículas resultantes de esta parte no son aptas para ser utilizados en la extrusora de PET.
- Se recomienda realizar un adecuado proceso de lavado y secado del producto resultante como escamas de plástico para que sea apto para una correcta extrusión.

Referencias

- 100% poliéster de PET reciclado tejido de tafetán tela reciclada de botella de plástico reciclado.* (s. f.). 100% poliéster de PET reciclado tejido de tafetán tela reciclada de botella de plástico reciclado.
- Acevedo Jaramillo, A. B., & Posada Franco, J. E. (2019). Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(34), 45-56. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n34a3>
- Anónimo. (s. f.). *¿Qué tipos de plásticos se pueden reciclar? ¿Qué tipos de plásticos se pueden reciclar?*
- Chimborazo López, C. D. (2016). *Estudio de un sistema de trituración de botellas de tereftalato de polietileno, para reducir la contaminación por desechos plásticos en el botadero de la ciudad de Ambato.*
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22456>
- Chinchillas-Chinchillas, M. J., Gaxiola, A., Alvarado-Beltrán, C. G., Orozco-Carmona, V. M., Pellegrini-Cervantes, M. J., Rodríguez-Rodríguez, M., & Castro-Beltrán, A. (2020). A new application of recycled-PET/PAN composite nanofibers to cement-based materials. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119827.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119827>
- Dynisco. (2019). *Understanding Plastics and Polymers - The Different Types of Plastic.*
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17477>
- Fernandez Alzate, O. M. (2017). *Que es un PLC siemens logo.*
<http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-plc-siemens-logo>.
- Freire Cárdenas, L. M., & González Mosquera, C. J. (2013a). *Diseño y construcción de un equipo triturador de botellas plásticas tipo pet* [Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/3218>

- Freire Cárdenas, L. M., & González Mosquera, C. J. (2013b). *Diseño y construcción de un equipo triturador de botellas plásticas tipo pet* [Tesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3218>
- García Villalba, L. A., Ponce Corral, C., Martínez López, E. J., & León Ordaz, J. (2016, febrero 15). Diseño y prototipo de una máquina trituradora de PET. *Cultura Científica y Tecnológica*, 0(54). <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/866>
- Hernández Moyano, J. L., & Fonseca La Rotta, D. (2017). *DISEÑO DE UNA TRITURADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS TIPO PET PARA LA FUNDACIÓN ALIANZA FORESTAL DE COLOMBIA ESP.*
- Hohn, S., Acevedo-Trejos, E., Abrams, J. F., Fulgencio de Moura, J., Spranz, R., & Merico, A. (2020). The long-term legacy of plastic mass production. *Science of The Total Environment*, 746, 141115.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141115>
- Javier Renato Moyano Arévalo, Eugenia Mercedes Naranjo Vargas, & Alex Giovanni Tenicota García. (2020). Diseño y selección de cuchillas para el proceso de trituración de neumáticos y análisis de costos de fabricación. *CCD*, 3, 29-43.
Maquinaria Agrícola Industrial. (s. f.).
<http://maquinariaagricolaindustrial.blogspot.com/2015/02/fabrica-de-cribas-fabricamos-cribas-la.html>.
- Merrington, A. (2017). 9 - Recycling of Plastics. En M. Kutz (Ed.), *Applied Plastics Engineering Handbook (Second Edition)* (pp. 167-189). William Andrew Publishing.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39040-8.00009-2>
- Morales Dávila, L. L. (2020). *Obtención de fragmentos de neumáticos mediante un prototipo de pre-corte* [Universidad Técnica del Norte].
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10472>

- Motor Maq SRL. (s. f.). *Tableros Eléctricos*.
- NEXAM CHEMICAL. (2020, julio 7). *From PET to Textiles*.
<https://www.nexamchemical.com/article/from-pet-to-textiles/>.
- Ogunedo, B. M., & Chukwudi, B. (2020). *Design and Construction of a Low Cost Plastic Shredding Machine*. 7, 374.
- PRECISION. (s. f.). *Variador de Frecuencia*. <https://www.precision.ec/variador-de-frecuencia-powerflex-525-1-5-kw-25b-d4p0n104>.
- Prendho. (2020, octubre 11). *Emprendimiento lojano imprime en 3D con material reciclado*.
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/emprendimiento-lojano-3d-material-reciclado>.
- Reciclaje de PET*. (s. f.). <https://www.ecoologic.com/reciclaje-de-pet>.
- Residuos Profesional. (2020, junio 5). *RECICLAJE DE PET PARA AVANZAR HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR*. <https://www.residuosprofesional.com/reciclaje-pet-economia-circular/#:~:text=El%20proceso%20de%20reciclado,a%20270%20%C%20y%20granular%20se>.
- Rocha Viera, A. G. (2018a). *Prototipado de una máquina trituradora de botellas PET de 600 ml, a través de un software CAD* [Tesis]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Rocha Viera, A. G. (2018b). *Prototipado de una máquina trituradora de botellas PET de 600 ml, a través de un software CAD* [Tesis]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Sánchez Herrera, C. E., Peña Ruiz, G. J., & Rico Leguizamón, L. F. (2018). *Systematic analysis of identification of current uses of polyethylene terephthalate (PET) Recycled in Civil Engineering*.
- Sebastian, J., & Paul, L. (2021). Chapter 13 - Plastic recycling and regeneration. En K. Gupta & K. Salonitis (Eds.), *Sustainable Manufacturing* (pp. 339-365). Elsevier.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818115-7.00016-X>

SEEDTRG. (s. f.). *Motorreductor Trifásico*.

https://www.seedtrg.com/index.php?main_page=product_info&products_id=759784.

Shukla, S. R., Harad, A. M., & Jawale, L. S. (2008). Recycling of waste PET into useful textile auxiliaries. *Waste Management*, 28(1), 51-56.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.11.002>

SpecialChem. (2013). *Comprehensive Guide on Polyethylene Terephthalate (PET)*.

<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-terephthalate-pet-plastic#:~:text=Polyethylene%20terephthalate%20is%20highly%20flexible,%2C%20moisture%2C%20alcohols%20and%20solvents>.

TECYME. (s. f.). *Bandeja Antiderramante*. <https://tecyme.com/producto/bandeja-antiderrame-fierro-galvanizado-ban-me-01/>.

Tolva. (s. f.). <https://max-farmer.com/producto/tolva-para-sistemas-de-comederos/>.

Wikipedia. (s. f.). *Correa de transmisión*.

https://es.wikipedia.org/wiki/Correa_de_transmisi3n.

Zander, N. E., Gillan, M., Burckhard, Z., & Gardea, F. (2019). Recycled polypropylene blends as novel 3D printing materials. *Additive Manufacturing*, 25, 122-130.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.11.009>

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla Técnica del PET

PROPERTIES OF PET

Property	Method	Value	Units
General Properties			
Density	ISO 1183	1.335	g.cm ⁻³
Fire Rating (indoor use) (Report BAM, Aktenzeichen VII.23/24836)	DIN 4102 BS 476 Part 7	B1 1Y	
Mechanical Properties			
Tensile Strength (v = 5mm.min ⁻¹ , -40 ⁰ C)	ISO 527-1,2	77	MPa
Tensile Strength (v = 5mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 527-1,2	57	MPa
Tensile Strength (v = 5mm.min ⁻¹ , 60 ⁰ C)	ISO 527-1,2	35.5	MPa
Tensile Modulus (v = 1mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 527-1,2	2420	MPa
Strain at Break	ISO 527-1,2	No Break	%
Bending Stiffness (v = 2mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 178	86	MPa
Bending Modulus (v = 2mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 178	2400	MPa
Ultimate Bending Stress (v = 2mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 178	No Break	MPa
Compression Strength (v = 5mm.min ⁻¹ , 23 ⁰ C)	ISO 604	56	MPa
Ball Indentation Hardness	ISO 2039-1	117	N.mm ⁻²
Shore Hardness D (15s)	ISO 868	78	
Charpy Impact Toughness (23 ⁰ C)	ISO 179	No Break	kJ.m ⁻²
Charpy Notched Impact Toughness (23 ⁰ C)	ISO 179	4.4	kJ.m ⁻²
IZOD Notched Impact Toughness (23 ⁰ C)	ISO 180	3.54	kJ.m ⁻²
Multiaxial impact force at break (23 ⁰ C, 4mm sheet)	ISO 6603-2	8900	N
Multiaxial impact force at break (-30 ⁰ C, 4mm sheet)	ISO 6603-2	1600	N
Total Work (23 ⁰ C, 4mm sheet)	ISO 6603-2	195	J
Thermal Properties			
Softening Point HDT A (1.8MPa)	ISO 75-1,2	69.3	⁰ C
Softening Point HDT B (0.45MPa)	ISO 75-1,2	72.7	⁰ C
Vicat A Softening Temperature (10N)	ISO 306	79	⁰ C
Vicat B Softening Temperature (50N)	ISO 306	75	⁰ C
Recommended Maximum Continuous Use Temperature		60	⁰ C
Coefficient of Linear Expansion (-40 ⁰ C to +60 ⁰ C)	DIN 53752	<60x10 ⁻⁶	⁰ K ⁻¹
Glass Transition Temperature (DSC; 20 ⁰ C.min ⁻¹)	IEC 1006, A	82	⁰ C
Crystalline Melting Point (DSC)	ISO 3146	ca. 245	⁰ C
Optical Properties			
Refractive Index n _D at 589nm (3mm sheet)	DIN 53491	1.576	
Light Transmission (4mm sheet)	DIN 5036	89	%
Light Dispersion (4mm sheet)	ASTM 1003	0.6	%

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as guaranteeing specific properties of the products described or their suitability for a particular application. Any existing industrial property rights must be observed. The quality of our products is guaranteed under our General Conditions of Sale.

**ANEXO 2: Normas
NEC y NEMA
(Extracto)**

Motor Calculations see one-line diagram.

NEC

The National Fire Protection Association (NFPA) is a national organization that provides guidance in assessing the hazards of the products of combustion. The NFPA publishes the National Electric Code (NEC).

What is the purpose of the NEC?

The NEC is the practical safeguarding of persons and property from the hazards arising from the use of electricity. The city, county, state, and federal agencies use the NEC to set requirements for electrical installations. Article 430 covers requirements for motors, motor circuits, and controllers.

Motor calculation steps:

The following steps adhere to article 430 of the NEC. The steps cover motor full load currents, branch circuit sizing, branch circuit overload protection, feeder sizing, and feeder over current protection sizing for single- and three-phase, Alternating Current Motors of more than 1 horsepower.

Step 1 Single Phase - Find the FLC (full load current) - Table 430-148 single phase

Step 1 Three Phase - Find the FLC (full load current) - Table 430-150 three phase

Step 2 Branch Circuit Conductor Sizing - 430-22 Single Motor: Calculate 125% of FLC = Ampacity - Turn to 310-16 to find the wire size.

Step 3 Branch Circuit Overcurrent Protection Sizing - 430-152 Select type of motor and type of over current protection device from the chart and multiply values given by the FLC of the motor. If the calculated value does not correspond to a standard fuse or breaker size listed in 240-6 then you are allowed to go up to the next higher size.

Step 4

Sizing Overload Protection - Minimum = 430-32, Maximum = 430-34

You will need the service factor and temperature rise information for this step.

Note: Use nameplate current rating when calculating overloads. If it is not given, you can use FLC from tables.

Conductor Insulation Abbreviations:

F - Fixture wire (solid or 7 strand)
FF - Flexible fixture wire (19 strands)
H - 75 deg Centigrade insulation rating
HH - 90 deg Centigrade insulation rating
N - Nylon outer cover
T - Thermoplastic insulation
W - Wet or damp

Example: TW can be described as: Thermoplastic insulation, suitable for wet or dry locations
Maximum operating temperature is *60C

* Used table 310-13 (it is not in this handout)

Detailed explanation of steps:

Step 1 - Find the 'Full Load Current' of the motor. The FLC is the current level required to produce full load torque on the motor shaft at the rated speed.

Find the phase of the motor, (this will dictate which table you will go to for the FLC. If the motor is single phase, use 430-148. If the motor is three phase, use 430-150. Once you are at the appropriate table. Find the voltage and horsepower of the motor and use the chart to find the FLC. Write the FLC down, you will need it throughout each step except step 2. If the nameplate FLC rating is given, you will use it in Step 2.

Example: What is the FLC of a single phase, 2 HP, 115 volt motor?

Answer: T 430-148 FLC = 24 amps

Example: What is the FLC of a three phase, 5 HP, 230 volt motor?

Answer: T 430-150 FLC = 15.2 amps

Table 430-148. Full-Load Currents in Amperes Single-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are for motors running at usual speeds and motors with normal torque characteristics. Motors built for especially low speeds or high torques may have higher full-load currents, and multispeed motors will have full-load current varying with speed, in which case the nameplate current ratings shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120 and 220 to 240 volts.

HP	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts
1/6	4.4	2.5	2.4	2.2
1/4	5.8	3.3	3.2	2.9
1/3	7.2	4.1	4.0	3.6
1/2	9.8	5.6	5.4	4.9
3/4	13.8	7.9	7.6	6.9
1	16	9.2	8.8	8
1 1/2	20	11.5	11	10
2	24	13.8	13.2	12
3	34	19.6	18.7	17
5	56	32.2	30.8	28
7 1/2	80	46	44	40
10	100	57.5	55	50

Table 430-150. Full-Load Current Three-Phase Alternating-Current Motors

The following values of full-load currents are typical for motors running at speeds usual for belted motors and motors with normal torque characteristics.

Motors built for low speeds (1200 RPM or less) or high torques may require more running current, and multispeed motors will have full-load current varying with speed. In these cases the nameplate current rating shall be used.

The voltages listed are rated motor voltages. The currents listed shall be permitted for system voltage ranges of 110 to 120, 220 to 240, 440 to 480, and 550 to 600 volts.

HP	Induction Type Squirrel-Cage and Wound-Rotor Amperes							Synchronous Type Unity Power Factor* Amperes				
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	
1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9						
3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3						
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7						
1 1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4						
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7						
3		11.0	10.6	9.6	4.8	3.9						
5		17.5	16.7	15.2	7.6	6.1						
7 1/2		25.3	24.2	22	11	9						
10		32.2	30.8	28	14	11						
15		48.3	46.2	42	21	17						
20		62.1	59.4	54	27	22						
25		78.2	74.8	68	34	27		53	26	21		
30		92	88	80	40	32		63	32	26		
40		120	114	104	52	41		83	41	33		
50		150	143	130	65	52		104	52	42		
60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12	
75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15	
100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20	
125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25	
150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30	
200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40	
250					302	242	60					
300					361	289	72					
350					414	336	83					
400					477	382	95					
450					515	412	103					
500					590	472	118					

*For 90 and 80 percent power factor, the above figures shall be multiplied by 1.1 and 1.25 respectively.

Step 2 - 430-22 Calculating the minimum size branch circuit for a single motor is as simple as multiplying the FLC by 125%.

Conductors supplying a single motor shall have an ampacity of not less than 125%. Use the FLC rating from step 1.

Example: What is the minimum branch circuit ampacity for a 5hp, three phase, 230 volt motor using THW conductors?

Answer: FLC (T430-150) = 15.2 amps x 125% = 19 amps **T310-16** = 14 AWG THW

Note: Smallest conductor size per NEC for branch circuits, feeders, or services is No. 14. Some local codes require a minimum No.12 for commercial and industrial installations. Conductors smaller than No. 14 are permitted for –Motor Control Circuits.

Table 310-16

Allowable Ampacities of Insulated Conductors
 Rated 0-2000 Volts, 60° to 90°C (140° to 194°F)
 NOT MORE THAN THREE CONDUCTORS in Raceway or Cable or Earth
 (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)
 Temperature Rating of Conductor

AWG (kcmil)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)
	TYPES TW†, UF†	TYPES FEPW†, RH†, RHW†, THHW†, TA, TBS, SA, SIS, FEP†, FEPB†, MI, RHH†, RHW-2, THW†, THWN†, XHHW†, THHN†, THHW†, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, USE†, ZW†	TYPES XHHW†, XHHW-2, ZW-2
18	....	....	14
16	....	....	18
14	20 †	20 †	25 †
12	25 †	25 †	30 †
10	30	35 †	40 †
8	40	50	55
6	55	65	75
4	70	85	95
3	85	100	110
2	95	115	130
1	110	130	150
1/0	125	150	170
2/0	145	175	195
3/0	165	200	225
4/0	195	230	260
250	215	255	290
300	240	285	320
350	260	310	350
400	280	335	380
500	320	380	430
600	355	420	475
700	385	460	520
750	400	475	535
800	410	490	555
900	435	520	585
1000	455	545	615
1250	495	590	665
1500	520	625	705
1750	545	650	735
2000	560	665	750

† Unless otherwise specifically permitted in this Code, the overcurrent protection for conductor types marked with an ebelisk (†) shall not exceed 15 amperes for No.14, 20 amperes for No.12, and 30 amperes for No.10 copper, after any correction factors for ambient temperature and number of conductors have been applied.

Temperature Correction Factors
 For ambient temperatures other than 30°C (86°F),
 multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.

Ambient Temp. °C	60°C	75°C	90°C
30	1.00	1.00	1.00
40	.82	.88	.91
50	.58	.75	.82
60	....	.58	.71
70	....	.33	.58
80	....	....	.41

Step 3 - Table 430-152 - Motors shall have a rating or setting of motor branch-circuit short-circuit and ground-fault protective devices capable of carrying the motors inrush currents at startup. 430-152 is the maximum allowable ratings of these devices. You will need to know the type of protective device and the type of the motor. The protective devices are listed in a row at the top of the chart.

If it is a single phase motor, you only have one column on the chart to find the percentages of the FLC. If it is 3 phase (polyphase = more than one) you have several choices. You will need to know whether it is a Wound Rotor, other than a wound rotor, Squirrel Cage (Design E, or other than Design E,) or a Synchronous type motor. This will dictate which column you use to find the percentages of the FLC to calculate maximum overcurrent protection.

Example: What is the maximum size inverse time breaker for a 5hp, three phase, 230 volt, wound rotor motor?
 Answer: FLC = 15.2 amps x 150 % (T430-152) = 22.8 go to 240-6. 22.8 is not a standard size. You are allowed to go up to the next higher size for branch circuits. Maximum size inverse time breaker = 25

Table 430-152. Maximum Rating or Setting of Motor Branch-Circuit Short-Circuit and Ground-Fault Protective Devices

Type of Motor	Percent of Full-Load Current			
	Nontime Delay Fuse**	Dual Element (Time-Delay) Fuse**	Instantaneous Trip Breaker	Inverse Time Breaker*
Single-phase motors	300	175	800	250
AC polyphase motors other than wound-rotor				
Squirrel Cage:				
Other than Design E	300	175	800	250
Design E	300	175	1100	250
Synchronous†	300	175	800	250
Wound rotor	150	150	800	150
Direct-current (constant voltage)	150	150	250	150

Exercise:
 Find the overload protection, wire size, and over current circuit protection for the following motor:
 General Electric squirrel cage induction motor
 Rated at:
 5 HP 3-phase motor with SF 1.15
 230/460 V
 12.4/6.2 Amp nameplate current.

Use wire type THHW
 Find dual element fuse and instantaneous circuit breaker size.

• For certain exceptions to the values specified, see Sections 430-52 through 430-54.
 *The values given in the last column also cover the ratings of nonadjustable inverse time types of circuit breakers that may be modified as in Section 430-52.
 **The values in the Nontime Delay Fuse Column apply to Time-Delay Class CC fuses.
 †Synchronous motors of the low-torque, low-speed type (usually 450 rpm or lower), such as are used to drive reciprocating compressors, pumps, etc., that start unloaded, do not require a fuse rating or circuit-breaker setting in excess of 200 percent of full-load current.

240-6. Standard Ampere Ratings.

(a) Fuses and Fixed Trip Circuit Breakers. The standard ampere ratings for fuses and inverse time circuit breakers shall be considered 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, and 6000 amperes.

Exception: Additional standard ratings for fuses shall be considered 1, 3, 6, 10, and 601.

Step 4 - 430-32 Calculate to find the **minimum** overload protection. You must know the *service factor* and the *temperature rise* ratings of the motor.

The service factor rating is the amount of output the motor can develop without causing harm to the motor. If a 5 HP motor has a service factor of 1.15 the motor can produce an output of 5.75 HP without harming the motor. The service factor could be seen as a safety measure which would allow the motor to produce extra power if it was needed.

The temperature rise is the difference of the motor winding temperature when running at its full potential and the ambient temperature. If the temperature rise does not exceed 40 C when running at its full potential, the motor will not be harmed. This is also a safety margin.

Overloads protect the motor. This is why the service factor and the temperature rise are important. Look at **430-32**. If the service factor is not less than 1.15 or the temperature is not more than 40 C then you are allowed to size the overload at 125% of the FLC. If the motor has less than a 1.15 service factor or the temperature rise is greater than 40 C then it falls into the "all other motors" category and you must size the overload at 115%.

Maximum overload **430-34** - If the minimum overload is not of sufficient size to start the motor or carry the load, the next higher size overload can be used, but you can not exceed the percentages listed in 430-34. You are allowed 140% of the nameplate for motors with service factors of not less than 1.15 or a temperature rise of not over 40 C. All other motors shall have a maximum overload protection of 130% of the nameplate FLC.

!!!! Always use the nameplate FLC if given when calculating OVERLOADS !!!!

Example: What is the minimum overload for a 3hp, single phase, and 115 volt motor with a nameplate FLC of 32 amps, with a temperature rise of 40 C?

Answer: Nameplate rating = 32 amps x 125% (from table 430-32) = 40 minimum overload

Example: What is maximum overload for the above motor?

Answer: Nameplate rating = 32 amps x 140% (from table 430-34) = 44.8 maximum overload

Example: What if it asked for the maximum overload and did not give the nameplate rating?

Answer: FLC from T430-148 = 34 amps x 140% = 47.6 maximum overload.

Always use nameplate FLC if given!

Example: What is the minimum overload for a 3hp, single phase, 115 volt motor with a nameplate of 32 amps and a service factor of 1.10?

Answer: Nameplate rating = 32 amps x 115% (all other motors because the service factor was less than 1.15) = 36.8 minimum overload

430-32. Continuous-Duty Motors.

(a) More than 1 Horsepower. Each continuous-duty motor rated more than 1 horsepower shall be protected against overload by one of the following means:

(1) A separate overload device that is responsive to motor current. This device shall be selected to trip or shall be rated at no more than the following percent of the motor nameplate full-load current rating.

Motors with a marked service factor not less than 1.15.....	125%
Motors with a marked temperature rise not over 40°C.....	125%
All other motors.....	115%

Modification of this value shall be permitted as provided in Section 430-34. For a multispeed motor, each winding connection shall be considered separately.

Where a separate motor overload device is so connected that it does not carry the total current designated on the motor nameplate, such as for wye-delta starting, the proper percentage of

430-34. Selection of Overload Relay. Where the overload relay selected in accordance with Sections 430-32(a)(1) and (c)(1) is not sufficient to start the motor or to carry the load, the next higher size overload relay shall be permitted to be used, provided the trip current of the overload relay does not exceed the following percentage of motor nameplate full-load current rating.

Motors with marked service factor not less than 1.15	140%
Motors with a marked temperature rise not over 40°C.....	140%
All other motors	130%

If not shunted during the starting period of the motor as provided in Section 430-35, the overload device shall have sufficient time delay to permit the motor to start and accelerate its load.

(FPN): A Class 20 or 30 overload relay will provide a longer motor acceleration time than a Class 10 or 20, respectively. Use of a higher class overload relay may preclude the need for selection of a higher trip current.

Step 5 - 430-24 When you have more than one motor or you have one motor and an additional load the feeder conductors shall be equal to the sum of the FLC for all the motors and all additional loads plus 25% of the FLC of the largest motor. **IMPORTANT:** If you have an additional load which is not a motor, and the FLC of the additional load is greater than the largest motor, you do not add 25% to the additional load, **you must add the 25% to the largest motor, regardless of the size of the additional load.** Turn to 310-16 to find the wire size.

Example - You have a motor with a FLC of 10 amps and a heat load of 15 amps on a feeder.

Largest motor = 10 amps x 125% = 12.5 amps plus the additional heat load of 15 amps = 27.5 amps

Even though the heat load FLC was greater than that of the motor, we still added the 25% to the largest **motor!**

Example: What is the minimum size THHN feeder allowed for 1 - 3hp, three phase, 208 volt motor and 1 - 2hp, single phase 208 volt motor?

Answer: 3hp motor = 10.6 amps - 2hp motor = 13.2 amps

Largest FLC motor = 13.2 amps x 125% = 16.5 amps plus smaller FLC motor 10.6 amps = 27.1 Go to 310-16 - THHN for 27.1 amps = 12 AWG Feeder Conductor

Step 6 - 430-62 A feeder supplying a specific fixed motor load(s) and consisting of conductor sizes based on 430-24 shall be provided with a protective device having a rating or setting not greater than the largest rating of the largest protective device for any motor supplied by the feeder plus the sum of the FLC of the other motors in the group.

You simply find the motor with the largest overcurrent protective device from step 4 and add to the rating of that device the full load currents of all the other motors.

Example: What size feeder overcurrent protection using dual element fuses is required for

1 - 3hp, three phase, 208 volt motor and

1 - 2hp, single phase 208 volt motor?

