



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga

## PROYECTO DE TITULACIÓN

*[DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MOLINO TRITURADOR DE CUCHILLAS  
PARA UN PROTOTIPO DE MAQUINA TRITURADORA DE PLÁSTICOS]*

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
*INGENIERO INDUSTRIAL*

**PRESENTA:**

*JOSE CARLOS CAMPOS GARCIA*

**ASESOR:**

DR. JOSÉ ALONSO DENA AGUILAR

Mayo



## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, gracias a Dios ya que con su bendición y su amor pudimos realizar este propósito, también a mi asesor y docente de la universidad ya que gracias a su conocimiento y dedicación nos guiaron a la construcción de este proyecto, a mi padres y familiares que estuvieron todos los días pendientes de que todo esté bien elaborado y así mismo me brindaron apoyo moral y económico para cumplir esta meta propuesta.

## RESUMEN

### ***“DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN MOLINO TRITURADOR DE CUCHILLAS PARA UN PROTOTIPO DE MAQUINA TRITURADORA DE PLÁSTICOS”***

Por: **JOSÉ CARLOS CAMPOS GARCÍA**

El Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga es una institución de educación superior que se localiza en el Municipio de Pabellón de Arteaga al norte del Estado de Aguascalientes y es perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM). Actualmente cuenta con una oferta educativa de 5 programas de Licenciatura y 1 programa de Posgrado con una matrícula superior a los 1300 estudiantes.

Dentro de sus instalaciones se encuentra el laboratorio de Conversión de la Energía adscrito al programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica donde se desarrollan proyectos de posgrado, desarrollo tecnológico, investigación e innovación relativos a la línea de generación y aplicación del conocimiento “conversión de la energía”. Uno de estos proyectos se refiere a la manufactura de una trituradora de plástico a nivel prototipo para su posible uso dentro de la industria del reciclaje de plásticos. Se estudia, como una primera etapa, el diseño y construcción del sistema mecánico de corte por medio de un molino triturador de cuchillas (caja de cuchillas) impulsado por un motor reductor trifásico con regulación de la velocidad de giro por medio de un variador de frecuencia.

En la manufactura de piezas metálicas se emplean procesos de maquinado en máquinas de torno y fresadora CNC, así como operaciones de soldadura, esmerilado, perforación, corte, entre otros. Donde las operaciones de manufactura están reguladas por los diseños mecánicos 3D de las piezas a manufacturar.

Por tanto, es conveniente, generar los diseños mecánicos de las piezas metálicas previo a su manufactura para garantizar su funcionalidad y dimensiones requeridas.

En este trabajo se aplicaron procesos de cambio de forma y/o acabado de superficies en la construcción de un sistema de molino triturador por cuchillas para una máquina trituradora de plásticos.

La propuesta de solución consistió en el diseño y construcción de una caja de cuchillas que permita realizar los cortes de los plásticos de desecho mediante su giro constante a través de su arreglo integrado a un motor trifásico y un variador de frecuencia.

Se logró el diseño y construcción de la caja de cuchillas que realizan el corte del material. Los logros permiten establecer trabajo a futuro para aplicar un diseño experimental y validar la óptima operación del molino triturador.

El título del presente estudio se ha actualizado acorde a los alcances y logros obtenidos.

Este trabajo es parte de un proyecto global del diseño y construcción de una máquina trituradora a nivel prototipo. Por lo que este estudio se desarrolló de manera grupal por los requerimientos, condiciones y características del proyecto de la empresa proponente del proyecto. Por tanto, los productos entregables de los participantes comparten las mismas secciones básicas del documento de reporte con la diferencia de los resultados logrados en productos diferentes.

El presente trabajo es producto del proyecto **9433.20-P** de la Convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2020 del Tecnológico Nacional de México.

Dirigido por:

**M. en C. Víctor Manuel Velasco Gallardo**

**Dr. José Alonso Dena Aguilar**

# ÍNDICE

	Pág.
<b>I. GENERALIDADES DEL PROYECTO</b> .....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente.....	2-4
1.3 Problema(s) a resolver.....	4-
1.4 Justificación.....	5
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6 Alcances y limitaciones.....	6
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	7
2.1 OPERACIONES DE MANUFACTURA.....	7-8
2.1.1. ARRANQUE POR VIRUTA.....	8-9
2.1.2. FRESADO.....	9-10
2.1.3. CORTE POR PLASMA.....	10-12
2.1.4. SOLDADURA.....	12-13
2.1.5 ESMERILADO.....	13-14
2.2. MAQUINADOS: CONCEPTO Y TIPO DE MAQUINAS.....	14-16
2.2.1 TORNO CNC.....	17-18
2.2.2 FRESADORA CNC.....	19-20
2.2.3 CORTE DE PLASMA.....	20-21
2.3 MOLINO TRICTURADOR POR CUCHILLAS.....	21-22
2.3.1 CUCHILLAS DE CORTE.....	22-23
2.3.2. TIPOS DE CUCHILLAS.....	23-24
2.4 DISEÑOS MECANICOS POR SOLID WORKS.....	25-26
2.5 TRITURACION DE PLASTICO.....	26-27
2.6 MAQUINA TRITURADORA.....	27-28

<b>III. DESARROLLO</b> .....	29
3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	29
3.1.1 Diseños mecánicos CAD 3D.....	29
3.1.2 Construcción de caja de engranes.....	29-33
3.2 Cronograma de actividades.....	33
	Pág.
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	35
4.1 Diseños 3D.....	35-39
4.2 Manufactura de cajas de cuchillas.....	39-45
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS</b> .....	47
<b>VII. FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	48 -49
<b>Anexo 1.</b> Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	50
<b>Anexo 2.</b> Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	51

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
<b>Figura 2.</b> Procesos de manufactura.....	8
<b>Figura 3.</b> Mecanizado por arranque de viruta.....	9
<b>Figura 4.</b> Tipos de fresado.....	10
<b>Figura 5.</b> Corte por plasma.....	11
<b>Figura 6.</b> Soldadura MIG/MAG.....	13
<b>Figura 7.</b> Esmerilado .....	14
<b>Figura 8.</b> Proceso de torneado .....	15
<b>Figura 9.</b> Torno cnc moderno.....	15
<b>Figura 10.</b> Torno cnc.....	17
<b>Figura 11.</b> Fresadora CNC.....	19
<b>Figura 12.</b> Cortadora de plasma cnc.....	20
<b>Figura 13.</b> Molino triturador por cuchillas.....	22
<b>Figura 14.</b> Cuchillas de corte .....	23

	Pág.
<b>Figura 15.</b> Tipos de cuchillas.....	24
<b>Figura 16.</b> Diseño mecánico por Solid Works.....	25
<b>Figura 17.</b> Trituración de plástico.....	26
<b>Figura 18.</b> Máquina de trituración de plástico.....	27
<b>Figura 19.</b> Máquina trituradora.....	28
<b>Figura 20.</b> Taller de manufactura del plantel.....	30
<b>Figura 21.</b> Torno CNC utilizado.....	31
<b>Figura 22.</b> Fresadora CNC utilizada .....	31
<b>Figura 23.</b> Cortadora de plasma utilizada.....	32
<b>Figura 24.</b> Esmeril de banco utilizado .....	32
<b>Figura 25.</b> Máquina de soldar utilizada .....	32
<b>Figura 26.</b> Pulidora utilizada .....	33
<b>Figura 27.</b> Taladro de banco utilizado.....	33
<b>Figura 28.</b> Cronograma de actividades generales.....	33
<b>Figura 29.</b> dibujo técnico de cuchilla .....	35

<b>Figura 30.</b> Dibujo técnico de eje para cuchillas .....	35
	Pág.
<b>Figura 31.</b> Dibujo técnico de separador.....	36
<b>Figura 32.</b> Dibujo técnico de tolva.....	36
<b>Figura 33.</b> Diseño en Solid Works de trituradora.....	37
<b>Figura 34.</b> Diseño en Solid Works de trituradora.....	37
<b>Figura 35.</b> Diseño trituradora en Solid Works lateral.....	38
<b>Figura 36.</b> Diseño en Solid Works de tolva.....	38
<b>Figura 37.</b> Diseño en Solid Works de molino triturado.....	39
<b>Figura 38.</b> corte de separadores .....	39
<b>Figura 39.</b> Corte de engrane .....	40
<b>Figura 40.</b> Barrenado en fresa.....	40
<b>Figura 41.</b> Desbaste en fresa .....	40
<b>Figura 42.</b> Ranuración de eje.....	41
<b>Figura 43.</b> Ranurado de eje para cuñero .....	41
<b>Figura 44.</b> Cuchillas de la trituradora.....	41

<b>Figura 45.</b> Separador de cuchillas.....	42
	<b>Pág.</b>
<b>Figura46.</b> Separdor pulido.....	42
<b>Figura 47.</b> Maquinado en torno CNC.....	43
<b>Figura 48.</b> Maquinado de eje en torno cnc.....	43
<b>Figura 49.</b> Machueleado.....	43
<b>Figura 50.</b> Barrenado en taladro de banco.....	44
<b>Figura 51.</b> Uso de maquinado torno CNC.....	44
<b>Figura 52.</b> Uso de maquinado torno fresadora.....	44
<b>Figura 53.</b> uso de máquina de soldadura.....	45
<b>Figura 54.</b> Máquina trituradora terminada .....	45

## **I. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 Introducción**

El INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PABELLÓN DE ARTEAGA es una institución de educación superior ubicada en el Municipio de Pabellón de Arteaga del Estado de Aguascalientes y como parte de sus objetivos se encuentra el desarrollo de proyectos de innovación e investigación a través de residencias profesionales que den soluciones a problemas de la industria, de ciencia aplicada o de desarrollo tecnológico. Su laboratorio de Conversión de la Energía inicio operaciones en enero de 2019 dentro del programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica que se oferta en el plantel y donde se promueven proyectos de posgrado, desarrollo tecnológico, investigación e innovación acordes a la línea de investigación de conversión de la energía. Esta línea de investigación se enfoca a procesos de conversión de la energía y energías renovables mediante el diseño e integración de procesos orientados para la generación, almacenamiento y uso eficiente de la energía.

Uno de estos proyectos se refiere a la manufactura de una trituradora de plástico a nivel prototipo para su posible uso dentro de la industria del reciclaje de plásticos. Se estudia, como una primera etapa, el diseño y construcción del sistema mecánico de corte por medio de un molino triturador de cuchillas (caja de cuchillas) impulsado por un motor reductor trifásico con regulación de la velocidad de giro por medio de un variador de frecuencia.

En la manufactura de piezas metálicas se emplean procesos de maquinado en máquinas de torno y fresadora CNC, así como operaciones de soldadura, esmerilado, perforación, corte, entre otros. Donde las operaciones de manufactura están reguladas por los diseños mecánicos 3D de las piezas a manufacturar.

Por tanto, es conveniente, generar los diseños mecánicos de las piezas metálicas previo a su manufactura para garantizar su funcionalidad y dimensiones requeridas.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue aplicar procesos de manufactura avanzada en el diseño y construcción de un molino triturador por cuchillas (caja de cuchillas) para una máquina trituradora de plásticos. En particular se considera la aplicación de operaciones de maquinados CNC, pulido, esmerilado, entre otros para utilizar en el proceso de manufactura del prototipo.

La presente propuesta permitió establecer trabajo a futuro para aplicar un diseño experimental y validar la óptima operación de la caja de cuchillas.

El título del presente estudio se ha actualizado acorde a los alcances y logros obtenidos.

