



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Departamento de Ingenierías

PROYECTO DE TITULACIÓN

*[MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA SOLAR
HORIZONTAL PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA
DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS]*

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

ALAN SALVADOR SANTILLAN DELGADO

ASESOR:

JOSÉ ALONSO DENA AGUILAR

Mayo



AGRADECIMIENTOS

El primer agradecimiento es a Dios por darme la fuerza de salir adelante y no dejarme solo, agradezco a mi madre, por todo el esfuerzo por más de 40 años, por darme la oportunidad del estudio y obtener un logro más en la vida para hacerla sentir orgullosa, a mis hermanos que fueron fundamentales dentro de este transcurso por mi hermana y sus regaños que gracias ellos me ayudaron a seguir dentro de este camino, motivándome día tras día a salir adelante y no dejarme caer durante esta trayectoria, a mis tías, tíos y primos ya que de todas las maneras posibles fueron capaces de poder brindarme ayuda ya que algunos no están en este país siempre vieron la manera de ayudarme.

Gracias a las personas que alguna vez me dijeron que yo nunca sería nada gracias a ellos tuve la fuerza y la valentía de poder seguir y poder demostrarles que no seré lo que alguna vez ellos dijeron, por aquellas personas que me despreciaron y se alejaron de mi vida también doy las gracias ya que por ellos fue que me di cuenta que una amistad o una relación no son siempre leales y gracias aquellas que llegaron sin pensarlo.

Agradezco también a mis compañeros y amigos, en especial a Eduardo, Ulises, Christopher, los cuales me brindaron su apoyo incondicional, por escucharme cuando nadie lo hacía por motivarme en todo momento para poder lograr nuestros objetivos, por todos aquellos momentos de felicidad y tristeza, todas aquellas aventuras que sé que no volverán a pasar. A todos aquellos profesores que dejaron un legado en mi persona (Mtra. Diana, Mtra. Liliana, Mtra. Marisol, Mtro. Lara, Mtro. Alberto, Mtra. Adriana, Mtro. Patricio y de más) por todos los conocimientos brindados.

Agradezco a mis abuelos por siempre estar para mí, por todos aquellos jalones de orejas de mi abuelita y por los grandes consejos de mi viejo que gracias a ellos soy quien soy y es por ellos que sigo adelante, este logro va para ellos, aunque ya no estén conmigo siempre los tendré muy presentes.

Finalmente agradezco al Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga, al Dr. José Alonso Dena Aguilar, y al M.C. Víctor Manuel Velasco Gallardo por darme la gran oportunidad de seguir aprendiendo, por superarme constantemente y ver que tan capaz puedo ser, por haber confiado en mí y en mis conocimientos para este proyecto, así también por haberme otorgado su apoyo incondicional y por toda la atención recibida durante el transcurso de residencias profesionales.

!!!!!!GRACIAS!!!!!!

RESUMEN

“MANUFACTURA DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA SOLAR HORIZONTAL PARA SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE DE PLÁSTICOS”

Por: **ALAN SALVADOR SANTILLAN DELGADO**

En resumen, se presenta una propuesta del diseño y construcción de una máquina extrusora solar híbrida horizontal de mono husillo con la integración de un sistema de precalentamiento basado en un mecanismo de seguimiento solar automatizado.

La propuesta considera también el desarrollo de varios módulos de proceso para la puesta en operación de la extrusora solar: estructura de soporte, sistema de empuje mecánico, cañón y husillo, tolva de alimentación, tablero de control, sistema de automatización del seguidor solar, diseño óptico y construcción del sistema de concentración solar.

Para los diseños se empleó el software de diseño mecánico CAD 3D SolidWorks®. La programación del sistema de seguimiento solar fue elaborada en base a una tarjeta Raspberry Pi modelo 3B y demás dispositivos de electrónica modular complementan el hardware de seguimiento.

La tecnología propuesta permite establecer las bases de pruebas de concepto para el aprovechamiento de la energía solar en la transformación de plásticos de desecho mediante un procedimiento de extrusión, puede brindar ahorros energéticos y ser usada en centros de acopio y convertirse en centros de transformación.

El presente trabajo es producto de los proyectos: (1) proyecto “Estancias Posdoctorales por México, modalidad 1, proyecto ID 1086950; (2) programa para el Desarrollo Profesional Docente, tipo Superior mediante el Fortalecimiento de Cuerpos Académicos, ITPA-CA-1, proyecto “Diseño, implementación y control de sistemas mecatrónicos de registro y monitoreo de variables de operación en prototipos de aplicación en la industria del reciclaje de plásticos: trituración, extrusión y pirolisis”; (3) proyecto TecNM clave 9433.20-P “Extrusor solar híbrido hecho a la medida para su aplicación en la industria del reciclaje de Plásticos”; y, (4) proyecto IDSCEA IA-025-2019

“Diseño y construcción de una celda flexible solar para un sistema de extrusión y estirado simple de filamentos de plásticos de desecho”.

Dirigido por:

M. en C. Víctor Manuel Velasco Gallardo

Dr. José Alonso Dena Aguilar

ÍNDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Descripción de la empresa u organización y del puesto o área de trabajo del residente.....	2
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.....	5
1.6 Alcances y limitaciones.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1 PLÁSTICOS DE DESECHO	7
2.2 EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS.....	9
2.3 MÁQUINAS EXTRUSORAS HORIZONTALES.....	11
2.4 TÉCNICAS DE MANUFACTURA AVANZADA CNC, SOLDADURA, CORTE Y ABRASIÓN.....	13
2.5 COLECTOR SOLAR DE CANAL PARABÓLICO.....	16
III. DESARROLLO	18
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	18
3.1.1 Diseños mecánicos CAD 3D.....	18
3.1.2 Técnicas y equipos de manufactura empleados.....	18
3.1.3 Pruebas de calentamiento.....	20
3.2 Cronograma de actividades.....	20
V. RESULTADOS	21
4.1 DISEÑOS 3D.....	21

	Pág.
4.2 MANUFACTURA DEL EQUIPO.....	25
4.3 PRUEBAS DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	30
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS.....	35
VII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	36
Anexo 1. Carta de aceptación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	38
Anexo 2. Carta de terminación por parte de la empresa para la residencia profesional.....	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores promedio de velocidades de giro del sistema de transmisión de potencia.....	30

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.....	4
Figura 2. Plásticos de desecho en los océanos.	7
Figura 3. Productos de la reutilización de plásticos de un solo uso.....	8
Figura 4. Esquema de un extrusor.....	10
Figura 5. Productos extruidos.....	10
Figura 6. Máquina extrusora horizontal de husillo simple y sus elementos.....	11
Figura 7. Máquina extrusora horizontal de doble husillo.	12
Figura 8. Fresado CNC.....	13
Figura 9. Soldadura MMA.	14
Figura 10. Soldadura MIG/MAG.....	15
Figura 11. Corte con desprendimiento de viruta.	15
Figura 12. Prototipo experimental (CSCP)	16
Figura 13. Partes del sistema de un (CSCP) con sistema de seguimiento automático.....	17

	Pá
Figura 14. Diseño final de la extrusora.....	g. 18
Figura 15. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.....	19
Figura 16. Torno CNC DMTG CKE 6150Z.....	19
Figura 17. Máquina de soldadura de micro alambre.....	19
Figura 18. Cámara Termografía Flir E60.....	20
Figura 19. Cronograma de actividades general.....	20
Figura 20. Estructura de soporte completa de la máquina extrusora hibrida solar sin el CCP.....	21
Figura 21. Vista completa de husillo con sus zonas de alimentación, transición y dosificación.....	22
Figura 22. Boquilla (dado extrusor)	22
Figura 23. Vista completa del CCP con engranaje.....	23
Figura 24. Acercamiento del sistema de transmisión por engranaje del CCP.....	23
Figura 25. Vista 1 de la caja de engranes del sistema de transmisión de potencia.....	24