Answer:

Branch circuit OCP 3hp, 3 phase motor = 10.6 amps x 175% (T430-152) = 18.55 next higher size 20 amp

Branch circuit OCP 2hp, 1 phase motor = 13.2 amps x 175% (T430-152) = 23.10 next higher size = 25 amp

For Feeder overcurrent protection you add the branch circuit OCP for the largest motor 13.2 amps = 25 amp plus the FLC of the other motor(s).

25 amps (largest FLC motor) plus 10.6 amps (FLC of the smaller motor) = 35.6 amps

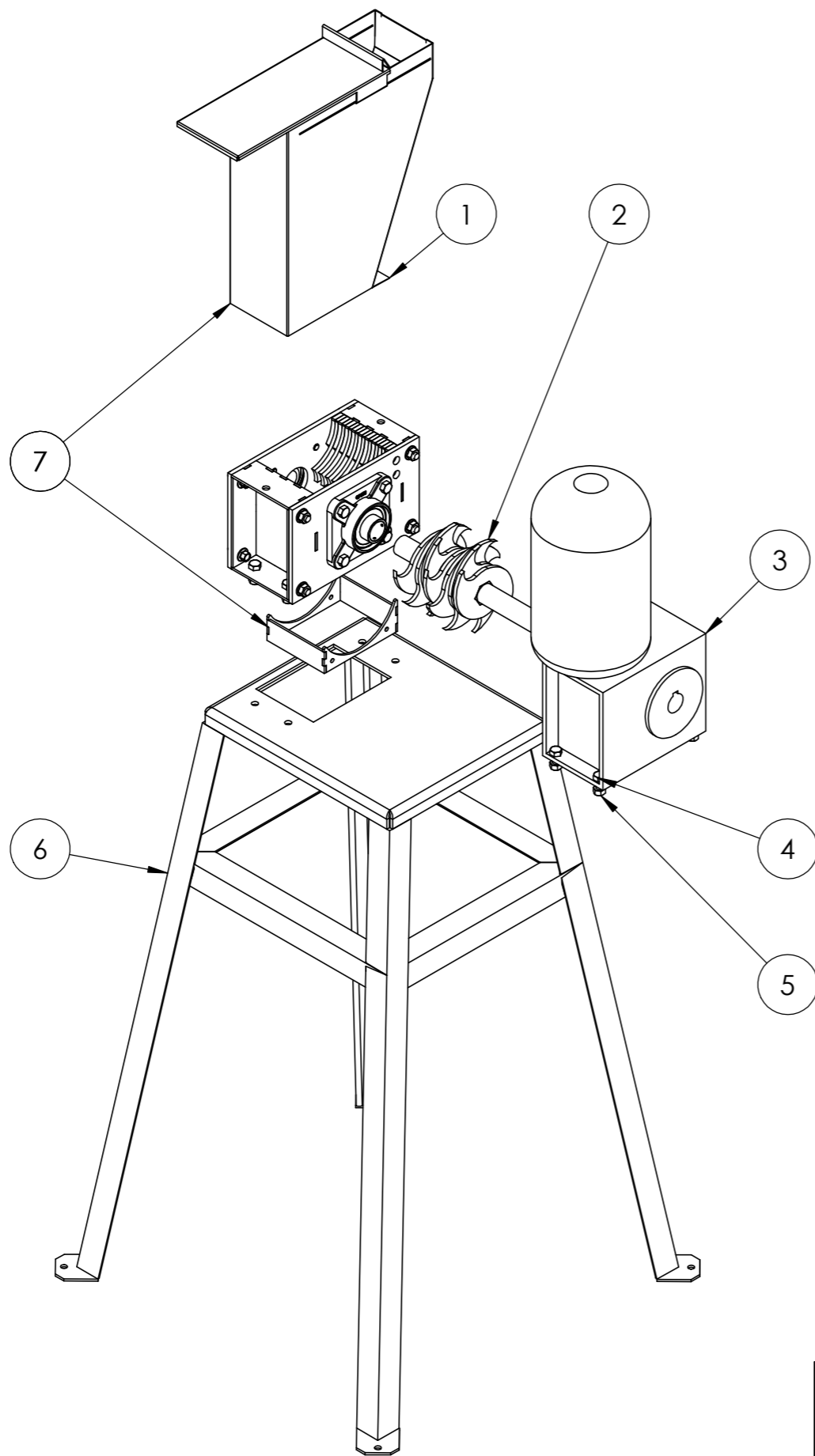
Go to **240-6** to find standard fuse sizes. 35.6 is not a standard fuse size.

You are not allowed to go up to the next higher size for feeder overcurrent protection. You must go down.

Maximum feeder overcurrent protection = 35 amp

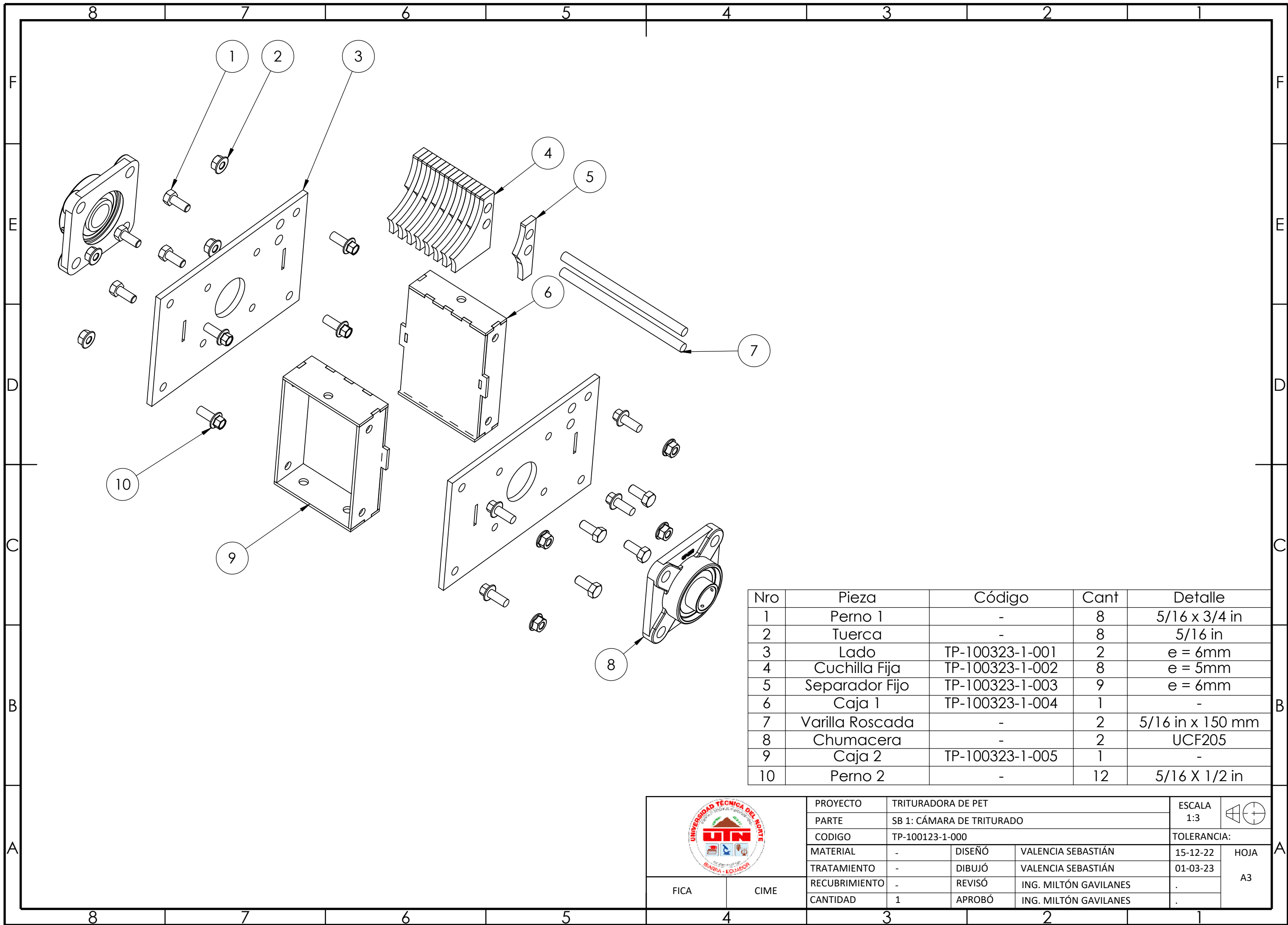
Steps & NEC Rules	M1	M2	M3
Step 1 Motor FLC Table 430-148 & 150	_____ FLC	_____ FLC	_____ FLC
Step 2 Branch circuit Conductor Table 430-22, Table 310-16	_____ X 1.25 = _____	_____ X 1.25 = _____	_____ X 1.25 = _____
Step 3 Branch circuit protection Table 430-152, Table 240-6	_____ X _____ = _____ Next size up	_____ X _____ = _____ Next size up	_____ X _____ = _____ Next size up
Step 4 Overload heaters based on motor nameplate current <i>Standard</i> 430-32	_____ X 1. _____ = _____	_____ X 1. _____ = _____	_____ X 1. _____ = _____
Step 4 Overload heaters <i>Maximum</i> 430-34	_____ X 1. _____ = _____	_____ X 1. _____ = _____	_____ X 1. _____ = _____
Step 5 Feeder conductor Table 430-24, Table 310-16	_____ X 1.25 + _____ + _____ + _____ = _____		
Step 6 Feeder Protection Table 430-62, Table 310-152 and 240-6	_____ + _____ + _____ + _____ = _____ Next size down		

ANEXO 3: Planos



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Sb1: Cámara de triturado	TP-100323-1-000	1	-
2	Sb2: Eje y cuchillas	TP-100323-2-000	1	-
3	Motor	-	1	WEG 1hp 60 rpm
4	Perno	-	8	3/8 x 3/4 in
5	Tuerca	-	8	3/8 in
6	Sb3: Estructura	TP-100323-3-000	1	-
7	Sb4: Ingreso y extracción	TP-100323-4-000	1	-

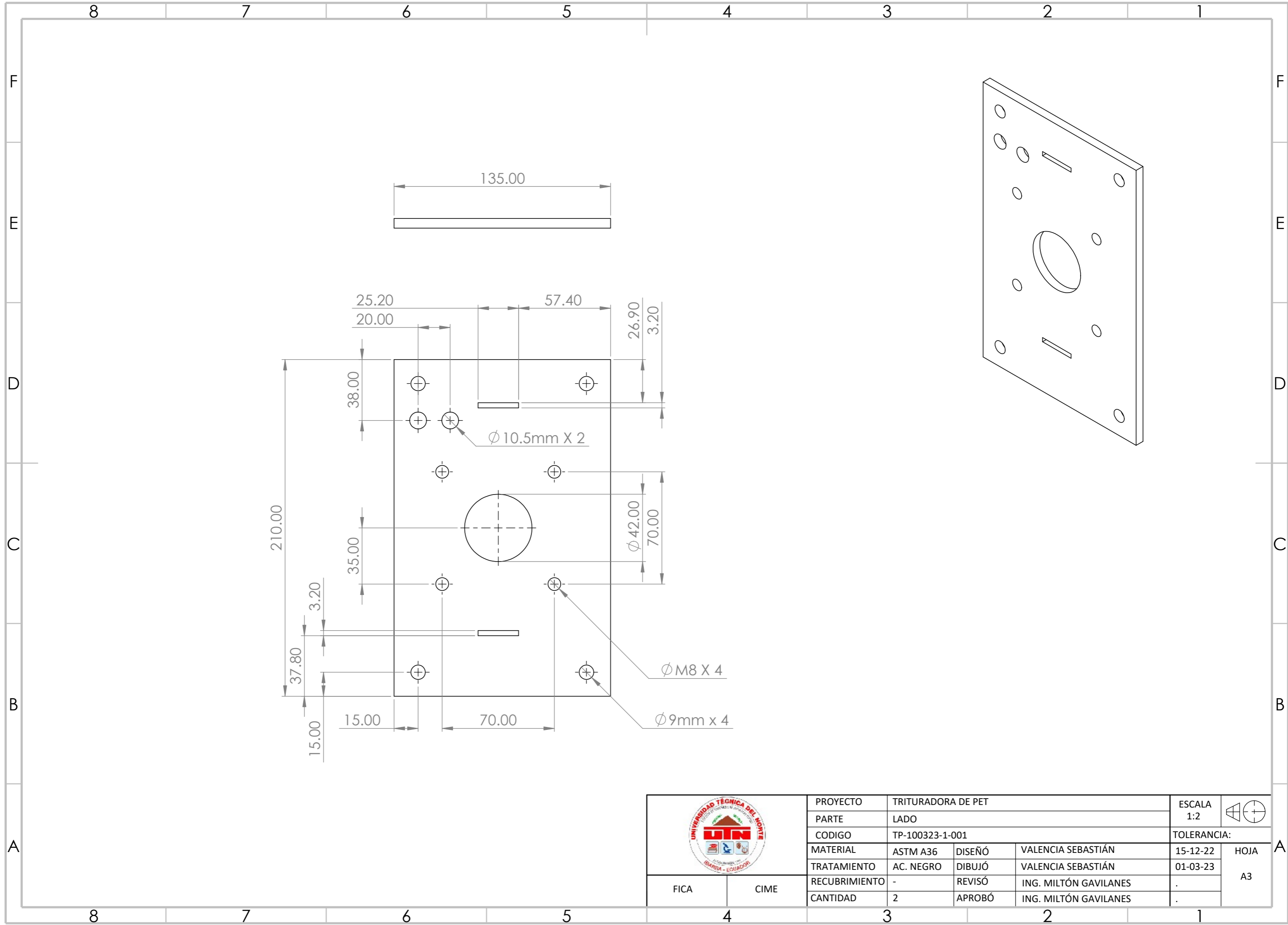
	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:7	
	PARTE			TRITURADORA DE PET			
	CODIGO			TS-100123-0-000		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	NA	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO	NA	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		A3
		CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		



Nro	Pieza	Código	Cant	Detalle
1	Perno 1	-	8	5/16 x 3/4 in
2	Tuerca	-	8	5/16 in
3	Lado	TP-100323-1-001	2	e = 6mm
4	Cuchilla Fija	TP-100323-1-002	8	e = 5mm
5	Separador Fijo	TP-100323-1-003	9	e = 6mm
6	Caja 1	TP-100323-1-004	1	-
7	Varilla Roscada	-	2	5/16 in x 150 mm
8	Chumacera	-	2	UCF205
9	Caja 2	TP-100323-1-005	1	-
10	Perno 2	-	12	5/16 X 1/2 in

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3	
	PARTE			SB 1: CÁMARA DE TRITURADO			
	CODIGO			TP-100123-1-000		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	-	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	A3	
CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		

FICA CIME



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:2		
	PARTE			LADO				
	CODIGO			TP-100323-1-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL		ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
	RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
CANTIDAD		2	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		
FICA	CIME							

4 3 2 1

F

F

E

E

D

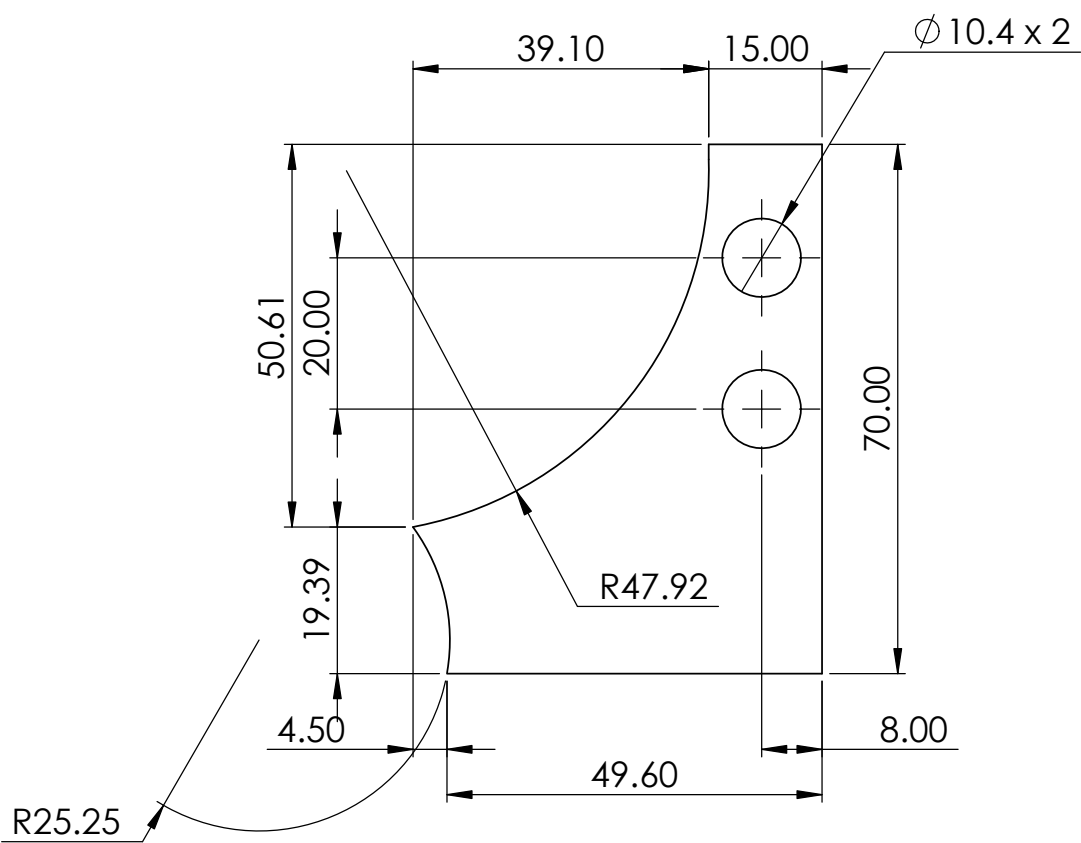
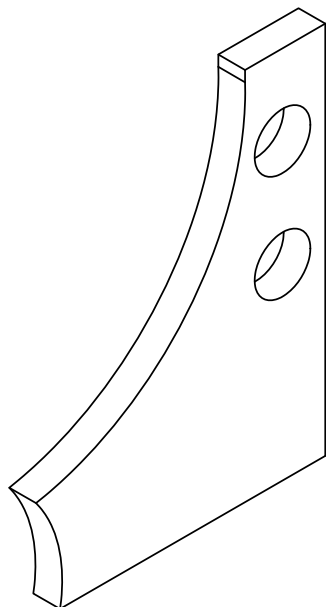
D

C

C

B

B



A

A



PROYECTO		TRITURADORA DE PET			ESCALA 1:1		
PARTE		CUCHILLA FIJA					
CODIGO		TP-100323-1-002			TOLERANCIA:		
MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4	
TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		
		CANTIDAD	8	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		

4 3 2 1

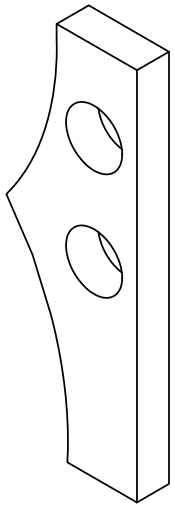
4 3 2 1

F

F

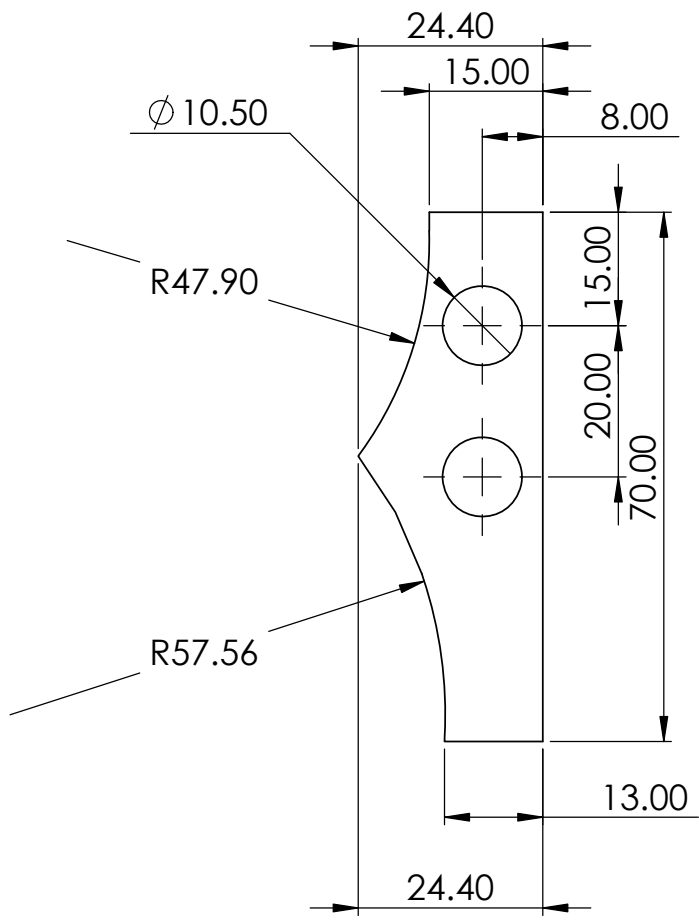
E

E



D

D



C

C

B

B

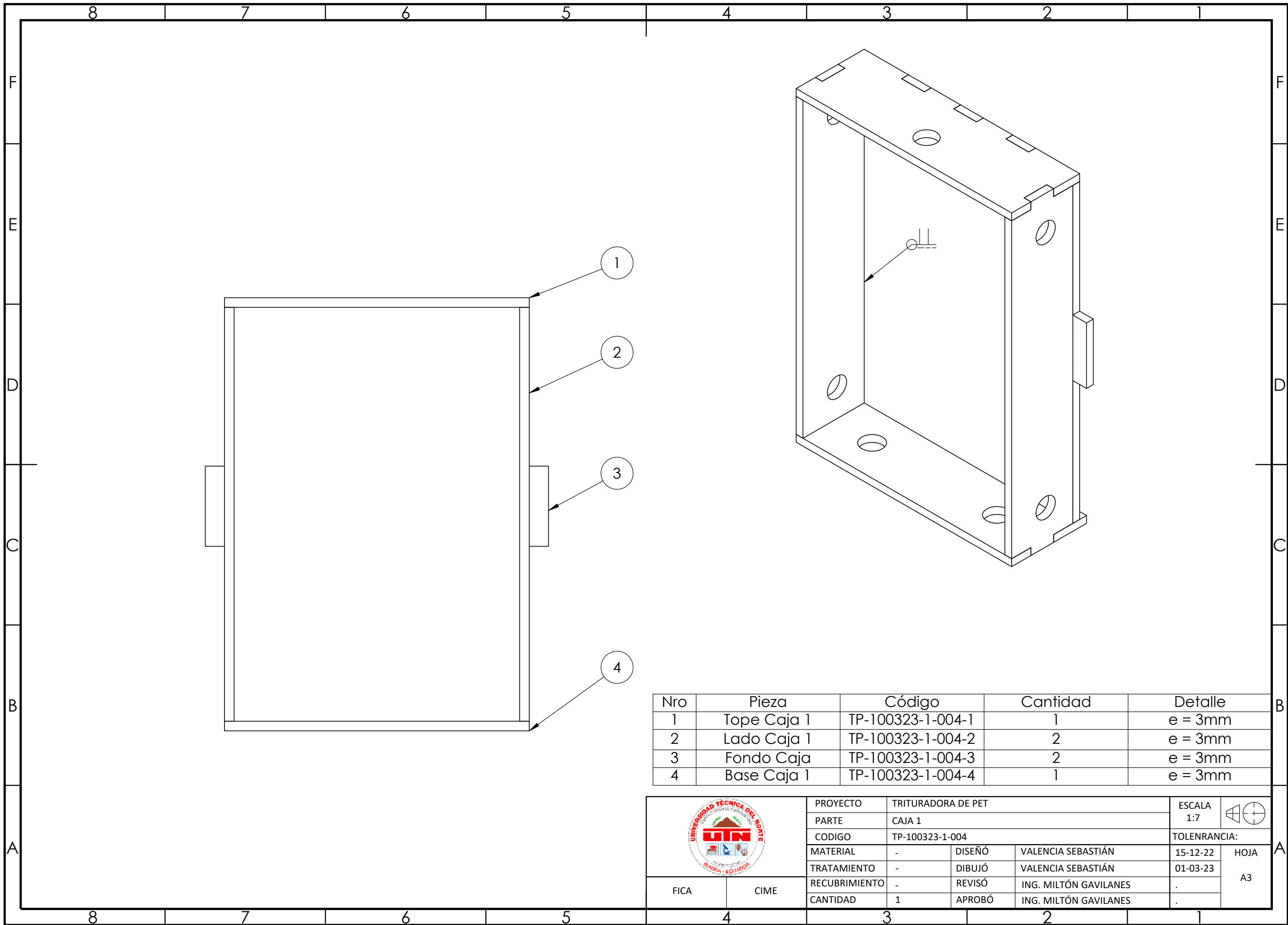
A

A


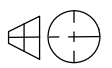


PROYECTO		TRITURADORA DE PET			ESCALA 1:1		
PARTE		SEPARADOR FIJO					
CODIGO		TP-100323-1-003			TOLERANCIA:		
MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4	
TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.
CANTIDAD		9	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES			.