Este trabajo es parte de un proyecto global del diseño y construcción de una máquina trituradora a nivel prototipo. Por lo que este estudio se desarrolló de manera grupal por los requerimientos, condiciones y características del proyecto de la empresa proponente del proyecto. Por tanto, los productos entregables de los participantes comparten las mismas secciones básicas del documento de reporte con la diferencia de los resultados logrados en productos diferentes.

El presente trabajo es producto del proyecto **9433.20-P** de la Convocatoria de Proyectos de Desarrollo Tecnológico e Innovación para Estudiantes 2020 del Tecnológico Nacional de México.

## **1.2 Descripción de la empresa y del puesto o área de trabajo del residente**

El ramo económico de la institución es la educación, específicamente la educación superior, así como el desarrollo de proyectos de innovación e investigación con la industria (desarrollo tecnológico) o académicos (ciencia aplicada).

Sus políticas de misión, visión, objetivos (retos) y valores de la institución son:

### *Misión*

Brindar un servicio de educación superior de calidad comprometido con la generación, difusión y conservación del conocimiento científico, tecnológico y humanista, a través de programas educativos que permitan un desarrollo sustentable, conservando los principios universales en beneficio de la humanidad.

### *Visión*

Ser una institución de educación superior reconocida a nivel nacional e internacional, líder en la formación integral de profesionistas de calidad y excelencia, que promueve el desarrollo armónico del entorno.

### *Objetivos de la empresa*

Asegurar la calidad de todos los procesos académicos, entre los que se encuentran:

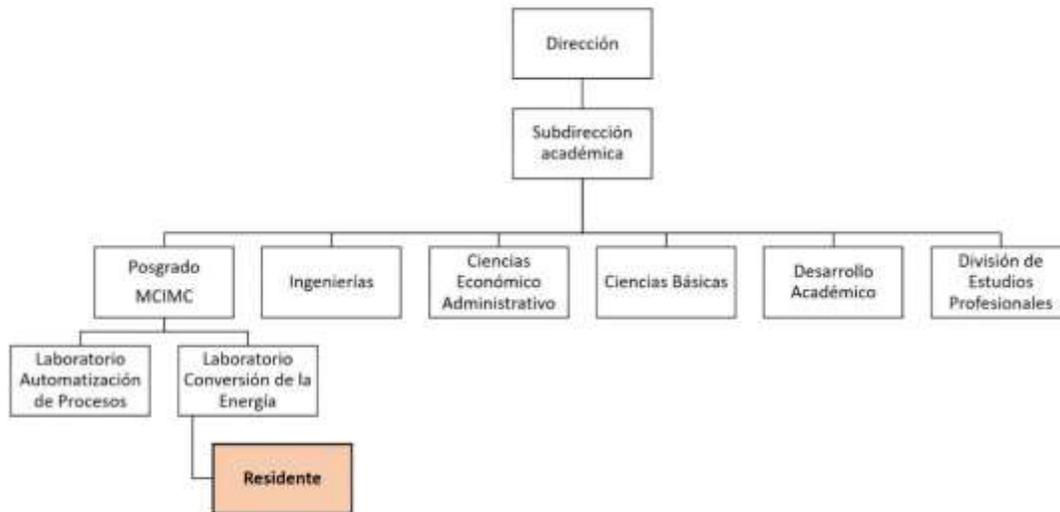
- El diseño de especialidades
- Asesoría de residencias profesionales
- Desarrollo de proyectos de innovación
- Servicios de educación continua
- Investigación educativa
- Acreditaciones de planes de estudio

### *Valores*

A fin de guiar y orientar las acciones cotidianas de todo su personal, la institución define los siguientes valores institucionales:

- Compromiso. - lograr propósitos comunes mediante el trabajo responsable y en equipo, mejorando permanentemente el ser, hacer y tener mediante la participación activa y el liderazgo compartido.
- Responsabilidad. - decidir y actuar conforme al análisis previo de las consecuencias inmediatas o mediatas de las acciones.
- Respeto. - actitud personal y colectiva hacia la conservación, mejoramiento y protección de las diversas formas de vida, además de la aceptación de la diversidad propia de lo humano.
- Cooperación. - facilitar condiciones que allanen el trabajo de los demás, y capacitar a toda la gente para propiciar su desarrollo personal y profesional dentro y fuera de la institución.
- Honestidad. - liderazgo que toma decisiones con base en una información completa, retroalimentando directamente con resultados e impacto mutuo, dando transparencia a cada una de las acciones personales e institucionales.
- Equidad. - crear un ambiente que permita establecer un sistema de reconocimiento al esfuerzo individual y de grupo en la institución.

En la Figura 1 se presenta el organigrama de la institución, así como el área de trabajo del residente. Las funciones del residente son propias del proyecto de residencia y se enfocan al diseño y construcción de una caja de engranes de potencia para una maquina extrusora solar.



**Figura 1.** Organigrama de la institución y del área de residencia.

### 1.3 Problema(s) a resolver

La cadena de valor para el reciclaje de plásticos involucra la participación de centros acopiadores que en cierta manera están agrupados en pequeñas cooperativas o asociaciones que podrían ser las áreas de oportunidad beneficiadas con el uso de la tecnología de triturado propuesta.

Derivado de lo anterior, se han detectado las siguientes áreas de oportunidad:

1. Diseño y construcción de una máquina trituradora de plásticos:
  - Diseño y manufactura de un molino triturador de cuchilla.
  - Integración de la caja de cuchillas a un motor trifásico con variador de frecuencia.
2. Operación de una máquina trituradora de plásticos:
  - Puesta en operación de la caja de cuchillas manufacturada para validar su funcionamiento.

## **1.4 Justificación**

El empleo de innovadoras tecnologías, como la presente propuesta – que permitan el ahorro de consumos energéticos en la industria del reciclaje de plásticos – generaría una disminución de sus costos de operación. Además, puede ser una opción para las PyMes y MiPyMes dedicadas a la industria del reciclaje como una alternativa para dar valor agregado a sus actividades a través de la tecnología propuesta. Por tanto, el presente trabajo coadyuva a establecer procesos industriales que aprovechen la reducción de tamaño de partícula para optimizar espacios.

Sin embargo, la mayoría de la tecnología que emplea una máquina trituradora de plásticos es de procedencia extranjera, siendo muy escasas empresas nacionales la que también comparten este giro. Por lo anterior es relevante promover el desarrollo de tecnología nacional para poder coadyuvar en ir minimizando de la dependencia de empresas extranjeras para satisfacer la demanda de estos equipos. Diseñar y construir un desarrollo tecnológico funcional permitirá establecer, a futuro, demás proyectos de investigación que permitan la participación de más recursos humanos de la Ingeniería Industrial.

El alcance del proyecto es el diseño y construcción de un molino triturador a base de caja de cuchillas integrado a un motor trifásico y un variador de frecuencia.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Aplica procesos de cambio de forma y/o de acabado de superficies en la construcción de una caja de cuchillas mediante la elaboración de diseños mecánicos y procesos de cambio de forma mecánicos, maquinados CNC, pulido, esmerilado, entre otros para un prototipo de máquina trituradora de plásticos.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Elabora los diseños mecánicos en software de diseño especializado para validar funcionamiento y dimensiones previo a su manufactura.

- Conocer los diferentes procesos de cambio de forma de los materiales y/o acabado de superficies para definir el más adecuado en la fabricación de la caja de cuchillas.
- Define el tipo de máquina y herramientas a utilizar para el proceso de cambio de forma mecánico y/o acabado de superficie propuesto en el desarrollo de la caja de cuchillas.
- Realiza los maquinados definidos en el proceso de cambio de forma mecánico propuesto en el desarrollo de la caja de cuchillas.
- Realiza los acabados superficiales propuestos en el desarrollo de la caja de cuchillas.
- Realizar pruebas preliminares de la puesta en práctica de la caja de cuchillas para validar las técnicas de cambio de forma y/o acabado de superficies definidas e identificar posibles áreas de reingeniería.

### **1.6 Alcances y limitaciones**

Se aplicarán las técnicas de cambio de forma y/o acabado superficial existentes ya preestablecidas por el organismo proponente del proyecto, bajo ciertas condiciones de manufacturación, por lo que no se optimizará el proceso o se realizaran acciones de reingeniería posibles.

Proyecto de desarrollo tecnológico a nivel prototipo, por lo que únicamente se llevaran a cabo las actividades de diseño y construcción del molino triturador y se integrara a la máquina trituradora sin llevar a cabo demás acciones de la Ingeniería Industrial como tomas de tiempos, rendimientos, análisis estadístico, diseño experimental, entre otros.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 OPERACIONES DE MANUFACTURA

Operaciones de manufactura: Proceso de Manufacturas Es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Estas características pueden ser de naturaleza muy variada como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. Se realizan en el ámbito de la industria. En la mayoría de los casos, para la obtención de un determinado producto serán necesarias multitud de operaciones individuales de manera que, dependiendo de la escala de observación, se puede denominar proceso tanto en el conjunto de operaciones desde de la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto como las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina/herramienta.

### 3. CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DE MANUFACTURAS

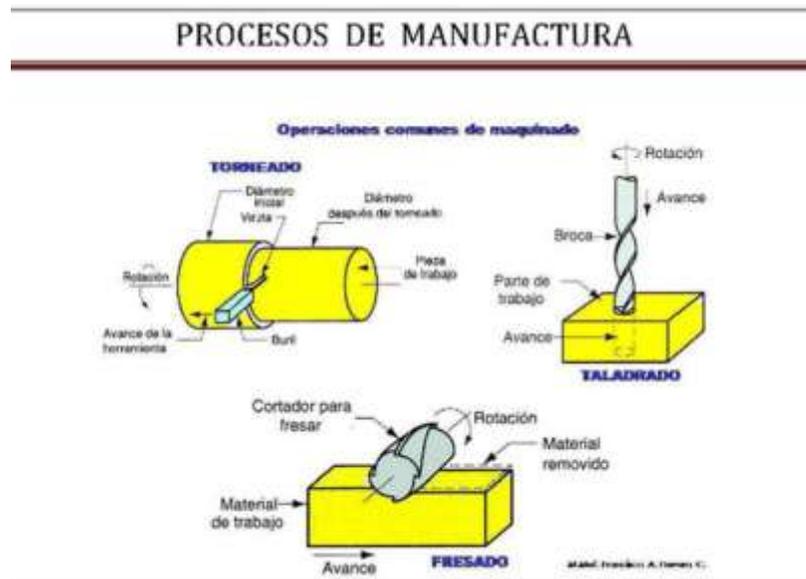
4. Operación de Proceso Utiliza energía para alterar la forma, las propiedades físicas o el aspecto de una pieza de trabajo a trabajo a fin de agregar valor al material. Las formas de energía incluyen la mecánica, térmica, eléctrica o química. La energía se aplica de forma controlada mediante la maquinaria y su herramienta. También puede requerirse la energía humana, pero los seres humanos generalmente se dedican a controlar las máquinas, a examinar las operaciones, a cargar y descargar partes antes y después de cada ciclo de operación. Transformación de un material de trabajo Valor Agregado por el cambio de propiedades Su ejecución debe ser en partes discretas

5. Tipos de Operación de Proceso Se clasifican en 3 tipos: 1. Las operaciones de formado: Alteran la geometría del material inicial de trabajo mediante diversos métodos que incluyen los procedimientos comunes de fundición, forjado y maquinado. Hay diversas formas de clasificar los procesos de formado. La clasificación empleada en este libro se basa en el estado inicial del material e incluye cuatro categorías: 1. Fundición, moldeado y otros procesos en los que el material inicial es un líquido calentado o semifluido. 2. Procesado de partículas: el material inicial es un polvo que se forma y calienta para darle una geometría deseada. 3. Procesos de deformación: el material inicial es un sólido dúctil (usualmente metal) que se deforma para formar la pieza. 4. Procesos de remoción de material: el material inicial es un sólido (dúctil o frágil) del cual se quita material para que la pieza resultante tenga la geometría deseada. Fundición

6. 2. Operaciones para mejorar propiedades: El segundo tipo en importancia de procesamiento de materiales se realiza para mejorar las propiedades físicas o mecánicas del material de trabajo. Estos procesos no alteran la forma de la parte, excepto en algunos casos de forma no intencional. Los procesos más importantes de mejora de propiedades involucran tratamientos térmicos que incluyen diversos procesos de recocido y

resistencia para metales y vidrio. El sinterizado de polvos cerámicos y de metales Agregan valor al material con la mejora de sus propiedades físicas sin cambiar su forma; el tratamiento térmico es el ejemplo más común.

