



## Rediseño de máquina para fabricación de fibras de PET

*González Navarrete América Celeste, Urriolagoitia Sosa Guillermo, Romero Ángeles Beatriz, López Carrillo Juan Eduardo*

### RESUMEN

En la actualidad se ha empleado PET para envasar toda clase de bebidas y productos alimenticios, pero su uso ha generado serios problemas de contaminación a nivel mundial, pues los envases de PET no pueden integrarse en un ciclo infinito de reciclaje, se pueden reciclar cierto número de veces para volver a usarse como envases (por ejemplo: botellas). Sin embargo, después se vuelven desechables, y quedan inservibles para la industria alimenticia. Siguiendo una ruta alterna en el reciclaje de botellas de PET se puede obtener fibras útiles para crear diversos productos, como: fundas de almohadas, textiles, cubrebocas, etc. Por lo cual, se llevó a cabo el rediseño de una máquina para la conformación de fibras de PET de buena calidad, para que puedan ser utilizadas en la elaboración de los productos mencionados. Esta máquina puede ser empleada en una empresa creada específicamente para producción de fibra de PET, Sin embargo, no se limita a este rubro, pues bien puede ser adoptada por empresas que se dedican al proceso integro de reciclaje como una opción para reducir los pasos para la obtención de un producto final.

### ABSTRACT

Currently, PET has been used to package all kinds of beverages and food products, but its use has generated serious pollution problems worldwide. PET containers cannot be integrated into an infinite recycling cycle. It can be recycled a certain number of times to be reused as containers (for example: bottles), but after that, they become disposable and unsuitable for the food industry. By following an alternative route in the recycling of PET bottles, it is possible to obtain useful fibers to create various products such as pillowcases, textiles, face masks, etc. Therefore, a redesign of a machine for the formation of high-quality PET fibers was carried out, enabling their use in the production of such products. This machine can be used in a company specifically created for PET fiber production. However, it is not limited to this sector, as it can also be adopted by companies engaged in the entire recycling process as an option to reduce the steps involved in obtaining a final product.

**Palabras claves:** Rediseño, Fibra de PET, Máquina, Producción.

\* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, "Zacatenco". Av. Othón de Mendizábal S/N, Edificio 5, 2do. Piso, Col. La Escalera. Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07320, Ciudad De México, México.

[agonzaleznl400@alumno.ipn.mx](mailto:agonzaleznl400@alumno.ipn.mx), [romerobeatriz97@hotmail.com](mailto:romerobeatriz97@hotmail.com), [guiurri@hotmail.com](mailto:guiurri@hotmail.com)

### INTRODUCCIÓN

Se llevó a cabo el rediseño de una máquina para elaboración de fibras de PET, la cual surgió de la necesidad de reducir la contaminación ambiental gracias al consumo excesivo de botellas de PET.

En este trabajo se habla de los antecedentes históricos de la elaboración de PET y se explican algunos métodos de fabricación de este material, se da mención a los problemas de la contaminación producida por el consumo excesivo de envases de PET.

Enseguida se explica el funcionamiento del sistema tomando en cuenta las herramientas de caja negra y caja transparente, además se identifican las características principales que tendrá el diseño. Se hace la selección de la mejor alternativa, y con ayuda de la matriz morfológica se escogen los materiales adecuados para cada elemento de la máquina. Cabe aclarar que en el diseño de la máquina hay dos componentes importantes: el eje y el rodete, pero no se explicarán en el desarrollo del presente trabajo.

### JUSTIFICACIÓN

En México, por cada habitante, se consumen 200 botellas de PET anuales, es decir, que en México se consumen 300 millones de toneladas de este material al año (Santillán, 2018), de los cuales solamente 9 millones de toneladas son recicladas, y un alto porcentaje termina en ríos y mares. Esto se duplicará durante los próximos 20 años según Andrés Ávila (Xantomila, 2019), director ejecutivo de Política y Legislación Ambiental, causando graves problemas ambientales. El reciclaje es una estrategia que buscan disminuir la cantidad y los impactos que generan las botellas de PET en el ambiente. Usualmente las botellas de plástico recicladas se utilizan para generar nuevamente envases de grado alimenticio, pasando por un proceso térmico que va degradando el material, haciendo que solamente se pueda reciclar unas 4 ó 5 veces para grado alimenticio. Por lo tanto, es importante invertir en opciones para su reaprovechamiento. La fibra de PET que producirá la máquina de nuestro proyecto ayudará en el proceso de reciclado, además podrá ser utilizada en su mayoría para la creación de textiles.