4 3 2 1



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Tope Caja 1	TP-100323-1-004-1	1	e = 3mm
2	Lado Caja 1	TP-100323-1-004-2	2	e = 3mm
3	Fondo Caja	TP-100323-1-004-3	2	e = 3mm
4	Base Caja 1	TP-100323-1-004-4	1	e = 3mm

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:7	
	PARTE			CAJA 1			
	CODIGO			TP-100323-1-004		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		-	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME	CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	

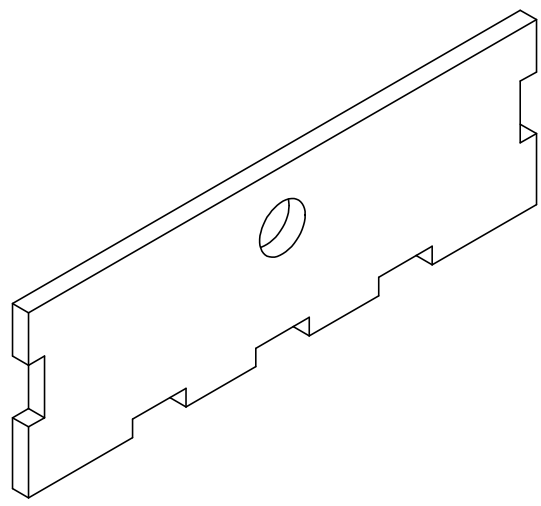
4 3 2 1

F

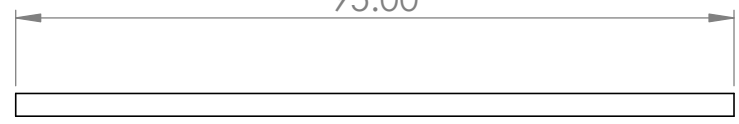
F

E

E



95.00

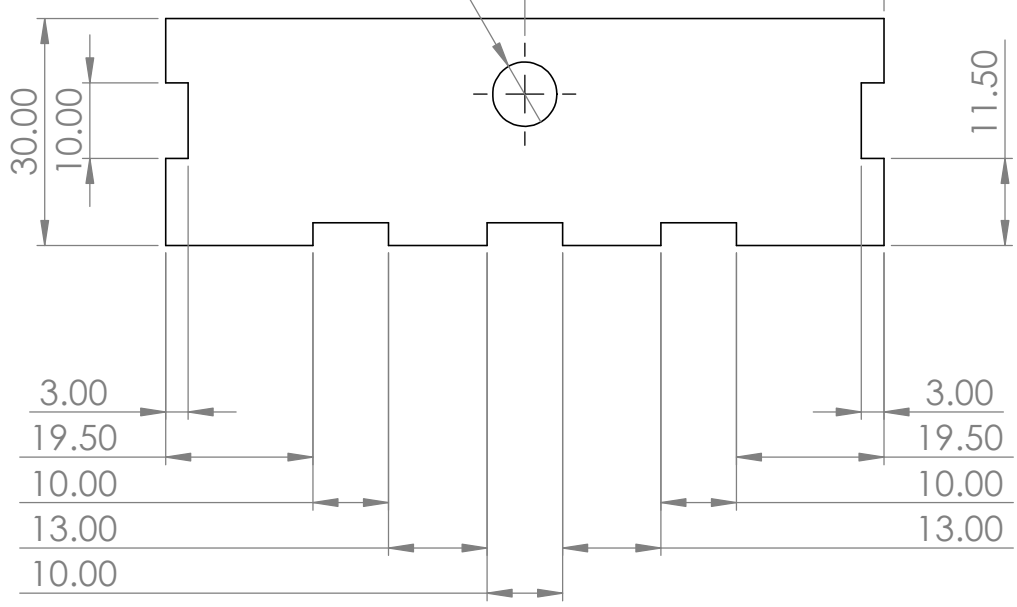


D

D

∅ 8.50

47.50



C

C

B

B

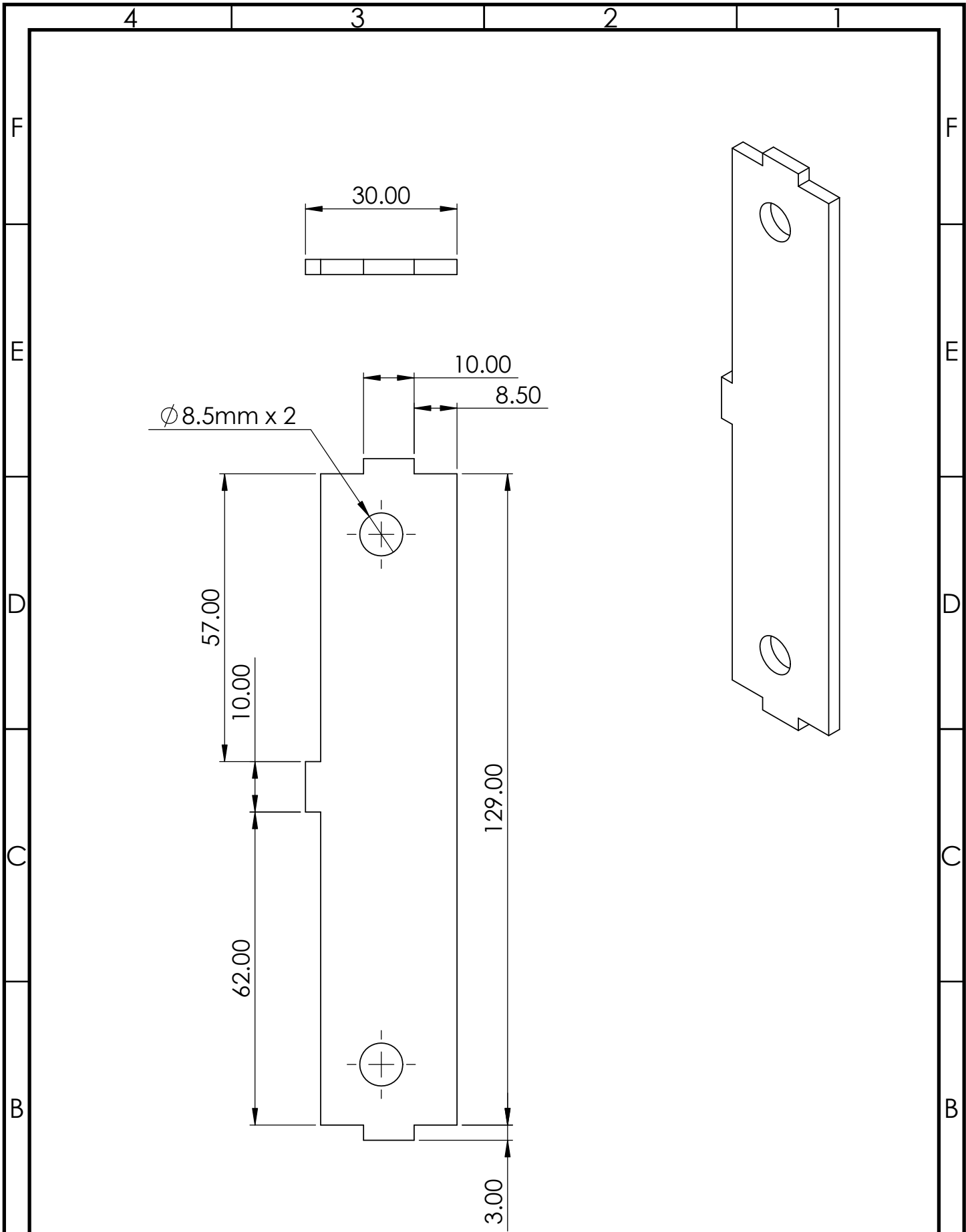
A

A

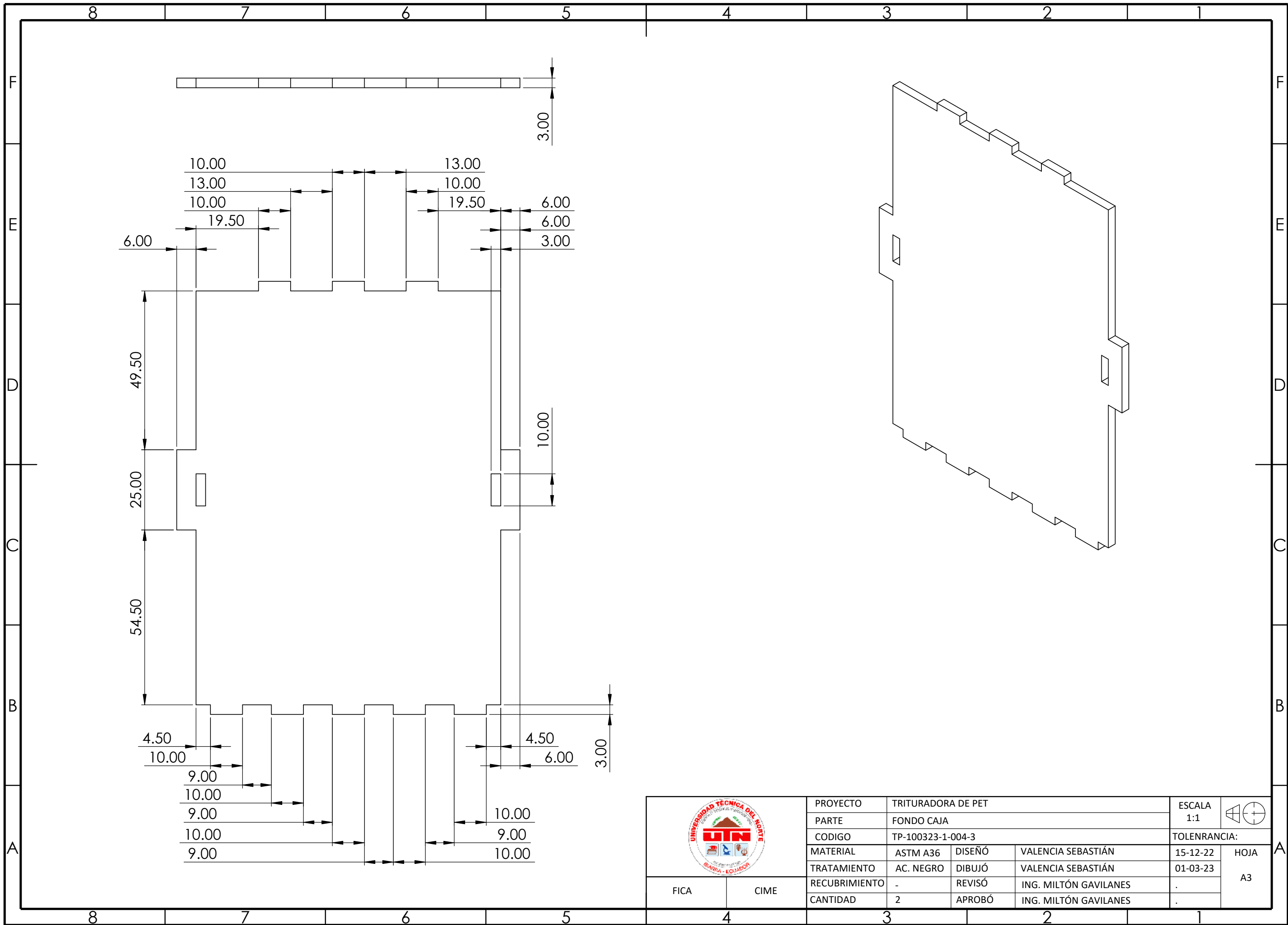



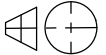
		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA		
		PARTE		TOPE CAJA 1			1:1		
		CODIGO		TP-100323-1-004-1			TOLERANCIA:		
MATERIAL		ASTM A36	DISEÑO		VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22		HOJA A4
TRATAMIENTO		AC. NEGRO	DIBUJÓ		VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		
CANTIDAD		1	APROBÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		

4 3 2 1



		PROYECTO		TRITURADORA DE PET		ESCALA		
		PARTE		LADO CAJA 1		1:1		
		CODIGO		TP-100323-1-004-2		TOLERANCIA:		
		MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22		HOJA
		TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		A4
		CANTIDAD	2	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA	
	PARTE			FONDO CAJA				1:1
	CODIGO			TP-100323-1-004-3		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA
	TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	A3
CANTIDAD	2	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		

FICA	CIME
------	------

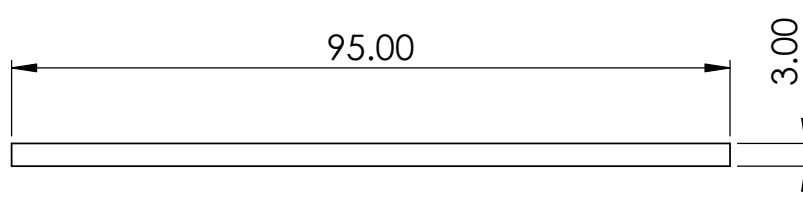
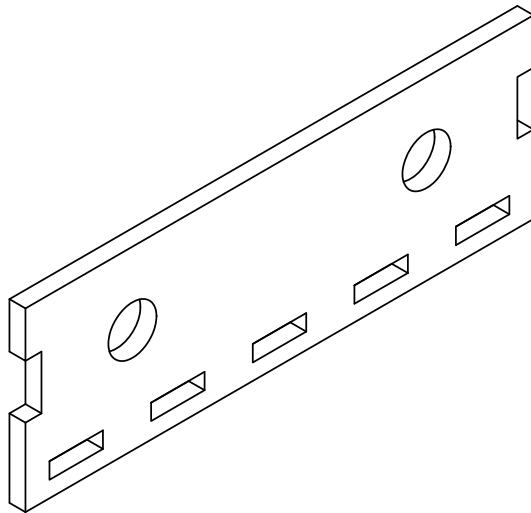
4 3 2 1

F

F

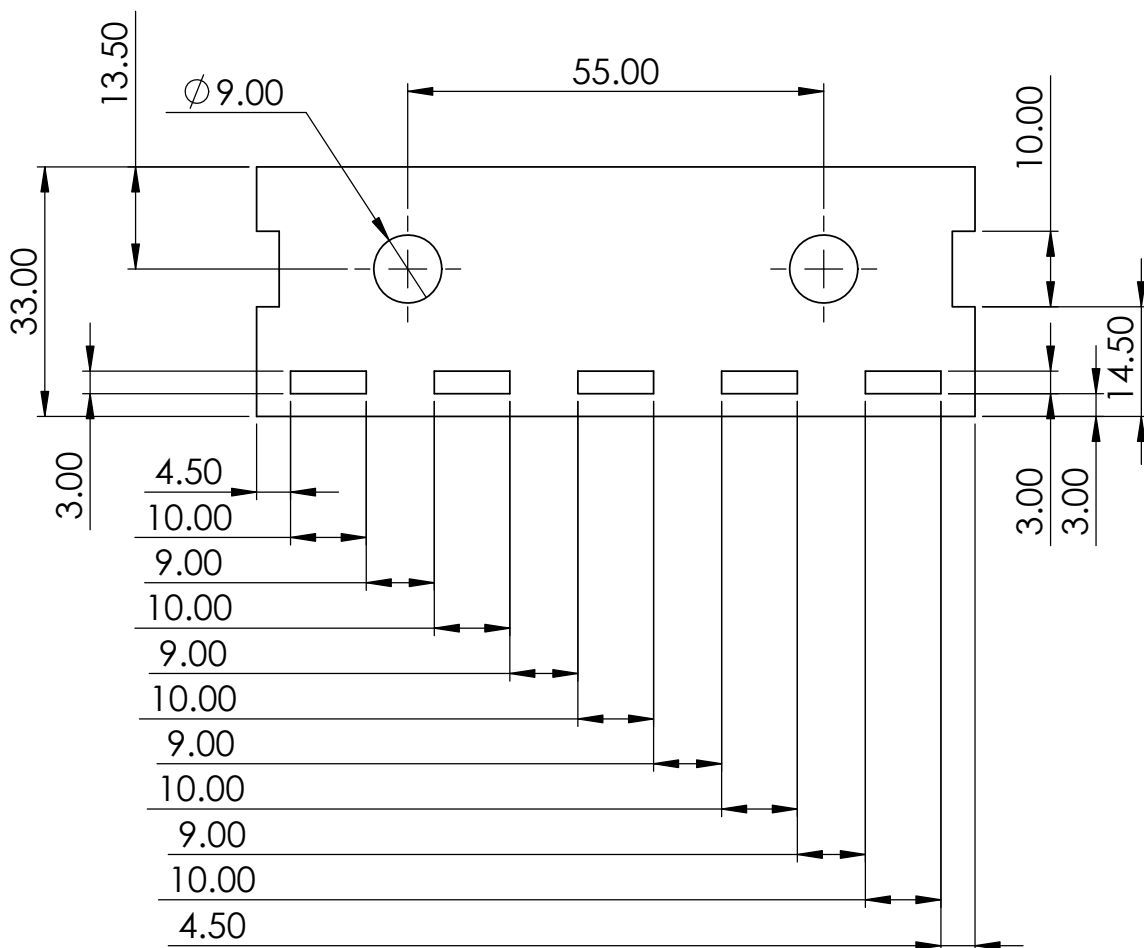
E

E



D

D



C

C

B

B

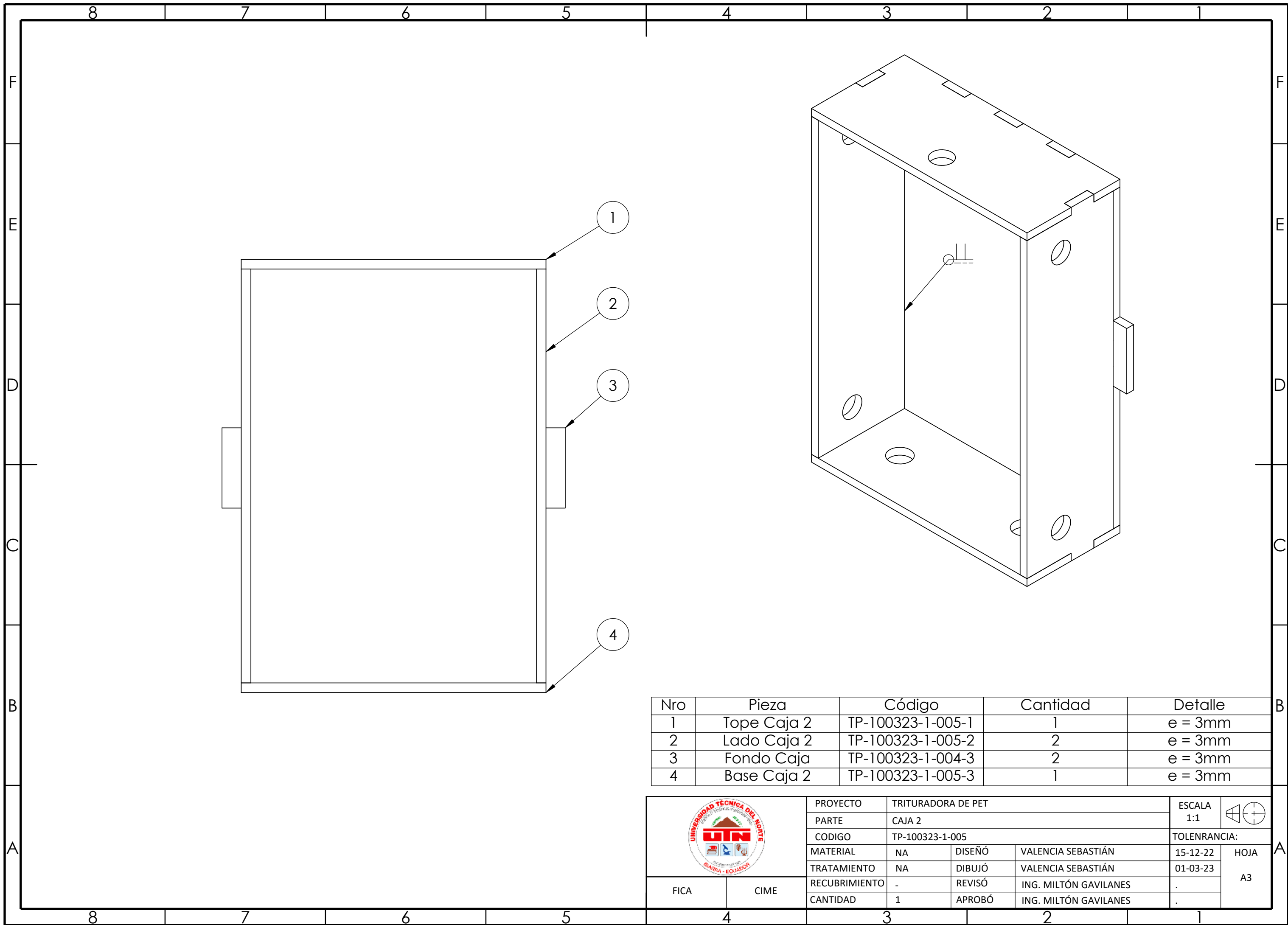
A

A



PROYECTO		TRITURADORA DE PET			ESCALA	
PARTE		BASE CAJA 1			1:1	
CODIGO		TP-100323-1-004-4			TOLERANCIA:	
MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Tope Caja 2	TP-100323-1-005-1	1	e = 3mm
2	Lado Caja 2	TP-100323-1-005-2	2	e = 3mm
3	Fondo Caja	TP-100323-1-004-3	2	e = 3mm
4	Base Caja 2	TP-100323-1-005-3	1	e = 3mm

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:1	
	PARTE			CAJA 2			
	CODIGO			TP-100323-1-005		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	NA	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO	NA	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		
CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		
FICA		CIME					

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

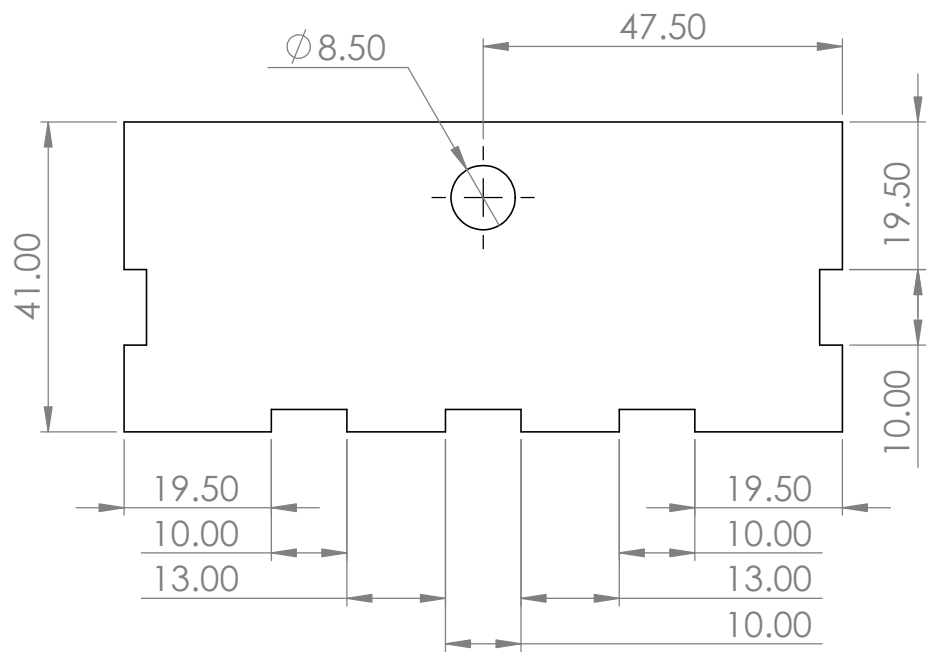
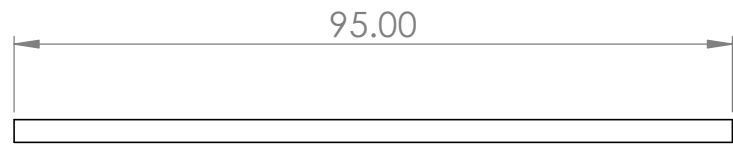
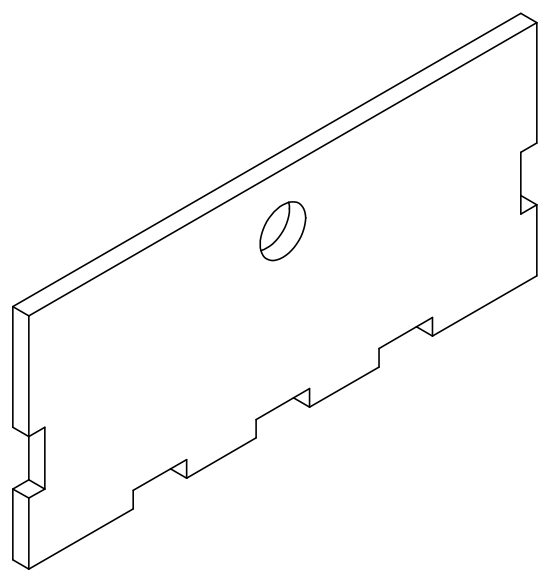
C

B

B

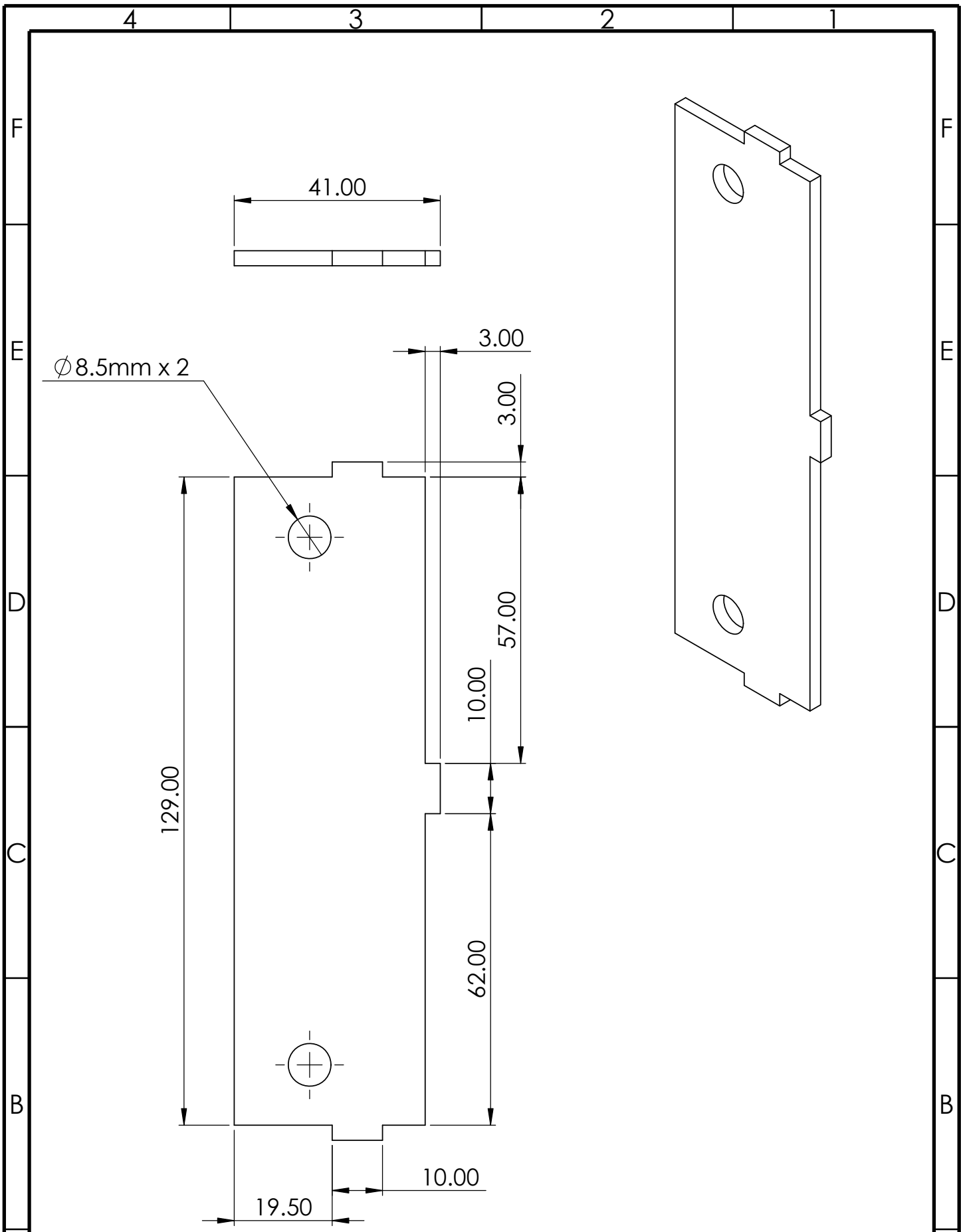
A

A



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA				
		PARTE		TOPE CAJA 2		1:1					
FICA		CIME		CODIGO			TP-100323-1-005-1		TOLERANCIA:		
MATERIAL		ASTM A36		DISEÑO		VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22		HOJA	
TRATAMIENTO		AC. NEGRO		DIBUJÓ		VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23			
RECUBRIMIENTO		-		REVISÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		A4	
CANTIDAD		1		APROBÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.			