7. 3. Las operaciones de procesado de superficies: Tienen por objeto limpiar, tratar, revestir o depositar materiales en la superficie exterior de la pieza de trabajo; ejemplos comunes son la electro deposición y la pintura que se aplican para proteger la superficie o para mejorar su aspecto. Las operaciones de procesado de superficie incluyen 1) limpieza, 2) tratamientos de superficie 3) procesos de recubrimiento y deposición de películas delgadas.<sup>1</sup>



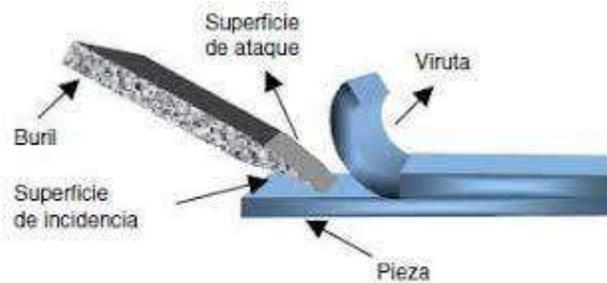
**Figura 2.**Proceso de manufactura.

### 2.1.1 Arranque por viruta

El mecanizado por arranque de viruta, también conocido como decole tajé, es un proceso de mecanizado que consiste en separar material de una pieza por medio de herramientas con filos muy definidos. Con este tipo de procesos se consiguen desde piezas como tornillos y bridas, hasta partes de electrodomésticos, aeronáutica, vehículos, etc.

El proceso de arranque de la viruta, se realiza mediante la penetración de una herramienta de corte en el material, realizando un movimiento relativo entre la pieza que

se desea mecanizar y la herramienta, dando lugar a un desperdicio o viruta, de ahí su nombre.



**Figura 3.** Mecanizado por arranque de viruta

Los procesos de decoletaje se describen a continuación:

- **Serrado:** consiste en deslizar una hoja dentada adelante y hacia abajo para provocar el corte del material
- **Limado:** la técnica más antigua de decoletaje, realizada manualmente. Se utiliza para dar el acabado final a la pieza mecanizada con gran precisión y con poca cantidad de arranque. Consiste en deslizar repetidamente una **lima** para desgastar las imperfecciones.
- **Taladrado:** se basa en la ejecución de agujeros circulares en la pieza. Para ello, se fija en una superficie plana y con la ayuda de una **broca**, se penetra el material verticalmente de forma circular, generando el arrancando de la viruta de forma continua hasta conseguir el tamaño y la forma deseados.
- **Roscado:** esta técnica puede hacerse manualmente, haciendo una rosca en el interior de un agujero utilizando un **macho de roscar**. Para roscas exteriores se utiliza una **terraja**.<sup>2</sup>

### 2.1.2 Fresado

El fresado es un proceso de mecanizado de superficies, que consiste en el eliminado progresivo de una determinada cantidad de material de la pieza de trabajo con un valor de avance relativamente bajo y con una alta velocidad de rotación. La principal

característica del proceso de fresado es la eliminación de material de cada labio de la fresa, partiéndolo en pequeñas porciones (viruta).

Las tres operaciones básicas de fresado se muestran a continuación: (A) fresado cilíndrico, (B) fresado frontal y (C) fresado de acabado.



**Figura 4.** Tipos de fresado.

En el fresado cilíndrico el eje de rotación de las fresas es paralelo a la superficie de la pieza de trabajo a mecanizar. La fresa está rodeada de dientes a lo largo de su circunferencia, cada diente actúa como un punto de corte de la herramienta. Las fresas usadas para el fresado cilíndrico pueden tener estrías rectas o helicoidales, generando una sección de corte ortogonal u oblicua.

En el fresado frontal, la fresa se monta en el husillo de la máquina o en un portaherramientas, esta fresa tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo. Las fresas frontales, tienen los filos de corte localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal.

En el fresado de acabado, las fresas generalmente rotan sobre un eje vertical a la pieza de trabajo. La fresa también puede estar inclinada respecto a la pieza de trabajo en caso que se quieran realizar superficies cónicas. Los dientes de corte están localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal.<sup>3</sup>

### **2.1.3 Corte por plasma**

El corte por plasma forma parte de los procesos térmicos de corte por fusión. Se utiliza principalmente para cortar metales conductores, como latón, cobre, aluminio o acero.

El plasma es uno de los estados fundamentales de la materia, siendo los demás el sólido, el líquido y el gaseoso. El plasma es un gas electro conductible que se calienta a altas temperaturas. El gas está constituido por partículas ionizadas; es decir, grupos de partículas con carga positiva y negativa. El calor generado en el proceso puede alcanzar temperaturas de más de 20 000 °C, mientras que el chorro de plasma procedente de la boquilla puede aproximarse a una velocidad similar a la del sonido.

Durante el proceso de corte, el plasma se obtiene por una convección forzada del gas que se comprime a través de una boquilla de pequeño diámetro situada dentro de la antorcha. Por lo general, los gases empleados son oxígeno, aire, argón, hidrógeno, nitrógeno o una combinación de estos. El gas se somete a continuación a un arco eléctrico establecido entre un electrodo y la pieza que se va a cortar. La enorme energía térmica del arco eléctrico y la potente energía cinética del gas de plasma permiten fundir el material y expulsar el metal fundido.



**Figura 5.** Corte por plasma.

Existen diversas variaciones del proceso de corte por plasma, diseñadas para mejorar la calidad del corte y la estabilidad del arco, reducir el ruido y los gases o aumentar la velocidad del corte. Estas variaciones juegan con la cantidad de gas utilizado, el empleo del agua, etc. El corte por plasma puede incluso combinarse con el corte por chorro de agua o el oxicorte.

Las numerosas ventajas del corte por plasma:

Puede utilizarse sobre una amplia gama de materiales, como el acero inoxidable o el aluminio.

Coste reducido de los consumibles (aire).

Bajas exigencias en cuanto a la calidad de los materiales y al entorno de trabajo.

Velocidades de corte superiores al láser sobre placas medianas y gruesas.

Velocidades de corte superiores al oxicorte sobre placas delgadas y medianas.

No obstante, el corte por plasma tiene algunos inconvenientes. El principal es que los materiales no conductores, como la madera o el plástico, no pueden cortarse mediante este sistema. Además, el corte por plasma está limitado al espesor de las placas sobre las que se trabaja, que no pueden exceder los 160 mm para el corte en seco y los 120 mm para el corte con agua. Por último, el electrodo y la boquilla del dispositivo de corte deben reemplazarse con frecuencia, lo que incrementa el coste operativo.

El corte por plasma es una excelente herramienta para utilizar sobre materiales conductores (como latón, cobre, aluminio o acero), lo que explica por qué se emplea a menudo en fábricas, talleres de soldadura, reparación de automóviles, restauración, construcción industrial y operaciones de demolición. <sup>4</sup>

#### **2.1.4 Soldadura**

La soldadura se refiere a la unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o compresión para que las piezas formen un continuo. La fuente de calor en la soldadura suele ser una llama de arco producida por la electricidad de la fuente de potencia de soldadura. La soldadura basada en un arco se llama soldadura por arco.

La fusión de las piezas puede ocurrir únicamente en base al calor producido por el arco para que las piezas de soldadura se fundan entre sí. Este método se puede utilizar en soldadura TIG, por ejemplo.

Sin embargo, generalmente se funde un metal de relleno en la costura de soldadura, ya sea usando un alimentador de alambre a través de la pistola de soldar (soldadura MIG/MAG) o usando un electrodo de soldadura de alimentación manual. En esta situación, el metal de relleno debe tener aproximadamente el mismo punto de fusión que el material soldado.



**Figura 6.** Soldadura MIG/MAG.

Antes de comenzar a soldar, se da la forma de ranura de soldadura adecuada a los bordes de las piezas de soldadura, por ejemplo, de ranura en V. A medida que avanza la soldadura, el arco fusiona los bordes de la ranura y el relleno, creando un baño de fusión.

Para que la soldadura sea duradera, el baño de fusión debe protegerse de la oxidación y los efectos del aire circundante, por ejemplo, mediante gases de protección o escoria. El gas de protección se alimenta al baño de fusión mediante la pistola de soldar. El electrodo de soldadura también está revestido con un material que produce gas de protección y escoria sobre el baño de fusión.

Los materiales soldados con más frecuencia son metales, como el aluminio, el acero dulce y el acero inoxidable. Además, los plásticos también se pueden soldar. En la soldadura de plástico, la fuente de calor es aire caliente o una resistencia eléctrica.<sup>5</sup>

### **2.1.5 Esmerilado**

El esmerilado es una operación con la que se trata de conseguir unas superficies con irregularidades superficiales muy bajas, es decir, con rugosidad muy reducida. El esmerilado de superficies planas se efectúa sobre unos planos apropiados llamados esmeriladores, sobre los cuales se distribuyen polvos abrasivos mezclados con aceite mineral; las superficies a mecanizar se frotan contra los planos esmeriladores, variando continuamente la dirección y el sentido del movimiento hasta obtener el efecto deseado. El plano de trabajo está constituido generalmente por fundición y en la práctica es un mármol con acanaladuras en las cuales se recoge el exceso de abrasivo. En función del tipo de abrasivo empleado pueden obtenerse superficies rectificadas, pulidas o simplemente desbastadas.

Para el esmerilado de superficies complejas o de grandes dimensiones, el utilaje debe ser mucho más complicado; en algunos casos el efecto de abrasión se obtiene pulverizando violentamente la superficie con polvos abrasivos; esta operación toma asimismo el nombre de arenado. <sup>6</sup>



**Figura 7. Esmerilado.**

## **2.2 MAQUINADO: CONCEPTOS Y TIPOS DE MAQUINAS**

### Maquinado

Dentro de la industria de manufactura, el maquinado es uno de los procesos más importantes a realizar. Este se basa en remover por medio de una herramienta de corte todo el exceso del material, de tal forma que la pieza terminada sea realmente la deseada. El proceso de maquinado incluye la deformación cortante del material, creando una viruta, cuando esta es removida, queda totalmente expuesta a una nueva superficie. Lo novedoso de este proceso es que a través de la historia se ha modificado e innovado la forma de realizar el maquinado.

Hoy en día, puede realizarse el maquinado a una mucha más amplia gama de metales. Generalmente todo material que sea sólido puede ser maquinado. En el caso de plásticos o compuestos se puede realizar el maquinado pero de una forma más delicada y cuidada. La cerámica se caracteriza por ser una material de alta dureza y fragilidad, no obstante se pueden cortar las piezas por medio del maquinado abrasivo.



