

Elaboración de una Máquina Extrusora de Plásticos PET

Manufacturing of a PET Plastic Extrusion Machine

Juan Manuel Berrelleza-López ^{a, b *}, Arturo Urbalejo-Contreras ^b, José Antonio Bojórquez-Molina ^b, Lina López-Aranda ^b

^a Departamento de Procesos Productivos e Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica del sur de Sonora, Dr. Norman E. Borlaug km. 14 S/N, Nuevo México, C.P. 85095 Cajeme, Sonora, México.

^b Departamento de Procesos Productivos e Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica del sur de Sonora, Dr. Norman E. Borlaug km. 14 S/N, Nuevo México, C.P. 85095 Cajeme, Sonora, México.

Correo electrónico: jberrelleza@uts.edu.mx

(Recibido: 24 de junio 2024; Aceptado: 12 de julio 2024; Publicado: 01 de septiembre 2024)

Resumen

Este artículo presenta la fabricación de una máquina extrusora de plástico PET, como trabajo final de la materia integradora, realizada por un equipo de 5 estudiantes de quinto cuatrimestre de la carrera de Técnico Superior Universitario en Procesos Industriales área manufactura, en los laboratorios de la Universidad Tecnológica del sur de Sonora. Tiene como finalidad la construcción de esta máquina que permita conocer el proceso de extrusión a base de plástico reciclado, fomentando la creatividad y el trabajo en equipo de los estudiantes. Este plan de trabajo es valioso porque cumple con el modelo educativo de la Universidad, al crear una máquina extrusora de plástico PET aplicando los conocimientos teóricos estudiados en materias de cuatrimestres anteriores, incitando la creatividad, el trabajo en equipo y el cuidado al medio ambiente a través del reutilizamiento de plásticos. A su vez CADET da cumplimiento a sus líneas de investigación innovación, desarrollo, transferencia y técnicas didácticas para la enseñanza, logrando una máquina extrusora de tornillo simple que gira en el interior del cilindro calentado mediante resistencias eléctricas. Se consiguió establecer la temperatura óptima para la extrusión, se logró la fabricación de los elementos mecánicos como tornillo, cilindro, tolva, soportes y uniones mecánicas de manera conveniente. Se eligió correctamente los elementos eléctricos como motor de 0.5 HP, contactor, *breakers*, relé térmico, temporizador *on delay*, resistencias eléctricas y controladores de temperatura.

Palabras claves: Máquina extrusora, PET, materia integradora, técnicas didácticas, elementos mecánicos.

Abstract

This article presents the fabrication of a PET plastic extruder machine, as the final project for the integrative subject, carried out by a team of 5 students from the fifth quarter of the Higher University Technician in Industrial Processes, manufacturing area, in the laboratories of the Technological University of Southern Sonora. Its purpose is the construction of this machine that allows students to know the extrusion process based on recycled plastic, promoting creativity and teamwork. This work plan is valuable because it complies with the educational model of the University, by creating a PET plastic extruder machine applying the theoretical knowledge studied in previous quarter subjects, encouraging creativity, teamwork and care for the environment through the reuse of plastics. In turn, CADET complies with its lines of research, innovation, development, transfer and didactic techniques for teaching, achieving a single screw extruder machine that rotates inside the cylinder heated by electrical resistances. It was possible to establish the optimal temperature for extrusion, the mechanical elements such as screw, cylinder, hopper, supports and mechanical joints were manufactured correctly. The electrical elements such as 0.5 HP motor, contactor, breakers, thermal relay, on delay timer, electrical resistances and temperature controllers were correctly chosen.

Keywords: Extruder machine, PET, integrative subject, didactic techniques, mechanical elements.

1. Introducción

Con el aumento de la población y el crecimiento de la industria, la acumulación de basura y residuos orgánicos liberados al medio ambiente han contaminado el planeta. En las últimas décadas, las industrias, especialmente las de bebidas y alimentos, están reemplazando los envases de vidrio por plástico PET porque son más resistentes y económicos. El PET está presente en jugos, agua, aceite, envases de refrescos, entre otros. [1]

Ante este panorama, diversas instituciones educativas han emprendido acciones para fomentar el reciclaje entre su comunidad. Tal es el caso de la Universidad de Guadalajara que busca promover el reciclaje entre los estudiantes mediante la implementación de una máquina recolectora de residuos reciclables. Este dispositivo, diseñado con un enfoque centrado en el usuario, no solo facilita la recolección de materiales reciclables, sino que también incentiva la participación activa de la comunidad universitaria en prácticas sostenibles. La propuesta destaca la importancia de integrar el diseño industrial y la comunicación visual para reforzar la identidad y el compromiso ambiental dentro del entorno académico. [2]

Campos [3] menciona sobre el diseño y construcción un prototipo de una máquina extrusora, se dibujó en el software SolidWorks®, durante el proceso, se introduce el material a extruir y se transporta mediante el movimiento del husillo por medio de los canales, los cuales le permiten avanzar hasta la zona de compresión, en esta zona la profundidad del canal es menor logrando de esta manera la compresión del material, por lo tanto existe una mayor presión; para luego pasar al proceso de fundido, en esta etapa se realiza el dosificado del plástico fundido, obteniéndose un flujo direccional constante con la forma de la boquilla por donde sale el plástico fundido.

El presente artículo describe un proyecto que contribuye a la transferencia de conocimiento y, a disminuir el impacto ambiental al fundir el PET y darle un nuevo uso. La extrusora se construyó en la materia de integradora por un equipo de 5 alumnos de quinto cuatrimestre, es una máquina de tornillo o husillo simple. Este proyecto es relevante porque cumple con el modelo educativo de la Universidad Tecnológica del Sur de Sonora, 40% teórico y 60% práctico; al construir una máquina extrusora de plástico PET aplicando los conocimientos teóricos aprendidos en las diversas

materias de cuatrimestres anteriores, se fomenta la creatividad, el trabajo en equipo y ayuda al medio ambiente a través del reciclaje de plásticos dándole un valor agregado.

2. Desarrollo

La Universidad Tecnológica del Sur de Sonora es una institución educativa con compromiso social y ambiental, a través del Centro de Aplicación y Desarrollo Tecnológico (CADET) en sus líneas de investigación innovación, desarrollo, transferencia y técnicas didácticas para la enseñanza de la ingeniería, desarrolla este proyecto.

Según Mathias [4], el proceso de extrusión se adoptó a partir de 1797 por Joseph Bramah en Inglaterra, siendo el primero en aplicar el principio de extrusión desarrollando una prensa de pistón manual para extruir tubos de plomo sin enmienda. Los extrusores de tornillo simples fueron inicialmente desarrollados en los Estados Unidos en la década de 1960 para la cocción de soja y cereales en las granjas.

El proceso de extrusión consiste en hacer fluir un material plastificado a través de un dado en el cual se le da la forma deseada, para este caso serían hilos de PET. El proceso de extrusión de polímeros sólidos se puede dividir en cuatro etapas principales como se observa en la figura 1 [5].

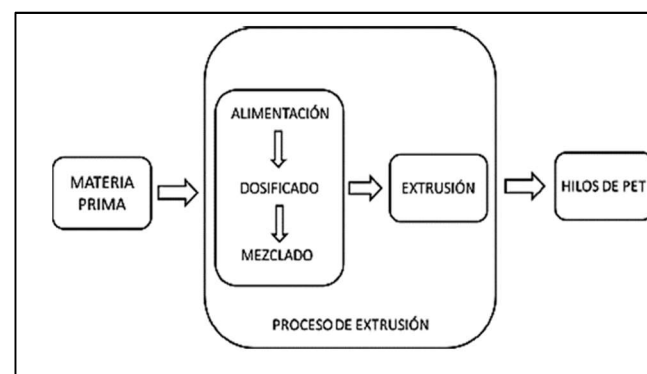


Fig. 1 Proceso de extrusión. Fuente: Shingón[5]

Actualmente, otras universidades han demostrado la fabricación de este tipo de máquinas, como por ejemplo la Universidad Mayor de San Andrés en 2014 publicó su proyecto de “Diseño de fabricación de una máquina extrusora de plásticos PET” donde habla de su importancia en reciclaje, aprovechamiento energético, y el diseño general de la máquina, el cual está dirigido

para su uso en laboratorio y no para una producción en serie [2].

Por otra parte, la Universidad de la Salle, Bogotá, en 2021 publicó un artículo de la “Construcción Prototipo de una Máquina Extrusora y caracterización del Plástico PP Reciclado” que, a diferencia de la anterior, se centra en el Polipropileno (PP), otro tipo de polímero, el proceso de reciclaje del plástico, y las propiedades del plástico.

Se comenta que el prototipo en todo el proceso de extrusión con el molde escogido tuvo un buen comportamiento, la máquina no sufrió de recalentamiento y no presenta falla alguna en su sistema eléctrico, además la máquina fue hecha para hacer varios tipos de moldes [3].

3. Metodología

Se mencionan el equipo, herramientas y materiales necesarios.

Equipo:

- Equipo de Protección Personal.
- Soldadora.
- Cizalla.
- Dobladora.
- Computadora.

Herramienta:

- Esmeriladora.
- Cinta métrica.
- Escuadra grande y pequeña.
- Brocha para pintar.
- Taladro.
- Remachadora.
- Pinza C.
- Tornillo de banco.

Material:

- Tubo galvanizado de 1 pulgada inferior, calibre 80, 1 metro de largo.
- 1 broca para madera 1" x 1" x 18" largo.
- Discos de corte.
- Discos laminados.
- Discos de desbaste.
- Electrodo 1/8 7011.
- Electrodo 1/8 6011.
- Lámina galvanizada 60x60 cm.
- 1/2 litro esmalte gris claro.
- Chumacera de pared de 1 pulgada.
- Broca 3/1.
- 1 bolsa de remaches.
- 1 lata de pintura gris.

- 1 lata de pintura naranja.
- PTR 2"X2" Calibre 14.
- 50 remaches.
- Triplay 154 x 60 cm.
- 8 chilillos 1 1/2.
- 4 resistencias banda en acero inox. (35x50 cm).
- Lija grano 220.
- Sacabocados de 1 1/2".
- 1/4 L de bondo.
- Maya diamante de 50 x 50 cm.
- Empaque 20 x 20 cm.

Se indica el procedimiento a seguir:

- **Paso 1.** Se construye la base metálica de la mesa, se usa: PTR 2X2" Calibre 14, soldadura 6011 x 1/8.
- **Paso 2.** Pulir y pintar de color gris la base de la mesa.
- **Paso 3.** Se coloca una tabla triplay de medida 154 x 60 x 1.8 cm sobre la base, se atornilla la tabla con 8 chilillos de 1 1/2 para crear la mesa que sirva de soporte para la máquina.
- **Paso 4.** Después, al tubo galvanizado se le hace un corte longitudinal de 9 cm x 1 pulgada a la medida de la boquilla de la tolva, a 4 cm de un extremo del tubo, para la alimentación (figura 2).

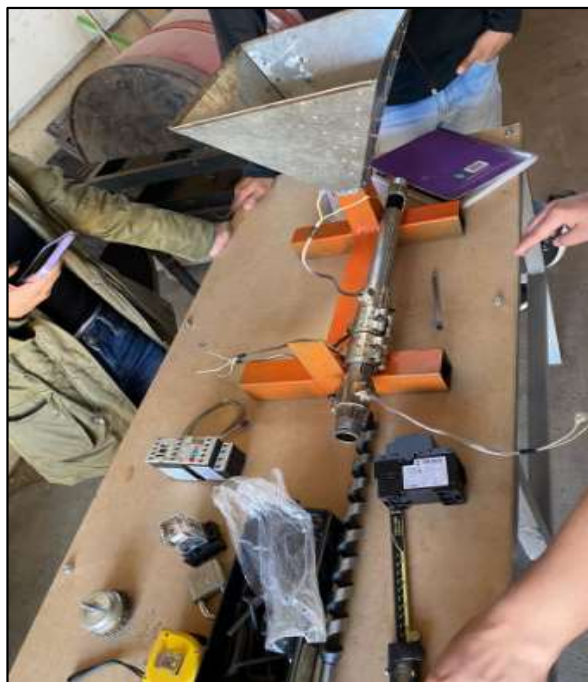


Fig. 2 Construcción de máquina extrusora

- **Paso 5.** A cada extremo del tubo, forjar un roscado estándar para plomería, 2 cm en el extremo donde está el corte y 1 pulgada al otro extremo.
- **Paso 6.** Instalación del husillo, colocar la broca de 1 pulgada dentro del tubo quedando la sujeción de la broca hacia el corte de la tolva.
- **Paso 7.** Instalación de las resistencias tipo

abrazaderas, se colocan por la parte exterior del tubo separadas equidistantemente a cada 10 cm, iniciando del lado contrario de la sujeción del husillo.

- **Paso 8.** Con lámina galvanizada de 60x60 cm, hacer una tolva unida por traslapes, se inicia marcando los trazos para hacer el molde, con las medidas, y cortar.
- **Paso 9.** Doblar cada lado a 90° con la dobladora.
- **Paso 10.** Barrenar cada lado, para 12 remaches por unión. Unir los traslapes y remachar cada lado.
- **Paso 11.** Hacer una base metálica donde estará la flecha y el cilindro. Se forma una H, con PTR de 2x2 pulgadas, cortando 3 piezas de 30 cm de longitud y 1 pieza de 10 cm. Además de 1 solera de 2 pulgadas x 15 cm. Soldar con electrodos 6011 de 1/8 en base a la forma (figura 2).
- **Paso 12.** Perforar el tubo PTR de 2pulg. vertical, o garganta, y la solera con un sacabocado de 1 1/2" donde debe entrar el tubo.
- **Paso 13.** Verificar que la boquilla de la tolva coincida con la garganta de alimentación de la base. Unir la tolva con la base, con 2 pijas por lado de la garganta o tubo que los une.
- **Paso 14.** Fabricar 4 abrazaderas para sostener el cilindro en la base, en caso de que no embone perfectamente. Las abrazaderas se hacen con solera de calibre 18.
- **Paso 15.** Barrenar la base de la extrusora donde se sujetará a la mesa, al igual que las abrazaderas para el sensor de temperatura.
- **Paso 16.** Quitar la tolva para cortar y pulir, rellenando las imperfecciones de la base con bondo.
- **Paso 17.** Hacer 2 empaques de 10x9 cm cada uno para el motor.
- **Paso 18.** Se realiza la instalación del motor a la base colocando empaques antivibración con ayuda de una flecha que une el eje del motor con el extremo del husillo, se coloca una chumacera de pared para dar mayor firmeza y evitar la oscilación del eje.
- **Paso 19.** Se implementa un sistema Poka-Yoke en el proyecto, es un cedazo que evita que materia extraña entre por la tolva y no obstruya la máquina. El cedazo se hace con maya diamante de 15 x 15 cm.

4. Resultados

En la figura 3 se muestra el funcionamiento de la máquina extrusora de tornillo simple, se puede apreciar el sistema de alimentación más habitual es una tolva, en la que el material a procesar se alimenta en forma de polvo o granza.

El dispositivo de fusión-plastificación, bombeo y mezclado está constituido por un tornillo sin fin que gira

en el interior de un cilindro calentado, generalmente mediante resistencias eléctricas. En la parte del cilindro más alejada de la tolva de alimentación se acopla un cabezal cuya boquilla de salida tiene el diseño adecuado para que tenga lugar el conformado del producto [6].



Fig. 3 Máquina extrusora.

Se consiguió establecer la temperatura óptima para la extrusión esta varía dependiendo del tipo de plástico de 150 a 210 °C, no se debe exceder los 240 grados ya que el plástico empieza su etapa de incineración. Se consiguió la fabricación de los elementos mecánicos como tornillo, cilindro, tolva soportes y uniones mecánicas de manera correcta.

Se eligió correctamente los elementos eléctricos como motor de 0.5 HP, contactor, *breakers*, relé térmico, temporizador *on delay*, resistencias eléctricas y controladores de temperatura.

5. Conclusiones

Se construyó una máquina extrusora de tornillo simple para plástico PET, para su implementación como proyecto final en la materia integradora, es de fácil limpieza, manejo y control. Como menciona Campos [3] la máquina debe encontrarse lejos de lugares corrosivos e inflamables, lejos de solventes orgánicos, de alta iluminación y limpiar los dispositivos de inyección para evitar atascos cada vez que se vaya a extruir.

Es importante considerar lo indicado por Shingón [5]: las extrusoras de plástico una vez en proceso se recomienda no apagarlas para impedir que el plástico se incruste a las superficies y bloquee los mecanismos, debido a que la máquina extrusora al concluir cada operación será apagada es muy importante realizar limpieza minuciosa y asegurarse que el extrusor quede sin material en su interior, al prender de nuevo la

máquina, se debe hacer tiempo hasta conseguir su temperatura de operación para evitar un sobre esfuerzo al motor en el caso que se hallara material pegado a las paredes.

Para futuras indagaciones se recomienda establecer la velocidad de operación, la capacidad de producción máxima en kilos por hora, la densidad, color y resistencia del plástico dependiendo de la variación de la temperatura.

Se recomienda usar en todo momento el equipo de protección personal, incluyendo guantes para operar el dispositivo en las zonas de mayor temperatura donde se encuentran las resistencias.

6. Agradecimientos

Se agradece a los alumnos de quinto cuatrimestre de la materia de Integradora y las autoridades de la Universidad Tecnológica del Sur de Sonora por las facilidades prestadas para elaboración de este proyecto.

7. Referencias

[1] A. Chuquilin Zoto, "Diseño de una máquina trituradora extrusora de botellas de plástico para la obtención de filamento pet a bajo costo," Tesis de Ingeniero Mecánico Electricista, Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo, Pimentel, Perú, 2021.

[2] H. Huerta Ávila y M. G. Avelar Bribiesca, "Sistema de recolección de residuos reciclables que incentiva el compromiso ambiental," Zincografía - Comunicación, vol. 5, no. 10, pp. 5–23, jul.-dic. 2021. doi: 10.32870/zcr.v5i10.99.

[3] D. A. Campos Moscoso and E. E. Caraguay Pullaguari, "Diseño y construcción de un prototipo de máquina extrusora para fundir plástico PET reciclable con capacidad de 5kg/h," tesis Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica Salesiana, Quito Ecuador, agosto 2021.

[4] Claudio Mathias, "Extrusoras de Tornillo Simple: El dispositivo de Extrusión más utilizado en la Industria de Procesamiento de Alimentos," Allpetfood, 27-Aug-2020. [Online]. Available: <https://allpetfood.net/entrada/extrusoras-de-tornillo->

[simple-el-dispositivo-de-extrusion-mas-utilizado-en-la-industria-de-procesamiento-de-alimentos-22942](#).

[5] O. A. Shingón Collahuazo and G. J. Uvillus Tipan, "Construcción de una máquina extrusora para plástico". Tesis Ingeniería, Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga Ecuador, julio 2019.

[6] A. F Giraldo Saldarriaga and L. C. M. Pardo Peña, "Rediseño de una máquina extrusora de plástico", tesis Ingeniería, Facultad de Ingeniería departamento de Automática y Electrónica, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, mayo 2019.