	Pág.
Figura 26. Vista 2 de la caja de engranes del sistema de transmisión de potencia.....	24
Figura 27. Vista completa 1 del prototipo con CCP integrado.....	25
Figura 28. Torneado inicial de husillo.....	25
Figura 29. Manufactura de engrane mediante corte por plasma	26
Figura 30. Engranes de caja de engranes	26
Figura 31. Tolva de alimentación: vista superior	27
Figura 32. Estructura de soporte de máquina con cañón y porta CCP integrado...	27
Figura 33. Gabinete de control de variador del sistema de transmisión de potencia.....	28
Figura 34 Conexión a 220V del variador de frecuencia.....	28
Figura 35. Caja de engranes del sistema de transmisión de potencia: vista lateral.....	28
Figura 36. Vista completa de máquina extrusora con CCP integrado.....	29
Figura 37. Sistema de engranes del CCP	29

	Pág.
Figura 38. Ejemplo de conexión de variador, arrancador y motor.....	30
Figura 39. Temperatura de 210 °C al interior del cañón después de 90 minutos...	31
Figura 40. Temperatura de 234 °C en la superficie del cañón después de 115 minutos.....	31
Figura 41. Temperatura de 364 °C alcanzada directamente en la resistencia después de 115 minutos	32
Figura 42. Temperatura de 56.8 °C alcanzada en la superficie del cañón.....	32
Figura 43. Temperatura de 50.2 °C alcanzada en el interior del cañón.....	33
Figura 44. Pruebas preliminares de proyección de radiación solar sobre el cañón.....	33

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. Está 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 al diseño y construcción de una máquina extrusora solar horizontal de mono husillo para plásticos de desecho.

En este trabajo se propone el diseño y construcción de una máquina extrusora para el reciclaje de PET de desecho bajo diseño propio y que incorpore un sistema de calentamiento a base de energía solar concentrada sobre el barril por medio de un colector solar de canal parabólico.

El presente trabajo es producto de los proyectos:

- (1) proyecto “Estancias Posdoctorales por México, modalidad 1, proyecto ID 1086950;
- (2) programa para el Desarrollo Profesional Docente, tipo Superior mediante el Fortalecimiento de Cuerpos Académicos, ITPA-CA-1, proyecto “Diseño, implementación y control de sistemas mecatrónicos de registro y monitoreo de variables de operación en prototipos de aplicación en la industria del reciclaje de plásticos: trituración, extrusión y pirolisis”;
- (3) proyecto TecNM clave 9433.20-P “Extrusor solar hibrido hecho a la medida para su aplicación en la industria del reciclaje de Plásticos”;

(4) proyecto IDSCEA IA-025-2019 “Diseño y construcción de una celda flexible solar para un sistema de extrusión y estirado simple de filamentos de plásticos de desecho”.

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 desarrollo del proyecto.

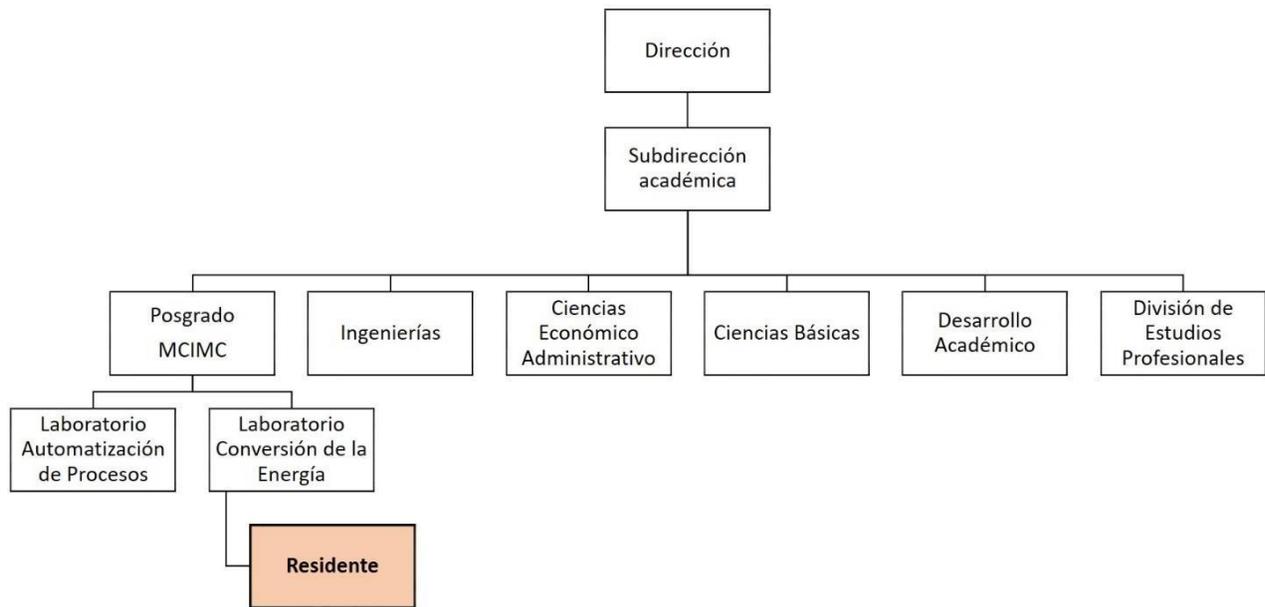


Figura 1. Organigrama de la institución y del área de residencia.

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 trituración propuesta.

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

1. Manufactura de una máquina extrusora solar horizontal de tornillo simple:
 - Diseño de los módulos de trabajo.
 - Manufactura de la extrusora.
 - Manufactura del colector solar.
 - Puesta en operación de los módulos del equipo.

1.4 Justificación

Los plásticos de un solo uso ocasionan efectos negativos al ambiente. Dentro de los métodos de reciclaje encontramos la extrusión como una técnica capaz de otorgarles un valor agregado a los desechos plásticos al otorgarles una nueva forma para un nuevo uso por los consumidores. Una máquina extrusora, 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 estudio puede ser parte de la cadena de valor de los plásticos de un solo uso para obtener pellets de segundo uso.

El alcance del proyecto es el diseño y construcción de una máquina extrusora para el fundido de plásticos de desecho y otorgarles una nueva geometría y uso. Además de que no se ha explorado el uso de energía solar en procesos de extrusión.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

El objetivo de nuestro proyecto se concentra en la manufacturación de una máquina extrusora horizontal de plásticos mediante el uso de técnicas de diseño CAD 3D y manufactura avanzada para la fundición de la materia prima por medio de un sistema de concentración térmica (*energía solar*) y el uso resistencias eléctricas.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar los diseños mecánicos CAD 3D del equipo mediante software de diseño especializado para mostrar la integración de los elementos propuestos.
- Construir la máquina extrusora mediante técnicas de manufactura avanzada para su puesta en operación.
- Construir el colector solar de canal parabólico e integrarlo en la máquina extrusora.
- Realizar pruebas de calentamiento mediante la concentración de energía solar para validar su funcionamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los módulos de trabajo mediante su encendido para validar su desempeño.

1.6 Alcances y limitaciones

En los diseños CAD 3D solo se especificarán las dimensiones generales por cuestiones de patentado.

Las pruebas de calentamiento solar solo consideran el registro y monitoreo de temperaturas.

Las pruebas de funcionamiento de los módulos de trabajo solo consideran su puesta en operación.

Ninguna extrusión es realizada.