**Figura 8.** *Proceso de torneado.*

El maquinado no solamente es un solo proceso, sino está conformado por varios procesos. Para realizar un corte profesional y exacto se requiere un movimiento relativo entre el material de trabajo y la herramienta.

Durante el proceso de maquinado, es importante añadir productos que faciliten el proceso. Tanto los aceites, tintas o lubricantes ayudan a que exista una menor fricción en el momento de roce, también ayudan a que la pieza no se lastime más de lo deseado y sobretodo que el corte sea exacto y perfecto.



**Figura 9.** *Torno cnc moderno.*

El mecanizado se hace mediante una máquina herramienta, manual, semiautomática o automática, pero el esfuerzo de mecanizado es realizado por un equipo mecánico, con los motores y mecanismos necesarios. Las máquinas herramientas de mecanizado clásicas son:

- **Taladro:** La pieza es fijada sobre la mesa del taladro, la herramienta, llamada broca, realiza el movimiento de corte giratorio y de avance lineal, realizando el mecanizado de un agujero o taladro teóricamente del mismo diámetro que la broca y de la profundidad deseada.
- **Limadora:** esta máquina herramienta realiza el mecanizado con una cuchilla montada sobre el porta herramientas del carnero, que realiza un movimiento lineal de corte, sobre una pieza fijada la mesa, que tiene el movimiento de avance perpendicular al movimiento de corte.
- **Mortajadora:** Máquina que arranca material linealmente del interior de un agujero. El movimiento de corte lo efectúa la herramienta y el de avance la mesa donde se monta la pieza a mecanizar.
- **Cepilladora:** De mayor tamaño que la limadora, tiene una mesa deslizante sobre la que se fija la pieza y que realiza el movimiento de corte deslizándose longitudinalmente, la cuchilla montada sobre un puente sobre la mesa se desplaza transversalmente en el movimiento de avance.
- **Brochadora:** Máquina en la que el movimiento de corte lo realiza una herramienta brocha de múltiples filos progresivos que van arrancando material de la pieza con un movimiento lineal.
- **Torno:** Es la máquina herramienta de mecanizado más difundida, éstas son en la industria las de uso más general, la pieza se fija en el plato del torno, que realiza el movimiento de corte girando sobre su eje, la cuchilla realiza el movimiento de avance eliminando el material en los sitios precisos.
- **Fresadora:** En la fresadora el movimiento de corte lo tiene la herramienta; que se denomina fresa, girando sobre su eje, el movimiento de avance lo tiene la pieza, fijada sobre la mesa de la fresadora que realiza este movimiento. Es junto al torno la máquina herramienta más universal y versátil.

Desde hace ya tiempo, la informática aplicada a la automatización industrial, ha hecho que la máquina-herramienta evolucione hacia el control numérico. Así pues hablamos de centros de mecanizado de 5 ejes y tornos multi-función, que permiten obtener una pieza compleja, totalmente terminada, partiendo de un tocho o de una barra de metal y todo ello en un único amarre. Estas máquinas con control numérico, ofrecen versatilidad, altas capacidades de producción y preparación, ofreciendo altísima precisión del orden de micras.<sup>7</sup>

### 2.2.1 Torno CNC

El Torno CNC es una herramienta para mecanizado operada mediante el control numérico de un ordenador, el cual está incorporado dentro de él. Esto se explica mejor a través del significado de sus siglas CNC (control numérico computarizado) y este control numérico se basa en un sistema de lenguaje que se comunica a través de la emisión de "códigos G", que no es más que un sistema de comunicación Alfanumérico en este tipo de máquinas sofisticadas.

Los tornos CNC son muy versátiles ya que realizan funciones de taladrado y giros. Estos últimos, revolucionaron el mercado porque han facilitado la realización de cortes horizontales, verticales, curvos, los cuales anteriormente tomaban muchas horas de realización para los torneros.



*Figura 10. Torno cnc.*

### Tipos de Torno CNC

- **Torno CNC de bancada inclinada:** Este tipo de torno posee una bancada inclinada de una pieza que otorga mayor rigidez, precisión y durabilidad en el trabajo que se vaya a realizar como **taladrado, torneado, fresado**. Todo esto se controla mediante un control digital muy sofisticado conocido como "control FANUC".
- **Torno CNC de bancada plana:** existen en dos presentaciones.
  1. El de la serie FLC, utiliza un sistema de refrigerado y una puerta de seguridad de vidrios. Es muy utilizado para realizar trabajos con piezas pequeñas y también complejas como brocas, piezas de metal, hierro y todo material para el cual se requiera una minuciosa exactitud.
  2. La serie BJ VSCNC, utiliza un sistema de refrigerado, un sistema eléctrico de programable de cuatro estaciones y un control FANUC. A diferencia del primer

modelo, éste se utiliza para realizar trabajos con exactitud en medianas y grandes piezas.

- **Tornos Verticales CNC:** Este tipo de torno posee guías cuadradas (eje X y Z) para poder marcar un mejor corte acompañado de un controlador digital FANUC. Este tipo de tornos está diseñado para trabajar con herramientas de gran volumen.

### **Tornos paralelos universales CNC**

Dentro de este tipo existen varios modelos:

- La serie S90 permite realizar trabajos precisos, esto se utiliza cuando no se quiere realizar grandes trabajos en series y sólo se necesita el corte de pequeñas piezas.
- La serie SMART-TURN 7, posee un sistema digital muy avanzado, lo cual permite que el tiempo de trabajo en un corte sea menor. Sin duda, la lectura del lenguaje ISO hace que este tipo de tornos sea dinámico para todo tipo de movimientos y operaciones.
- La serie YZ presenta un diseño industrial más sofisticado ya que posee un freno de emergencia que permite una mayor seguridad al momento de realizar los cortes. Son mayormente para producir objetos pequeños como flejas, poleas bujes, etc.
- La serie BJ posee una chuchilla giratoria de tres mordazas la cual se moviliza fácilmente mediante un plato de arraste. Su utilización se ha enfocado en la reparación y refracción de piezas de diferentes tamaños.
- La serie DA-1640 está completamente revestido de hierro fundido el cual le da una mayor resistencia para realizar diversos trabajos. Lo particular de este modelo es la gran velocidad de corte que posee y el poco ruido que emite al realizar el mismo. Se utiliza mayormente para trabajos de reparación y refracción.
- Tornos CNC Petroleros: Son mayormente utilizados para la reparación de líneas de tubos petroleros, metalúrgicos e hidroeléctricos. Se presentan en la serie SCT y se les conoce por ser muy eficientes en trabajos de torneado convencional y excéntrico.
- Tornos de herramientas vivas CNC: Se utilizan para realizar trabajos complejos y realizan cortes de mayor exactitud. Esto se debe a que posee un sujetador tipo BMT provisto de embriague de dientes cursos el cual permite realizar una sujeción exacta. Se presentan en la serie FML-1032Y.<sup>8</sup>

## 2.2.2 Fresadora CNC

Una máquina **fresadora cnc** es una **máquina-herramienta** controlada por ordenador que, por arranque de viruta, hace girar una herramienta de rotación y corte denominada **fresa**. Este proceso de **fresado** concluye con una pieza final única determinada por el tipo de material, superficie y movimiento empleado.

A través del movimiento de la fresa se pueden determinar dos tipos de fresadoras, la **fresadora vertical** y la **fresadora horizontal**.

- Fresadora vertical: la fresa se puede mover de arriba a abajo, posibilitando que esta se acerque o aleje de la parte superior o de la superficie de la pieza. En la fresadora vertical el eje del husillo es vertical.
- Fresadora horizontal: la fresa se puede mover de lado a lado, posibilitando que esta se acerque o aleje de la cara de la pieza. En la fresadora horizontal el eje del husillo es horizontal.



• **Figura 11.** *Fresadora CNC.*

Existen diferentes operaciones relacionadas con el fresado que determinan la acción que la fresa va a efectuar sobre la pieza, condicionando su resultado final. Según la acción de la fresa sobre la pieza podemos hablar de **fresado por planeado**, **fresado por taladro**, **fresado por vaciado**, **fresado por grabado**, **fresado por superficie de revolución**, **fresado por superficie pautada**, **fresado por superficie barrida**.

### **Diferencias entre una máquina fresadora cnc y una máquina fresadora convencional**

Un progreso de la fresadora cnc respecto a la fresadora convencional es la capacidad que ofrece el ordenador que las controla de llevar a cabo **movimientos** que no se pueden

realizar manualmente, como **círculos**, **líneas diagonales** y **figuras complejas tridimensionales**. Hay que tener en cuenta que una fresadora cnc permite la programación de las operaciones de fresado a través de **códigos numéricos**, para ejecutarlas por sí solas sin la necesidad de un operario que las maneje.

El ordenador de una fresadora cnc controla la **posición** y **velocidad** de los motores que accionan los ejes de la máquina; así como el **movimiento** de la mesa, el carro y el husillo. Una ventaja que posibilita una **producción uniforme**, a través de una mejora de la **precisión**, así como de la **calidad** de la pieza final.<sup>9</sup>

### 2.2.3 Cortadora de plasma

La **cortadora de plasma** es un sistema de corte en el que la calidad del plasma dependerá de la presión y de la temperatura. Permite cortar materiales delgados, desde medio milímetro hasta materiales bastante gruesos, de unos ciento sesenta y cinco milímetros, pero, puede suceder, que sí, las piezas son muy pequeñas, se pueden deformar debido a las elevadas temperaturas. Las cortadoras de plasma portátiles son ideales para cortar chapas de poco espesor, siendo muy usadas en los sectores de la automoción y la cerrajería.

El equipo de soldadura de plasma es un equipo de corte compuesto por: un generador de alta frecuencia con alimentación de energía eléctrica; gas, generalmente se utiliza el nitrógeno, aunque también se pueden sustituir por el argón, el hidrógeno o el oxígeno; un electrodo y una porta electrodos, tungsteno, o circonio, dependiendo del gas; y, la pieza que vayamos a soldar.

El equipo de corte puede realizar su labor según las siguientes modalidades:

- Corte por plasma por aire.
- Corte por plasma con inyección de agua.
- Corte con inyección de oxígeno.
- Corte con doble flujo.

Las diferencias de un **equipo de soldadura** u otra **máquina de corte**, vendrán dadas por los gases empleados, la cantidad y presión de los gases empleados, la boquilla, la velocidad de la máquina de corte y la intensidad del arco.<sup>10</sup>



**Figura 12.** Cortadora de plasma cnc.

### **2.3 MOLINO TRITURADOR POR CUCHILLAS**

Un molino triturador industrial de plástico permite desmenuzar grandes piezas de este material, con un bajo gasto de inversión, lo que elimina el problema de la recuperación de residuos de gran volumen. El material triturado de esta manera permite su completo reciclaje y su segundo aprovechamiento

El molino se compone de una boca de entrada cuyo tamaño puede variar y permite el acceso a las diversas piezas de plástico. Está totalmente preparado para evitar que las piezas se escapen al exterior. Cuenta con un rotor que incorpora una serie de cuchillas, en reversibles e intercambiables que machacan el plástico, estas trituran y cortan las piezas de plástico gracias a su gran velocidad y potencia de giro.

El montaje de los dientes facilita el correcto enganche del material y la continuada acción de trituración. Los restos obtenidos al final del proceso caen por la perforación de salida, pudiendo el usuario definir siempre el tamaño de granulación obtenido durante el mismo.

Las piezas finales que han pasado por la trituradora de plástico y no han alcanzado la medida esperada, pueden ser reportadas para un segundo proceso de trituración hasta que se obtenga el tamaño deseado que permita el correcto reciclaje del material.