### OBJETIVO

Rediseñar una máquina para producción de fibras de PET que permita extender la vida útil del material y contribuya en la solución de problemas de contaminación ambiental.





## ANTECEDENTES

El polietilentereftalato es un material termoplástico formado por glicol etilénico y ácido tereftálico, es un material ligero y su costo es bajo, uno de sus usos principales es la fabricación de botellas para almacenamiento de todo tipo de bebidas (Gutiérrez, 2021; Villafañe, 2018).

En 1941 los científicos J. R. Whinfield y J. T. Dickson, quienes al mezclar glicol de etileno con ácido tereftalato desarrollaron el polietileno tereftalato (PET) y lo patentaron como un polímero utilizado para la elaboración de fibra (Díaz, 2017). En 1955 comenzó su producción en forma de fibra de poliéster. En 1979, comenzó a ser utilizado en la fabricación de envases transparentes de grado alimenticio (Gary, 2019). Desde su descubrimiento se convirtió en un envase ideal para la distribución de todo tipo de productos, materiales y alimentos, pero es un material difícil de degradar y gracias a su consumo masivo se ha convertido en un gran problema de contaminación ambiental (Martínez, 2007).

## MARCO TEORICO

### RECICLAJE

El reciclaje es una actividad que consiste en transformar los residuos con distintos procesos, así reingresarlos al ciclo económico y aprovechándolos en nuevos productos siempre y cuando no se ponga en riesgo el ecosistema. En México mediante centros de acopio gran parte de las botellas son reutilizadas, pero la infraestructura para este proceso es limitada (Gary, 2018).

### PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOTELLAS DE PET

El proceso de fabricación de envases de PET se puede realizar por tres métodos principalmente: extrusión-soplado, inyección-soplado y estirado-soplado (Durán, 2010; Villafañe, 2018).

#### Método de moldeo por extrusión-soplado.

En el método extrusión soplado la resina se vierte en la tolva superior, es extruida por un husillo y almacenado en un cabezal. Posteriormente un tubo caliente con plástico baja del cabezal del extrusor, es atrapado por un molde que contiene agua para su enfriamiento, cuando el molde está cerrado se inyecta aire por una boquilla del contenedor, gracias a la presión del aire el plástico adquiere la forma del molde, la pieza es enfriada dentro del molde adquiriendo rigidez, por último, es retirada del molde (Durán, 2010; Villafañe, 2018).

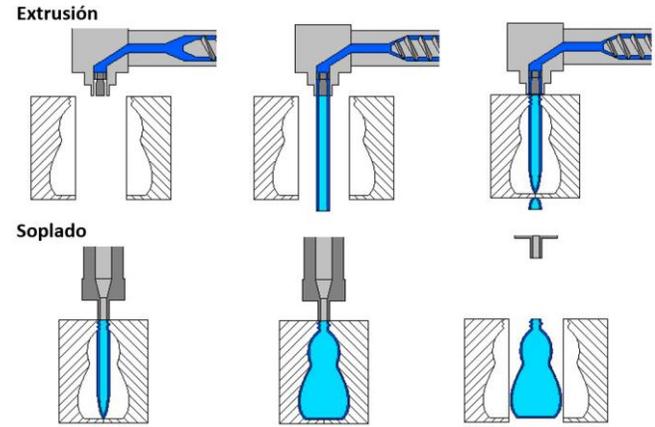


Figura 1.- Etapas del proceso: método de moldeo por extrusión-soplado. Fuente: Mariano. (2012).

#### Método de inyección-soplado

Primero se vierte resina en una tolva donde es fundida, posteriormente se inyecta en un molde, se obtienen preformas que son calentadas hasta que se reblandecen, mediante aire comprimido el material es soplado hasta que tome la forma característica de la botella (Durán, 2010; Villafañe, 2018).