Esta fuera de alcance del proyecto la optimización de la extrusora.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 PLÁSTICOS DE DESECHO

Este material sintético comenzó a producirse en el siglo XX por su durabilidad y practicidad estando presente ahora en nuestra vida diaria, por otra parte, sabemos que los plásticos de desecho son aquellos que terminan con su ciclo o ciclos de vida útil y están destinados al desecho, la producción de este tipo de desechos ha logrado rebasar los 322 millones de toneladas en el mundo y solamente el 8% de todos estos residuos plásticos son recuperados para su reciclaje.

En los océanos, las cifras son preocupantes, ya que, más de 20 millones de toneladas de plástico entran al mar cada año y 12 millones de toneladas representan artículos de un solo uso. Por la acumulación, se estima que 5 trillones de partículas de plástico que pesan en su totalidad 268,940 toneladas están flotando en los mares y océanos, esto se ha convertido en un problema para la conservación de la flora y fauna del mundo entero y que por consecuencia tengamos una severa afectación a la salud humana. [1]



Figura 2. Plásticos de desecho en los océanos. [1]

Los productos plásticos de un solo uso pueden ser sinónimo de conveniencia, pero el daño que causan, así como los desperdicios que generan su elaboración y distribución, los convierten en una gran amenaza.

La quema a cielo abierto de desechos plásticos, el consumo de mariscos contaminados por residuos plásticos y la aparición de micro plásticos dañinos son solo algunas de las razones para eliminar definitivamente estos plásticos desechables.

Ahora bien, darles prioridad a los productos reutilizables no solo es de gran importancia para la salud ambiental, sino que también puede ser de gran rentabilidad. Las empresas que permiten a los consumidores usar sus propias bolsas, vasos o contenedores y pueden ahorrar en gastos de suministro y/o almacenamiento asociados a los plásticos de un solo uso, mientras que los clientes pueden evitar pagar costos adicionales por bolsas o contenedores de compras puede ser de gran ayuda para el medio ambiente.

Las bolsas de compras de algodón y polipropileno no tejido son cada vez más comunes, al igual que las botellas, vasos y vajillas de plástico y acero inoxidable reutilizables y portátiles no obstante la reutilización es cada vez más viable también para los productos de higiene personal. [2]



Figura 3. Productos de la reutilización de plásticos de un solo uso [2].

2.2 EXTRUSIÓN DE PLÁSTICOS

Uno de los procesos más determinantes a la hora de la transformación del material plástico es la etapa de extrusión. Esta permite fabricar objetos con formas, colores y características de gran variedad. En la máquina de extrusión, el polímero se funde dentro de un cañón y husillo. Además, dependiendo del polímero, varían las temperaturas y tipos de husillos a utilizar para el proceso, esto quiere decir, que dependiendo del tipo de material será necesario el cambio de temperaturas y la velocidad del movimiento del sistema mecánico que por flujo continuo con presión y empuje adquiere la forma deseada, al pasar a través de un orificio, con una sección transversal predeterminada.

Este proceso de extrusión tiene por objetivo, usarse para la producción de perfiles, tubos, películas plásticas, hojas plásticas, pellets, etc.

Independientemente del tipo de extrusión que se quiera analizar, todos guardan similitud hasta llegar al dado extrusor ya que este será el encargado de poder dar la forma del objeto a extruir.

Ventajas:

- En primera presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción.
- En segunda su operación es de las más sencillas, ya que, una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continúa sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor
- Y en tercera el costo de la maquinaria de extrusión es moderado, en comparación con otros procesos como inyección, soplado o calandrado, y con una buena flexibilidad para cambios de productos sin necesidad de hacer inversiones mayores. [3]

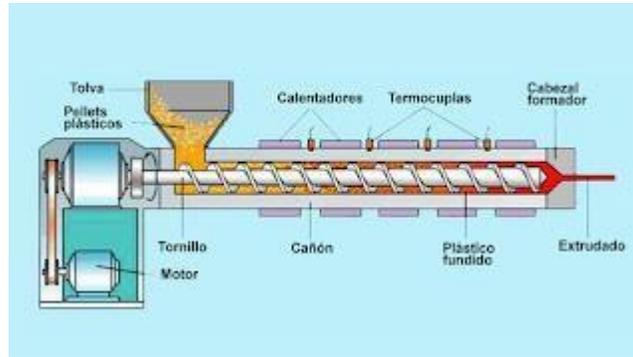


Figura 4. Esquema de un extrusor [3].

Este tipo de proceso puede llegar a ser del tipo continuo (produciéndose sola mente una pieza indefinidamente larga) o puede ser del tipo semicontinuo (produciendo varias piezas de diferentes medidas) y no es sólo para las combinaciones plásticas si no para otros materiales común mente extruidos como lo son: metales, polímeros, cerámica, cemento, plastilina y productos alimenticios.

Para esto se utiliza un jalador para proporcionar la tensión en la línea de extrusión que es esencial para la calidad general del producto extruido. También las peletizadoras pueden crear esa tensión al tiempo que tira filamentos extruidos para cortar. El jalador debe proporcionar una tracción constante; de lo contrario se tendrá como resultado la variación en los cortes o producto distorsionado. [4].



Figura 5. Productos extruidos [5].

2.3 MÁQUINAS EXTRUSORAS HORIZONTALES

Una máquina es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía, en cuanto a este tipo de máquinas existen dos tipos principales de extrusoras que son: las de un solo husillo y las extrusoras de doble husillo (cortante y contrarrotante). Estas vienen con una amplia gama de diámetros de tornillo (D), longitudes (L) y diseños. Entre otras características, se puede mencionar que las extrusoras de un solo husillo y de doble husillo corrotante son intrínsecamente extrusoras de canal abierto; pueden considerarse bombas de flujo de arrastre su rendimiento o grado de llenado (si no funcionan a su máxima producción) puede verse afectado por el flujo de presión dentro de la extrusora.

En el caso de las extrusoras de doble tornillo contrarrotantes y estrechamente engranadas forman canales cerrados en la región de engranaje; su rendimiento es menos vulnerable al flujo de presión dentro de la extrusora; por ello, pueden considerarse bombas de desplazamiento positivo.

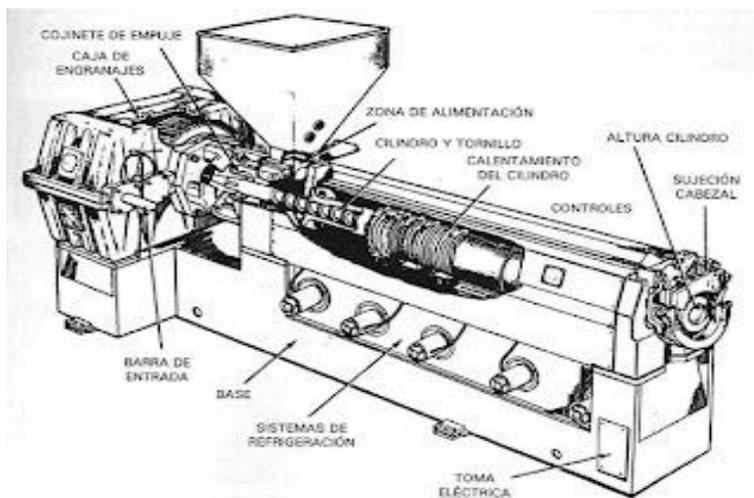


Figura 6. Máquina extrusora horizontal de husillo simple y sus elementos. [6].

El funcionamiento de las máquinas de extrusión es relativamente sencillo: los materiales plásticos crudos entran, el producto sale y se corta a medida. A medida que el material se introduce en un extremo de la extrusora de plástico (tolva), se funde gradualmente por el calor y la energía creada por el husillo giratorio.