Una vez triturados, el material pasa por un tamiz que permite el paso de un determinado tamaño de trozo o grano. Por último, el material pasa por una cinta hasta el depósito donde se almacena.

Optimización del proceso de reciclaje

Gracias a los molinos trituradores podemos depositar cualquier producto plástico y este se convertirá en un material pequeño y manejable, de esta forma se facilita su almacenamiento y transporte. Los diversos trozos de plástico se separan según el tipo de material y quedan limpios, de esta forma se optimiza el proceso y se procede al reciclaje fabricando nuevos productos.

El plástico es un material que presenta muchas propiedades positivas, sin embargo su reciclaje puede resultar complejo. Se caracteriza por tener un gran volumen, es decir ocupa mucho espacio, pero tiene poca densidad debido a su bajo peso. Mediante los molinos trituradores podemos obtener un material homogéneo a partir del plástico, con un tamaño y forma bastante similar, cambiándolos totalmente de su forma y tamaño original. Esto agiliza mucho el proceso de reciclaje y nos permite fabricar nuevos productos con mayor facilidad.<sup>11</sup>



**Figura 13.** Molino triturador por cuchillas.

### **2.3.1 Cuchillas de corte**

Las cuchillas industriales son un componente afilado que forma parte de una herramienta o maquinaria. Sirven para cortar o golpear diversos materiales con los que se quiere trabajar, como suelen ser: metal, madera, o papel.

Están hechas de acero, aunque cuando surgieron, se fabricaban con cobre, luego pasaron a fabricarlas con bronce y posteriormente con hierro.

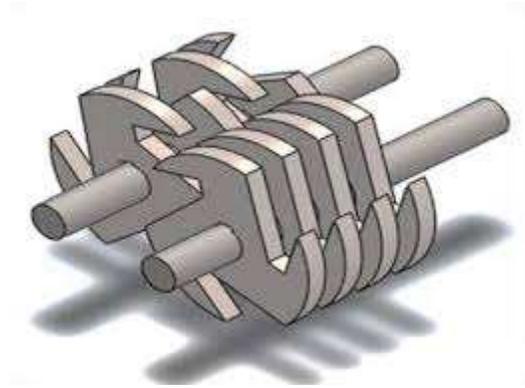
Antes de comentar los tipos de cuchillas industriales que existen, os vamos a explicar brevemente qué función tienen.

#### **¿QUE FUNCION TIENEN LAS CUCHILLAS INDUSTRIALES?**

Su principal función es cortar de forma eficaz. Sirven para cortar materiales de baja densidad, como por ejemplo madera, metales, papel y cartón. Tienen una gran importancia en los sectores, puesto que en todos los procesos industriales que incluyen la transformación de materiales está involucrado este corte.

#### **LAS CUCHILLAS INDUSTRIALES EN LA SIDERURGIA**

Para obtener un corte preciso del metal, es fundamental estar a disposición de una serie de cuchillas industriales que cumplan con las características necesarias de ese momento.<sup>12</sup>



**Figura 14.** Cuchillas de corte.

### 2.3.2 Tipos de cuchillas

Rectas: sirven para cortar láminas de grandes dimensiones y resistentes.

- Circulares: fabricadas a partir de barras redondas, para garantizar una mejor estructura natural para las cuchillas circulares
- De reciclado: se utilizan para cortar materiales como el plástico, a parte del metal.
- Cizallas: sirven para cortes de diversas formas y formatos particulares.
- Chatarra: son capaces de cortar hasta 3000 toneladas de metales ferrosos y chatarra en general. Se utilizan para el acero inoxidable y otros tipos de acero.

### CUCHILLAS INDUSTRIALES PARA CORTAR MADERA

Conseguir unos cortes perfectamente realizados en unos tablones sólidos y resistentes es todo un reto. Por esa razón, son tan necesarias las cuchillas industriales, ya que pueden hacerse cargo de la manera más eficaz posible.

Dentro de las cuchillas industriales para cortar madera destacamos:

#### Cuchillas descortezadoras

Estas cuchillas son capaces de quitar la corteza de cualquier tipo de árbol, incluidos lo más fuertes y difíciles. Poseen hojas de una calidad superior fabricadas de forma muy precisa para cumplir con las exigentes necesidades de sus operaciones diarias y respondiendo a la creciente industria de la madera.

## Cuchillas astilladoras

Estas cuchillas ofrecen una gran resistencia al desgaste, lo que hace que sus hojas tengan una larga vida útil. Teniendo en cuenta estas características, nos pueden dar una idea de la variedad de posibilidades que nos pueden ofrecer las cuchillas de madera en futuros proyectos de bricolaje y restauración.

## CUCHILLAS INDUSTRIALES PARA EL RECICLADO

En los últimos años, el reciclaje ha llegado a convertirse en una gran necesidad para las empresas, es por eso por lo que este tipo de cuchillas son fundamentales en la industria del reciclado.

Esto se debe a las grandes ventajas que ofrece el reciclaje. Entre ellas: ahorro de recursos naturales, ahorro en energía, y ser una actividad que genera empleos.

Las cuchillas industriales para el reciclado destacan fundamentalmente por lo siguiente:

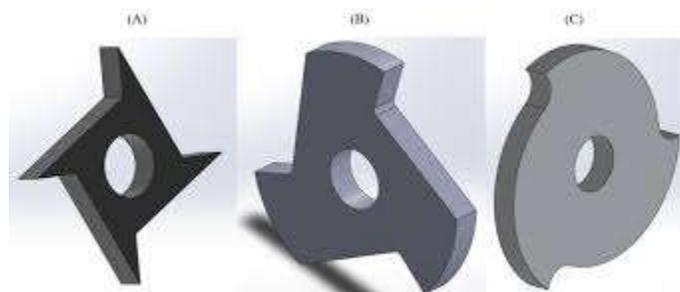
- Están fabricadas con aceros especiales
- Han sido tratadas térmicamente para los distintos usos que requieren los molinos de reciclaje.

## POSIBILIDAD DE QUE SE ASTILLEN LAS CUCHILLAS

Es posible que todas las cuchillas encuentren algunos obstáculos en su camino de corte. Pueden ser restos de suciedad o grapas incrustadas en cajas entre otros. Por lo que cabe la posibilidad de que puedan astillarse, pero no tiene por qué ser siempre así.

Las hojas que también son propensas a romperse o astillarse son las hojas de cerámica avanzada debido a su delgadez o la utilización de material compuesto más débil.

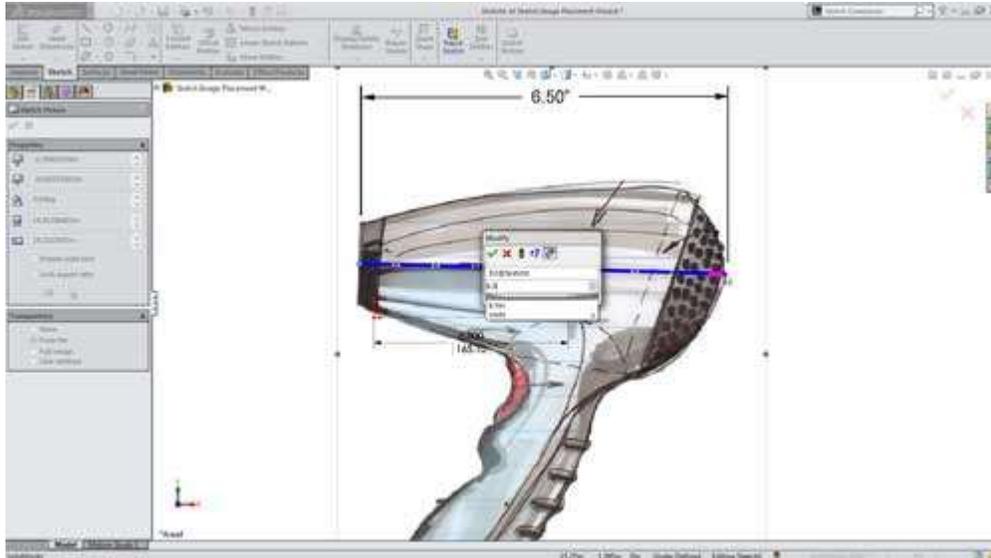
Por esa razón es recomendable adquirir una cuchilla de calidad y así poder evitar superficies propensas a astillarse. <sup>13</sup>



**Figura 15.** Tipos de cuchillas

## 2.4 DISEÑOS MECÁNICOS POR SOLID WORKS

Solid Works es un programa de diseño mecánico en 3D con el que puedes crear geometría 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller. Solid Works diseña de forma que va dejando un historial de operaciones para que puedas hacer referencia a ellas en cualquier momento.



**Figura 16.** Diseño mecánico por Solid Works.

Solid Works tiene soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable. Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario.

Con Solid Works puedes diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además podrás manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos. Al diseñar puedes evaluar el impacto ambiental del diseño, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de sólidos y también contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos.

## Donde puedes aplicar Solid Works

En diseño mecánico, sistemas mecatrónicos, cinemática, ensamble de robótica, diseño automotriz y aeroespacial, biomecánica, diseño de dispositivos médicos.<sup>14</sup>

## 2.5 TRITURACIÓN DE PLÁSTICOS

El plástico es uno de los materiales más utilizados en el mundo y su derivación proviene del petróleo. Además de la más utilizada, es la que más se acumula en vertederos y se desperdicia irregularmente en el medio ambiente. Considerando que es un material muy resistente y que tarda cientos de años en descomponerse, su reciclaje es fundamental para evitar la contaminación del medio ambiente.

Los plásticos se dividen en dos categorías, termoplásticos y termoestables. El primero corresponde al 80% del plástico que se consume en el mundo porque se pueden moldear y, por tanto, son reciclables.



**Figura 17.** Trituración de plástico.

Los termoendurecibles no se pueden reciclar de forma habitual, ya que no se derriten cuando se encuentran a altas temperaturas. Y ahí es donde entran la trituradora de plástico y las botellas de PET.

Trituradora de plástico para reciclaje

Cuando el reciclaje de plástico no puede realizarse por cualquier motivo, como en el caso de los termoestables, la solución es enviarlo al plástico triturado. Esta máquina muele el plástico hasta que está en pequeños trozos, lo que permite procesar el material.

Otra solución para este material es el reciclaje químico mediante el proceso de despolimerización. Si no existen más formas de triturar el material para que sea reciclado, el plástico se envía para recuperación energética o incineración, llegando al final de su vida útil.<sup>15</sup>



**Figura 18.**Maquina de trituración de plástico.

## **2.6 MAQUINA TRITURADORA**

Algunos de los polímeros termoplásticos más utilizados son el polietileno o el PVC, presentes en muchos de los envases cotidianos que utilizamos a diario en nuestras casas, pero también en los desechos de producción de las grandes fábricas.

Reutilizar estos restos de plásticos para la fabricación de otros materiales servibles es una forma sostenible que hace que la industria pueda obtener mayores beneficios.

En todo este contexto, las maquinas trituradoras de plásticos juegan un papel muy importante. Tanto para el reciclado pos consumo como para su almacenaje y reutilización, los plásticos requieren de ayuda para conseguir gestionar adecuadamente la recuperación de este material.

Qué son las trituradoras de plástico

Las máquinas trituradoras sirven para ayudar a reducir grandes piezas de trituración plásticas sin tener que hacerlo manualmente o por procedimientos más rudimentales.

La industrialización del proceso hace que sea mucho más rápido y eficaz, consiguiendo que, con la intervención de no más de 2 operarios, se puedan triturar mayores cantidades de plástico en poco tiempo.