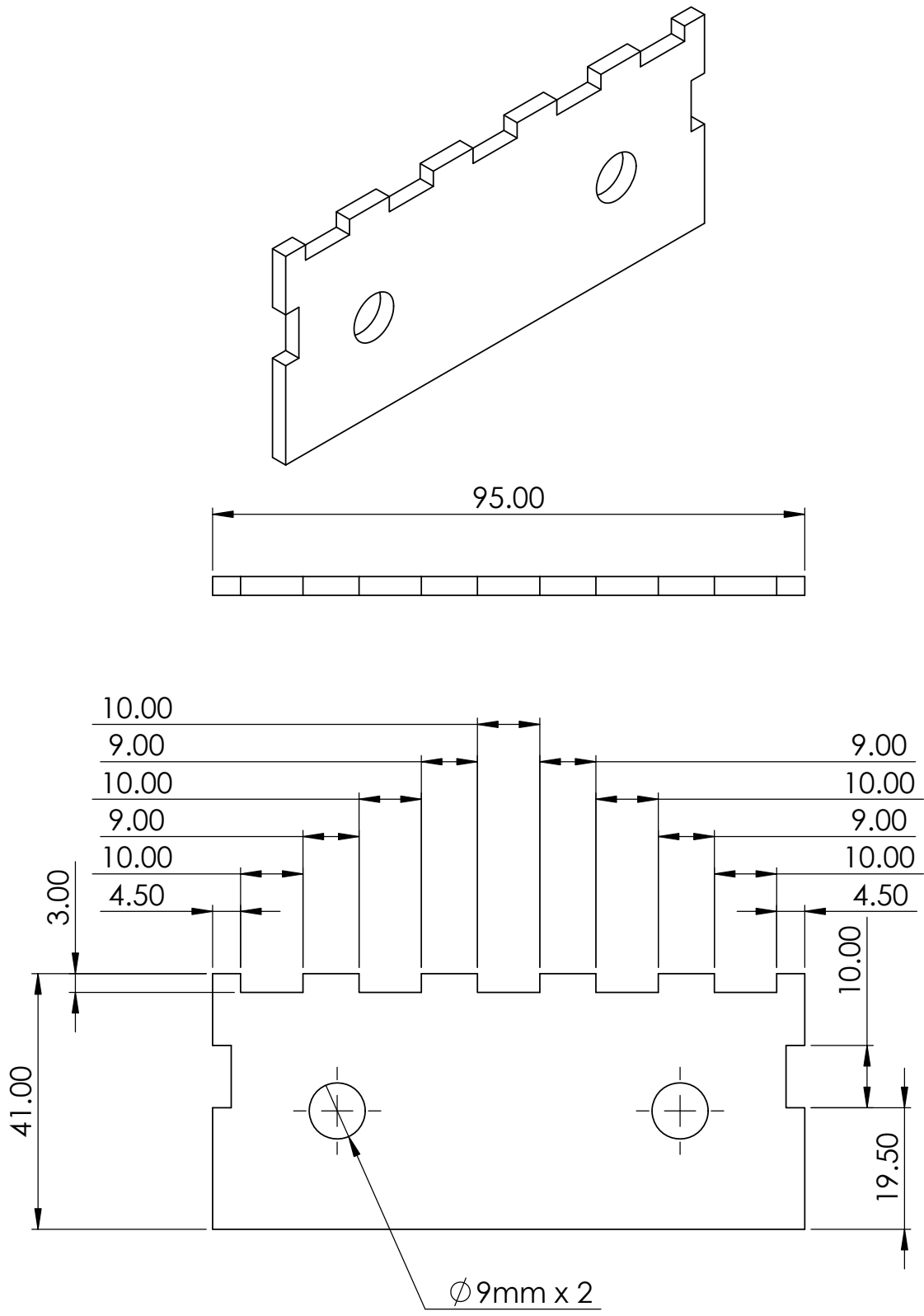
4 3 2 1



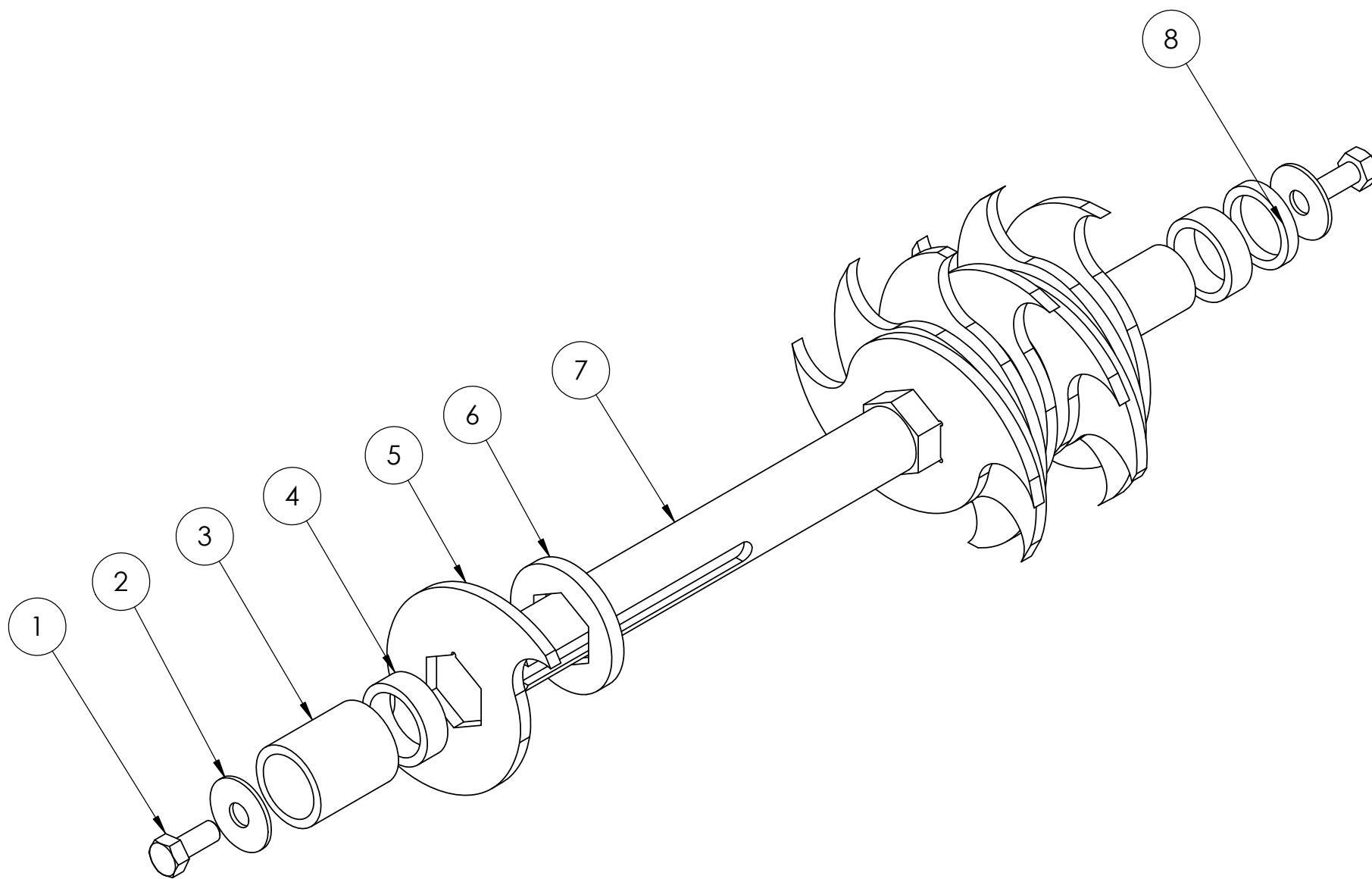
PROYECTO		TRITURADORA DE PET		ESCALA	
PARTE		LADO CAJA 2		1:1	
CODIGO		TP-100323-1-005-2		TOLERANCIA:	
MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A4
TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	
CANTIDAD	2	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	

FICA

CIME



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA			
		PARTE		BASE CAJA 2		1:1				
FICA		CIME		CODIGO			TP-100323-1-005-3		TOLERANCIA:	
MATERIAL		ASTM A36		DISEÑO		VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22		HOJA
TRATAMIENTO		AC. NEGRO		DIBUJÓ		VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
RECUBRIMIENTO		-		REVISÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		A4
CANTIDAD		1		APROBÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Perno	-	2	5/16 x 1/2 in
2	Arandela	-	2	5/16 in
3	Bocin 1	TP-100323-2-001	1	-
4	Bocin 2	TP-100323-2-002	2	-
5	Cuchilla	TP-100323-2-003	9	e = 5mm
6	Separador	TP-100323-2-004	8	e = 6mm
7	Eje	TP-100323-2-005	1	-
8	Bocin 3	TP-100323-2-006	1	-

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:2	
	PARTE			SB 2: EJE Y CUCHILLAS			
	CODIGO			TP-100123-2-000		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	-	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		
FICA	CIME	CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.

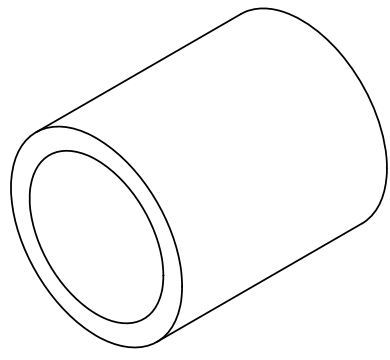
4 3 2 1

F

F

E

E



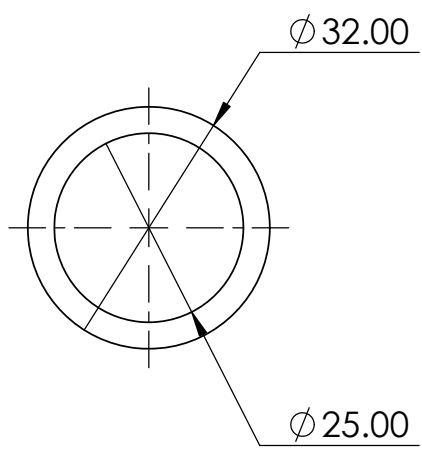
D

D



C

C



B

B

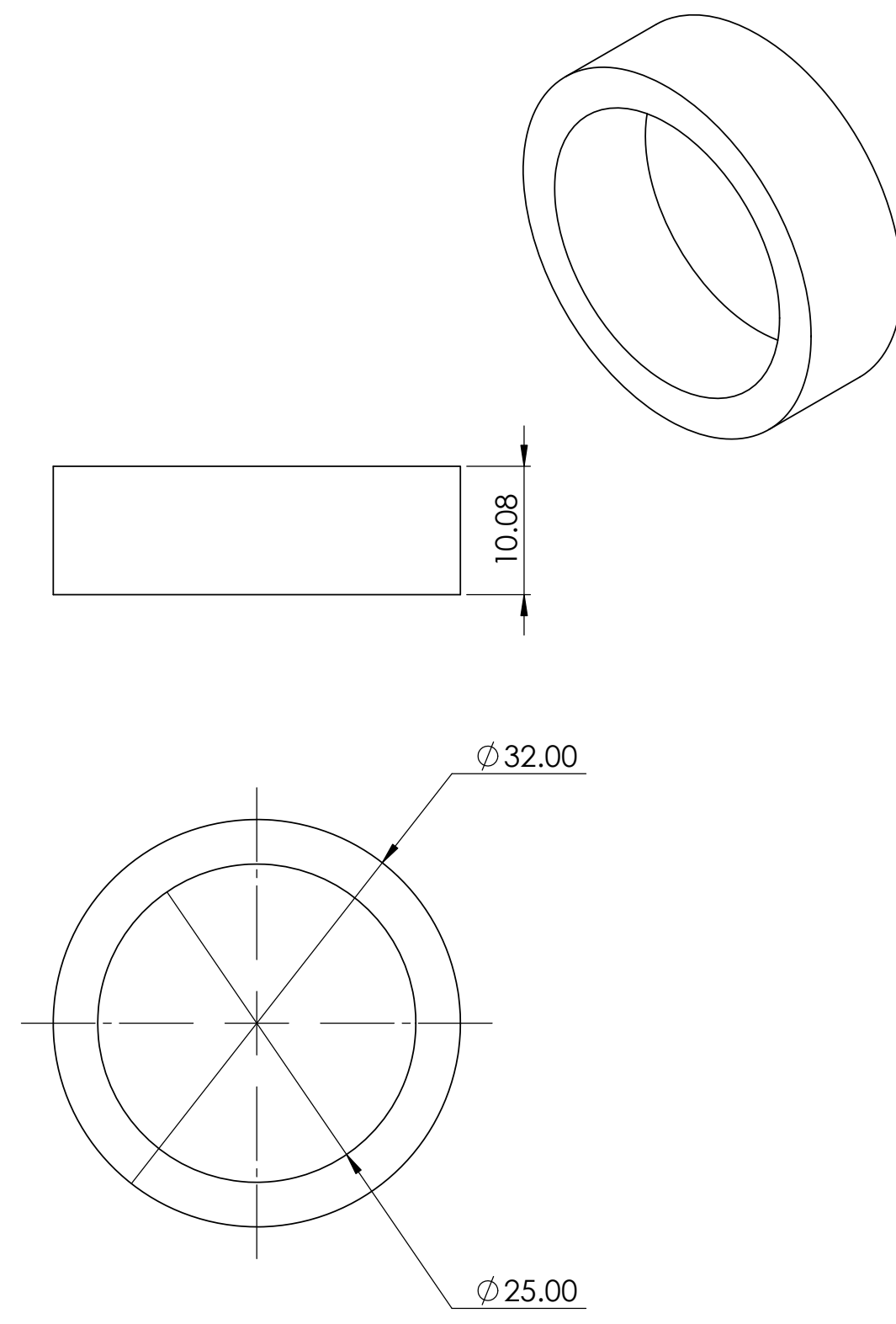
A

A

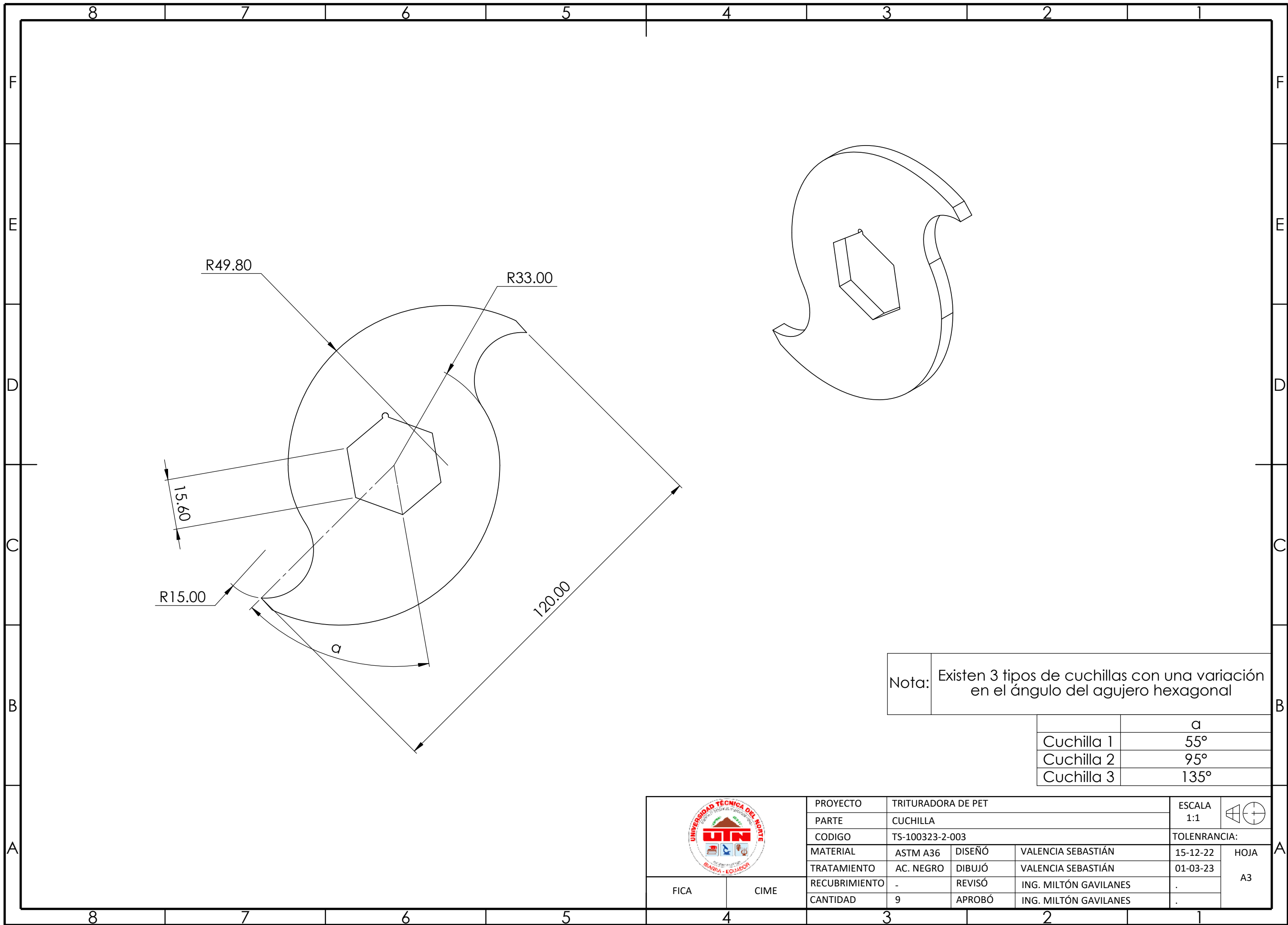


		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:1	
		PARTE		BOCIN 3				
		CODIGO			TP-100323-2-001		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	SAE J	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
		TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
		CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA		
		PARTE		Bocin 2		1:1			
FICA CIME		CODIGO			TP-100323-2-002		TOLERANCIA:		
		MATERIAL		SAE J	DISEÑO		VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
TRATAMIENTO		AC. NEGRO	DIBUJÓ		VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		
CANTIDAD		2	APROBÓ		ING. MILTÓN GAVILANES		.		



Nota: Existen 3 tipos de cuchillas con una variación en el ángulo del agujero hexagonal

	a
Cuchilla 1	55°
Cuchilla 2	95°
Cuchilla 3	135°

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:1	
	PARTE			CUCHILLA			
	CODIGO			TS-100323-2-003		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
CANTIDAD		9	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME						

4 3 2 1

F

F

E

E

D

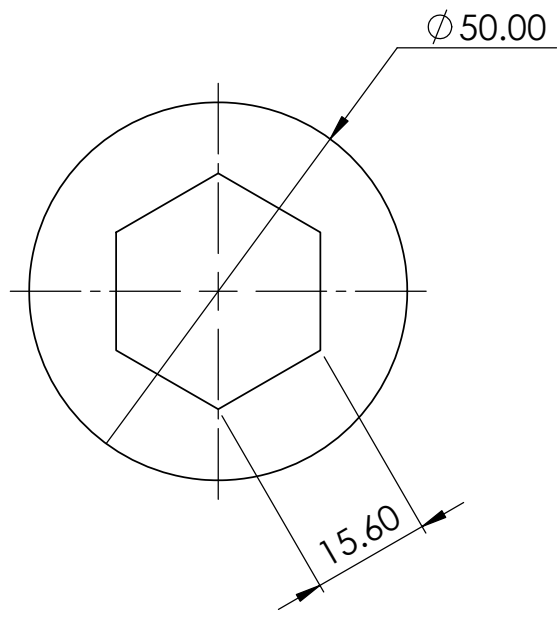
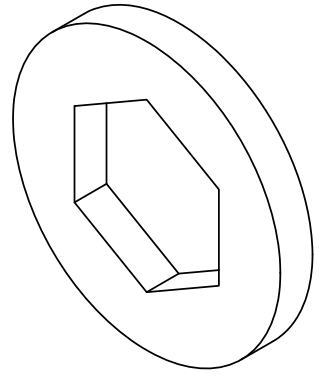
D

C

C

B

B



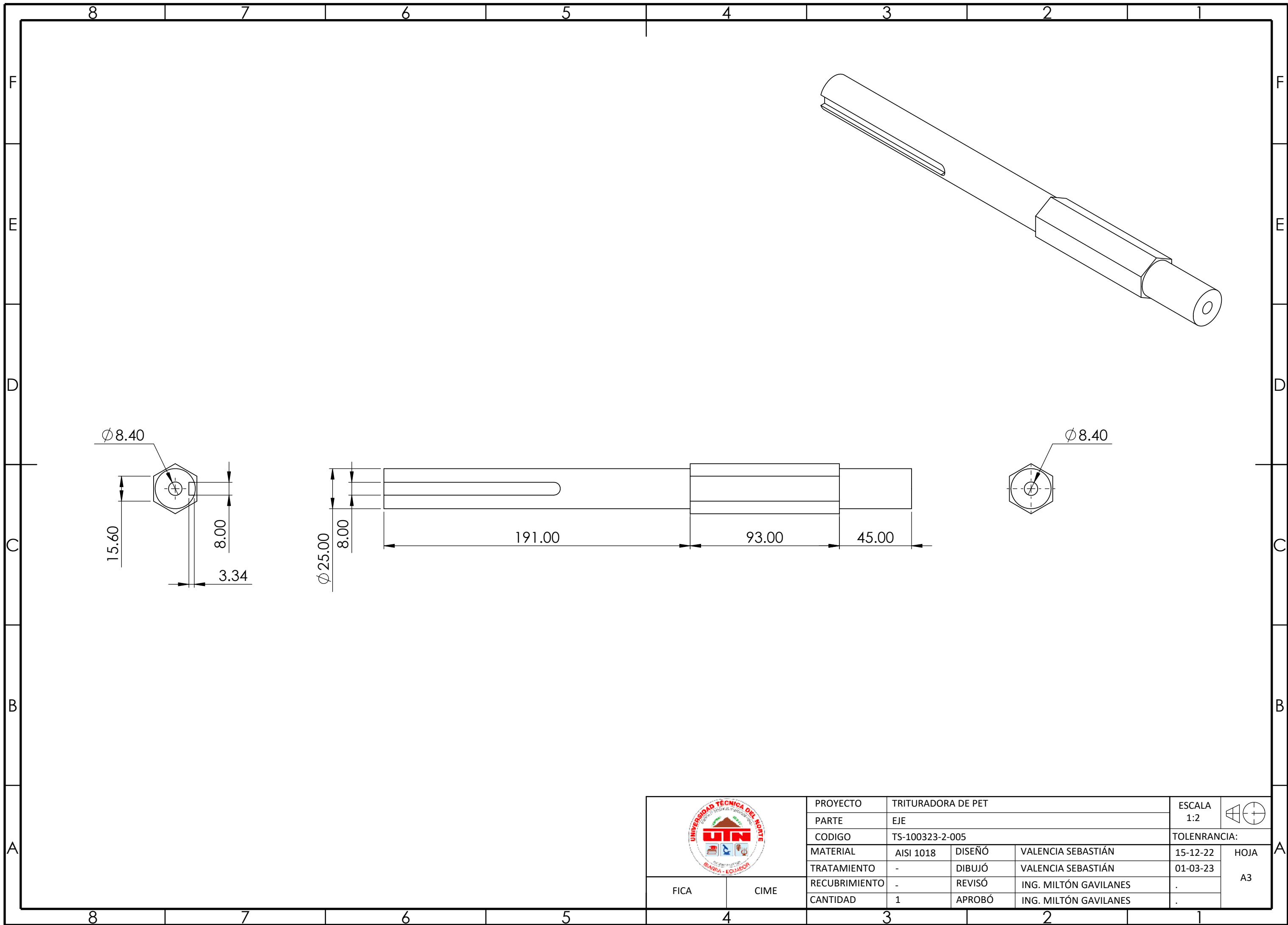
A


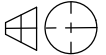
A



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:1	
		PARTE		SEPARADOR				
		CODIGO			TP-100323-2-004		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
		TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA		RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
CIME		CANTIDAD	8	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:2	
	PARTE			EJE			
	CODIGO			TS-100323-2-005		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		AISI 1018	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
CANTIDAD		1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME						

4 3 2 1

F

F

E

E

D

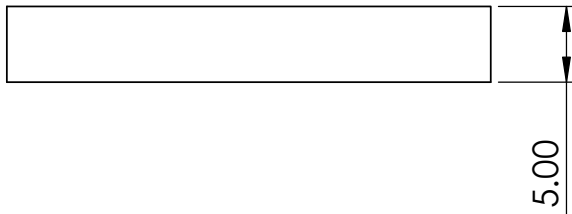
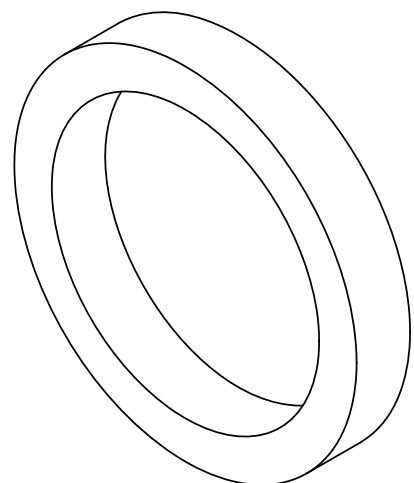
D

C

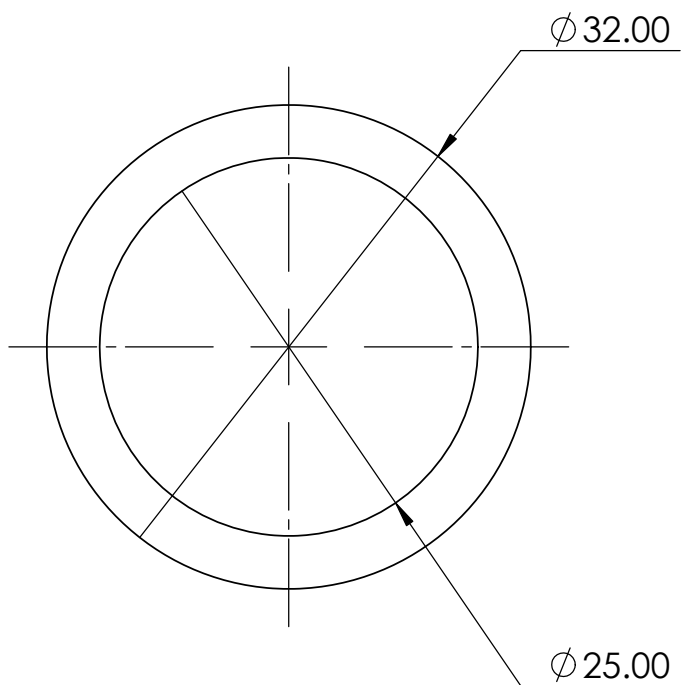
C

B

B



5.00



Ø 32.00

Ø 25.00

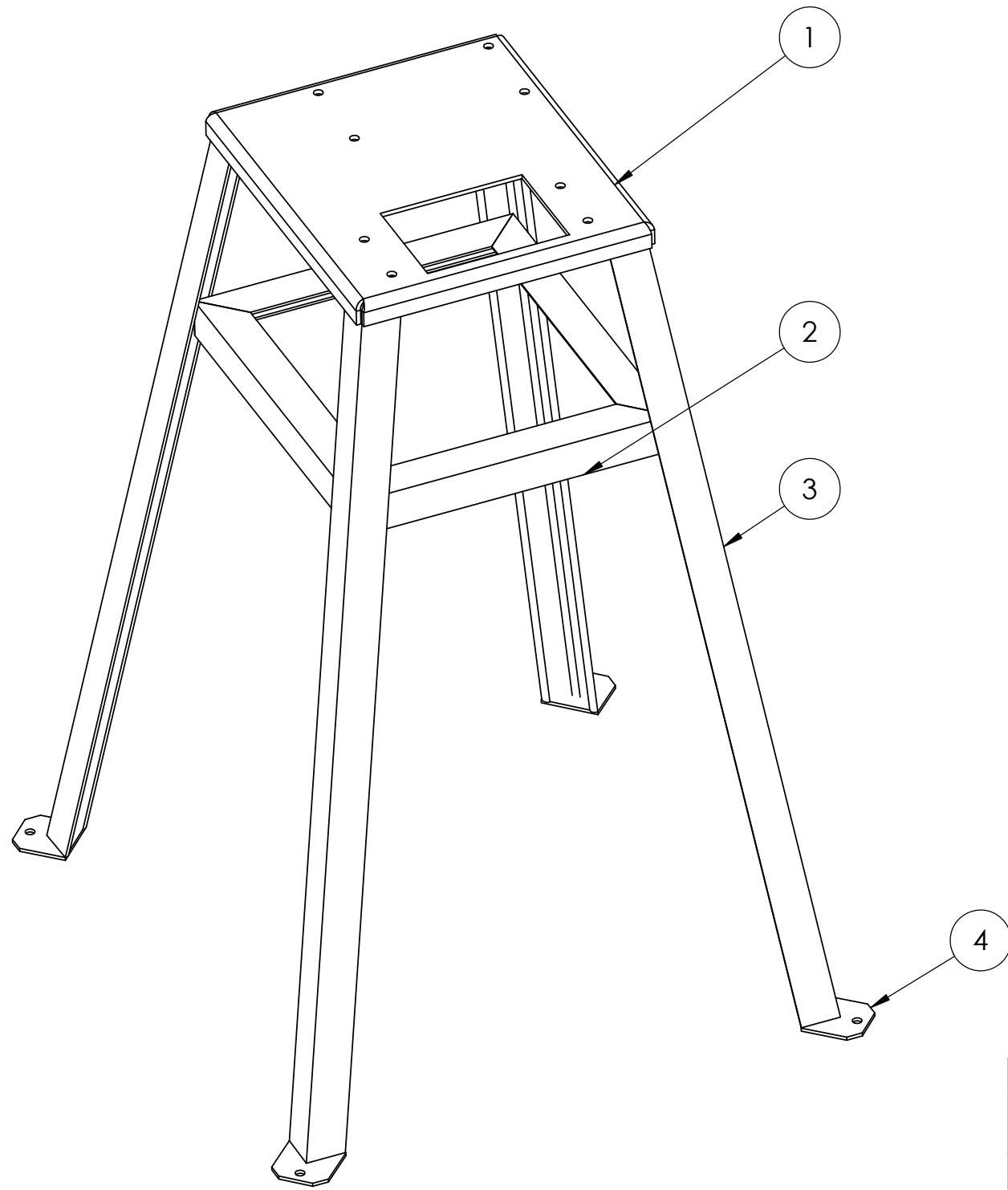
A

A



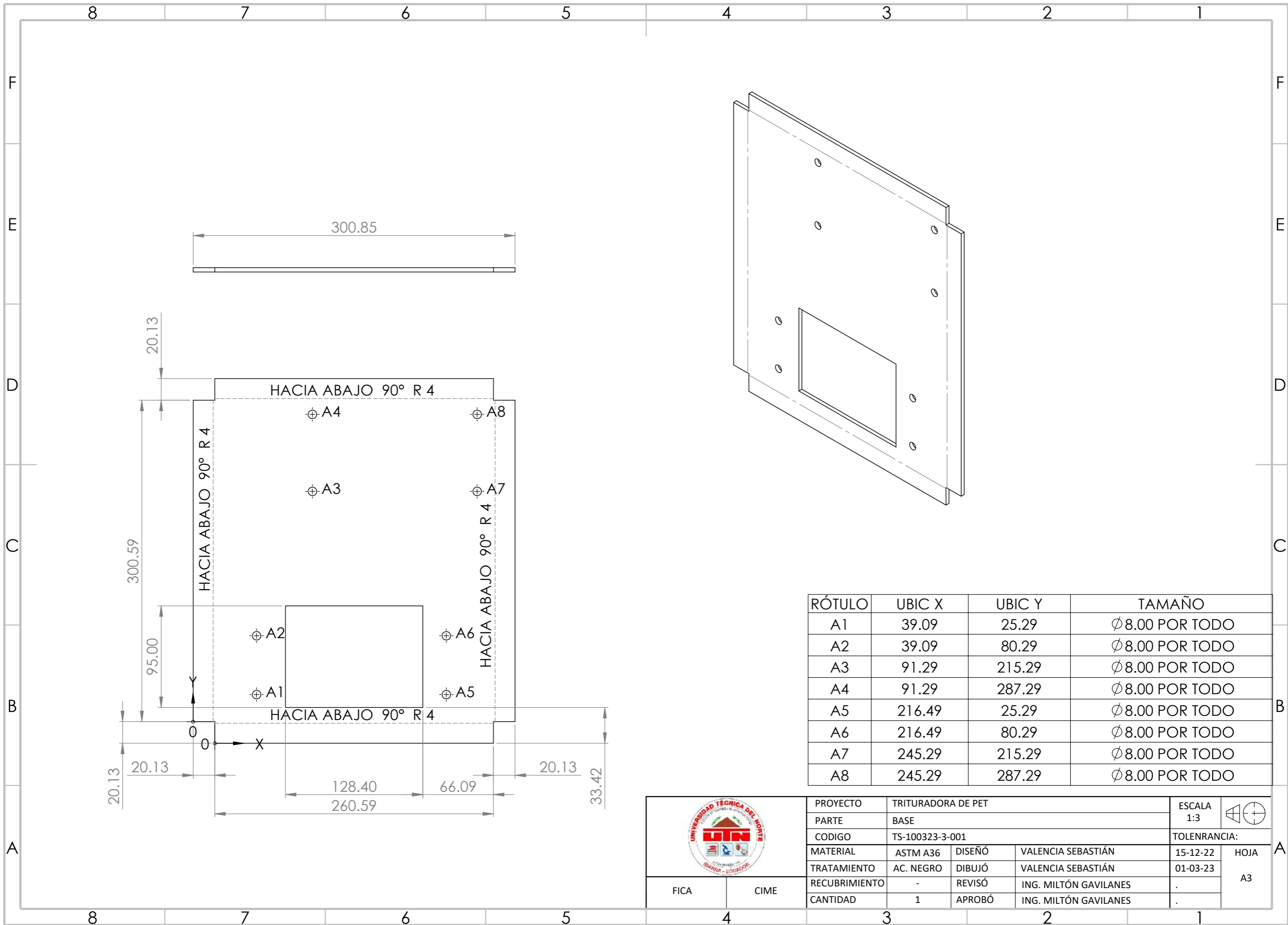
		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 2:1	
		PARTE		BOCIN 3				
		CODIGO			TP-100323-2-006		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	SAE J	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
		TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
		CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Base	TP-100323-3-001	1	e = 4mm
2	Marco	TP-100323-3-002	1	L 35x35 mm
3	Pata	TP-100323-3-003	4	L 35x35 mm
4	Pie	TP-100323-3-004	4	e = 3mm

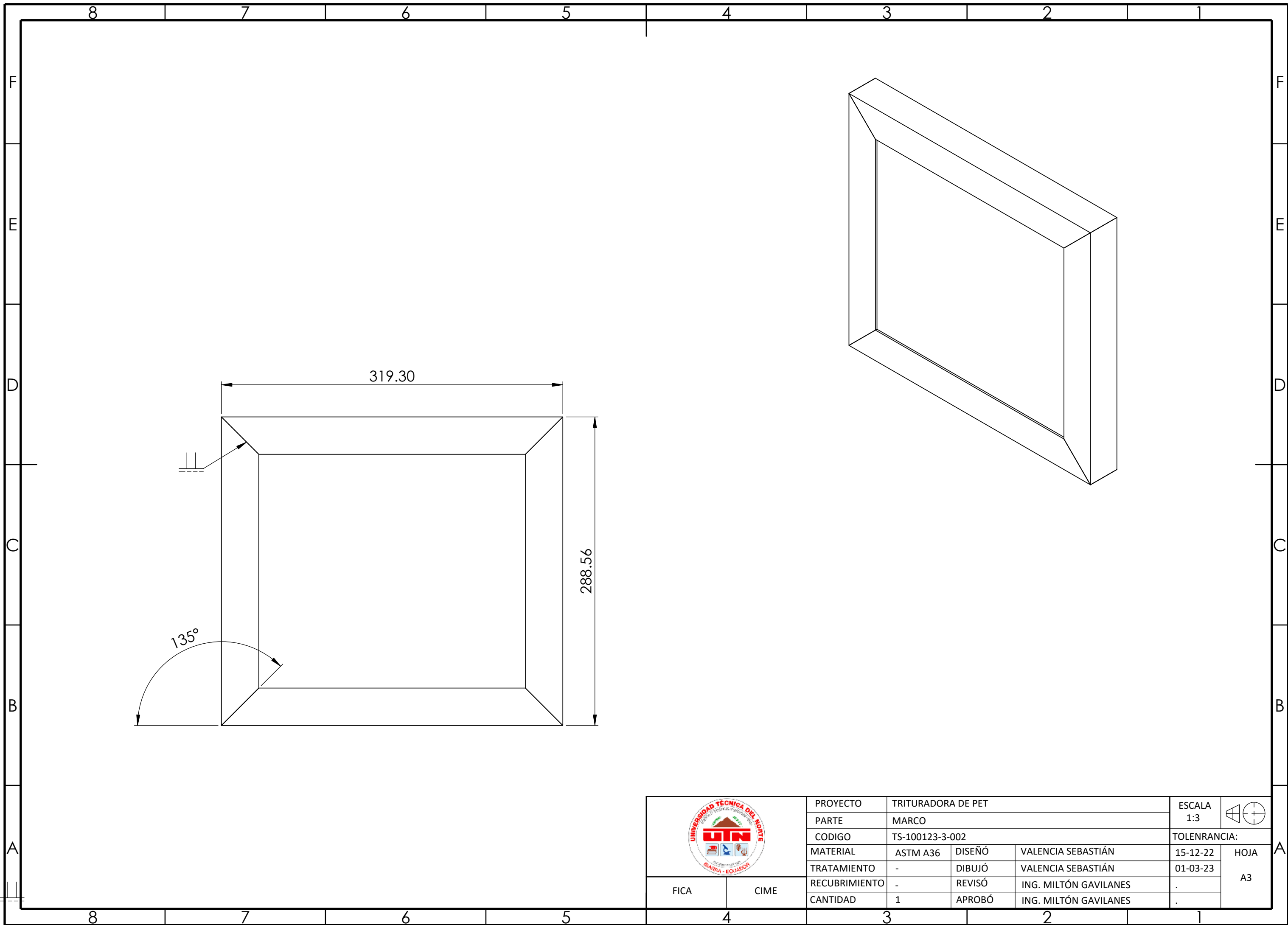
	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:5	
	PARTE			SB 3: ESTRUCTURA			
	CODIGO			TP-100323-3-000		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		-	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME	CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	





RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	TAMAÑO
A1	39.09	25.29	Ø 8.00 POR TODO
A2	39.09	80.29	Ø 8.00 POR TODO
A3	91.29	215.29	Ø 8.00 POR TODO
A4	91.29	287.29	Ø 8.00 POR TODO
A5	216.49	25.29	Ø 8.00 POR TODO
A6	216.49	80.29	Ø 8.00 POR TODO
A7	245.29	215.29	Ø 8.00 POR TODO
A8	245.29	287.29	Ø 8.00 POR TODO

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3	
	PARTE			BASE			
	CODIGO			TS-100323-3-001		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
CANTIDAD		1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		

FICA CIME



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3	
	PARTE			MARCO			
	CODIGO			TS-100123-3-002		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
CANTIDAD		1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME						

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

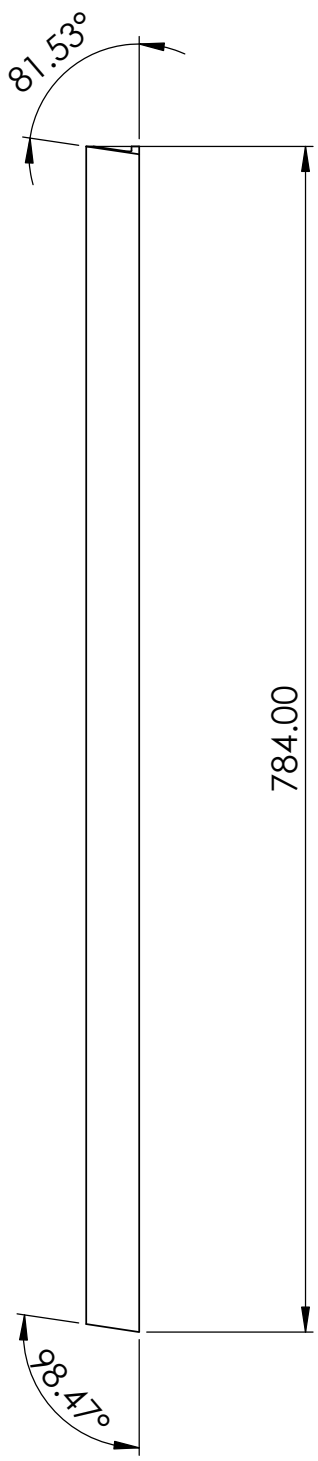
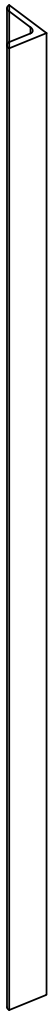
E

D

C

B

A



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:5	
		PARTE		PATA				
		CODIGO			TP-100323-3-003		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
		CANTIDAD	4	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1

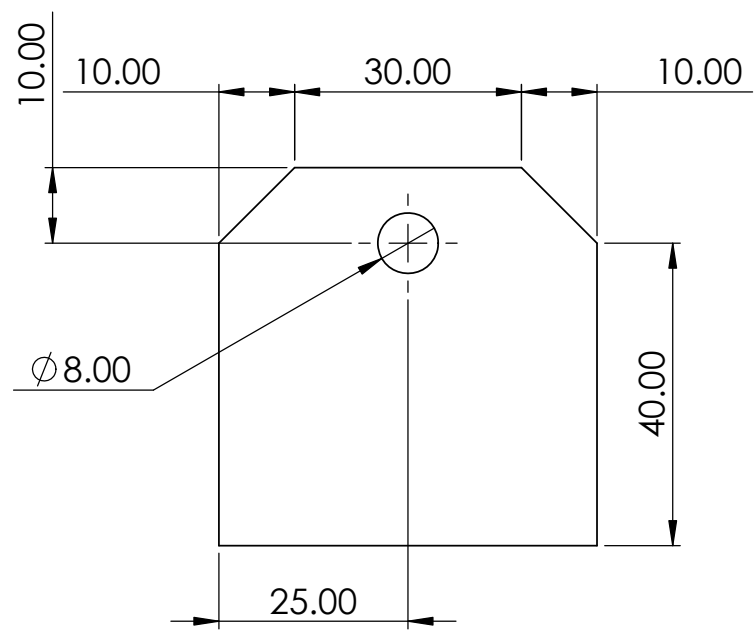
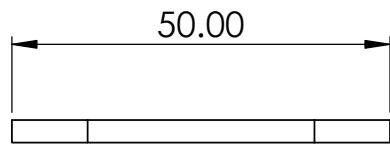
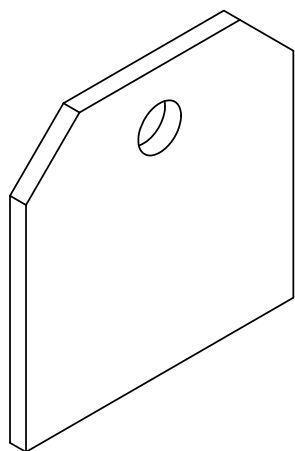
4 3 2 1

F

F

E

E



D

D

C

C

B

B

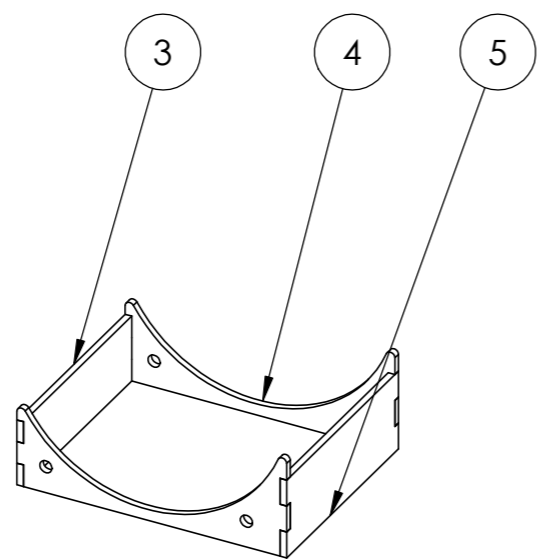
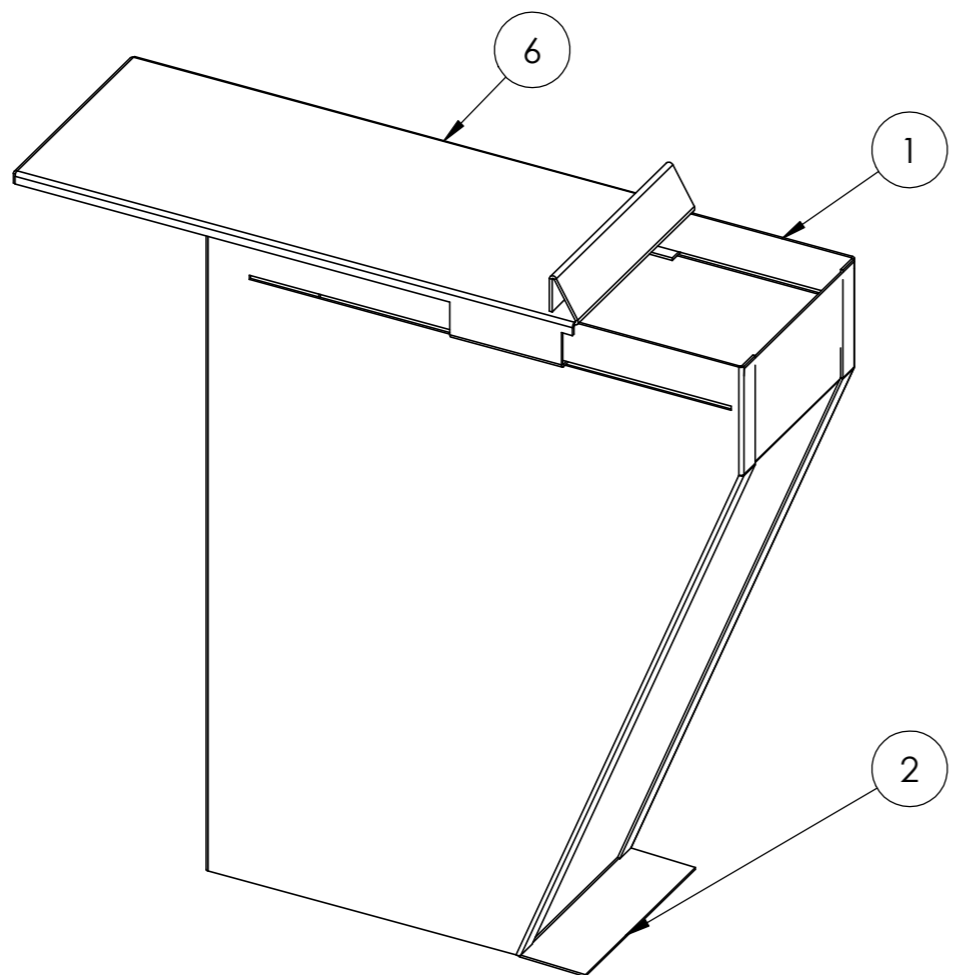
A

A



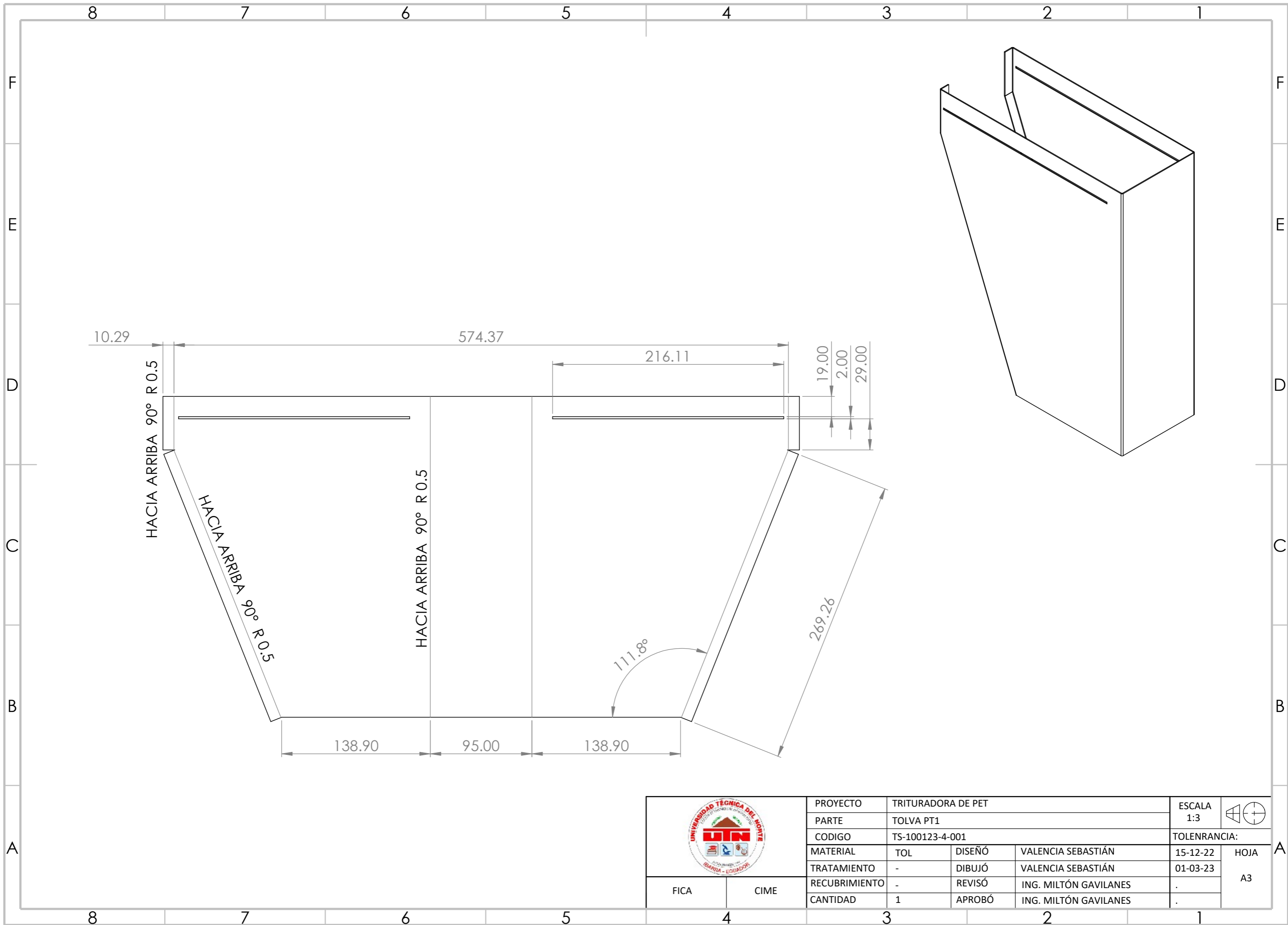
		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA		
		PARTE		PIE		1:1			
		CODIGO			TP-100323-3-004		TOLERANCIA:		
		MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22		HOJA
		TRATAMIENTO	AC. NEGRO	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		A4
		CANTIDAD	-	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.		

4 3 2 1



Nro	Pieza	Código	Cantidad	Detalle
1	Tolva Pt1	TP-100323-4-001	1	e = 1.2mm
2	Tolva Pt2	TP-100323-4-002	1	e = 1.2mm
3	Criba Tapa 1	TP-100323-4-003	1	e = 3 mm
4	Criba Tapa 2	TP-100323-4-004	1	e = 3 mm
5	Criba Lado	TP-100323-4-005	2	e = 3 mm
6	Tapa Tolva	TP-100323-4-006	1	e = 1.2mm

	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3	
	PARTE			INGRESO Y EXTRACCIÓN			
	CODIGO			TS-100123-4-000		TOLERANCIA:	
	MATERIAL	NA	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO	NA	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.
		CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3		
	PARTE			TOLVA PT1				
	CODIGO			TS-100123-4-001		TOLERANCIA:		
	MATERIAL			TOL	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO			-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO			-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
CANTIDAD			1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME							

4 3 2 1

F

F

E

E

D

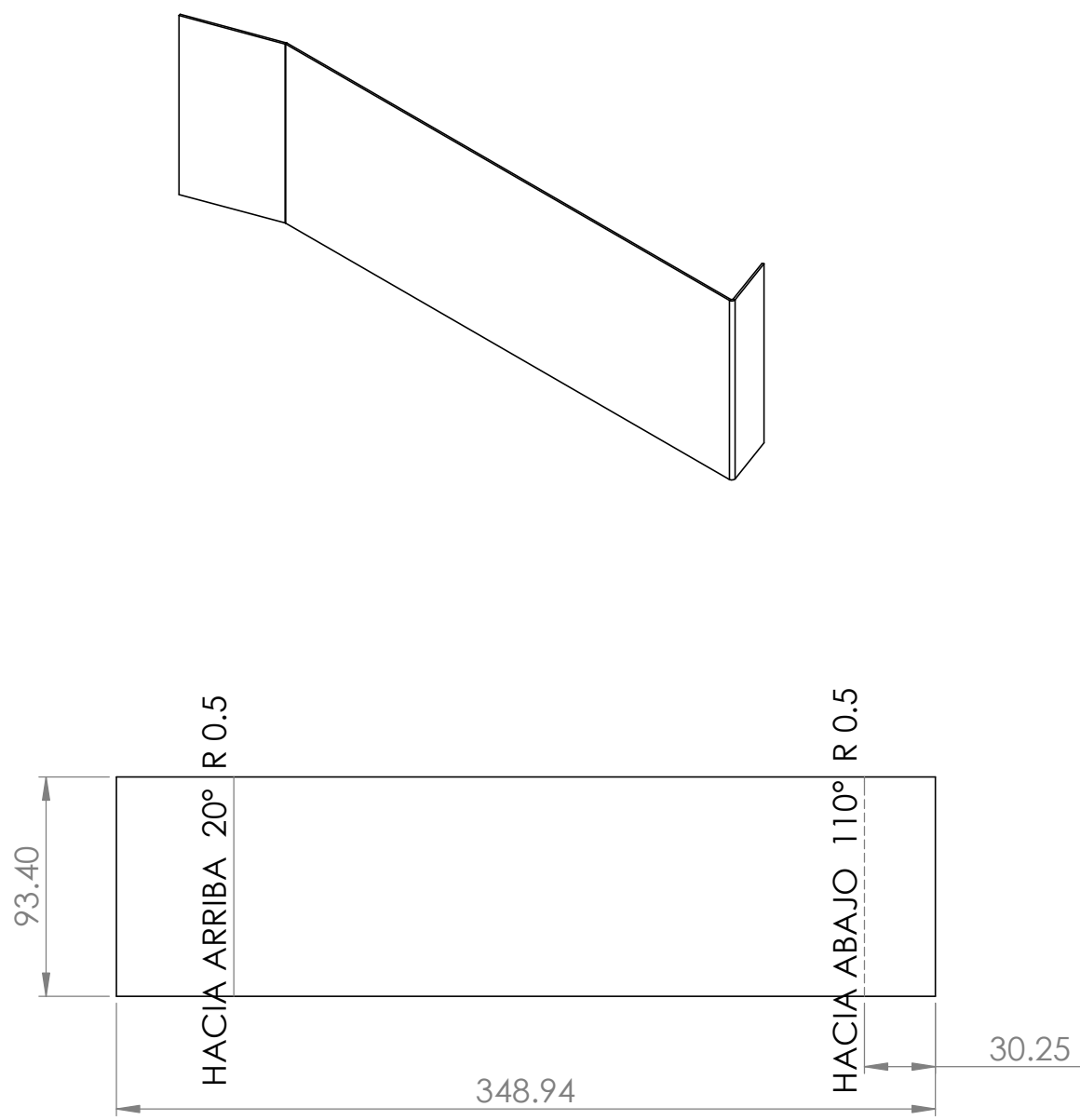
D

C

C

B

B



A

A



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:3	
		PARTE		TOLVA PT2				
		CODIGO			TP-100323-3-002		TOLERANCIA:	
		MATERIAL	TOL	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A4	
		TRATAMIENTO	-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23		
FICA	CIME	RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
		CANTIDAD	-	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		

4 3 2 1

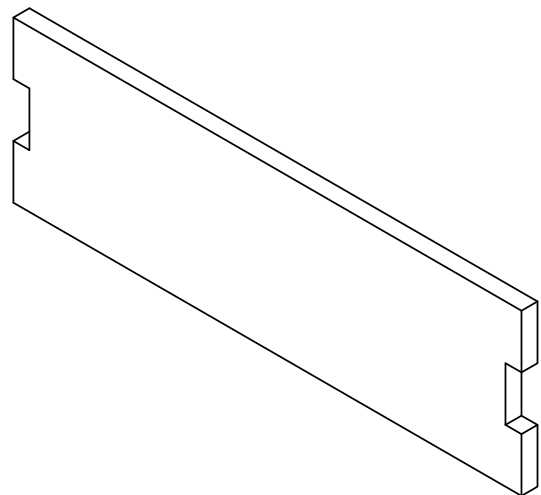
4 3 2 1

F

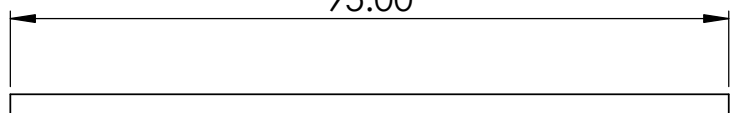
F

E

E



95.00

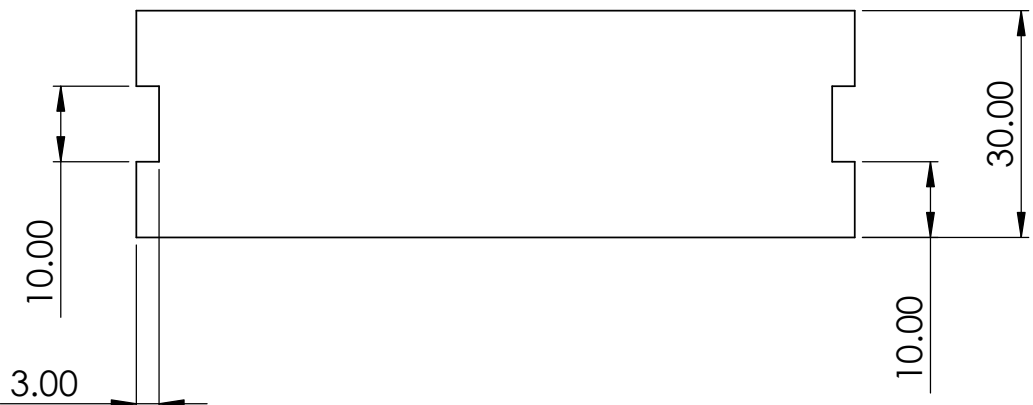


D

D

C

C



B

B

A

A



PROYECTO		TRITURADORA DE PET			ESCALA	
PARTE		CRIBA TAPA 1			1:1	
CODIGO		TP-100323-3-003			TOLERANCIA:	
MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
TRATAMIENTO	-	DIBUJO	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
CANTIDAD	-	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
FICA	CIME					

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

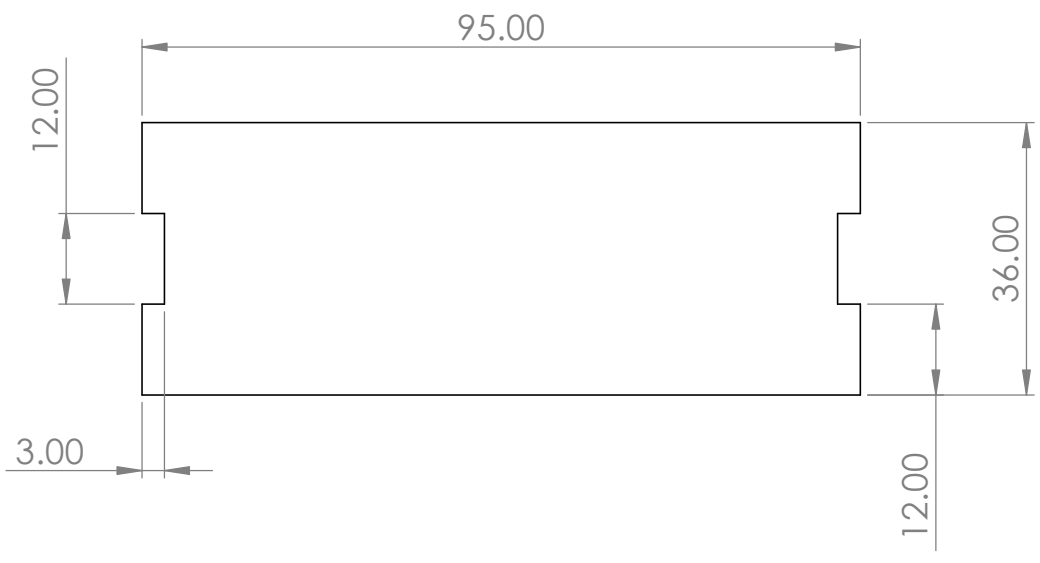
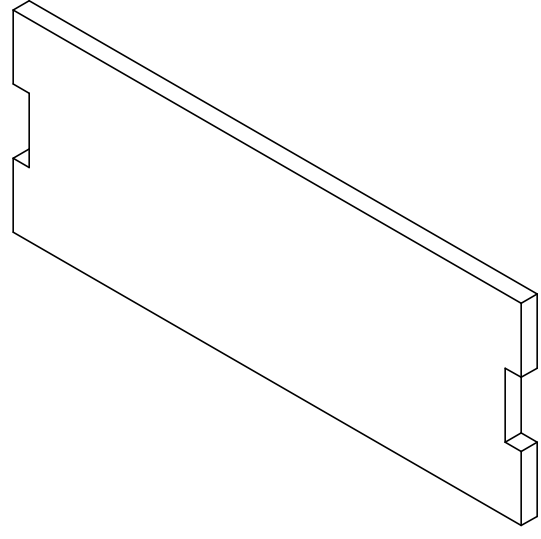
C

B

B

A

A



		PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA	
		PARTE		Criba Tapa 2		1:1		
FICA		CIME		CODIGO			TOLERANCIA:	
		MATERIAL	ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN		15-12-22	HOJA A4
		TRATAMIENTO	N/A	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN		01-03-23	
		RECUBRIMIENTO	-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	
		CANTIDAD	1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES		.	

4 3 2 1

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

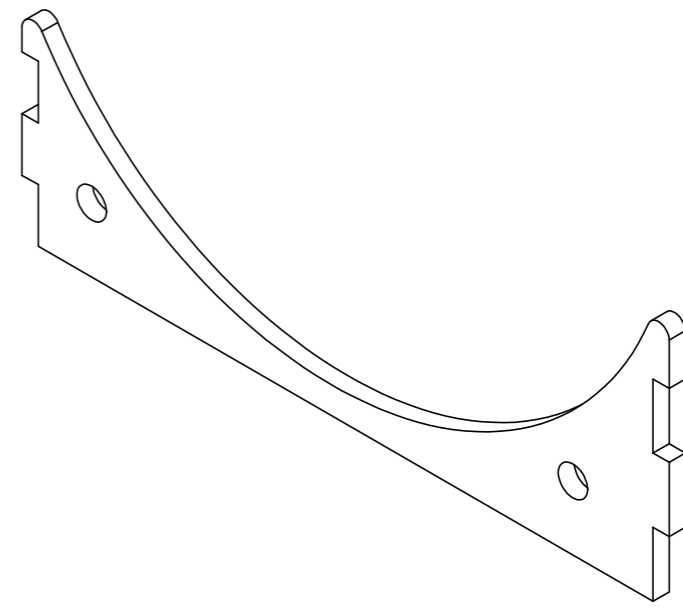
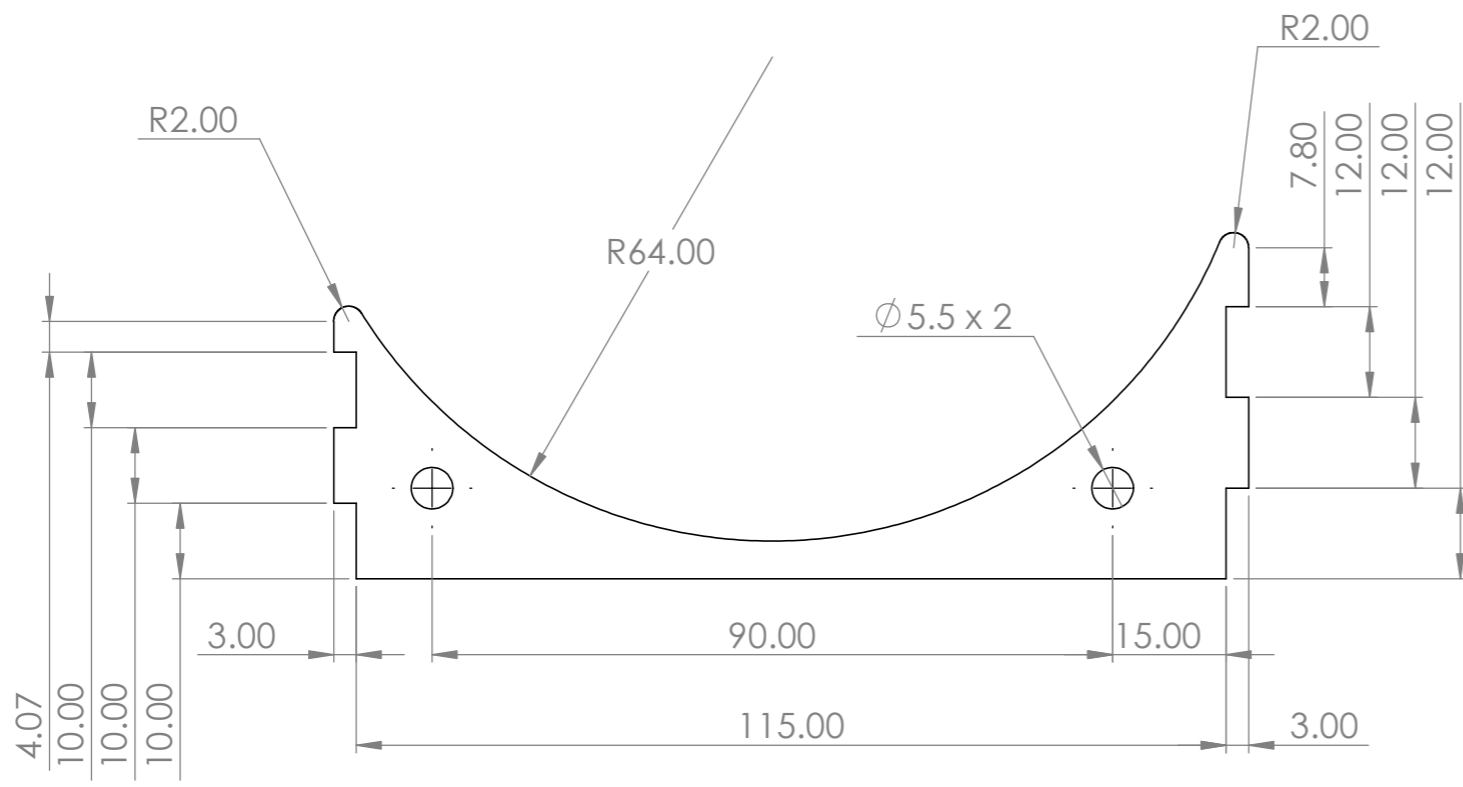
C

B

B

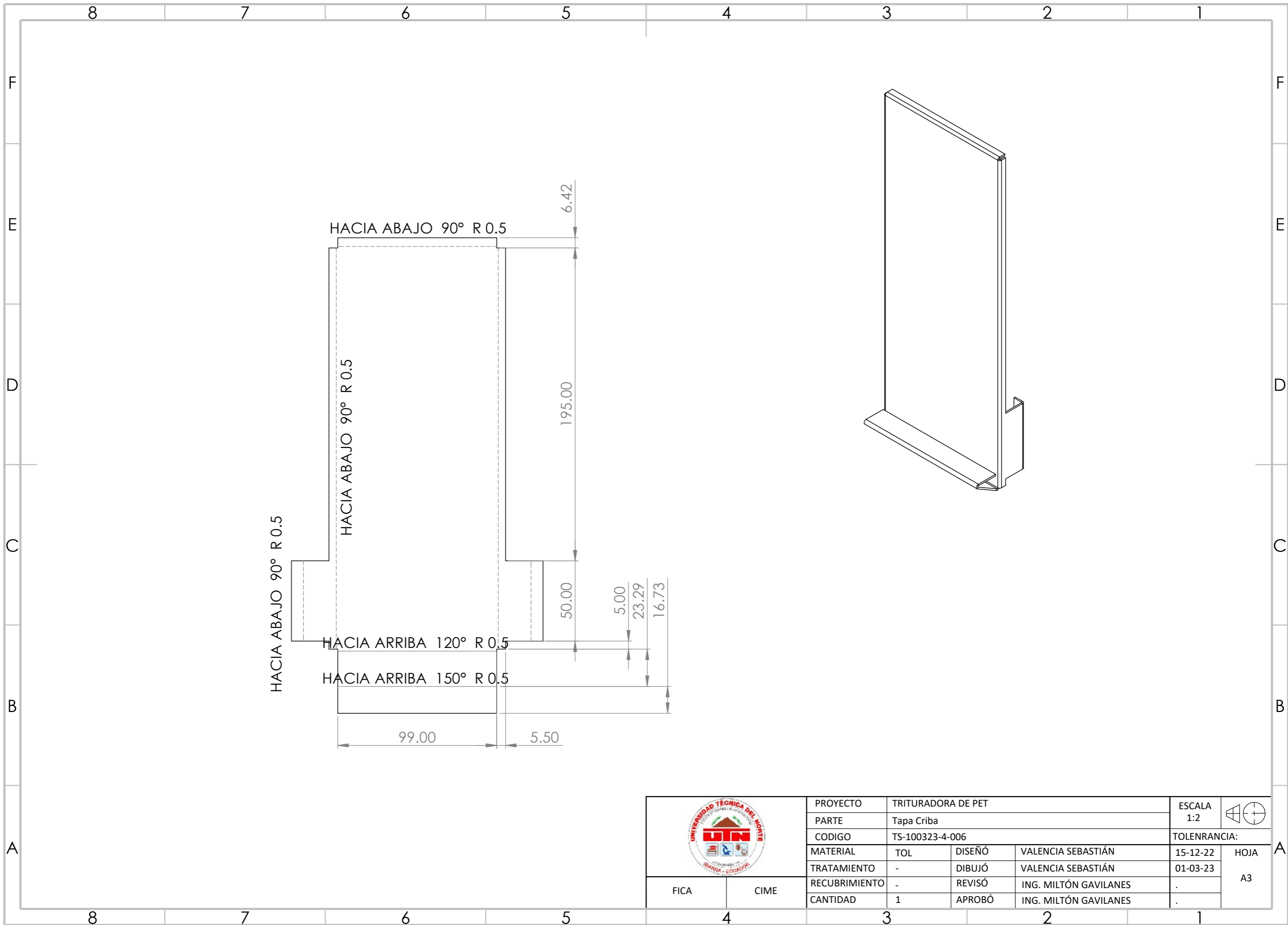
A

A



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:1	
	PARTE			CRIBA LADO			
CODIGO			TS-100323-4-005		TOLERANCIA:		
MATERIAL			ASTM A36	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
TRATAMIENTO			-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO			-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	
CANTIDAD			2	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	
FICA	CIME						

8 7 6 5 4 3 2 1



	PROYECTO			TRITURADORA DE PET		ESCALA 1:2	
	PARTE			Tapa Criba			
	CODIGO			TS-100323-4-006		TOLERANCIA:	
	MATERIAL		TOL	DISEÑO	VALENCIA SEBASTIÁN	15-12-22	HOJA A3
	TRATAMIENTO		-	DIBUJÓ	VALENCIA SEBASTIÁN	01-03-23	
RECUBRIMIENTO		-	REVISÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.	A3	
CANTIDAD		1	APROBÓ	ING. MILTÓN GAVILANES	.		
FICA	CIME						

ANEXO 4: Catálogo DIPAC

PLANCHAS

LAMINADAS AL CALIENTE

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro



Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas				Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°		
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569	
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1	
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33	

Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga- miento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min			
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max		205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015	
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max		250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36	
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max		250 min	400 min 550 max	20 min			
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max				340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e		

EJES

ACERO DE TRANSMISIÓN

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO

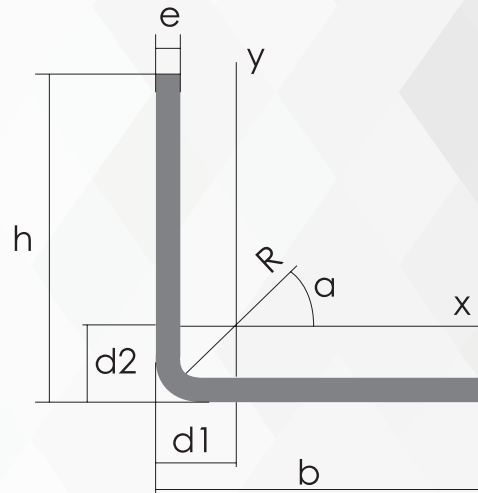
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

PERFILES ESTRUCTURALES

ÁNGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 1623
Calidad:	ASTM A36
Largo Normal:	6,00m y medidas especiales
Espesores:	Desde 2.00mm - 12mm
Acabado:	Acero Negro



Ángulos de alas iguales

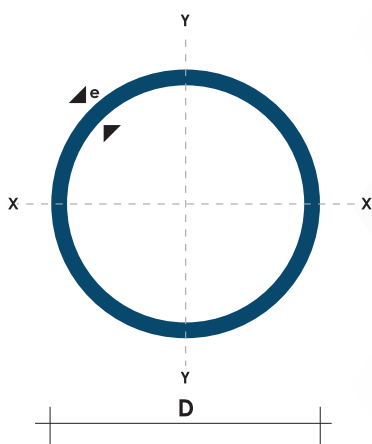
Descripción	b mm	h mm	e mm	Masa Kg/m	Área cm ²	d1 cm	d2 cm	Ángulo a (°)	Eje X - X			Eje Y - Y			Eje U - U			Eje V - V		
									I _x	W _x	r _x	I _y	W _y	r _y	I _u	W _u	r _u	I _v	W _v	r _v
									cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
L 20x 2	20	20	2	0,57	0,73	0,60	0,60	45,00	0,28	0,20	0,62	0,28	0,20	0,62	0,46	0,32	0,79	0,10	0,14	0,37
L 20 x 3	20	20	3	0,81	1,03	0,65	0,65	45,00	0,38	0,28	0,60	0,38	0,28	0,60	0,63	0,45	0,78	0,12	0,17	0,34
L 25x 2	25	25	2	0,73	0,93	0,72	0,72	45,00	0,56	0,32	0,78	0,56	0,32	0,78	0,92	0,52	1,00	0,20	0,23	0,47
L 25x 3	25	25	3	1,05	1,33	0,78	0,78	45,00	0,78	0,45	0,77	0,78	0,45	0,77	1,30	0,74	0,99	0,26	0,30	0,45
L 30 x 2	30	30	2	0,88	1,13	0,85	0,85	45,00	1,00	0,46	0,94	1,00	0,46	0,94	1,63	0,77	1,20	0,37	0,35	0,57
L 30x 3	30	30	3	1,28	1,63	0,90	0,90	45,00	1,40	0,67	0,93	1,40	0,67	0,93	2,32	1,09	1,19	0,49	0,46	0,55
L 30x 4	30	30	4	1,65	2,10	0,95	0,95	45,00	1,76	0,86	0,91	1,76	0,86	0,91	2,93	1,38	1,18	0,58	0,55	0,52
L 40x 2	40	40	2	1,20	1,33	1,10	1,10	45,00	2,44	0,84	1,26	2,44	0,84	1,26	3,96	1,40	1,61	0,92	0,65	0,78
L 40x 3	40	40	3	1,75	2,23	1,15	1,15	45,00	3,49	1,22	1,25	3,49	1,22	1,25	5,71	2,02	1,60	1,27	0,90	0,75
L 40x 4	40	40	4	2,28	2,90	1,20	1,20	45,00	4,44	1,59	1,24	4,44	1,59	1,24	7,23	2,59	1,59	1,55	1,10	0,73
L 40x 5	40	40	5	2,77	3,54	1,25	1,25	45,00	5,29	1,92	1,22	5,29	1,92	1,22	8,80	3,11	1,58	1,77	1,25	0,71
L 50x 2	50	50	2	1,51	1,93	1,35	1,35	45,00	4,85	1,33	1,59	4,85	1,33	1,59	7,85	2,22	2,02	1,85	1,05	0,98
L 50x 3	50	50	3	2,22	2,83	1,40	1,40	45,00	7,01	1,95	1,57	7,01	1,95	1,57	11,42	3,23	2,01	2,61	1,47	0,96
L 50x 4	50	50	4	2,90	3,70	1,45	1,45	45,00	9,01	2,54	1,56	9,01	2,54	1,56	14,76	4,18	2,00	3,25	1,84	0,94
L 50x 5	50	50	5	3,56	4,54	1,50	1,50	45,00	10,84	3,10	1,55	10,84	3,10	1,55	17,89	5,06	1,99	3,79	2,14	0,91
L 60x 3	60	60	3	2,69	3,43	1,65	1,65	45,00	12,34	2,84	1,90	12,34	2,84	1,90	20,03	4,72	2,42	4,65	2,19	1,16
L 60x 4	60	60	4	3,53	4,50	1,70	1,70	45,00	15,96	3,71	1,70	15,96	3,71	1,70	26,04	6,14	2,40	5,88	2,77	1,14
L 60x 5	60	60	5	4,34	5,54	1,75	1,75	45,00	19,33	4,55	1,87	19,33	4,55	1,87	31,72	7,48	2,39	6,95	3,27	1,12
L 75x 3	75	75	3	3,40	4,33	2,02	2,02	45,00	24,55	4,48	2,38	24,55	4,48	2,38	39,72	7,49	3,03	9,38	3,53	1,47
L 75x 4	75	75	4	4,47	5,70	2,07	2,07	45,00	31,94	5,88	2,37	31,94	5,88	2,37	51,90	9,79	3,02	11,99	4,51	1,45
L 75x 5	75	75	5	5,52	7,04	2,12	2,12	45,00	38,96	7,24	2,35	38,96	7,24	2,35	63,56	11,99	3,01	14,35	5,40	1,43
L 75x 6	75	75	6	6,53	8,33	2,17	2,17	45,00	45,60	8,56	2,34	45,60	8,56	2,34	74,73	14,09	2,99	16,46	6,20	1,41
L 80x 4	80	80	4	4,79	6,10	2,20	2,20	45,00	39,00	6,72	2,53	39,00	6,72	2,53	63,30	11,19	3,22	14,70	5,19	1,55
L 80x 5	80	80	5	5,91	7,54	2,25	2,25	45,00	47,65	8,28	2,51	47,65	8,28	2,51	77,64	13,72	3,21	17,65	6,23	1,53
L 80x 6	80	80	6	7,00	8,93	2,30	2,30	45,00	55,86	9,79	2,50	55,86	9,79	2,50	91,39	16,16	3,20	20,32	7,17	1,51
L 80x 8	80	80	8	9,11	11,61	2,40	2,40	45,00	71,03	12,68	2,47	71,03	12,68	2,47	117,22	20,72	3,18	24,85	8,78	1,46
L 80x 10	80	80	10	11,09	14,14	2,50	2,50	45,00	94,59	15,39	2,45	94,59	15,39	2,45	140,84	24,90	3,16	28,34	10,04	1,42
L100x 5	100	100	5	7,48	9,54	2,75	2,75	45,00	95,23	13,13	3,16	95,23	13,13	3,16	154,55	21,86	4,03	35,90	10,13	1,94

*Otras calidades, largos y acabados: previa consulta

TUBO ESTRUCTURAL REDONDO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largos:	6,00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 7/8" a 3"
Espesores:	Desde 1,50mm a 3,00mm



(D) Diámetro	Espesor	Peso	Área	I	W	i
Pulgadas	mm	Kg/m	cm2	cm4	cm3	cm3
7/8"	1.50	0.77	0.98	0.53	0.47	0.73
1"	1.50	0.88	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4"	1.50	1.12	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2"	1.50	1.35	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4"	1.50	1.59	2.02	4.67	2.10	1.52
2"	1.50	1.82	2.32	7.06	2.78	1.74
2 1/2"	1.50	2.29	2.92	14.05	4.42	2.19
3"	1.50	2.76	3.52	24.56	6.45	2.64
1"	2.00	1.15	1.47	1.01	0.80	0.83
1 1/4"	2.00	1.47	1.87	2.08	1.31	1.05
1 1/2"	2.00	1.78	2.27	3.71	1.95	1.29
1 3/4"	2.00	2.09	2.67	6.02	2.71	1.50
2"	2.00	2.41	3.07	9.14	3.60	1.73
2 1/2"	2.00	3.03	3.86	18.29	5.76	2.18
3"	2.00	3.66	4.66	32.11	8.43	2.62
2"	3.00	3.54	4.51	12.92	5.09	1.69
2 1/2"	3.00	4.48	5.70	26.15	8.24	2.14
3"	3.00	5.42	6.90	46.29	12.15	2.59

ANEXO 5: Catálogo WEG

WATT MAS®
Helical Bevel Geared Motor

Power: 0.12 - 90 kW
Torque: 100 - 20,000 Nm
Ratio: 5.5 - 8,600

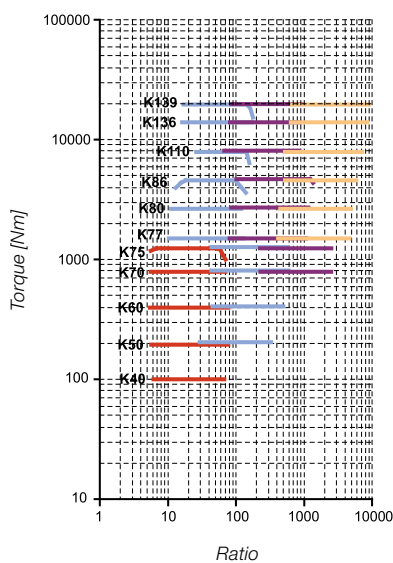
The compact and structure optimized gear housing of the helical bevel gears distinguish themselves by being machined on all sides and are therefore, ready for a variety of mounting options and applications. The unique motor position provides an almost flat and easy to mount on "machine interface". Various standard shaft executions and the double chamber shaft seals, developed by Watt Drive, are ready for use. Shaft and flange dimensions are equal to our helical worm gears.



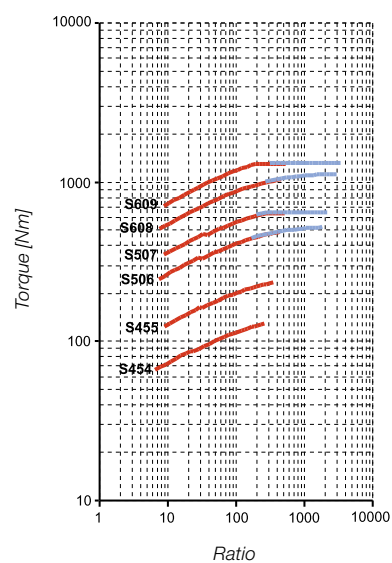
WATT MAS®
Helical Worm Geared Motor

Power: 0.12 - 7.5 kW
Torque: 50 - 1,300 Nm
Ratio: 3 - 3,400

Due to the unique combination of optimized worm wheel material with special lubricants, optimized shape, this powerful motor achieves high levels of efficiency and torque. The housing machined on all sides enables diverse mounting options. Double chamber shaft seals are used as standard. The low contour design makes it suitable for implementing applications e.g. in the food industry. The housing has no recesses, which simplifies cleaning - a particularly essential feature for areas with stringent hygiene requirements.



- Key:**
- Single reduction
 - Double reduction
 - Triple reduction
 - Fourstage reduction
 - Fivestage reduction



ANEXO 6: Catálogo CHINT

SERIE	N° POLOS	INTENSIDAD NOMINAL [A]	CURVA	PODER DE CORTE
NBH8	1N	6, 10, ..., 40	C	4.5: 4,5 kA / _: 6 kA

NBH8 - 4,5 kA

F3A

Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.
NBH8-IN-6C45	1+N	6A	C	45 kA	1
NBH8-IN-10C45	1+N	10A	C	45 kA	1
NBH8-IN-16C45	1+N	16A	C	45 kA	1
NBH8-IN-20C45	1+N	20A	C	45 kA	1
NBH8-IN-25C45	1+N	25A	C	45 kA	1
NBH8-IN-32C45	1+N	32A	C	45 kA	1
NBH8-IN-40C45	1+N	40A	C	45 kA	1

NBH8 - 6 kA

F3A

Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.
NBH8-IN-6C	1+N	6A	C	6kA	1
NBH8-IN-10C	1+N	10A	C	6kA	1
NBH8-IN-16C	1+N	16A	C	6kA	1
NBH8-IN-20C	1+N	20A	C	6kA	1
NBH8-IN-25C	1+N	25A	C	6kA	1
NBH8-IN-32C	1+N	32A	C	6kA	1
NBH8-IN-40C	1+N	40A	C	6kA	1

SERIE NXB-63

> Interruptores automáticos magnetotérmicos hasta 40A



- > Interruptores automáticos de 1 a 4 polos.
- > Curva C
- > Intensidades: 6, 10, 16, 20, 25, 32 y 40A
- > Poder de corte: 6kA (6.000A)
- > No accesoriable
- > Norma UNE-EN 60898-1

SERIE	N° POLOS	INT. NOMINAL (A)	CURVA
NXB-63	1, 2, 3, 4	6, 10, ..., 40	C

NXB-63

F3A

Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.	Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.
NXB-63-1-6C	1	6A	C	6kA	1	NXB-63-2-6C	2	6A	C	6kA	2
NXB-63-1-10C	1	10A	C	6kA	1	NXB-63-2-10C	2	10A	C	6kA	2
NXB-63-1-16C	1	16A	C	6kA	1	NXB-63-2-16C	2	16A	C	6kA	2
NXB-63-1-20C	1	20A	C	6kA	1	NXB-63-2-20C	2	20A	C	6kA	2
NXB-63-1-25C	1	25A	C	6kA	1	NXB-63-2-25C	2	25A	C	6kA	2
NXB-63-1-32C	1	32A	C	6kA	1	NXB-63-2-32C	2	32A	C	6kA	2
NXB-63-1-40C	1	40A	C	6kA	1	NXB-63-2-40C	2	40A	C	6kA	2

NXB-63

F3A

Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.	Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.
NXB-63-3-6C	3	6A	C	6kA	3	NXB-63-4-6C	4	6A	C	6kA	4
NXB-63-3-10C	3	10A	C	6kA	3	NXB-63-4-10C	4	10A	C	6kA	4
NXB-63-3-16C	3	16A	C	6kA	3	NXB-63-4-16C	4	16A	C	6kA	4
NXB-63-3-20C	3	20A	C	6kA	3	NXB-63-4-20C	4	20A	C	6kA	4
NXB-63-3-25C	3	25A	C	6kA	3	NXB-63-4-25C	4	25A	C	6kA	4
NXB-63-3-32C	3	32A	C	6kA	3	NXB-63-4-32C	4	32A	C	6kA	4
NXB-63-3-40C	3	40A	C	6kA	3	NXB-63-4-40C	4	40A	C	6kA	4

SERIE NBI

> Interruptores automáticos magnetotérmicos hasta 63A



- > Interruptores automáticos concebidos para la industria de 1 a 4 polos
- > Curvas: B, C y D
- > Intensidad nominal: de 1 a 63A
- > Poder de corte: 6kA (6.000A), 10kA (10.000A)
- > Terminal doble: cable + peine de horquilla
- > Equipo accesoriable
- > Norma UNE-EN60898-1

SERIE	Nº POLOS	INTENSIDAD NOMINAL [A]	CURVA	PODER DE CORTE
NBI	1, 2, 3, 4	1, 2, ..., 63	B, C, D	_: 6 kA / 10: 10 kA



NBI - 6 kA - Curva C

F3A

Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.	Código	Polos	Int.	Curva	PdC	Mód.
NBI-1-1C	1	1A	C	6kA	1	NBI-2-1C	2	1A	C	6kA	2
NBI-1-2C	1	2A	C	6kA	1	NBI-2-2C	2	2A	C	6kA	2
NBI-1-3C	1	3A	C	6kA	1	NBI-2-3C	2	3A	C	6kA	2
NBI-1-4C	1	4A	C	6kA	1	NBI-2-4C	2	4A	C	6kA	2
NBI-1-6C	1	6A	C	6kA	1	NBI-2-6C	2	6A	C	6kA	2
NBI-1-10C	1	10A	C	6kA	1	NBI-2-10C	2	10A	C	6kA	2
NBI-1-16C	1	16A	C	6kA	1	NBI-2-16C	2	16A	C	6kA	2
NBI-1-20C	1	20A	C	6kA	1	NBI-2-20C	2	20A	C	6kA	2
NBI-1-25C	1	25A	C	6kA	1	NBI-2-25C	2	25A	C	6kA	2
NBI-1-32C	1	32A	C	6kA	1	NBI-2-32C	2	32A	C	6kA	2
NBI-1-40C	1	40A	C	6kA	1	NBI-2-40C	2	40A	C	6kA	2
NBI-1-50C	1	50A	C	6kA	1	NBI-2-50C	2	50A	C	6kA	2
NBI-1-63C	1	63A	C	6kA	1	NBI-2-63C	2	63A	C	6kA	2

Parameters

Main circuit parameters and technical performance

Contactor model		NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22	
												
Conventional thermal current I _{th} (A)		20	20	20	22	20	20	25	25	32	32	
Rated insulation voltage U _i (V)		690										
Rated impulse withstand voltage U _{imp} (kV)		6					8					
Rated making capacity		Making current: 10×I _e (AC-3) or 12×I _e (AC-4)										
Rated breaking capacity		Breaking current: 8×I _e (AC-3) or 10×I _e (AC-4)										
Rated operation current I _e (A)	220V/230V/240V	AC-3	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
		AC-4	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
	380V/400V/415V	AC-3	6	9	12	16	6	9	12	16	18	22
		AC-4	6	9	9	12	6	9	12	12	18	18
	660V/690V	AC-3	3.8	4.9	4.9	6.7	3.8	6.6	8.9	8.9	12	14
		AC-4	3.8	4.9	4.9	4.9	3.8	6.6	8.9	8.9	12	12
Rated control power (kW)	AC-3	220V/230V/240V	1.5	2.2	3	4	1.5	2.2	3	3	4	5.5
		380V/400V/415V	2.2	4	5.5	7.5	2.2	4	5.5	7.5	7.5	11
		660V/690V	3	4	4	7.5	3	5.5	7.5	7.5	10	11
Electrical life (cycles)		AC-3	1.2×10 ⁶									
Mechanical life (cycles)		1.2×10 ⁷										
Main contact		3 NO, 4 NO, 2 NO+2 NC					3 NO					
Fuse supplied for SCPD		NT00-20	NT00-20	NT00-25	NT00-25	NT00-20	NT00-20	NT00-25	NT00-25	NT00-32	NT00-32	
Matching thermal overload relay		Model	NXR-12			NXR-25						
Built-in auxiliary contact		3P	1 NO or 1 NC					1 NO+1 NC				
		4P	-									

Control circuit		Contactor model	NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22	
Main circuit connection	Cable connection (mm ²)	Prefabricated flexible wire	1	1~2.5				1~4				1.5~6	
			2	1~1.5				1~2.5				1.5~4	
		Hard wire	1	1~2.5				1~4				1.5~6	
			2	1~2.5				1~4				1.5~6	
	Size of fastening screw		M3				M3.5				M3.5		
Tightening torque (N·m)		0.8				0.8				0.8			
Control circuit connection	Cable connection (mm ²)	Prefabricated flexible wire	1	1~2.5				1~4					
			2	1~1.5				1~2.5					
		Hard wire	1	1~2.5				1~4					
			2	1~2.5				1~4					
	Size of fastening screw		M3				M3.5						
Tightening torque (N·m)		0.8				0.8							

Contactor model		NXC-06M	NXC-09M	NXC-12M	NXC-16M	NXC-06	NXC-09	NXC-12	NXC-16	NXC-18	NXC-22	
Coil control power supply	AC 50Hz	24, 36, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 415					24, 36, 48, 110, 127, 220, 230, 240, 380, 415					
	DC	24, 48, 110, 220					-					
Control voltage	Pull-in	(75%~120%) U _s					(70%~120%) U _s					
	Release	AC: (20%~70%) U _s ; DC: (10%~70%) U _s					(20%~65%) U _s					
Coil average power (VA)	Start	25~40					40~60					40~60
	Hold	2~7					9.5					9.5
Heat dissipation (W)	AC	1~3					1~3					1~3
	DC	-					-					-

ANEXO 7: Catálogo LS

Interrupidores en Caja Moldeada



TAMANO	52	100	250	160	250	100	160	400	630	800	1000	1250	1600	
Frame	ABN52c	ABN103c	ABN203c	TE100S	ABS203g	TD100N	TD160N	TS400N	TS630N	TS800N	TS1000N	TS1250N	TS1600N	
Números de polos	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Corriente nominal en 40°C	(A) 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100	(A) 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100	(A) 125, 250, 200, 225, 250	(A) 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160	(A) 200, 250	(A) 16, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100	(A) 125, 160	(A) 200, 250	(A) 400	(A) 630	(A) 800	(A) 1000	(A) 1250	(A) 1600
INFORMACIÓN TÉCNICA CONFORME A IEC 60897-2														
Tensión nominal de operación (Ue)	AC 690	690	690	415	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
Tensión nominal de aislamiento (Ui)	DC (V) 500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Tensión soportada al impulso (Uimp)	(kV) 750	750	750	680	750	750	750	750	750	750	750	750	1000	1000
Máxima capacidad de ruptura (Icu)	8	8	8	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
AC 50/60 Hz.	(kA) 30	(kA) 35	(kA) 65	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 85	(kA) 85	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100
DC	(kA) 18	(kA) 22	(kA) 30	(kA) 37	(kA) 37	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50
Poder de corte en servicio en cortocircuito (Ics)	(kA) 14	(kA) 18	(kA) 26	(kA) 25	(kA) 25	(kA) 30	(kA) 30	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42
Categoría de empleo	(kA) 7.5	(kA) 10	(kA) 18	(kA) 22	(kA) 18	(kA) 30	(kA) 30	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 42
Durabilidad (Número de ciclos)	(kA) 5	(kA) 5	(kA) 10	(kA) 14	(kA) 37	(kA) 42	(kA) 42	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50	(kA) 50
UNIDAD DE DISPARO	(kA) 5	(kA) 10	(kA) 10	(kA) 75	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100	(kA) 100
Magnético fijo - térmico fijo *	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Térmico regulable *	25 000	25 000	25 000	20 000	25 000	25 000	25 000	25 000	20 000	20 000	20 000	20 000	10 000	10 000
Magnético regulable *	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	6 000	6 000	6 000	6 000	5 000	5 000
Electrónica **	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Falla a tierra ***	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ACCESORIOS	Contactor auxiliares	Contactor de alarma	Bobina de disparo	Bobina de mínima tensión	Mantija extendible rotativa	Barra separadora de fases	Encendido mecánico frontal	Motor operador						
Dimensiones (AxHxP)	(mm) 50x130x60	(mm) 75x130x60	(mm) 105x165x60	(mm) 105x165x60	(mm) 76x130x82	(mm) 90x140x86	(mm) 90x140x86	(mm) 140x260x110	(mm) 140x260x110	(mm) 210x327x155.5	(mm) 210x327x155.5	(mm) 210x327x155.5	(mm) 210x327x155.5	
Peso	(Kg) 0.5	(Kg) 0.7	(Kg) 1.2	(Kg) 1.2	(Kg) 1.05	(Kg) 1.5	(Kg) 1.5	(Kg) 5.4	(Kg) 5.4	(Kg) 15.1	(Kg) 13	(Kg) 13	(Kg) 13	

Certificaciones:	CE	K	KEMA	PC
Representante exclusivo	MANUFACTURAS ELECTRICAS S.A.			
Oficina Central Lima	Dirección: Av. Mcal. Oscar R. Benavides 1215 - Lima 1 Tel: (511) 6196200 E-mail: ventas@manelsa.com.pe			
Oficina Piura	Dirección: Calle Yumbes 821 - Piura Tel: (073) 600380 - 600379			
Oficina Arequipa	Dirección: Calle Jacinto Ibañez 315 Of. 0-6 Parque Industrial - Cercado Tel: (054) 214012			
Oficina Trujillo	Dirección: Av. César Vallejo 1005 Urb. Aranjuez - Trujillo Tel: (044) 812345 - 612346			

Certificaciones: CE, K, KEMA, PC

Representante exclusivo
MANUFACTURAS ELECTRICAS S.A.

Oficina Central Lima
Dirección: Av. Mcal. Oscar R. Benavides 1215 - Lima 1
Tel: (511) 6196200
E-mail: ventas@manelsa.com.pe

Oficina Piura
Dirección: Calle Yumbes 821 - Piura
Tel: (073) 600380 - 600379

Oficina Arequipa
Dirección: Calle Jacinto Ibañez 315 Of. 0-6
Parque Industrial - Cercado
Tel: (054) 214012

Oficina Trujillo
Dirección: Av. César Vallejo 1005
Urb. Aranjuez - Trujillo
Tel: (044) 812345 - 612346

RES003LSI
OCTUBRE 2016



Liderando la innovación, creando el futuro

Interrupidores y Contactores en Baja Tensión

MCB / MCCB / RCCB / MMS / VCB / VFD



El nuevo nombre de LG Industrial Systems

Interruptores Termomagnéticos de Riel DIN

BKN

Especificaciones Técnicas

Norma	: IEC 60898
Corriente nominal	: 2,6,10,16,20,25,32,40,50,63A
Capacidad de ruptura (Icu)	: 6kA en 400V / 10kA en 220V
Características	: Curva C
Número de polos	: 1,2 y 3
Endurancia eléctrica	: 6000 maniobras
Montaje	: En riel DIN de 35mm.



BKN 2P C 10A

Certificaciones:



BKN-b

Especificaciones Técnicas

Norma	: IEC 60898
Corriente nominal	: 2,6,10,16,20,25,32,40,50,63A
Capacidad de ruptura (Icu)	: 10kA en 400V
Características	: Curva C
Número de polos	: 1,2 y 3
Endurancia eléctrica	: 6000 maniobras
Montaje	: En riel DIN de 35mm.



BKN 2P C 10A

Certificaciones:



BKH

Especificaciones Técnicas

Norma	: IEC 60947-2
Corriente nominal	: 80,100,125A
Voltaje nominal	: 230/400 volt.
Curva de disparo	: C
Capacidad de ruptura (Icu)	: 10kA/400V
Números de polos	: 2 y 3
Endurancia eléctrica	: 6000 maniobras
Montaje	: En riel DIN de 35mm.



BKH 3P C 100A

Certificaciones:



In (A)	BKN		
	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
2	BKN 1P C 2A	BKN 2P C 2A	BKN 3P C 2A
4	BKN 1P C 4A	BKN 2P C 4A	BKN 3P C 4A
6	BKN 1P C 6A	BKN 2P C 6A	BKN 3P C 6A
10	BKN 1P C 10A	BKN 2P C 10A	BKN 3P C 10A
16	BKN 1P C 16A	BKN 2P C 16A	BKN 3P C 16A
20	BKN 1P C 20A	BKN 2P C 20A	BKN 3P C 20A
25	BKN 1P C 25A	BKN 2P C 25A	BKN 3P C 25A
32	BKN 1P C 32A	BKN 2P C 32A	BKN 3P C 32A
40	BKN 1P C 40A	BKN 2P C 40A	BKN 3P C 40A
50	BKN 1P C 50A	BKN 2P C 50A	BKN 3P C 50A
63	BKN 1P C 63A	BKN 2P C 63A	BKN 3P C 63A

In (A)	BKN-b		
	1 Polo	2 Polos	3 Polos
	Código	Código	Código
10	BKN-b 1P C 10A	BKN-b 2P C 10A	BKN-b 3P C 10A
16	BKN-b 1P C 16A	BKN-b 2P C 16A	BKN-b 3P C 16A
20	BKN-b 1P C 20A	BKN-b 2P C 20A	BKN-b 3P C 20A
25	BKN-b 1P C 25A	BKN-b 2P C 25A	BKN-b 3P C 25A
32	BKN-b 1P C 32A	BKN-b 2P C 32A	BKN-b 3P C 32A
40	BKN-b 1P C 40A	BKN-b 2P C 40A	BKN-b 3P C 40A
50	BKN-b 1P C 50A	BKN-b 2P C 50A	BKN-b 3P C 50A
63	BKN-b 1P C 63A	BKN-b 2P C 63A	BKN-b 3P C 63A

In (A)	BKH	
	2 Polos	3 Polos
	Código	Código
80	BKH 2P C 80A	BKH 3P C 80A
100	BKH 2P C 100A	BKH 3P C 100A
125	BKH 2P C 125A	BKH 3P C 125A

Interruptores Diferenciales Inmunizados RKN-b

RKN-b Clase A

Especificaciones Técnicas

Norma	: IEC 61008
Corriente nominal	: 25,40A
Corriente fuga	: 30 mA
Tensión nominal	: 230VAC (2P), 230/440VAC (4P)
Número de polos	: 2 y 4
Endurancia eléctrica	: 6000 maniobras
Montaje	: En riel DIN de 35mm.



RKN-b 25-4/30MA

Certificaciones:



Diferenciales Clase A: RKN-b

Detectan corrientes sinusoidales de fuga a tierra con componentes continuas.

Aplicaciones:

Protección de las personas contra riesgos de electrocución en instalaciones con equipos electrónicos alimentados directamente por la red eléctrica. Ej: instalaciones con equipos de computo, iluminación con dimmers, etc.

In (A)	RKN-b Clase A	
	2 Polos	4 Polos
	Código	Código
25	RKN-b 25-2/30MA-A	RKN-b 25-4/30MA-A
40	RKN-b 40-2/30MA-A	RKN-b 40-4/30MA-A

Contadores MC

Modelo	Máxima Corriente de Operación		Contactos Auxiliares	
	AC 3	AC 1	NA	NC
	A	A		
MC-9b	9	25	1	1
MC-12b	12	25	1	1
MC-18b	18	32	1	1
MC-22b	22	40	1	1
MC-32a	32	50	2	2
MC-40a	40	60	2	2
MC-50a	50	70	2	2
MC-65a	65	100	2	2
MC-75a	75	110	2	2
MC-85a	85	135	2	2
MC-100a	100	160	2	2
MC-130a	130	160	2	2
MC-150a	150	210	2	2
MC-185a	185	230	2	2
MC-225a	225	275	2	2
MC-330a	330	350	2	2
MC-400a	400	450	2	2
MC-630a	630	660	2	2
MC-800a	800	900	2	2

Accesorios para contactores

Descripción	Código
Contacto auxiliar frontal 1NA + 1NC para MC-9...MC-150	AU-2
Contacto auxiliar frontal 2NA + 2NC para MC-9...MC-150	AU-4
Contacto auxiliar lateral 1NA + 1NC para MC-9...MC-150	UA-1
Contacto auxiliar lateral 1NA + 1NC para MC-185...MC-800	UA-100
Enclavamiento mecánico para MC-9a...MC-150a	UR-02
Enclavamiento mecánico para MC-180a...MC-400a	AR-180

Contadores auxiliares

Descripción	Código
16A, 4NA 220V 50/60Hz	MR-4ANA
16A, 3NA-1NC 220V 50/60Hz	MR-3NA-1NC
16A, 2NA-2NC 220V 50/60Hz	MR-2NA-2NC

Certificaciones:



MC-22b



MC-40a



MR-4

Relés Térmicos MT

Código	Regulación		Contactor
	Min.	Max.	
MT-32-0.21	0.16	0.25	MC-9b MC-12b MC-18b
MT-32-0.33	0.25	0.4	
MT-32-0.52	0.4	0.63	
MT-32-0.82	0.63	1	
MT-32-1.3	1	1.6	
MT-32-2.1	1.6	2.5	
MT-32-3.3	2.5	4	
MT-32-5	4	6	
MT-32-6.5	5	8	
MT-32-7.5	6	9	
MT-32-8.5	7	10	
MT-32-11	9	13	
MT-32-15	12	18	
MT-32-19	16	22	
MT-32-21.5	18	25	
MT-32-27	22	32	
MT-32-34	28	40	

Código	Regulación		Contactor
	Min.	Max.	
MT-63-42	34	50	MC-50a
MT-63-54	45	65	MC-65a
MT-95-65	54	75	MC-75a MC-85a MC-100a
MT-95-74	63	85	
MT-95-83	70	95	
MT-95-90	80	100	
MT-150-130	110	150	MC-130a MC-150a
MT-225-153	120	185	MC-185a MC-225a
MT-225-200	160	240	
MT-400-265	200	330	MC-330a
MT-400-350	260	400	MC-400a
MT-800-515A	400	630	MC-630a

Certificaciones:



MT-32-5



MT-63



MT-225

Interruptores Diferenciales RKN

RKN

Especificaciones Técnicas

Norma	: IEC 61008
Corriente nominal	: 25,40,63A
Corriente fuga	: 30 mA
Tensión nominal	: 230VAC (2P), 230/440VAC (4P)
Número de polos	: 2 y 4
Endurancia eléctrica	: 6000 maniobras
Montaje	: En riel DIN de 35mm.



RKN 25-2/30MA

Diferenciales Clase AC: RKN

Detectan corrientes sinusoidales de fuga a tierra.

Aplicaciones:

Protección de las personas contra riesgos de electrocución en aplicaciones domésticas y residenciales.

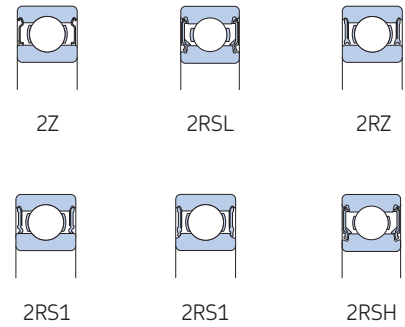
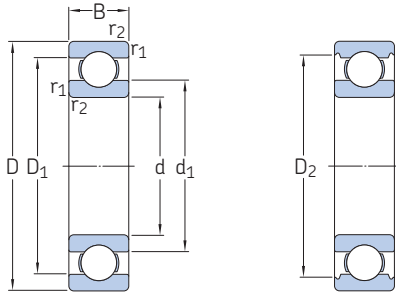
In (A)	RKN	
	2 Polos	4 Polos
	Código	Código
25	RKN 25-2/30MA	RKN 25-4/30MA
40	RKN 40-2/30MA	RKN 40-4/30MA
63	RKN 63-2/30MA	RKN 63-4/30MA

ANEXO 8: Catálogo SKF

1.1 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas

d 25 – 30 mm

1.1



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones	
d	D	B	dinámica C	estática C ₀	P _u	Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾		Rodamiento abierto o tapado en ambos lados	tapado en un lado ¹⁾
mm			kN	kN	kN	r. p. m.		kg	–	
25	37	7	4,36	2,6	0,125	–	11 000	0,022	▶ 61805-2RS1	–
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	▶ 61805-2RZ	–
	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	▶ 61805	–
	42	9	7,02	4,3	0,193	–	10 000	0,045	▶ 61905-2RS1	–
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	▶ 61905-2RZ	–
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	▶ 61905	–
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,055	▶ 16005	–
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,078	▶ 6005	–
	47	12	11,9	6,55	0,275	–	9 500	0,081	▶ 6005-2RSH	6005-RSH
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	▶ 6005-2RSL	6005-RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,083	▶ 6005-2Z	6005-Z
	47	16	11,2	6,55	0,275	–	9 500	0,11	▶ 63005-2RS1	–
25	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	▶ 6205	–
	52	15	14,8	7,8	0,335	–	8 500	0,13	▶ 6205-2RSH	6205-RSH
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	▶ 6205-2RSL	6205-RSL
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	▶ 6205-2Z	6205-Z
	52	15	17,8	9,3	0,4	28 000	18 000	0,12	▶ 6205 ETN9	–
	52	18	14	7,8	0,335	–	8 500	0,13	▶ 62205-2RS1	–
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	▶ 6305	–
	62	17	23,4	11,6	0,49	–	7 500	0,24	▶ 6305-2RSH	6305-RSH
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	▶ 6305-2RZ	6305-RZ
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	▶ 6305-2Z	6305-Z
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,22	▶ 6305 ETN9	–
	62	24	22,5	11,6	0,49	–	7 500	0,32	▶ 62305-2RS1	–
80	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	▶ 6405	–	
	21	35,8	19,3	0,815	20 000	13 000	0,54	▶ 6405	–	
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,17	▶ 62/28	–
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,3	▶ 63/28	–
30	42	7	4,49	2,9	0,146	–	9 500	0,025	▶ 61806-2RS1	–
	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	16 000	0,025	▶ 61806-2RZ	–
	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,025	▶ 61806	–
	47	9	7,28	4,55	0,212	–	8 500	0,051	▶ 61906-2RS1	–
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	15 000	0,051	▶ 61906-2RZ	–
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,049	▶ 61906	–

Rodamiento SKF Explorer

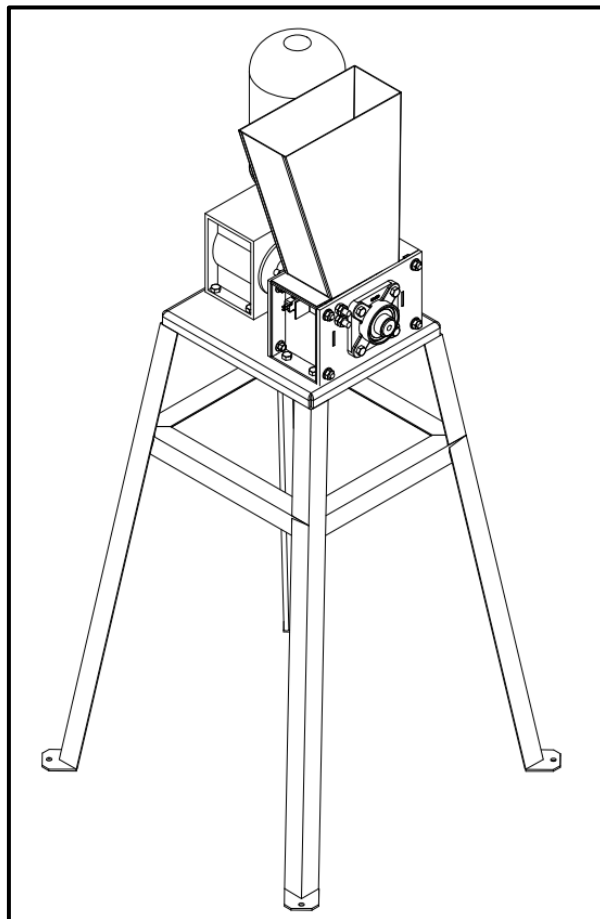
▶ Producto popular

¹⁾ Para los rodamientos con una sola placa de protección o un sello no rozante (Z, RZ), corresponden las velocidades límite de los rodamientos abiertos.

ANEXO 9: Manual de Usuario

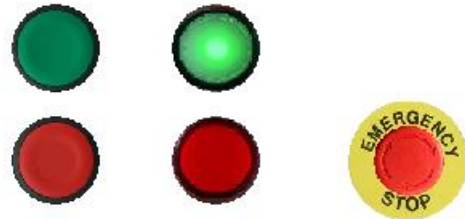


MANUAL DE USUARIO PARA TRITURADORA DE BOTELLAS DE PET



Introducción

La máquina trituradora de PET es un equipo diseñado para triturar botellas de plástico PET vacías, reduciéndolas a pequeñas piezas de plástico que pueden ser recicladas. Este manual ha sido creado para ayudar a utilizar la máquina de manera segura y eficiente. Lea cuidadosamente las instrucciones antes de utilizar la máquina por primera vez. Con un correcto uso y mantenimiento, la máquina trituradora de PET puede ser una herramienta muy útil para reciclar plástico y contribuir a la protección del medio ambiente.

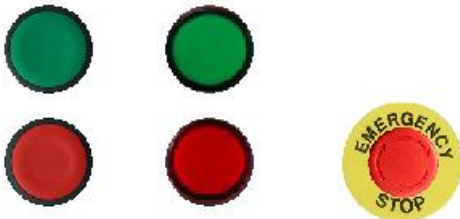


Datos técnicos

Tamaños de botella permisibles	250 ml a 1lt
Tipo de alimentación	220V trifásico
Consumo energético sin carga	2.2 A
Consumo energético con carga (promedio)	0.637 kWh
Tiempo de uso consecutivo recomendado	2 h

Instrucciones de uso

Pulsadores:



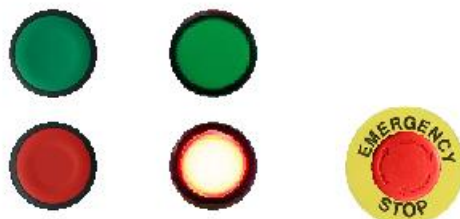
Pulsador verde: Botón de arranque

Pulsador rojo: Botón de paro

Pulsador seta: Paro de emergencia

Luces Piloto:

Luz Roja: Permanece encendida mientras el motor de la máquina no esté encendido.



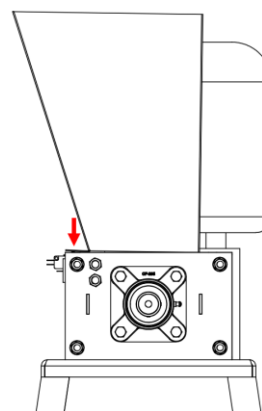
Luz Verde: Permanece encendido mientras el motor de la máquina esté encendido.

Ingreso de Material

Para un adecuado ingreso del material debe tomar en cuenta las siguientes precauciones para su seguridad.

Indicaciones de seguridad

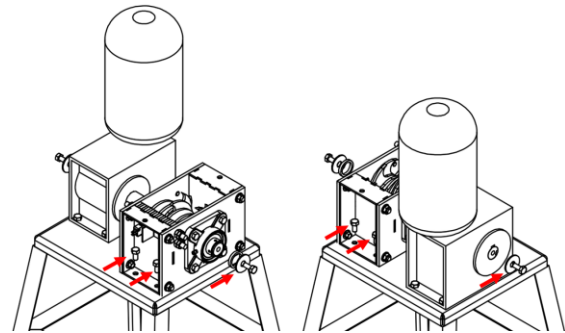
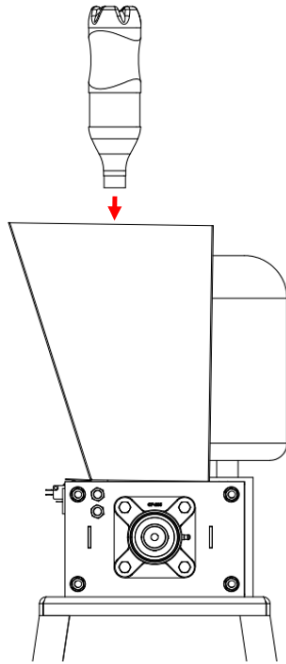
- No utilizar accesorios colgantes
- Recoger el cabello largo de manera segura
- No utilizar guantes ni ningún tipo de accesorio que pueda engancharse en las cuchillas
- Para maniobras de mantenimiento asegúrese de mantener la máquina desconectada
- Mantener la tolva cerrada al estar la máquina encendida
- **Final de carrera:** Por la seguridad del operador, la máquina no encenderá a no ser que la tolva esté cerrada correctamente y aplastando el final de carrera.



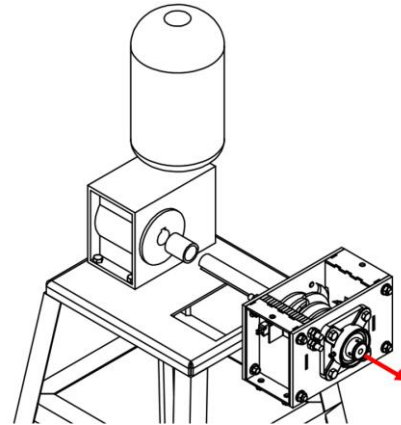
Ingreso de botellas

Tomar en cuenta las siguientes indicaciones antes de ingresar la botella:

- Lavar bien los residuos líquidos que queden en el interior de la botella
- Retirar la tapa y la etiqueta
- En caso de ser una botella mayor a 1lt cortar en pedazos más pequeños antes de ingresar
- Coloque las botellas con el pico hacia abajo de manera que la boca de la botella quede en contacto con las cuchillas como se muestra en la siguiente imagen.

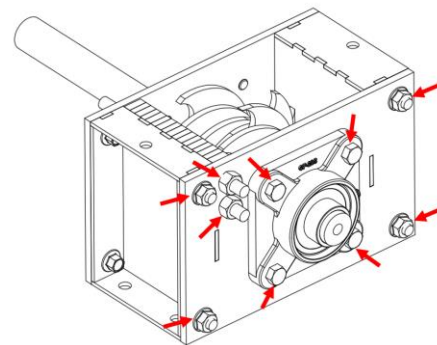


Retirar pernos y tornillos de un lado de la cámara de triturado



Retirar cuchillas

Retirar los pernos y tuercas indicados en la imagen siguiente.

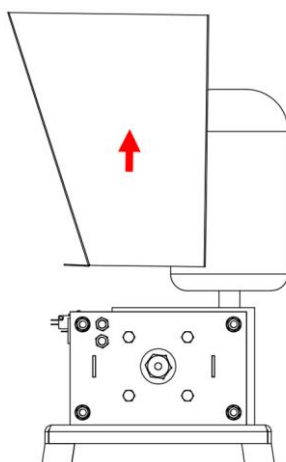


Ahora debe ser posible retirar un lateral de la cámara de triturado. De este modo se pueden extraer las cuchillas fijas y móviles como se indica en la imagen.

Desensamble de componentes

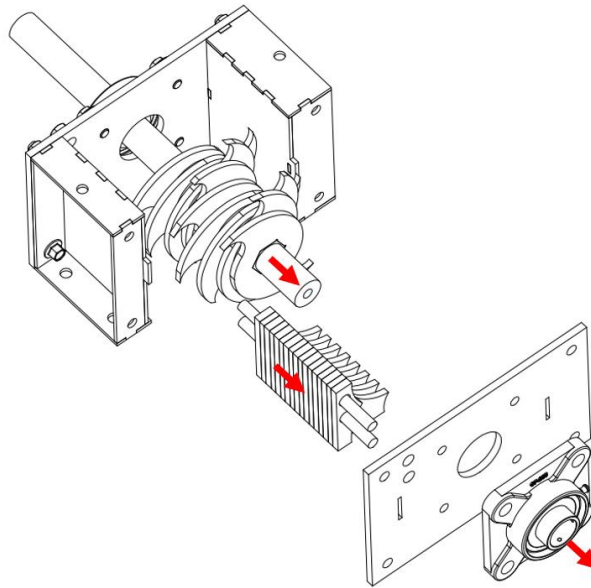
Retiro Tolva

Retirar el perno de sujeción de la tolva para poder retirarla como se indica en la imagen siguiente.



Retirar cámara de triturado

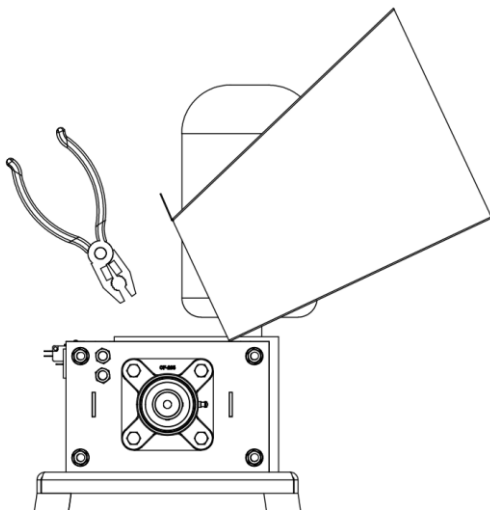
Retirar pernos y arandelas de sujeción de la cámara de triturado



Limpeza y mantenimiento

Limpeza rápida

Para una limpieza rápida únicamente levante la tolva y mediante pinzas retire los pedazos de plástico que se atasquen en las cuchillas y no logren traspasar la criba como se indica en la siguiente imagen.



Limpeza profunda

Para una limpieza profunda seguir los pasos especificados en el apartado "Desensamble de componentes". Limpie cuidadosamente los elementos y asegúrese de lubricar los rodamientos.

Afilado de cuchillas

Para saber cuando afilar las cuchillas se pueden tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Gran cantidad de partículas de plástico que se doblan en lugar de ser trituradas.
- Cuchillas sin filo

En caso de ser necesario se debe afilar la cuchilla como se indica en la imagen siguiente.

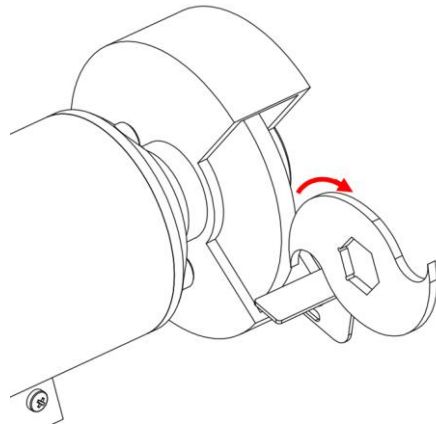


Tabla de detección de fallas

Falla	Posible Razón	Soluciones
La máquina no enciende	- Breaker abajo - La tolva no está cerrada - No se conectó a una fuente adecuada - Botón de paro de emergencia presionado	- Retirar la tapa del panel de control y restablecer breaker - Asegurarse de que la tolva esté presionando adecuadamente el final de carrera - Asegurarse de conectar la máquina a una fuente adecuada - Desactivar el paro de emergencia
El motor se sobrecalienta (Se activa el relé térmico)	- Se ingresó un material no adecuado - Existe un atasco de material en las cuchillas	- Alimentar la máquina únicamente con la materia prima recomendada - Realizar una limpieza según se indica en este manual
El plástico no se tritura adecuadamente	- Cuchillas desafiladas	- Afilar las cuchillas según se indica en este manual
Las partículas no traspasan la criba	- Material acumulado no permite el traspaso de nuevo material	- Realizar una limpieza profunda como se indica en este manual