Estos tornillos están situados a lo largo del barril de la máquina donde se funden las materias primas. La mayoría de los tipos de tornillos tienen tres zonas diferentes para moverse a lo largo del proceso de extrusión:

- Zona de alimentación: Aquí es donde el material compuesto de plástico se introduce en la máquina de extrusión.
- Zona de fusión: La siguiente sección en el diseño del tornillo es donde se funde el plástico.
- Zona de medición: Por último, la zona de dosificación es donde se funden los últimos trozos de plástico y se mezclan para crear una temperatura y composición uniformes.

Es esencial mantener una temperatura constante dentro del barril de la extrusora para evitar el sobrecalentamiento de los materiales para reducir las imperfecciones, por lo que normalmente el barril se calienta gradualmente de atrás hacia adelante [7].



Figura 7. Máquina extrusora horizontal de doble husillo. [7]

2.4 TÉCNICAS DE MANUFACTURA AVANZADA CNC, SOLDADURA, CORTE Y ABRAS.

La manufactura avanzada se dirige hacia el uso de tecnologías innovadoras para mejorar la calidad en los sectores de fabricación y su objetivo es mejorar los servicios, incrementar el valor agregado y la capacidad de respuesta a las tendencias del mercado y la flexibilidad. [8]

El mecanizado CNC es un proceso de fabricación en el que el software informático pre programado asigna todo el proceso. CNC por sus siglas (Control Numérico Computarizado) controla las herramientas del mecanizado a través de una secuencia de códigos (códigos G&M.) convertidos por la computadora.

Este mecanizado es aplicado a varios procesos como lo son: el torneado, fresado, taladrado y corte he incluso complementando todos estos tipos de procesos en una sola máquina. En su conjunto han consolidado al CNC como un avance significativo en la industria metal-mecánica. La ventaja más sobresaliente del mecanizado CNC, es que, reduce los costos laborales, es preciso, y aumenta la producción total,

Algunas máquinas CNC son:

- Fresadoras
- Tornos
- Perforadoras
- Cortadores de plasma, láseres y chorros de agua
- Dobladoras de alambre y dobladoras de tubos [9].



Figura 8. Fresado CNC.

Soldadura

La soldadura es la unión o fusión de piezas mediante el uso de calor y/o el material de aporte para que las piezas formen una sola. La fuente de calor en la soldadura es producida por la electricidad de la fuente de potencia de soldadura (arco eléctrico). La soldadura más habitual se puede realizar a través de gas, [MMA (Manual Metal Arc) o MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas)].

En la parte de consumibles, suministramos gas, varias de aportación, bobinas de hilo, mangueras bi-tubo oxígeno acetileno, cable de soldadura, pinzas de masa, pinzas porta electrodos, antorchas tig, etc. El arco se establece cuando el material de aporte toca la superficie de la pieza de trabajo y se genera un cortocircuito. Luego, la corriente del cortocircuito eficiente funde el extremo del alambre de relleno y se establece un arco de soldadura, para que el proceso sea de calidad se debe utilizar un voltaje de soldadura y una velocidad de alimentación de alambre adecuados a los materiales a soldar en base a sus espesores [10].



Figura 9. Soldadura MMA.



Figura 10. Soldadura G/MAG [9].

Corte y abrasión

El corte es la separación del material primario en uno o más trozos obteniendo una forma específica, esta operación de gran importancia dentro de los procesos de manufactura para diferentes sectores de la industria. Dicha operación es efectuada en materiales tales como el acero, donde cada material se obtiene mediante un proceso.

Como por ejemplo el corte por pulidora con disco abrasivo, para poder obtener un trozo de metal con medidas específicas proporcionadas por los planos del mecanismo o estructura a realizar es necesario el corte.

Las herramientas de corte se caracterizan por su dureza ya que tienen que soportar altas temperaturas y mucha fricción cuando se realiza la acción, mientras que los abrasivos tienen una dureza mayor a los de corte, ya que básicamente desgastan el material por medio de fricción a materiales más blandos.

Tipos de corte:

- Cizallado.
- Troquelado.
- Corte por plasma.
- Corte con desprendimiento de viruta [11].



Figura 11. Corte con desprendimiento de viruta [11].

2.5 COLECTOR SOLAR DE CANAL PARABÓLICO

La energía solar es una si no la más importante fuente energética distribuida en todo el mundo, el uso de tecnologías que aprovechan esta fuente energética trae beneficios al medio ambiente y reducción de uso de combustibles fósiles a la industria que requiere calor en los procesos ya que esta fuente de energía es una energía limpia a la cual todos tenemos acceso. Sin más la tecnología termo solar de canal parabólico es la que mayor extensión tiene, con una extensión de 2600MWe en el mundo.

Sin embargo, las aplicaciones como la generación de calor en una industria típica tienen entre un 40 y 60% de demanda de energía clórica y se tiene que un 30% de esa energía es utilizada en temperaturas de 80 a 250 °C.

El proceso de funcionamiento se basa en la forma parabólica de los colectores, ya que estos tienen una focal a dónde se dirigen los rayos de forma concentrada. Por tanto, reflejando estos rayos hacia el receptor con la capacidad de absorber calor se obtiene energía térmica que se transformará posteriormente en calor. Teniendo en cuenta las necesidades de la industria y teniendo un gran abastecimiento de estas energías limpias, se da a la tarea de diseñar, construir, operar y evaluar varios prototipos experimentales utilizando la tecnología de concentrador solar de canal Parabólico (CSCP) para la producción de calor de proceso industrial [12].



Figura 12. Prototipo experimental (CSCP) [12].

Hasta hace poco este tipo de sistemas térmicos solares de concentración estaba restringida hacia el campo de la investigación, la industria o la generación de energía eléctrica, La razón era que la tecnología para esta fuente de energía requería sistemas complejos de seguimiento y grandes superficies para ubicarlos.

Los principales componentes de un colector solar de cilindro parabólico son:

- La estructura metálica para dar rigidez al conjunto.
- El reflector canal-parabólico: La función del receptor de canal parabólico es concentrar la radiación solar sobre el tubo absorbente. Para ello se construye con materiales reflejantes.
- El tubo absorbedor: El tubo absorbedor consta de dos tubos concéntricos separados por una capa de vacío. El interior, por el que circula el fluido que se calienta, es metálico y el exterior de cristal.
- El fluido de trabajo que circula por el tubo interior es diferente según la tecnología.
- El sistema de seguimiento del Sol: El sistema seguidor más común consiste en un dispositivo que gira los reflectores cilindro-parabólicos del colector alrededor de un eje dependiendo de la posición del Sol [13].

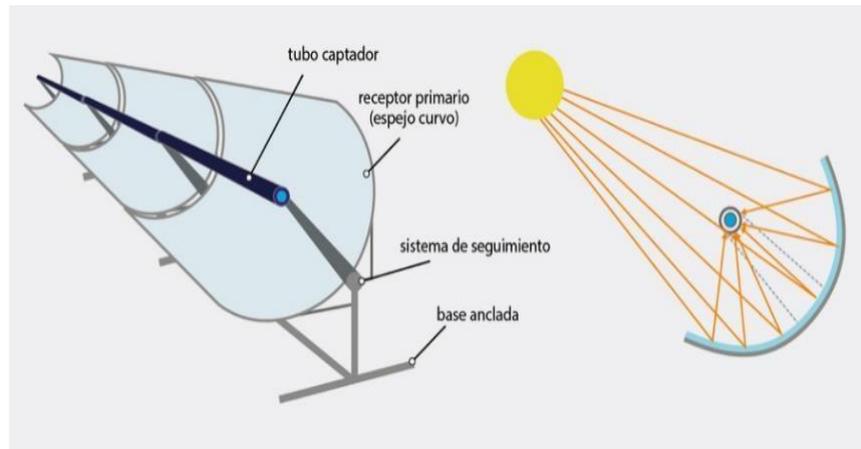


Figura 13. Partes del sistema de un (CSCP) con seguimiento automático [14].

III. DESARROLLO

3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 Diseños CAD 3D

Todos los diseños mecánicos se elaboraron empleando el software CAD SolidWorks versión 2020. Únicamente se presentan los diseños en vistas isométricas con dimensiones generales de largo x ancho x alto por cuestiones de patentado (unidades de cotas en mm).

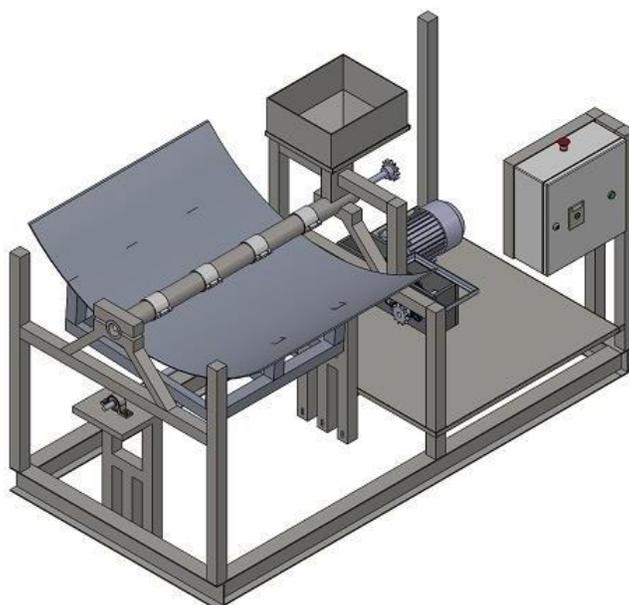


Figura 14. Diseño final de la extrusora.

3.1.2 Técnicas y equipos de manufactura empleados

La fabricación de la máquina y del colector se lleva a cabo utilizando máquinas de fabricación CNC especializadas y operadas manualmente utilizando técnicas tradicionales de corte, cizallado, taladrado, desbaste, etc.

Para la manufactura del equipo, se emplearon máquinas como:

- Cortadora de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.
- Torno CNC DMTG CKE 6150Z.

- Máquina soldadora de Micro alambre marca LINCOLN ELECTRIC.



Figura 15. Máquina de plasma LINCOLN ELECTRIC 4400.



Figura 16. Torno CNC DMTG CKE 6150Z.



Figura 17. Máquina de soldadura de micro alambre.

3.1.3 Pruebas de calentamiento

Se realizaron pruebas de calentamiento por el colector solar y por un conjunto de resistencias eléctricas. Los ensayos fueron de monitoreo de temperaturas por medio de una cámara térmica infrarroja de la serie E60 de FLIR.



Figura 18. Cámara Termografía Flir E60.

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										
Diseños mecánicos CAD 3D										
Construcción de prototipo										
Diseño experimental										
Asesorías										
Evaluación y seguimiento de asesorías										
Evaluación de reporte										
Informe semestral										
Elaboración reporte técnico (productos entregables)										

Figura 19. Cronograma de actividades general.

IV. RESULTADOS

Por cuestiones de patentado se reservan demás evidencia de ejecución del proyecto.

4.1 DISEÑOS 3D

Se presentan los diseños generados de diversas piezas del sistema.

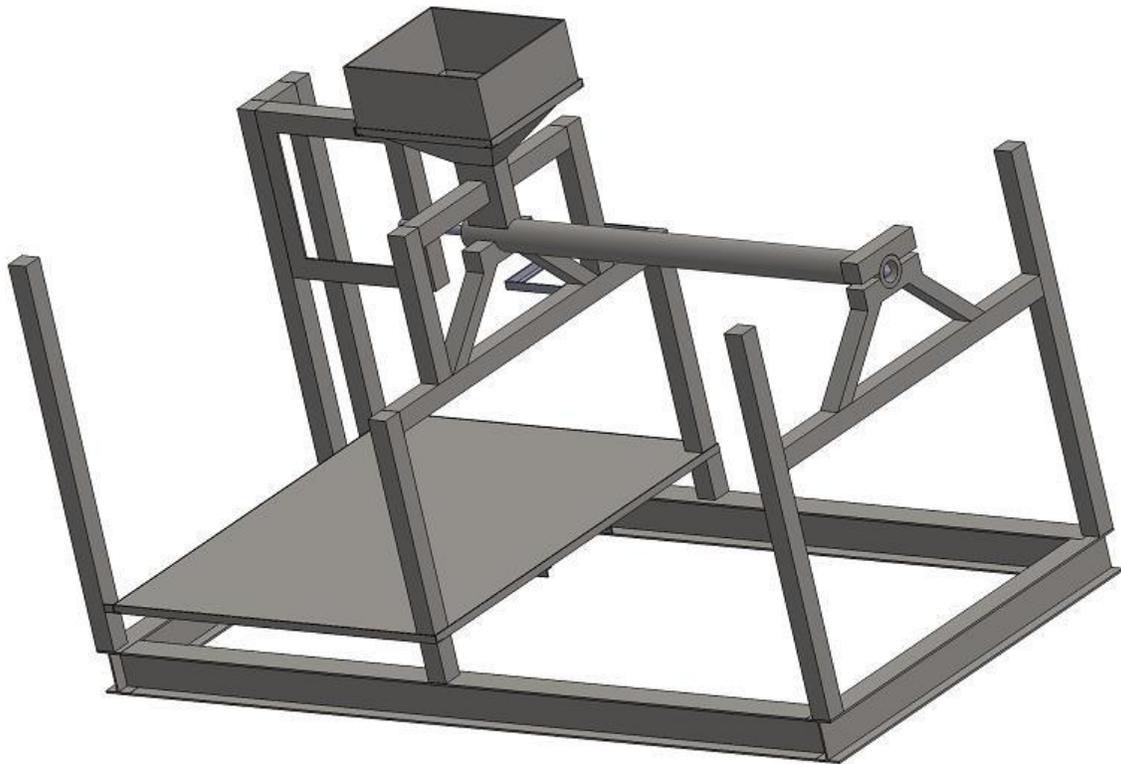


Figura 20. Estructura de soporte completa de la máquina extrusora híbrida solar sin el CCP.

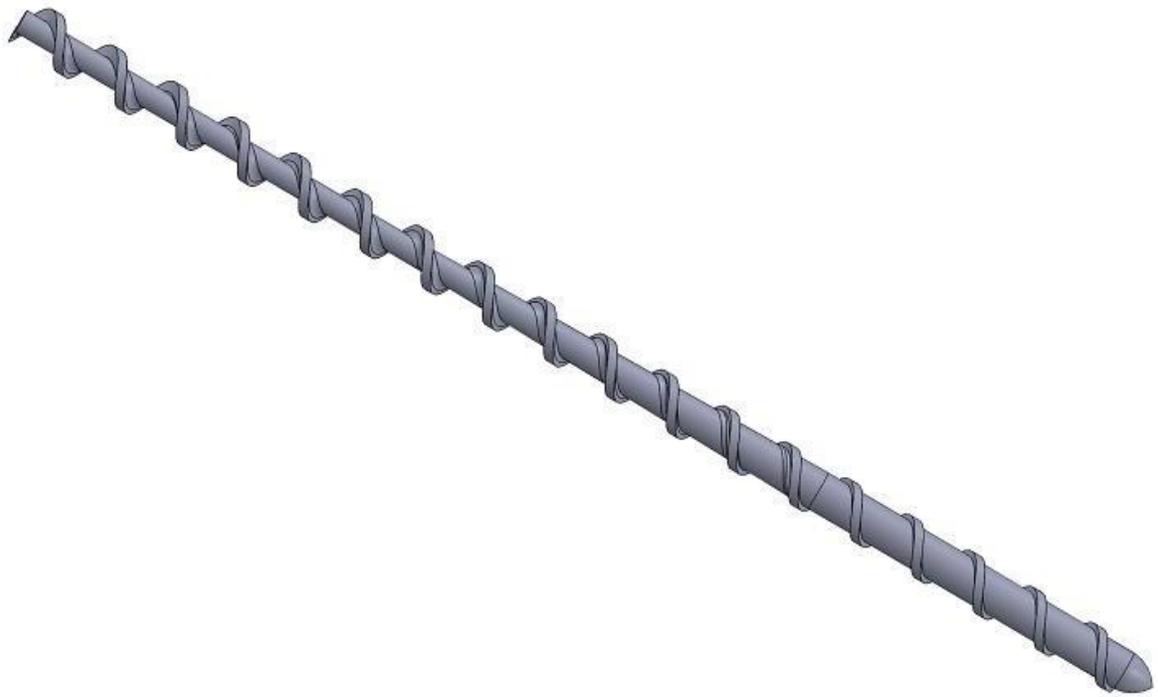


Figura 21 Vista completa del husillo con sus zonas de alimentación, transición y dosificación.

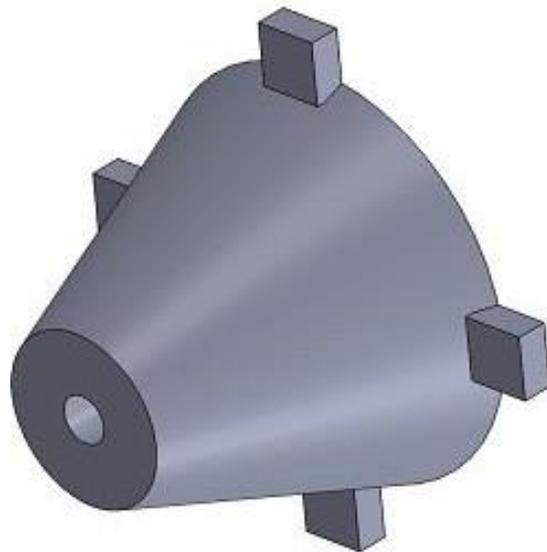


Figura 22. Boquilla (dado extrusor).



Figura 23. Vista completa del CCP con engranaje.

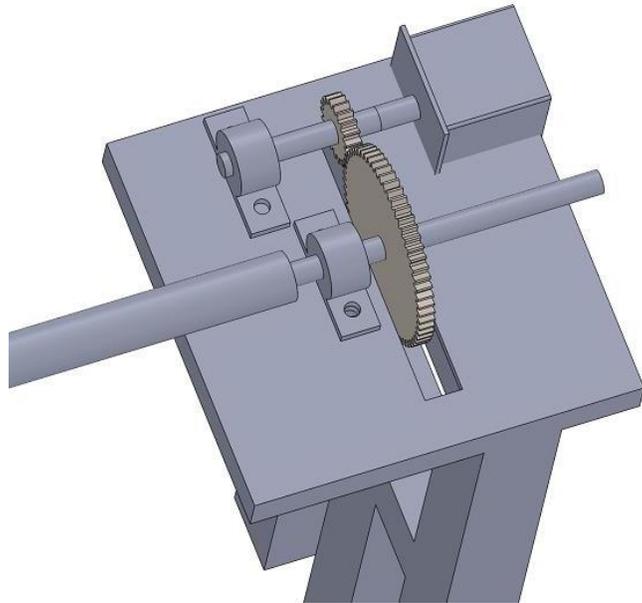


Figura 24. Acercamiento del sistema de transmisión por engranaje del CCP.

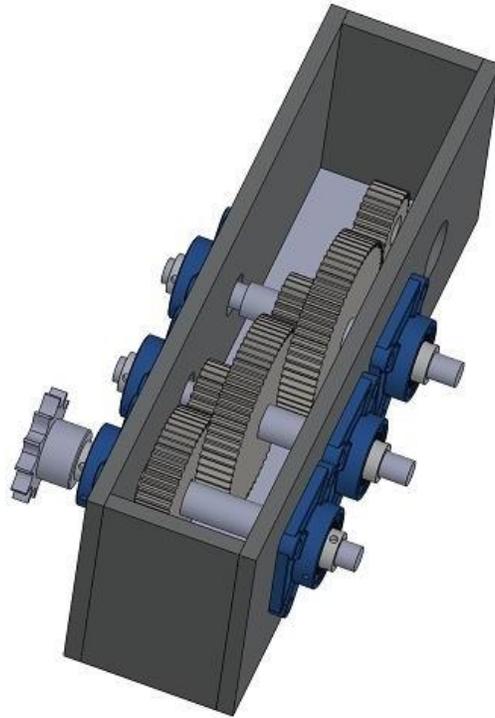


Figura 25. Vista 1 de la caja de engranes del sistema de transmisión de potencia.

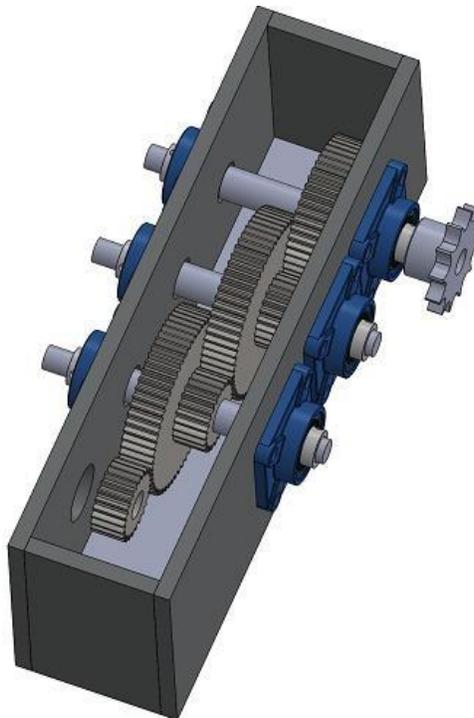


Figura 26. Vista 2 de la caja de engranes del sistema de transmisión de potencia.

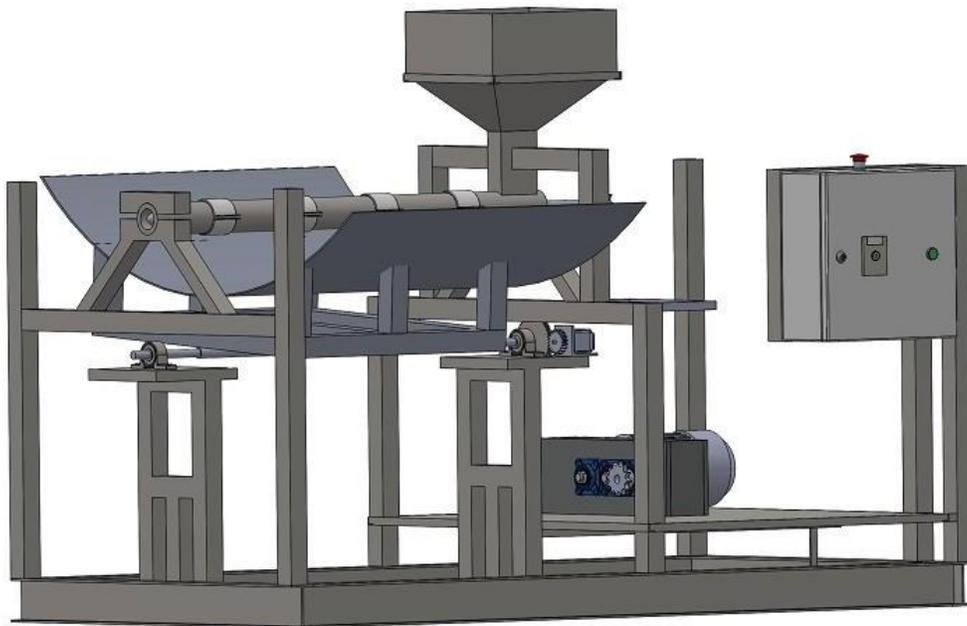


Figura 27. Vista completa 1 del prototipo con CCP integrado.

4.2 MANUFACTURA DEL EQUIPO

Se presentan imágenes de la construcción del equipo.



Figura 28. Torneado inicial de husillo.



Figura 29. *Manufactura de engrane mediante corte por plasma.*



Figura 30. *Engranes de caja de engranes.*



Figura 31. Tolva de alimentación: vista superior.



Figura 32. Estructura de soporte de máquina con cañón y porta CCP integrados.



Figura 33. Gabinete de control de variador del sistema de transmisión de potencia.



Figura 34. Conexión a 220V del variador de frecuencia.



Figura 35. Caja de engranes del sistema de transmisión de potencia: vista lateral



Figura 36. Vista completa de máquina extrusora con CCP integrado.



Figura 37. Sistema de engranes del CCP.

4.3 PRUEBAS DE OPERACIÓN DE LOS MÓDULOS

Giro del husillo

Se realizaron pruebas simples de funcionamiento del sistema de potencia regulado por el variador de frecuencia. El variador logra disminuir los rpm del motor de 1740 a velocidades entre 50 y 100 rpm según los Hz programados en el variador.

Las pruebas se realizaron con el variador, motor, caja de engranes y husillo conectados entre sí. La medición de los rpm se realizó empleando un tacómetro dual DT-2236 marca Lutron.

Se seleccionaron solo 3 potencias, en Hz, de programación del variador. De cada valor de potencia se realizaron 40 pruebas de medición de rpm. Cada prueba con una duración de 2 minutos. En la Tabla 1 se presentan valores promedio resultantes.

Tabla 1. Valores promedio de velocidades de giro del sistema de transmisión de potencia.

Hz de alimentación al variador	Rpm logrados en el giro del husillo
15	50
30	70-80
45-50	90-100

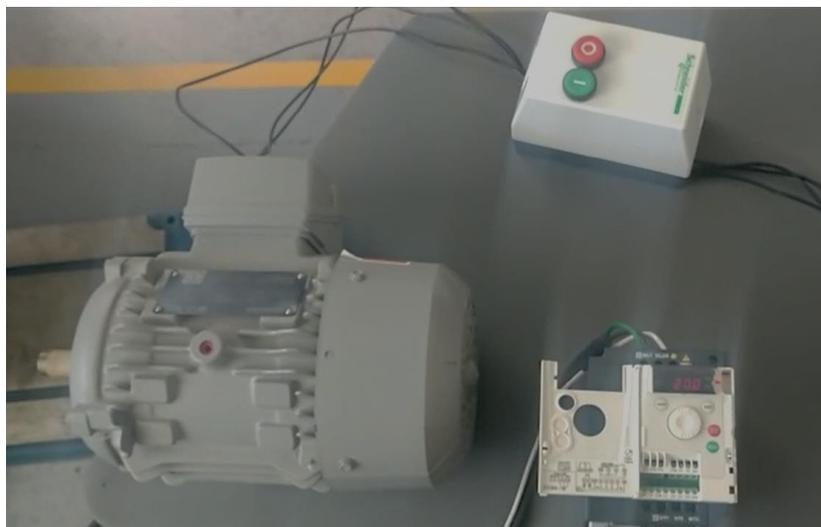


Figura 38. Ejemplo de conexión de variador, arrancador y motor.

Temperaturas de las resistencias eléctricas

Se pusieron en operación las resistencias eléctricas a lo largo del cañón. En tiempo por arriba de los 90 minutos cada resistencia lograba incrementar la temperatura del cañón por encima de los 200 °C. Las lecturas se tomaron empleando una cámara termográfica FLIR E60 modelo FLIR-E49001.

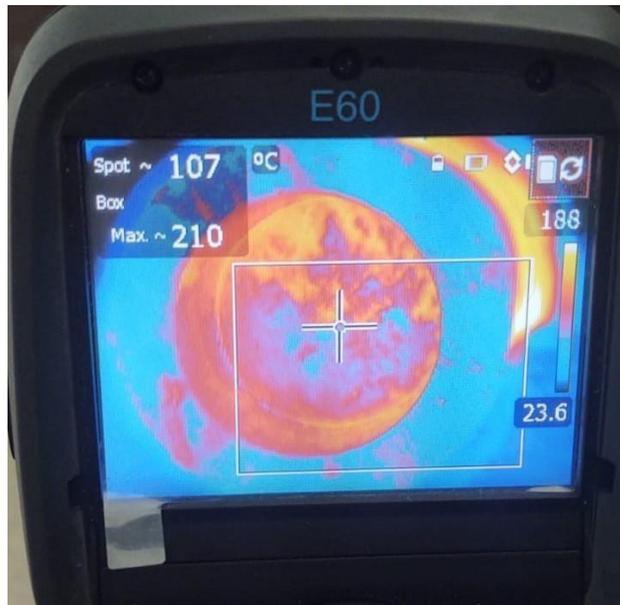


Figura 39. Temperatura de 210 °C al interior del cañón después de 90 minutos.



Figura 40. Temperatura de 234 °C en la superficie del cañón después de 115 minutos.

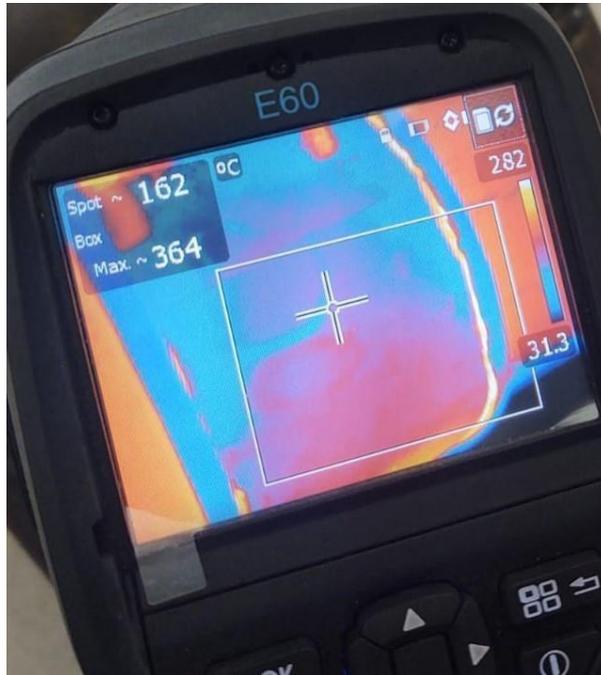


Figura 41. Temperatura de 364 °C alcanzada directamente en la resistencia después de 115 minutos.

Temperaturas de operación con el concentrador solar

Se realizaron mediciones de temperatura alcanzadas por el cañón empleando el colector solar de canal parabólico (CCP). Las mediciones se realizaron durante la exposición a la radiación solar de la máquina por 60 minutos (de 11:00 a 12:00 horas). Se lograron temperaturas superiores a los 50 °C. Las lecturas se tomaron empleando una cámara termográfica FLIR E60 modelo FLIR-E49001.

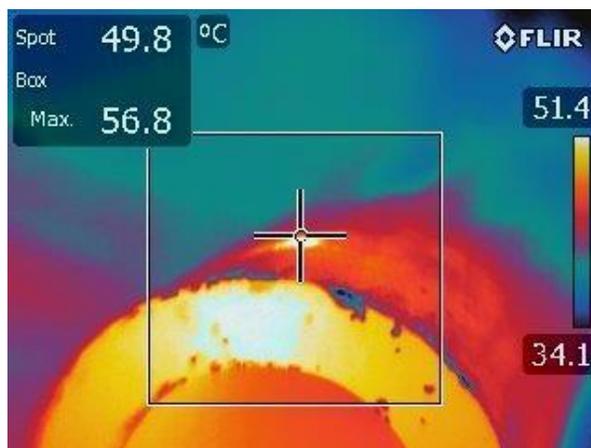


Figura 42. Temperatura de 56.8 °C alcanzada en la superficie del cañón.

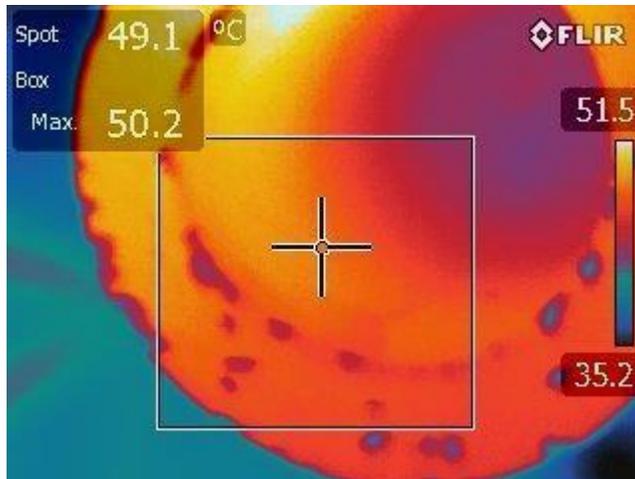


Figura 43. Temperatura de 50.2 °C alcanzada en el interior del cañón.



Figura 44. Pruebas preliminares de proyección de radiación solar sobre el cañón.

V. CONCLUSIONES

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

Se logró diseñar y construir una máquina extrusora solar horizontal de tornillo simple para su empleo en el reciclaje de materiales plásticos.

Los módulos integrados permiten controlar los rpm de giro del husillo y lograr concentrar radiación solar sobre el barril durante el día. Mas, sin embargo, se detectaron áreas de mejora de la máquina como trabajo futuro y fuera del alcance del presente trabajo.

El proyecto de residencia me permitió validar los conceptos teóricos y prácticos aprendidos durante mi estadía como estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica 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 Mecatrónica 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 Mecatrónica, 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] Vázquez, A. (2019, febrero 27). Plástico: El desecho interminable, ¿jamás degradable? INVDES. Recuperado de: <https://invdes.com.mx/los-investigadores/plastico-el-desecho-interminable-jamas-degradable/>
- [2] Cómo reducir el impacto de los plásticos de un solo uso. (2021, November 23). UNEP; United Nations Environment Programmed. Recuperado de: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/como-reducir-el-impacto-de-los-plasticos-de-un-solo-uso>.
- [3] Perfil, V. T. mi. (s/f). EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS. Blogspot.com. del 2022, Recuperado de: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>
- [4] Procesos de Extrusión. (2018, noviembre 25). Recuperado de: <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-extrusion/>
- [5] Extrusión de plástico. (2021, mayo 27). Gestión De Compras. Recuperado de <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/piezas-plasticas/extrusion-de-plastico/>
- [6] ¿Extrusora para grancear plástico ¿Qué es y cómo funciona? (s/f). Inter empresas. Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/260036-Extrusora-para-grancear-plastico-Que-es-y-como-funciona.html>
- [7] 17/05/, C. (2021, mayo 17). D Máquinas Extrusoras: Qué Son y Para Qué Sirven. CORZOSA. <https://www.corzosa.com/extrusora/>
- [8] Descubre qué es la manufactura avanzada. (2021, enero 20). Escuela de Postgrado de la Universidad Católica San Pablo. Recuperado de: <https://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-es-manufactura-avanzada/>
- [9] Umesal. (2021, junio 21). *Qué es el mecanizado CNC*. Umesal. Recuperado de: <https://umesal.com/que-es-el-mecanizado-cnc/>

- [10] *¿Qué es la soldadura?* (s/f). Kemppi. Recuperado el 2022, de: <https://www.kemppi.com/es-ES/asistencia/fundamentos-de-soldadura/que-es-la-soldadura>
- [11] Cortes de metales: procesos y objetivos dentro de la industria. (2020, septiembre 23). Metalmind. Recuperado de: <http://metalmind.com.co/2020/09/22/cortes-de-metales-procesos-y-objetivos-dentro-de-la-industria/>
- [12] Colector de canal parabólico. (s/f). Unam.mx, 2022, Recuperado de: http://www.fordecyt.ier.unam.mx/html/colectorDeCanalParabolico_1.html
- [13] *Colector Cilindro Parabólico*. (2018, septiembre 20). Laenergiasolar.org. <https://laenergiasolar.org/energia-termica-solar/colector-cilindro-parabolico/>
- [14] Appsol – Energía solar para industria. (s/f). Appsol.cl.2022, Recuperado de: <https://appsol.cl/>

ANEXO 1

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



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 16/agosto/2022
No. de Oficio: SDA/MCIMC-055/2022
Asunto: Carta de aceptación de Residencias Profesionales

JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el(la) **C. ALAN SALVADOR SANTILLÁN DELGADO**, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 181050120, ha sido aceptado(a) para realizar en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Manufactura de una máquina extrusora horizontal para su aplicación en la industria del reciclaje de plásticos"** durante el periodo de agosto-diciembre 2022, 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 investigadores 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
"Tierra Siempre Fértil"

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2482 y 958-2730, Ext. 119
e-mail: cyd_parteaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx



ANEXO 2

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



Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga
Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica

Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, 12/diciembre/2022
No. de Oficio: SDA/MCIMC-068/2022
Asunto: Carta de conclusión de Residencias Profesionales

JULISSA ELAYNE COSME CASTORENA
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN

PRESENTE

Por medio del presente se notifica que el(la) **C. ALAN SALVADOR SANTILLÁN DELGADO**, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, con número de control 181050120, concluyó satisfactoriamente en esta Institución su Residencia Profesional a través de proyecto interno de carácter local en el ámbito de Investigación, denominado **"Manufactura de una máquina extrusora horizontal para su aplicación en la industria del reciclaje de plásticos"** durante el periodo de agosto-diciembre 2022, 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 investigadores Víctor Manuel Velasco Callardo (asesor externo) y José Alonso Dena Aguilar (asesor interno). El proyecto fue realizado en el Laboratorio de Conversión de la Energía del área de Posgrado de nuestro plantel.

El presente proyecto de Residencia Profesional es parte del proyecto "Estancias Posdoctorales por México, modalidad 1, proyecto ID 1086950; y del programa para el Desarrollo Profesional Docente, tipo Superior mediante el Fortalecimiento de Cuerpos Académicos, ITPA-CA-1, proyecto "Diseño, implementación y control de sistemas mecatrónicos de registro y monitoreo de variables de operación en prototipos de aplicación en la industria del reciclaje de plásticos: trituración, extrusión y pirólisis"

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

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación y Tecnología
"Tierra Siempre Fértil"

EDGAR ZACARÍAS MORENO
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

ccp. Archivo

EZM/jada



Carretera a la Estación de Rincón Km 1, C.P. 20670
Pabellón de Arteaga, Aguascalientes
Tel. (465) 958-2462 y 958-2730, Ext. 119
e-mail: cyd_parteaga@tecnm.mx
tecnm.mx | pabellon.tecnm.mx