El funcionamiento de la máquina trituradora no es nada complejo. Durante el proceso, el plástico se tritura y almacena en la tolva con tan sólo presionar un botón. La máquina,

provista de cuchillas, realiza todo el trabajo de forma rápida, sin ruido, y con escaso consumo energético.

Podrá encontrar máquinas trituradoras de plástico que han sido fabricadas para el reciclado de plásticos especiales o que incluyen funciones extras, pero la gran mayoría de ellas le permitirán volcar el plástico, triturarlo y comprimirlo para almacenarlo fácilmente.

El plástico es un material muy versátil que se utiliza en grandes cantidades a nivel industrial. En las fábricas, su continuo uso, hace de las máquinas trituradoras una de las herramientas indispensables para su gestión y reciclado. 16



**Figura 19.** Máquina trituradora.

### **III. DESARROLLO**

#### **3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

A continuación, se describe la metodología empleada en el desarrollo del presente proyecto. Se establecieron y se llevaron a cabo dos protocolos para la fabricación del molino triturador por cuchillas de la máquina trituradora:

1. Elaboración de diseños mecánicos 3D.
2. Manufactura de piezas metálicas (ejes, engranes, soportes) y ensamble.

##### **3.1.1 Diseños mecánicos CAD 3D**

Todos los diseños mecánicos se elaboraron empleando el software CAD Solid Works versión 2018.

##### **3.1.2 Construcción de caja de engranes**

Con base en los diseños mecánicos, se manufacturaron todas las piezas utilizando:

###### **a) Materiales y herramientas:**

Eje de acero cold roll 1".

Placa de acero 4140 1/2".

Chumaceras de pared tipo brida cuadrada de 25 mm.

Placa de acero 1/4".

Spoket de acero de 12 dientes tipo BS 3/4".

Opresor 1/4x6.

Cadena de paso 3/4 morse 60.

Esmeriladora convencional.

Otros.

###### **a) Maquinaria y equipo:**

Motor 3F 4P 2HP SIEMENS.

Maquina fresadora CNC universal vertical modelo XK7130A con pos-procesador GSK.

Torno CNC DMTG CKE 6150Z.

Cortadora de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.



**Figura 20.** Taller de manufactura del plantel.



**Figura 21.** Torno CNC utilizado.



**Figura 22.** *Fresadora CNC utilizada.*



**Figura 23.** *Cortadora de plasma utilizada.*



**Figura 24.**Esmeril de banco utilizado.



**Figura 25.**Maquina de soldar utilizada.



**Figura 26.**Pulidora utilizada.



**Figura 27.** Taladro de banco utilizado.

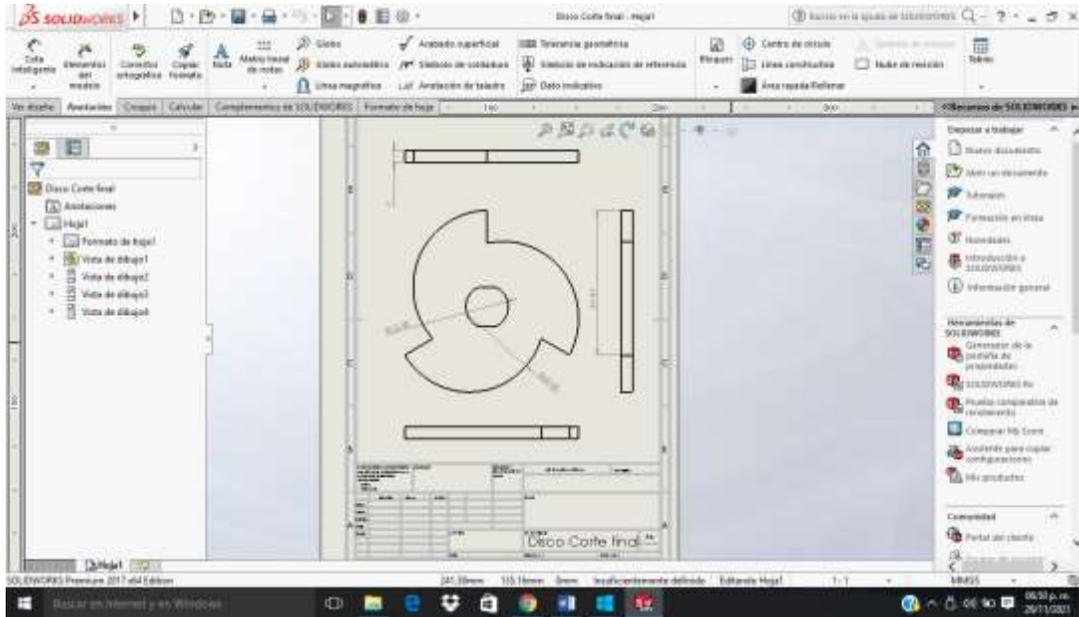
### 3.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31
Revisión bibliográfica										
Elaboración de diseños mecánicos										
Manufactura de piezas										
Pruebas de funcionamiento										
Asesorías										
Evaluación y seguimiento de asesorías										
Evaluación de reporte										
Informe semestral										
Elaboración reporte técnico (productos entregables)										

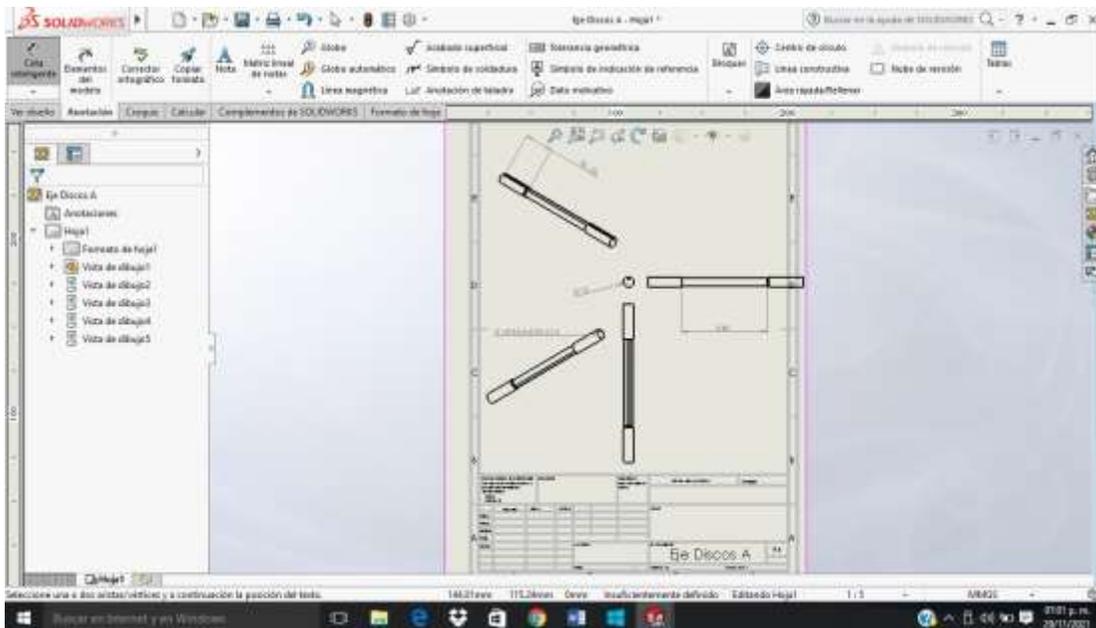
**Figura 28.** Cronograma de actividades general.