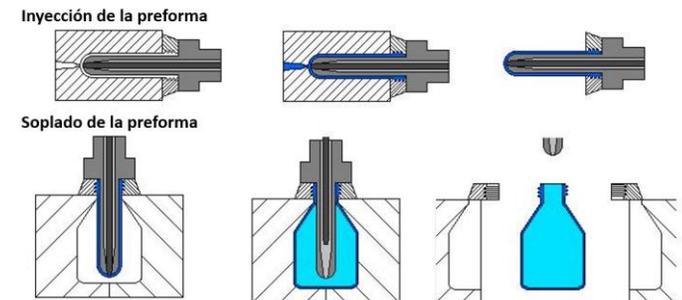


Figura 2.- Etapas del proceso: Método de inyección-soplado. Fuente: Mariano. (2012).

#### Método de inyección soplado y estirado

El primer paso del proceso es la creación y acondicionamiento de preformas mediante inyección, posteriormente las preformas son colocadas en moldes y pasan por el proceso de soplado y estirado de forma secuencial, estando en el molde son enfriadas y por último retiradas de los moldes (Durán, 2010; Villafañe, 2018).

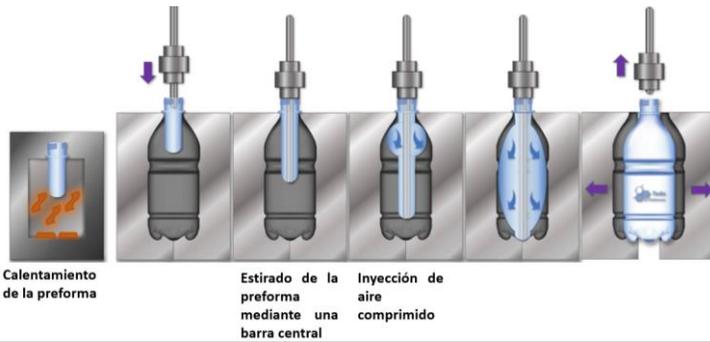


Figura 3.- Etapas del proceso: método de inyección-soplado-estirado. Fuente: Todo en plásticos. (2021).

PET como los motores que se ocupan de accionar el mecanismo que transporta el PET y de impulsar el rodete que se encarga de la conformación de la fibra.

## DISEÑO DEL SISTEMA

### Diseño conceptual

El diseño conceptual en la primera fase del desarrollo de un proyecto, en esta etapa se dan alternativas y posibles soluciones a los problemas. Es importante porque nos permite definir a grandes rasgos el camino a seguir y el resto de las etapas siguientes del diseño. Una forma de representar dichas alternativas es mediante el uso de bocetos.

Los dibujos se han efectuado en dos dimensiones y meramente sirven para ilustrar los elementos necesarios para la construcción de la máquina a partir de lo que se ha apreciado en modelos similares ya existentes.

El primer boceto muestra los componentes principales de la máquina.

Componentes:

1. Rodete
2. Eje del rodete
3. Poleas
4. Banda de transmisión
5. Motor
6. tubo de depósito de PET
7. Resistencia de abrazadera
8. Tolva
9. Tornillo sinfín
10. Manivela de tornillo sinfín
11. Caja de control
12. Charola para depósito de fibras
13. Estructura de la máquina

## METODOLOGIA

### HERRAMIENTAS PARA LA SELECCIÓN DE COMPONENTES DE LA MÁQUINA

Durante el diseño de la máquina se hizo una búsqueda de máquinas para producción de fibras de PET, mediante el uso de la herramienta caja negra y caja transparente conocimos a grandes rasgos el comportamiento y componentes de dichos dispositivos.



Figura 4.-Caja negra

El procedimiento que se sigue al interior de estas máquinas puede describirse como es mostrado en la figura 5, en la caja transparente.

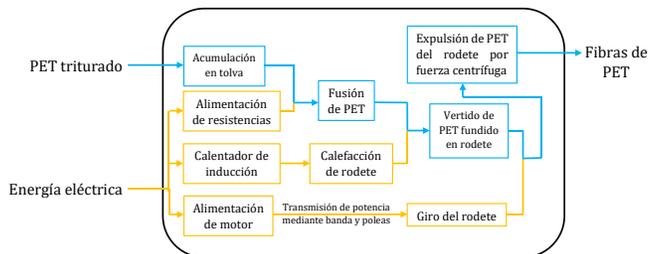


Figura 5.-Caja transparente

Algunos criterios que se consideraron importantes en esta máquina son: diseño de poca complejidad, ya sea para su construcción o ensamble, elementos mecánicos estandarizados y de fácil obtención, control automático para temperatura y proceso, esto se efectuará mediante el uso de algún controlador o microcontrolador para que la máquina sepa de manera automática en qué momento activar tanto las resistencias eléctricas que se ocuparán de fundir el

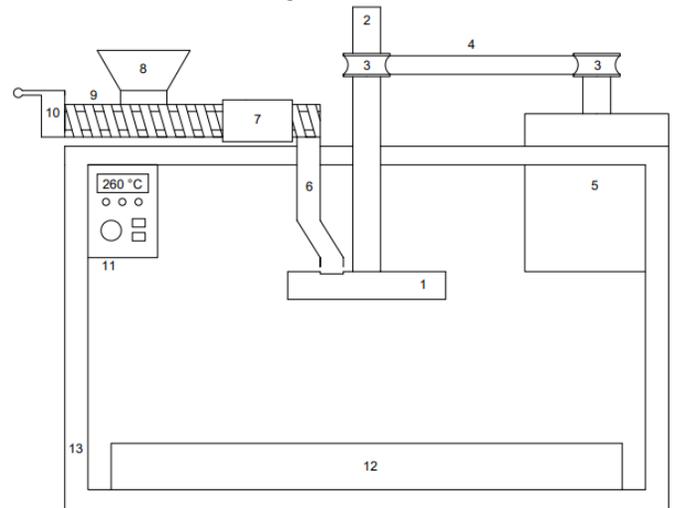


Figura 6.-Estructura y componentes principales de la máquina



El eje irá montado sobre una estructura de acero de perfil w. los componentes del ensamble son los siguientes:

1. Eje
2. Rodamientos sobre los que se monta el eje.
3. Poleas del eje y del motor
4. Motor
5. Soporte

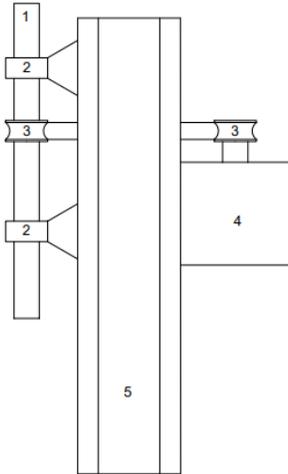


Figura 7. Ensamble de motor y eje.

En la figura 8. se puede apreciar más a detalle el rodete. Con la finalidad de evitar un enfriamiento brusco del PET fundido al inicio de la operación, resulta necesario incluir una forma de calentamiento del rodete.

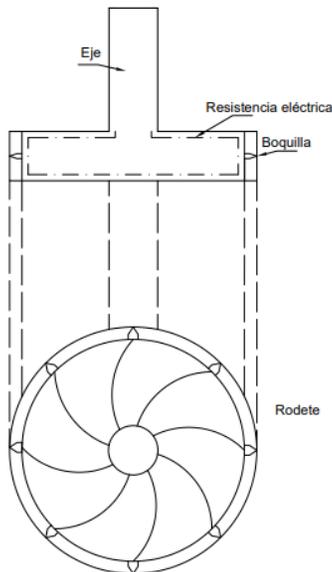


Figura 8.- Rodete

En la siguiente figura se muestra la tolva en la que se introduce el PET triturado, así como el tornillo sin fin y los ductos por los que circulará el PET en estado líquido.

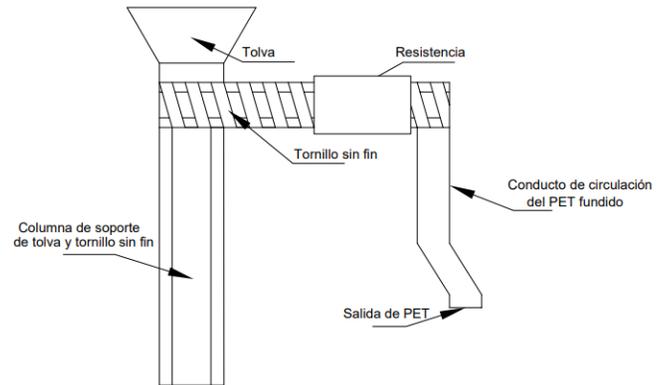


Figura 9.- Tolva y tornillo sin fin

### Diseño preliminar

Con la ayuda de la herramienta de calidad matriz morfológica se compararon las opciones de componentes que nos permitirían realizar determinadas funciones.

Tabla 1.- Matriz morfológica

Función	Opciones				
	a	b	C	d	e
Transmisión de potencia	Cadena y catarinas	Banda y poleas	Engranajes	Acople directo con eje del motor	Cables
Fusión del PET	Mediante quemador de gas	Con resistencias eléctricas	Con extrusor y resistencias	-----	-----
Calentamiento del rodete	Con resistencias eléctricas	Fricción	Con quemador de gas	Mediante inducción	-----
Transporte de material	Tornillo sin fin	Conductos	Tornillo sin fin y tuberías	-----	-----
Operación	Automática	Manual	-----	-----	-----
Depósito de fibras	Rodete	Caja	Caja con rodete	Charola	Tubo con eje
Soporte o estructura	PTR	Aluminio	Perfiles W de acero	-----	-----

### ALTERNATIVA SELECCIONADA

#### Rodete

Debido a los criterios considerados se seleccionó una transmisión por banda y poleas, por lo que del catálogo de componentes de ingeniería de la marca DODGE se revisaron las relaciones de velocidad disponibles a partir de las dimensiones de las poleas considerando una banda tipo 3VX. En relaciones de velocidad de 7.52 en adelante se emplean poleas de diámetros como mínimo de 25 in (635 mm), se consideró adecuado el uso de una relación de velocidad de alrededor de 5, con ella es posible emplear poleas de



mínimo 14 in (355.6mm) de diámetro. El motor para emplear cuenta con una velocidad de 1760 rpm, y se propone un diámetro de entrada al rodete de 60mm y uno de salida de 200mm. EL cálculo de la potencia hará partiendo de los triángulos de velocidad.

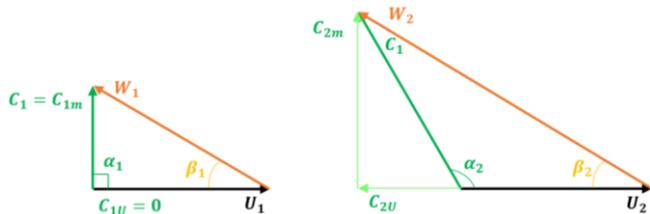


Figura 10.- Triangulo de velocidades del rodete

U1=velocidad absoluta del alabe a la entrada o velocidad periférica a la entrada.  
 C1=velocidad absoluta del fluido a la entrada.  
 w1=velocidad relativa a la entrada (del fluido con respecto al alabe).  
 w2=velocidad relativa a la salida del rodete.  
 C1u=componente periférica de la velocidad absoluta del fluido a la entrada.  
 C2=velocidad absoluta del fluido a la salida.  
 $\alpha$ =ángulo que forman las velocidades c y u.  
 $\beta$ =ángulo que forma w con u.

Fuente: Mataix, C. (1986).

### Selección de transmisión por banda

Para la selección del tipo de banda se inicia por considerar la velocidad de rotación y la potencia a la que trabaja. Al tratarse de un rotor similar al de una bomba centrífuga y considerando una operación no mayor a 16 horas se selecciona un factor de servicio de  $k_s=1.1$ .

$$H_d = k_s H_{nom} = 1.1(0.25 \text{ HP}) = 0.275 \text{ HP} \quad (1)$$

Con estos datos se ubicó en la figura x para una velocidad de rotación de 1760 rpm y 0.275 HP resulta optimo el uso de una banda 3V, 3VX.

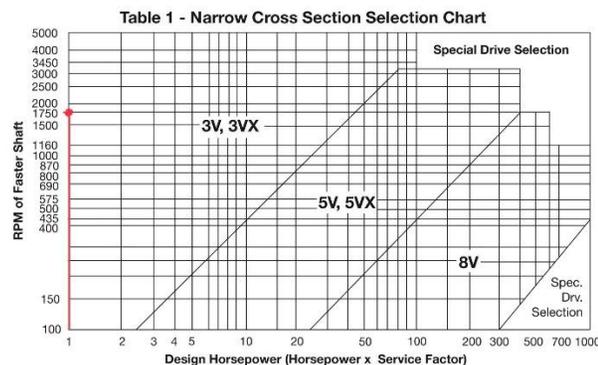


Figura 11.- Tabla para la selección de la banda. Fuente: DODGE. (2020)

### Elementos de transmisión

La selección de los componentes para la transmisión de potencia se llevó a cabo con el catálogo de la empresa DODGE (Dodge PT components engineering catalog, 2022). Por otro lado, la selección del motor se efectuó con el catálogo de la empresa SIEMENS (Catálogo de Motores 2013, 2021) partiendo del cálculo de la potencia de accionamiento para el rodete.

### Tornillo sin fin

Se eligió el Transportador de Tornillo Sin Fin ya que es un sistema de manipulación y transporte de material extremadamente versátil, al ser un equipo de transporte de material, dispositivo dosificador y mezclador. Las ventajas que encontramos en el uso del Transportador de Tornillo Sin Fin son: fabricación sencilla, diseño compacto de fácil instalación, es un sistema de bajo costo. hace hermético al sistema, evita generación de polvos y posibles exhalaciones molestas.

Para determinar el paso del tornillo procedemos a realizar los siguientes cálculos:

Área de relleno del canalón (S): es el área que ocupa el material que se mueve por el transportador, se puede obtener mediante la expresión:

$$S = \lambda * A \quad (2)$$

Donde:

S: área de relleno del transportador en  $m^2$ .

$\lambda$ : coeficiente de relleno de la sección.

A: área efectiva donde circula el material.

$$A = \frac{\pi}{4} (D_T^2 - d_e^2) \quad (3)$$

DT: Diámetro del tornillo.

de: Diámetro del eje.

$$v = \frac{p * n}{60 \frac{s}{min}} \quad (4)$$

p: paso del tornillo o paso de hélice.

n: velocidad de giro del tornillo sin fin.

v: velocidad de desplazamiento del transportador (m/s).

$$Q = S * v * i \quad (5)$$

i: coeficiente de disminución del flujo del flujo de material debido a la inclinación del transportador.

Q: Caudal de material transportado.

$$Q = S * v * i = S * \frac{p * n}{60 \frac{s}{min}} * i \rightarrow p = \frac{Q * (60 \frac{s}{min})}{S * n * i} = \frac{Q * (60 \frac{s}{min})}{\lambda * \frac{\pi}{4} (D_T^2 - d_e^2) * n * i} \quad (6)$$

De las tablas 2 y 3:  $\lambda=0.4$ ,  $i=0.8$ . Se propone una velocidad de rotación del eje del tornillo sin fin de 25rpm, el diámetro del tornillo de 180mm y el diámetro del eje de 22mm, el caudal necesario para la operación de la máquina es de  $137.6 \times 10^{-6} m^3/s$





$$p = \frac{(137.6 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}) (60 \frac{s}{min})}{(0.4) \frac{\pi}{4} [(180 \times 10^{-3} m)^2 - (22 \times 10^{-3} m)^2] (25 \frac{rev}{min}) (0.8)} = 41.17 \times 10^{-3} \frac{m}{rev} \quad (7)$$

Fuente: Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019)

**Tabla 2. Coeficiente de relleno según el tipo de carga.**

Tipo de carga	Coefficiente de relleno, $\lambda$
Pesada y abrasiva	0.125
Pesada y poco abrasiva	0.25
Ligera y poco abrasiva	0.32
Ligera y no abrasiva	0.4

Fuente: Extraído de (POLO, 2017).

**Tabla 1. Coeficiente de disminución de flujo.**

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
I	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Fuente: Extraído de (POLO, 2017).

### Motor

Se ha seleccionado un motor monofásico con 4 polos de arranque por capacitor, cuya designación es **1RF30524YC31**. SIEMENS (2013)

### Rodamientos

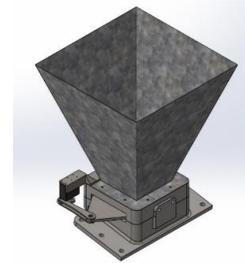
Se seleccionaron los rodamientos con ayuda de la aplicación móvil de SKF Bearing Assist, a partir de requisitos de carga y las dimensiones propuestas, la ventaja del uso de esta herramienta es que facilita la selección de componentes altamente comerciales y de fácil obtención, además de que permite estimar las horas de servicio del rodamiento únicamente al introducir las magnitudes de cargarse seleccionaron los siguientes rodamientos a partir del tipo de cargas que soportarán:

- 7204 BEP – Es un rodamiento de contacto angular, con las cargas que se ejercen en él su vida nominal es superior a 200,000 horas, lo que asegura una buena duración.
- 6204-2RSL – Este rodamiento es para carga radial, al igual que el otro rodamiento, este tiene una vida mayor a 200,000 horas.

SKF Bearing Assist.

### Tolva

La tolva es el componente donde se deposita el material (hojuelas de PET triturado y lavado) que alimentará el tornillo sin fin, el cual posteriormente se encargará de alimentar el rodete.



**Figura 12.- Tolva**

### Calentador de inducción

Se optó por la opción de un calentador de inducción para poner en temperatura adecuada al rodete al inicio de la operación de la máquina, por este motivo resulta necesario que el rodete esté hecho de un material ferromagnético, sin embargo, esto haría más complicada su manufactura y el peso se incrementaría. Por lo cual, se utilizó un disco de acero que facilitará la calefacción por medio del calentador de inducción.

En el mercado se vende el siguiente calentador:



**Figura 13.- Módulo Calentador Inducción Magnética Bobina Mini Arduino. Fuente: Consultado en Mercado libre.**

Descripción:

- Voltaje de entrada: 5V – 12V.
- Dimensiones de módulo: 5.5 x 4 x 2 cm (largo x ancho x alto).
- Peso del producto: 119g.
- Tamaño de la bobina: Longitud 7.5 cm, ancho 2.8 cm.
- Módulo de la fuente de alimentación de calefacción ZVS que incluye bobina de calefacción.
- Voltaje de entrada DC5V-12V (no garantizamos que el módulo funcione cuando el voltaje sea superior a 12V o inferior a 5V).
- Potencia máxima 120W (cuando se calienta la corriente de Foucault de 12V).

El cual nos ofrece una potencia máxima de 120W, que servirá para calentar la placa, solo hay que modificar su geometría para adaptarla a la placa de acero y hacer pruebas de funcionamiento.

## FUNCIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA COMPLETA

### Funcionamiento

El funcionamiento de la máquina inicia con el depósito de hojuelas de botellas de PET previamente cortadas y lavadas, las hojuelas se transportan en un tornillo sin fin dentro de un tubo, mientras las



hojuelas se transportan, resistencias calientan el tubo alrededor del tornillo sin fin y derriten el PET, posteriormente bajan al rodete que se encuentra ensamblado en el eje.

El rodete consiste en una pieza principal sobre la que se montan boquillas por las que se expulsará el PET en forma de filamento y un disco metálico cuya función es sellar los canales por los que circula el PET.

### Construcción de la máquina

Finalmente, en la figura 14 se muestra una imagen renderizada del ensamble de la máquina completa, con todos los componentes mecánicos necesarios para su operación, los elementos de control, sensores, y calefactores no fueron modelados debido a que no proporcionan un aporte significativo al entendimiento del aspecto final.

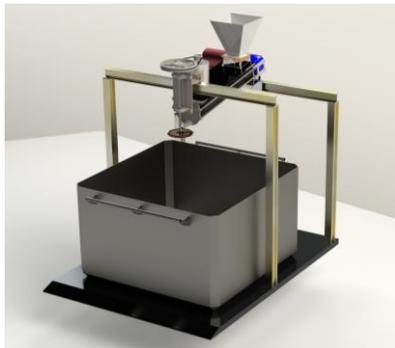


Figura 14.- Imagen renderizada de la máquina completa.

### CONCLUSIONES

De acuerdo con el rediseño realizado, se observa que se eficientiza el proceso de elaboración de fibras de PET, las cuales pueden ser útiles en diferentes procesos de conformado, ya que esta máquina se compone de sensores de temperatura y sistemas autónomos para controlar su funcionamiento el cual es fiable. Gracias a esto último la máquina es de fácil manejo para el operador.

Durante el desarrollo del presente trabajo se puso en práctica el proceso de diseño, hubo retroalimentación en cada una de las etapas, lo que permitió tener mejoras y resultados apegados a los requerimientos de diseño.

Es posible realizar una máquina para fabricación de PET, eficiente con un diseño sencillo, fácil de trabajar por el operador y que además será una buena herramienta para reducir la contaminación.

Se recomienda hacer diseño y análisis del eje y del rodete de la máquina para posteriores trabajos.

### REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2019). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Hill.
- Contreras, M. J., López, C. E., Rosario, C. J., Tovar, F. R. (2007). Manual de proceso para fabricación de una botella de plástico.

- Díaz, F. G., Martínez, A. J., Lobato, Z. F., (2017). Creación de una empresa que elabore tela a base de tereftalato de polietileno (PET) en el municipio de Santiago Tianguistenco, Estado de México.
- DODGE. (2020). Dodge PT components engineering catálogo.
- Durán, D. J., (2010). Nuevos desarrollos en la modificación y procesamiento del PET con aplicación en envase. Centro De Investigación En Química Aplicada.
- Floyd, T. L. (2007). Principios de circuitos eléctricos (octava ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- García, E. V., & Hernández, M. J. (2003). Introducción al proyecto de ingeniería. Buenos Aires.
- Gary B. Z. J., (2019). "Reciclado de Plástico PET"
- Gutiérrez, L. A., Tamayo, G. P., Barajas A. S., (2021). Reciclaje de botellas de pet para manufactura aditiva. Revista incaing, ISSN 2448 913, pg 88-96
- Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2013). Diseño de elementos de máquinas. México: Limusa Wiley.
- Mariano. (2012). Extrusión-soplado. Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/extrusion-soplado.html>
- Mariano. (2012). Inyección - soplado. Tecnología de los Plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html>
- Martínez P. A. (2007). Técnicas de caracterización fisicoquímicas en el reciclado del polietilentereftalato.
- Mataix, C. (1986). Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. Madrid: Ediciones del Castillo, S.A.
- Módulo Calentador Inducción Magnética Bobina Mini Arduino. Mercado libre.
- Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Norton, R. L. (2009). DISEÑO DE MAQUINARIA. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos (quinta ed.). (J. E. Murrieta, Trad.) México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Norton, R. L. (2011). Diseño de Maquinas Un enfoque integrado. México: Pearson Educación.
- POLO, U. R. (2017). Diseño del Conjunto de Transportadores Helicoidales para Evacuar 1.8 T/H de Ceniza de la Caldera de la Empresa Agrolmos S.A.C. Trujillo, Perú: Universidad César Vallejo. Recuperado el octubre de 2021
- Sánchez Mora, J. J. (07 de noviembre de 2003). Comportamiento térmico y mecánico del (poli-etilén tereftalato) (PET) modificado con resinas poliméricas basadas en bisfenol-A. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Todo en polímeros. (2021). Procesos de soplado. <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-soplado/>



- Santillán, M. (2018). Una vida de plástico. Ciencia UNAM, DGDC. [Una vida de plástico - Ciencia UNAM](#)
- SIEMENS (2013). Catálogo de Motores.
- SKF Bearing Assist.
- Villafañe, C. I., (2018). Análisis mecánico del material polimérico PET proveniente de botellas de plástico. Universidad de Valladolid.
- Xantomila, G. (2019). Consumo de botellas de plástico marca récord en México: Semarnat. El sol de México.

Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México.

## GLOSARIO

DC5V-12V: motor de corriente continua.

DODGE (Dodge Brothers Company): marca de automóviles

HP: Caballos de potencia.

PET: Tereftalato de polietileno. Tipo de plástico muy utilizado en fabricación de envases.

RPM: Revoluciones por minuto.

SIEMENS: Empresa de tecnología enfocada en la industria, las infraestructuras, el transporte y la salud.

SKF (Svenska Kullagerfabriken): fábrica de rodamientos de bola sueca.

W: Potencia.

## INFORMACIÓN ACADÉMICA

**América Celeste González Navarrete:** Alumno de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

**Dr. Guillermo Urriolagoitia Sosa:** Ingeniero Mecánico egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica en Diseño Mecánico en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México, Maestría en Ciencias de la Universidad de Oxford del Reino Unido con especialidad en fatiga por frotamiento y Doctorado en Filosofía de la Universidad de Oxford Brookes del Reino Unido con especialidad en Esfuerzos Residuales. Actualmente Profesor Investigador Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México.

**Dra. Beatriz Romero Ángeles:** Ingeniero Mecánico egresada de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica no lineal en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecánica en Arresto de Grietas en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional en México. Actualmente Profesor Investigador Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la