## IV. RESULTADOS

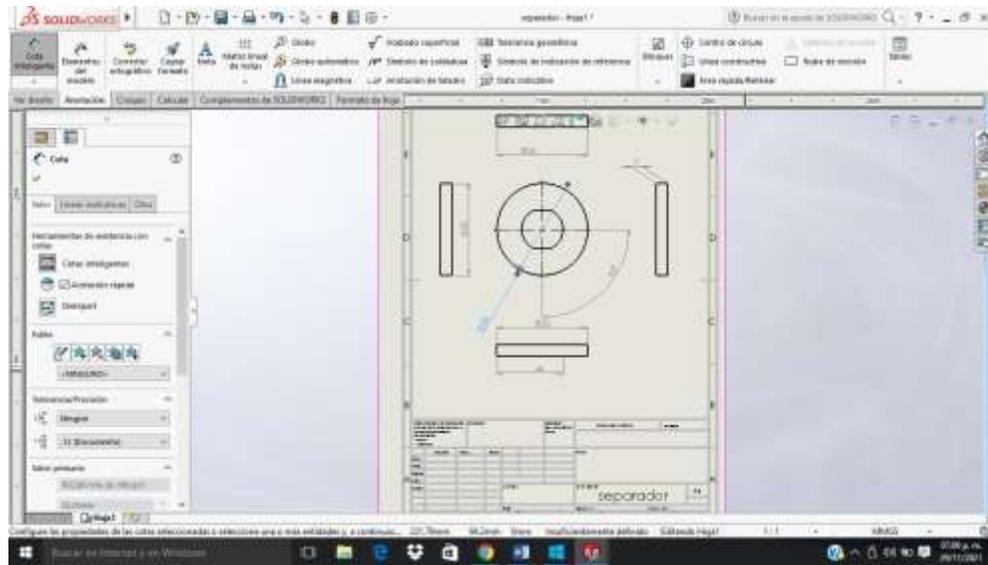
### 4.1 DISEÑOS 3D



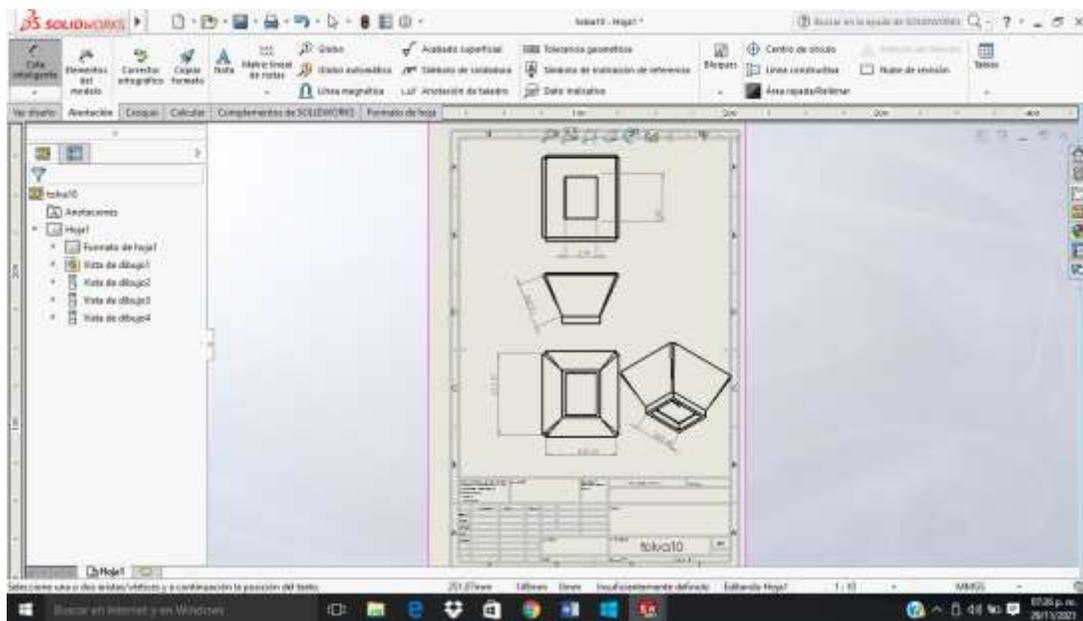
*Figura 29.dibujo técnico de cuchilla.*



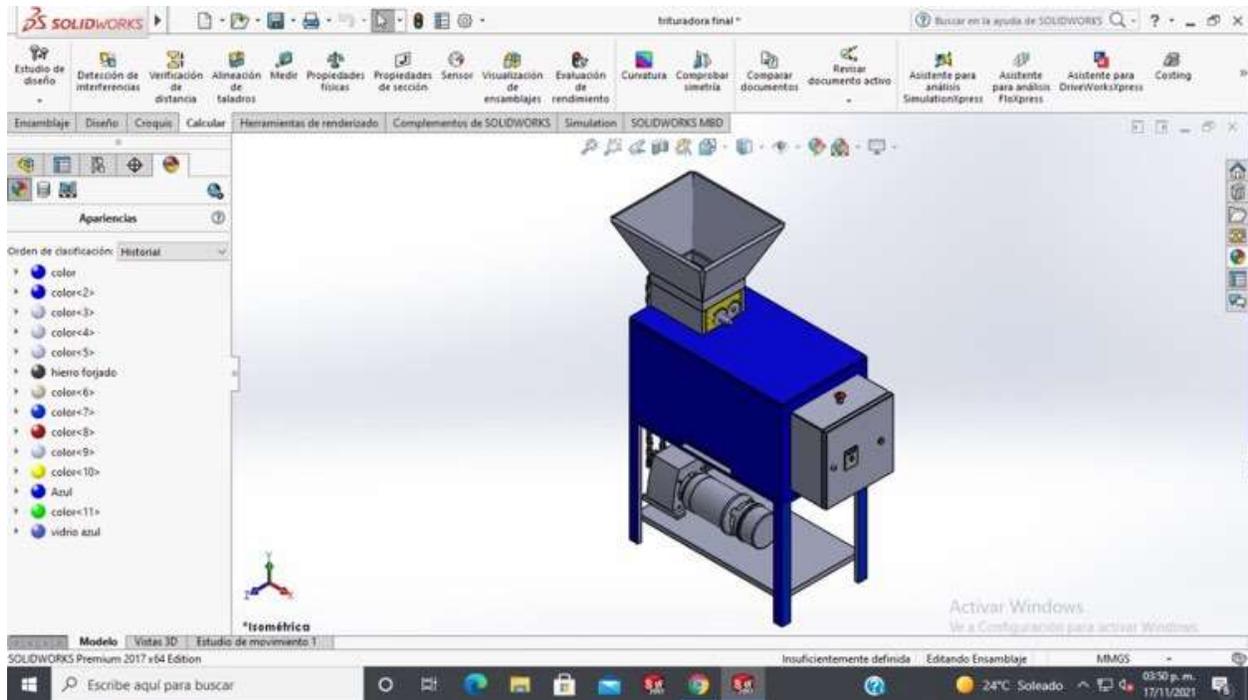
*Figura 30.Dibujo técnico de eje para cuchillas.*



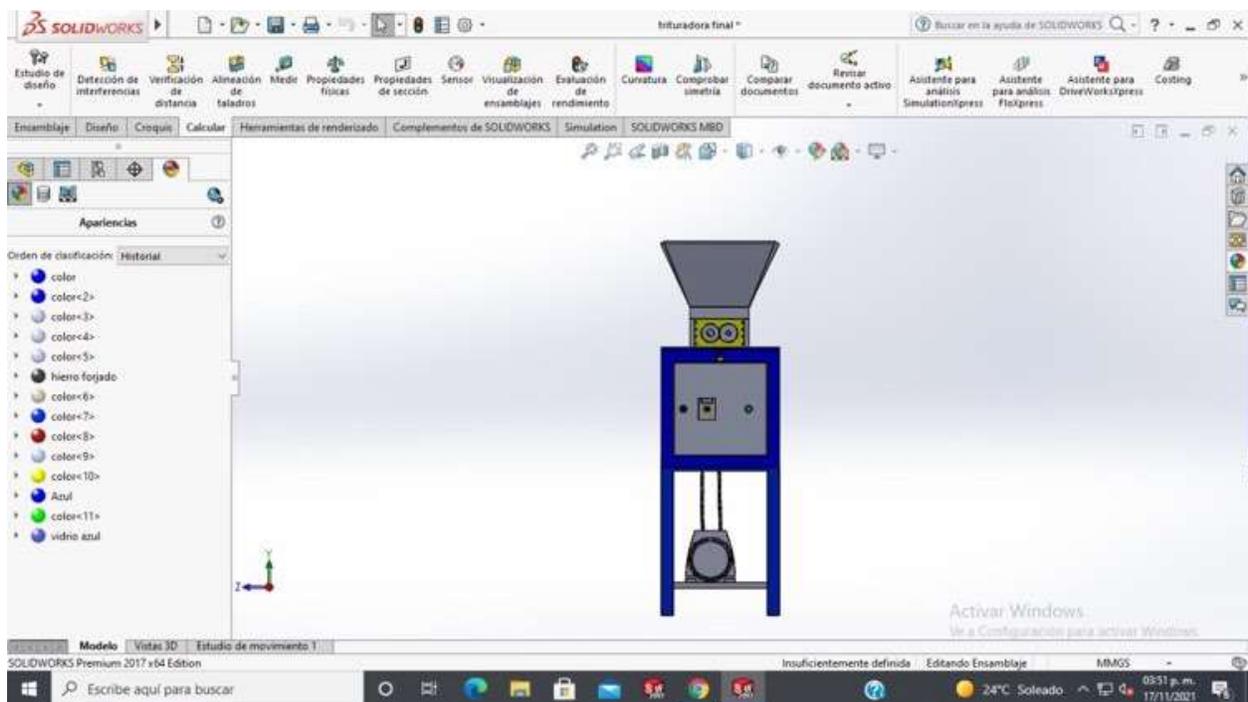
**Figura 31.** Dibujo técnico de separador.



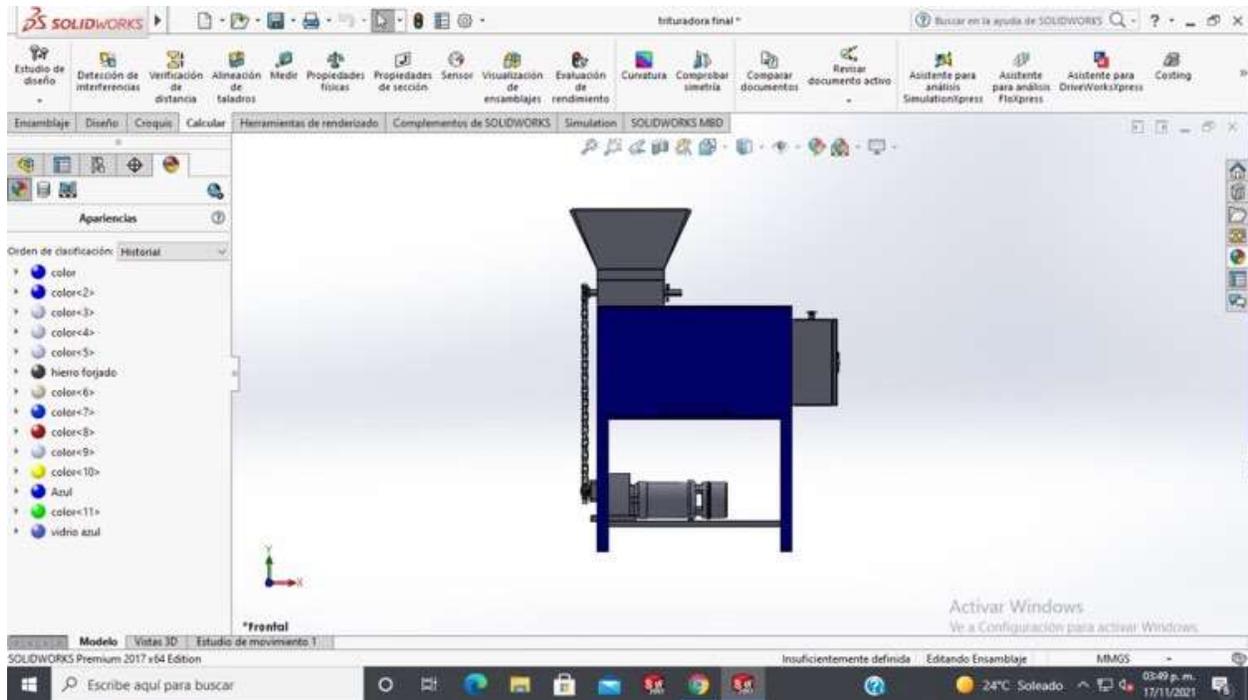
**Figura 32.** Dibujo técnico de tolva.



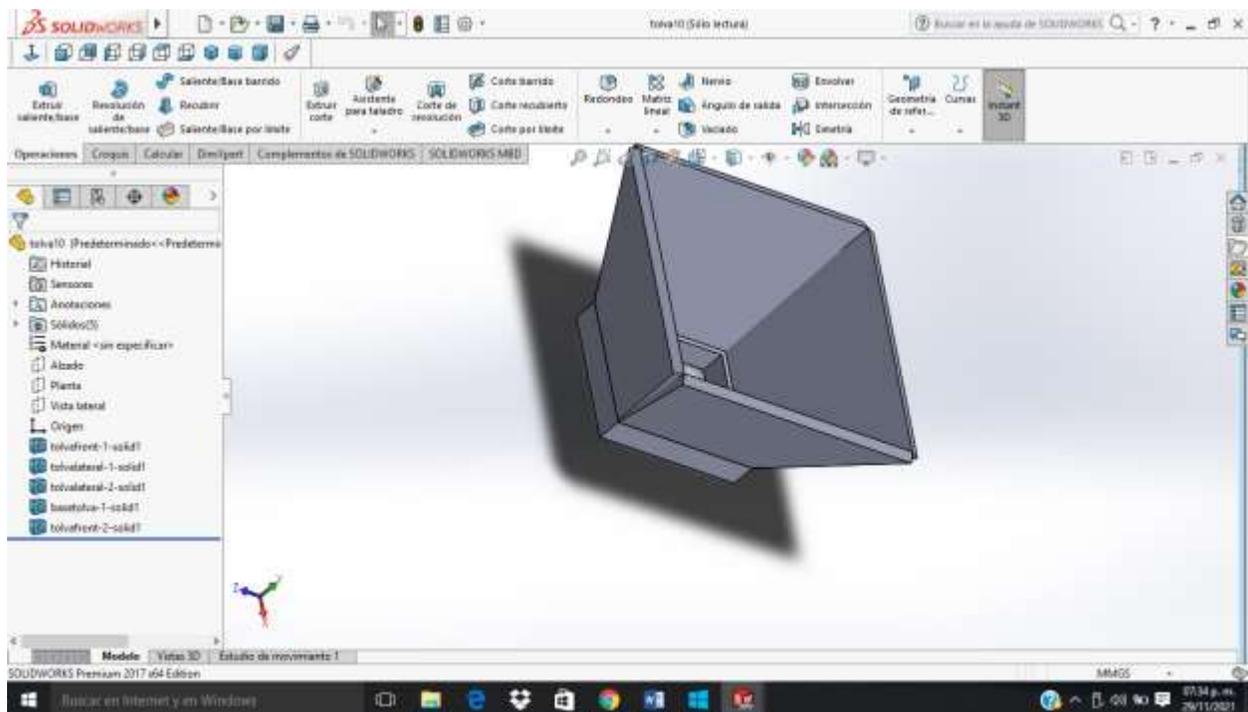
*Figura 33. diseño en Solid Works de trituradora.*



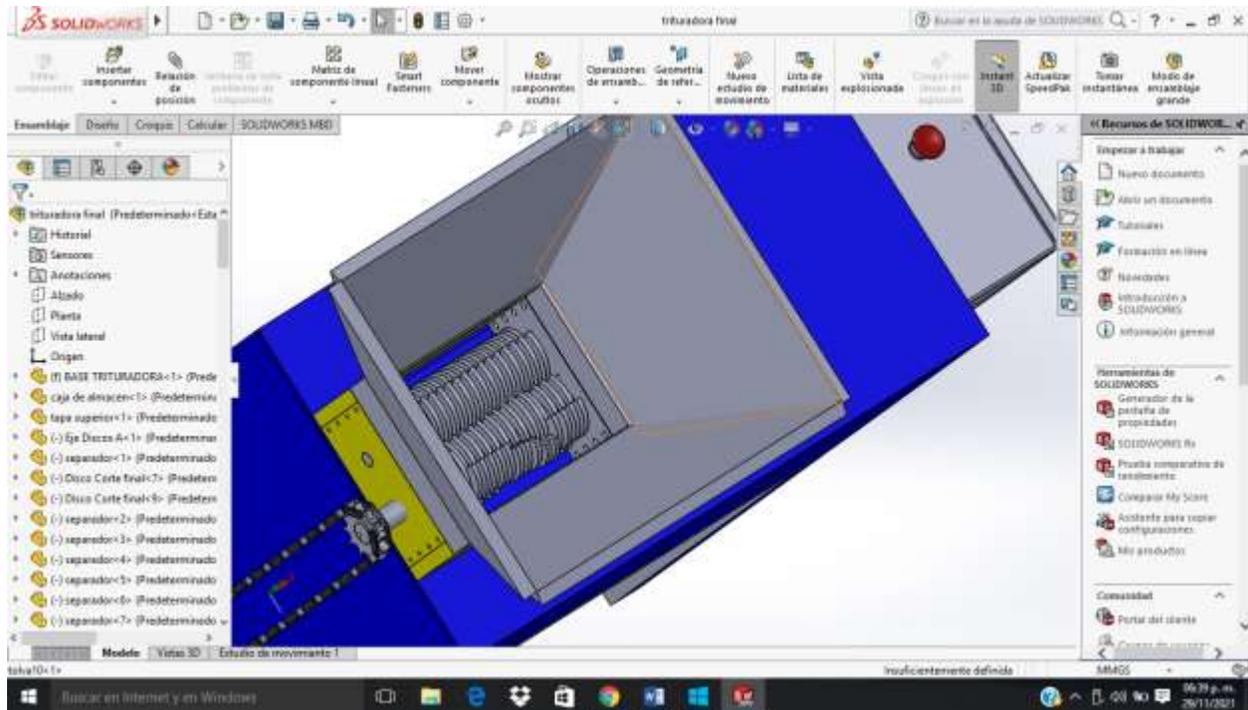
*Figura 34. diseño en Solid Works trituradora.*



**Figura 35.** Diseño trituradora en Solid Works lateral.



**Figura 36.** Diseño en Solid Works de tolva.



*Figura 37. Diseño en Solid Works de molino triturador.*

#### 4.2 MANUFACTURA DE CAJA DE CUCHILLAS



*Figura 38. corte de separadores.*



**Figura 39.** Corte de engrane.



**Figura 40.** Barrenado en fresa.



**Figura 41.** Desbaste en fresa.



**Figura 42.** Ranuración de eje.



**Figura 43.** Ranurado de eje para cuñero.



**Figura 44.** Cuchillas de la trituradora.



**Figura 45.** Separador de cuchillas.



**Figura 46.** Separador pulido.



**Figura 47.**Maquinado en torno CNC.



**Figura 48.**Maquinado de eje en torno cnc.



**Figura 49.**Machueleado.



**Figura 50.** Barrenado en taladro de banco.



**Figura 51.** Uso de maquinado torno CNC.



**Figura 52.** Uso de maquinado torno fresadora.



**Figura 53.***uso de máquina de soldadura.*



**Figura 54.***Máquina trituradora terminada.*

## V. CONCLUSIONES

La aplicación de las estrategias académicas seleccionadas en conjunto con las actividades relacionadas con el presente proyecto permitió alcanzar los objetivos planteados.

Se logró el diseño y manufactura de un molino triturador por cuchillas (caja de cuchillas) y su integración a un motorreductor y a la máquina trituradora. Así mismo se sientan las bases para demás trabajo futuro para un tema de Tesis.

Se logró definir y aplicar técnicas de diseño mecánico y de manufactura avanzada que permiten la fabricación de piezas metálicas y su posterior ensamble.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en proyectos de desarrollo tecnológico a nivel prototipo.

Para llevar a cabo este proyecto se pusieron en práctica los conocimientos y habilidades a lo largo de la carrera, uso de software de diseño especializado, técnicas de maquinado y manufactura, propiedades de los materiales, entre otras materias importantes. También se aplicó la investigación y redacción, ya que, al ser un proyecto de esta índole, se necesitan las herramientas básicas para tener un proyecto de calidad, eficiente y eficaz a su vez.

En particular aprendí a adaptarme a trabajos por objetivos. Además de siempre buscar la solución más factible mediante la aplicación de un método analítico y científico para eliminar los problemas desde raíz.

Mi tiempo de residencia profesional interactuando con temas de desarrollo tecnológico, investigación e innovación fue una de las mejores experiencias profesionales que he vivido y donde aprendí lo importante que es llegar a establecer soluciones viables y resolver el problema raíz de la manera más factible.

## **VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS**

1. Aplique metodologías de la Ingeniería Industrial con base en las necesidades del proyecto de desarrollo tecnológico de estudio para incrementar sus diversos indicadores de operación.
2. Aplique métodos de diseño 3D y maquinado incluidos en la metodología de operación requerida.
3. Implementé métodos innovadores de solución de problemas de tecnología, los cuales pueden ser replicados a escala industrial.
4. Gestioné la generación del conocimiento específico para evidenciar la capacidad de acción de la Ingeniería Industrial, ejerciendo un liderazgo estratégico y un compromiso ético.
5. Coadyuve a cumplir los retos de la institución en torno al fomento de proyectos de desarrollo tecnológico.
7. Utilice las nuevas tecnologías de información y comunicación de la institución, para el estado del arte del proyecto y contar con información actualizada para la mejora de los procesos de estudio y la operación del equipo del proyecto.
8. Promoví el desarrollo de la ciencia e investigación, con el fortalecimiento de las líneas de investigación de la institución.
9. Aplique métodos de investigación para desarrollar e innovar sistemas y/o procesos industriales.
10. Actúe como agente de cambio para facilitar la mejora continua en los procesos de aprendizaje de la carrera de Ingeniería Industrial de la institución.
11. Aplique métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas presentados durante la fase de ejecución del proyecto.

## VII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1) Operaciones de manufactura. Es.slideshare.net. (2021). Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://es.slideshare.net/adhuran/operaciones-de-manufactura-71493283>.
- 2) ¿Qué es el mecanizado por arranque de viruta? Boyfre. (2021). Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://www.boyfre.com/que-es-el-mecanizado-por-arranque-de-viruta/>.
- 3) Admin, S. (2021). Consejos y conceptos básicos sobre el fresado. Sinpar.com.ar. Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://www.sinpar.com.ar/novedades/noticias/676-consejos-y-conceptos-basicos-sobre-el-fresado>.
- 4) Corte por plasma. Sculpteo. (2021). Consultado el 2 de diciembre de 2021 en <https://www.sculpteo.com/es/glosario/corte-por-plasma/>.
- 5) Soldadura, F. (2021). ¿Qué es la soldadura? Explicación detallada de la soldadura - Kemppi. Kemppi. Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://www.kemppi.com/es-ES/asistencia/fundamentos-de-soldadura/que-es-la-soldadura/>.
- 6) ESMERILADO - Definición - Significado. Diccionario.motorgiga.com. (2021). Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://diccionario.motorgiga.com/esmerilado>.
- 7) ¿Qué es el maquinado? | Aceros Levinson. Aceros Levinson | Aceros | Plásticos | Metales. (2021). Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://www.aceroslevinson.com/2016/11/que-es-el-maquinado/>.
- 8) CNC, T. (2021). Torno CNC .De Máquinas y Herramientas. Recuperado el 2 de diciembre de 2021, de <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/torno-cnc>.
- 9) MAQUINARIA, E. (2021). ¿Qué es una máquina fresadora cnc? - Maquinaria EMH .Maquinaria EMH. Consultado el 2 de diciembre de 2021 en <http://emhmachinery.com/que-es-una-maquina-fresadora-cnc/>.
- 10) Cómo funciona la cortadora de plasma - Últimas entradas .Suministrosherco.com. (2021). Recuperado el 2 de diciembre de 2021.
- 11) Gester | Blog de maquinaria. 2021. Los molinos trituradores: ¿Qué función tienen en el reciclado de plásticos? | Gester | Blog de maquinaria. [Online] Available at: <<https://gester.es/blog/los-molinos-trituradores-que-funcion-tienen-en-el-reciclado-de-plasticos/>> [Accessed 3 December 2021].
- 12) Madera sostenible es un periódico digital para la industria española de la madera y el mueble. 2021. Cuchillas industriales y sus tipos - Madera sostenible es un periódico digital para la industria Española de la madera y

el mueble. [Online] Available at: <<https://madera-sostenible.com/forestal/cuchillas-industriales-y-sus-tipos/>> [Accessed 3 December 2021].

13) Seibt.com.br. 2021. El papel de la trituración de plástico para el reciclaje. [Online] Available at: <<https://seibt.com.br/es/blog/el-papel-de-la-trituracion-de-plastico-para-el-reciclaje/>> [Accessed 4 December 2021].

14) Madera sostenible es un periódico digital para la industria Española de la Madera y el mueble. 2021. Cuchillas industriales y sus tipos - Madera sostenible es un periódico digital para la industria Española de la Madera y el mueble. [Online] Available at: <<https://madera-sostenible.com/forestal/cuchillas-industriales-y-sus-tipos/>> [Accessed 3 December 2021].

## **ANEXO 1**

**Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional**

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, **23/agosto/2021**  
No. de Oficio: SDA/MCIMC-053/2021  
Asunto: Carta de aceptación de Residencias Profesionales

**MA. MAGDALENA CUEVAS MARTÍNEZ**  
**JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN**  
**PRESENTE**

Por medio del presente se notifica que el **C. JOSÉ CARLOS CAMPOS GARCÍA**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con número de control 171050211, ha sido aceptado para realizar en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Aplicación y desarrollo de técnicas y herramientas de ingeniería industrial para conocer y definir el proceso de cambio de forma o de acabado superficial aplicable en la construcción y puesta en práctica de un prototipo de trituradora de plásticos a nivel laboratorio: módulo de estructura de soporte y sistema de empuje mecánico"** durante el periodo de agosto-diciembre 2021, cubriendo un total de 500 horas en un horario de 09:00 a 16:00 horas de lunes a viernes, bajo la supervisión de los docentes Víctor Manuel Velasco Gallardo (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto será realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.

Sin otro particular por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**

Excelencia en Educación Tecnológica  
"Terra Semper Fertur"



**EDGAR ZACARÍAS MORENO**  
**SUBDIRECTOR ACADÉMICO**



ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Hierón Km 1, C.P.  
20670  
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes  
Tel. (469) 958-2482 y 958-2730, Ext. xx  
e-mail acad\_parteaga@tecmm.mx  
tecmm.mx | pabellon.tecmm.mx



**ANEXO 2**

**Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional**