

Diseño y construcción de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET



Design and construction of a prototype of a PET plastic bottle recycling machine

Eugenia Mercedes Naranjo Vargas.¹, Javier Renato Moyano Arévalo.² & Carlos José Santillán Mariño.³

Recibido: 12-01-2021 / Revisado: 17-01-2021 / Aceptado: 11-02-2021 / Publicado: 05-03-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i1.2.1585>

Introduction: For the recycling and reuse of PET plastic bottles, it is developed through a process called shredding, this activity allows reducing the volume occupied by the bottles in the recyclers, as well as facilitating their transportation. The design of the prototype of a plastic bottle recycling machine is based on the shear cutting activity carried out by the blades with a rotation of 10 rpm. Process that is achieved by the force of a 3 Hp engine and a chain drive. Additionally, it seeks to give a usability option to the machine by incorporating an extruder, which at a temperature of 20 ° C to 30 ° C presents excellent operability. At the end of the extruder, a PET plastic-based material is obtained that can be used in different shapes, coatings or for shaping fibers. **Methodology:** For the development of this project, four phases are established. In the first phase, a field investigation is carried out, identifying the problems presented by the collection centers for recycled bottles, and it is evident that the bottles occupy a large space in the place. In the second, an exploratory investigation is developed

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera de Ingeniería de Mantenimiento Industrial. Grupo de Investigación de Energía, Ambiente y Productividad ENAMPROD Riobamba, Ecuador, eugenia.naranjo@esPOCH.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-9658-6311>

² Investigador Independiente. Grupo de Investigación Ciencia del Mantenimiento CIMANT. Riobamba, Ecuador, renatomoyano89@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-7992-7444>

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Carrera Ingeniería Industrial. Riobamba, Ecuador, carlos.santillan@esPOCH.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-7167-7452>

where scientific articles, magazines, books are analyzed, which will contribute to the knowledge of the materials that make up a plastic bottle, as well as the mechanical properties that said material possesses. **Results:** In the cutting process in the first instance, the operating power is established, which will serve for a correct selection of the chain transmission, the chain transmission fundamentally helps to suppress power losses due to sliding at the time of shredding. . To obtain an adequate selection of the profile of the crushing blade, it is a priority to obtain the necessary working power that allows the activity to be carried out correctly, for what is considered a granulometry of 60 $[\text{mm}]^2$ area. **Conclusions.** The transmission must be by chain or by gears to eliminate the loss of power due to sliding in the driving parts. In the crushing and extrusion stages, the volume is reduced by 56%, which allows an easy transfer of material to the different collection centers. To obtain a final recycled PET material with excellent mechanical and chemical properties, a correct temperature must be established, ranging from 25 ° C to 30 ° C, after that temperature the plastic evaporates, resulting in gas pollution. The final product presents a porosity in its conformation and fragility in its structure, which is why PET raw material should be added and thus the mechanical and chemical properties will improve, obtaining a recycling option.

Keywords: Reuse of plastic bottles, Crushing Process, Extrusion

Resumen.

Introducción: Para el reciclaje y reutilización de botellas plásticas PET, se desarrolla a través de un proceso llamado trituración, esta actividad permite reducir el volumen que ocupa las botellas en las recicladoras además facilita su transportación. El diseño del prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas se fundamenta mediante el corte por cizalla actividad que lo realizan las cuchillas con una rotación de 10 rpm. Proceso que se logra por la fuerza de un motor de 3 Hp y una transmisión por cadena. Adicional se busca dar una opción de usabilidad a la máquina incorporando una extrusora, misma que a una temperatura de 20°C a 30°C presenta una excelente operatividad. Al final de la extrusora se obtiene material en base plástico PET que puede ser utilizado en distintos conformados, recubrimientos o para la conformación de fibras. **Metodología.** Para el desarrollo del presente proyecto se establece cuatro fases. En la primera fase se realiza una investigación de campo, identificando la problemática que presentan los centros de acopio de botellas recicladas, y se evidencia que las botellas ocupan un gran espacio en el lugar. En la segunda se desarrolla una investigación exploratoria donde se analiza artículos científicos, revistas, libros, mismos que aportaran para el conocimiento de los materiales que conforman una botella plástica, así como también propiedades mecánicas que posee dicho material. **Resultados.** En el proceso de corte en primera instancia se establece la potencia de funcionamiento, misma que servirá para una correcta selección de la transmisión por cadena, la transmisión por cadena ayuda fundamentalmente a suprimir las pérdidas de potencia por deslizamiento al momento de

realizar la trituración. Para obtener una selección adecuada del perfil de la cuchilla de trituración es prioritario obtener la potencia necesaria de trabajo que permita realizar correctamente la actividad, para lo que se considera una granulometría de 60 mm^2 de área. **Conclusiones.** La transmisión debe ser por cadena o por engranes para eliminar la pérdida de potencia por deslizamiento en las partes motrices. En las etapas de trituración y extrusión se reduce un 56% el volumen lo que permite un fácil traslado de material a los distintos centros de acopio. Para obtener un material PET reciclado final con excelentes propiedades mecánicas y químicas se debe establecer una correcta temperatura que oscila entre los 25°C a 30°C , luego de esa temperatura el plástico se evapora por lo que se produce una contaminación por gases. El producto final presenta una porosidad en su conformación y fragilidad en su estructura por lo que se debería añadir materia prima de PET y así mejorará las propiedades mecánicas y químicas obteniendo una opción de reciclaje.

Palabras claves: Reutilización de botellas plásticas, Proceso de Trituración, Extrusión

Introducción.

En los últimos años se habla de la gran contaminación a nivel mundial por lo que varios países han adoptado varias políticas para conservar el medio ambiente. Vivimos en un mundo rodeados de plástico, material que es de uso común entre todas las personas que habitamos el planeta tierra por su resistencia, ligereza y su bajo costo de producción (LIBERA, 2018).

La utilización de plástico sigue en aumento y la producción mundial ha sobrepasado de 2,3 millones de toneladas en 1950 a 407 millones en el 2015. Un estudio estima que el plástico utilizado por el ser humano durante todo este tiempo el 79%, está acumulado en vertederos o en entornos naturales (Jambeck, 2015).

La acumulación de plásticos en entornos naturales es una gran problemática para el medio ambiente. Estos materiales por su composición presentan una fácil dispersión y combinado con su alta resistencia a la biodegradación, terminan siendo una amenaza para las especies y sus hábitats del planeta, ya sea que se encuentren en zonas terrestres o en el océano. Se estima que en el océano existe entre 5 y 50 billones de micro plásticos lo cual representa un alto riesgo para nuestro ecosistema (Sherman & Seville, 2015).

El PET es un material plástico con un alto contenido de cristalinidad, que puede ser procesado a través de extrusión, inyección, soplado, termoconformado entre otros (Jaramillo, 2014). Este polímero es el que se utiliza para la elaboración de las botellas plásticas que normalmente son las que contaminan en ríos, mares y zonas verdes de nuestro planeta, ya que su tiempo de degradación es aproximadamente 1000 años (Gaona & Yadira, 2017).

El uso masivo de las botellas plásticas no retornables en el Ecuador, ha convertido en una problemática de contaminación para todos los entornos naturales (Andrade, 2016). El motivo

por que se utiliza estos materiales es por su bajo costo de fabricación en comparación a otros tipos de envases, donde su uso está ligado con la explotación de recursos no renovables(Segura, 2007)

Varias alternativas se han planteado para reducir la contaminación mundial por plásticos; Es por eso que el Estado Ecuatoriano como ente regulador para la gestión eficiente de los recursos naturales(Coello, 2006), con la finalidad de preservar los mismos , estableció un impuesto Redimible a las botellas plásticas (IRBP), el mismo que ha ocasionado un impacto favorable en la ciudadanía (Jessica Ortega, 2013).

El Ecuador al imponer un gravamen de dos centavos de dólar americanos por unidad de recipiente, monto que es devuelto en su totalidad a la persona quién lo recolecte, entregue y retorne las botellas(SRI, 2012). Con esta normativa tributaria se fundamenta el principio de “quien contamina paga” generando una corresponsabilidad al productor, empresario privado y exigiendo al emprendedor de la industria de reciclaje (Valencia, 2018).

La política establecida por el Ecuador ha generado nuevas fuentes de trabajo basados en el reciclaje, y es donde este proyecto pretende generar un aporte comercial a todas las personas que se dedican a la recolección de botellas.

En este proyecto se desarrolla la fabricación de una máquina que recicla y reutiliza botellas plásticas PET, basados en la problemática del gran espacio que ocupa las botellas plásticas recicladas, la máquina convertirá las botellas en una fibra de plástico o plástico líquido PET la misma que será utilizada para la elaboración de diversos artículos.

Al realizar el trabajo de campo en el que se aprecia la alta contaminación producida por botellas plásticas PET. Además, que en los centros de acopio se maneja grandes bultos de plásticos para su transportación a las industrias que procesan este material



Figura1. Empaquetamiento de botellas plásticas
Fuente: Autores

Análisis del proceso de corte

Para realizar un prediseño adecuado de la máquina primero se analiza el proceso de corte o triturado más adecuado. Los procesos de corte se basan en los metales (Separaci, 2009), por lo que primero se analiza distintos tipos de corte para determinar el corte adecuado para plástico PET, entre los distintos procesos de corte destaca:

El corte por Seccionado es un proceso que consiste en separar un material sin producir viruta. En la siguiente figura 2 se observa que el corte por seccionado tiene lugar por la acción de una cuña que incide directamente sobre el material sometido a corte (Pelizzoni, 2013).

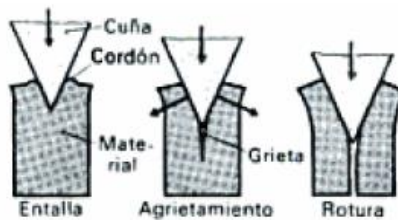


Figura 2: Seccionar y cortar por arranque de viruta.

Fuente: (Pelizzoni, 2013)

Se menciona también al corte por cizallado, que es un proceso mecánico que se caracteriza por emplear dos cuchillas que se deslizan entre sí determinando un sistema de tijeras (cizalla); (ROS, 2015). este sistema creemos que será efectivo para el triturado de las botellas.

En la Figura 3 se observa distintos tipos de corte. El corte por cincel se corresponde con el “seccionado”, el corte por arranque de viruta es un corte por cuña y la operación de cizalla que es un corte tipo tijera.

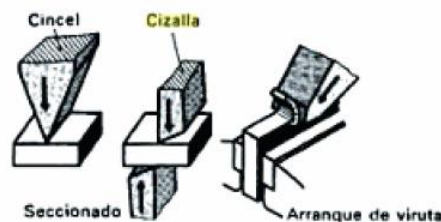


Figura 3: Cortes por cuña/cincel, cizalla y arranque de viruta.

Fuente: (Pelizzoni, 2013)

El proceso de corte por arranque de viruta en metales ocurre cuando el filo de la herramienta ocasiona la deformación elástica de la parte de metal que se convertirá en viruta (Nápoles & Salueña, 2000). Durante este proceso de deformación se presentan en el material grandes tensiones y cuando el material supera la tensión de fluencia, se da paso a la separación de la capa debido a la deformación plástica.

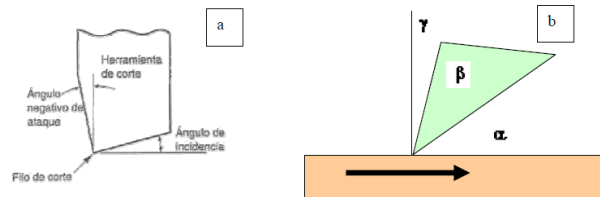


Figura 4: (a) Geometría básica de herramienta de corte por cizalla. (b) Detalle de los distintos ángulos. Fuente: (Pelizzoni, 2013)

Análisis del material

Las botellas plásticas se encuentran fabricadas en base al polímero termo plástico PET, que posee un alto grado de cristalinidad, y puede ser procesado mediante extrusión, inyección y soplado(COGERSA, 2008).

Las propiedades más relevantes que presenta el material son:

Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.

Alta resistencia al desgaste y corrosión.

Muy buen coeficiente de deslizamiento.

Buena resistencia química y térmica.

Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.

Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas hacen que este material pueda ser utilizado en la producción de fibras textiles y así como también en la fabricación de una gran variedad de envases, especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y láminas(ACOPLASTICOS, 2012).

Tabla 1. Propiedades Mecánicas del PET

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Coficiente de fricción	0.2 - 0.4
Dureza -Rockwell	M94 - 101
Resistencia a la tracción (MPa)	190 - 160
Resistencia al impacto (Jm-1)	13 - 35

Fuente: (Diego & Mejía, 2010)

Tabla 2. Propiedades Térmicas

PROPIEDES TÉRMICAS	
Calor específico (KJ. Kg-1. K-1)	1.2 -1.35
Coefficiente de expansión Térmica ($\times 10^{-6}$ k-1)	20 - 80
Conductividad térmica (Wm-1 K-1)	0.15 – 0.4
Temperatura Máxima de utilización (°C)	115 - 170
Temperatura mínima de utilización (°C)	-40 a -60

Fuente: (Diego & Mejía, 2010)

Prediseño

Para desarrollar el pre diseño se establece construir un prototipo que sea versátil de fácil operación, que no ocupe mucho espacio y que sea económicamente accesible para los recicladores de botellas. La máquina pre diseñada y construida es de fácil instalación y consta de tres módulos las mismas que se detallan a continuación.

1. TOLVA DE CAPTACIÓN DE BOTELLAS. - la misma que se instala con la finalidad de precautelas la salud de los operarios y es por donde ingresan las botellas, además cumple con el objetivo de que la materia prima no se dispersé,

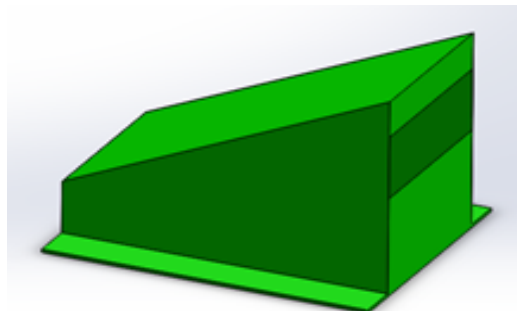


Figura 5. Tolva de recepción de botellas

Fuente: Autores

2. ZONA DE TRITURACIÓN.- Es la etapa principal donde el volumen de la botella al ser triturada, cumplirá el objetivo de disminuir el volumen considerablemente. La trituración se la realiza mediante un sistema de transmisión por cadena, el sistema de transmisión será impulsado por un motor. Para que se realice la trituración se implementa cuchillas que giran

produciendo un corte por cizallado obteniendo así un material pet en pequeñas proporciones (triturado). Considerando las propiedades de las botellas como es los esfuerzos, densidad, volumen entre otros.

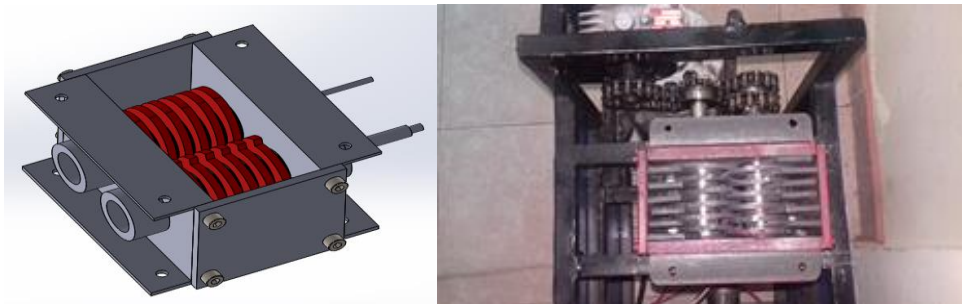


Figura 6. Modelo de triturador
Fuente: Autores

3. ETAPA EXTRUSIÓN.- la extracción como actividad final de la máquina se implementa con la razón de obtener una máquina versátil, donde el triturado se pueda reutilizar para conformar elementos en base de plástico PET. El sistema para ser diseñado se debe considerar distintas variables, que son muy influyentes el momento de querer reutilizar el PET, se maneja variables como las velocidades de avance, longitud del husillo, paso del husillo, temperatura entre otras; estas variables deben ser calculadas y bien definidas para que el conformado de la fibra o del producto final cumpla con los requerimientos. El calentamiento para el prototipo se lo realiza por resistencias eléctricas.

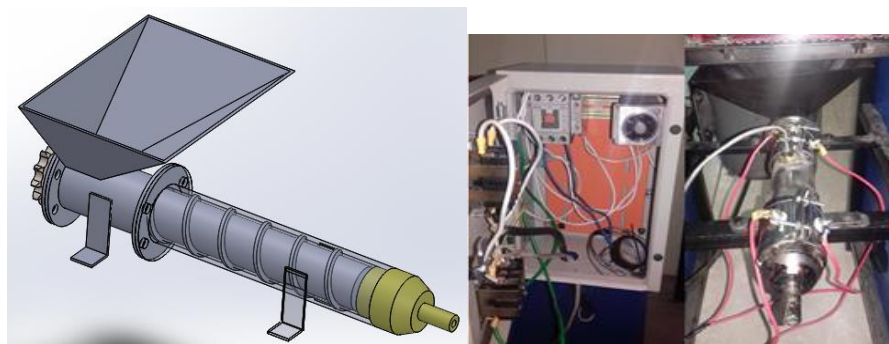


Figura 7. Modelo de extrusor
Fuente: Autores

3.2 Ensamble de la máquina. - Para la construcción y ensamble de todos los elementos del prototipo se plantea aprovechar de manera el espacio pero que se cumpla con el normal funcionamiento de cada una de las etapas de la máquina. La máquina se construye con una base o estructura en tubo cuadrado de 2", La cuchilla al ser un prototipo se construye en acero A36.



Figura 2. Modelo de ensamble de máquina recicladora

Fuente: Autores

Metodología.

Para el desarrollo del presente proyecto se establece cuatro fases. En la primera fase se realiza una investigación de campo, identificando la problemática que presentan los centros de acopio de botellas recicladas, y se evidencia que las botellas ocupan un gran espacio en el lugar

En la segunda se desarrolla una investigación exploratoria donde se analiza artículos científicos, revistas, libros, mismos que aportaran para el conocimiento de los materiales que conforman una botella plástica, así como también propiedades mecánicas que posee dicho material.

Para la tercera fase se aplica un método deductivo para determinar un pre diseño de un prototipo de máquina que reduzca el volumen de las botellas plásticas y se establece, materiales con los que se puede trabajar en la máquina

En la cuarta fase se construye el prototipo de máquina convencional de bajo costo pero que cumpla con los requerimientos.

Resultados.

Las propiedades mecánicas de las botellas PET establece que presenta una alta deformación elástica bajo estrés. Según estudios especializados (Chávez, 2018), determina que las botellas plásticas poseen buena resistencia a la abrasión e impacto, pero una resistencia moderada a la flexión y al desgarro; también posee 0.05 Kg/mm^2 de resistencia a la rotura. Las propiedades mecánicas de las botellas PET sirven como punto de partida para establecer el proceso de corte o trituración por cizallado, se elige este tipo de corte por desarrollarse en zonas específicas y con el actuar de fuerzas transversales.

Para un correcto diseño del prototipo se implementa condiciones de funcionamiento como es la velocidad de rotación de las cuchillas que es de 10 rpm; en el sistema de trituración permitirá obtener elementos con un tamaño entre 5 a 7 cm aproximadamente.

En el proceso de corte en primera instancia se establece la potencia de funcionamiento, misma que servirá para una correcta selección de la transmisión por cadena, la transmisión por cadena ayuda fundamentalmente a suprimir las pérdidas de potencia por deslizamiento al momento de realizar la trituración

Para obtener una selección adecuada del perfil de la cuchilla de trituración es prioritario obtener la potencia necesaria de trabajo que permita realizar correctamente la actividad, para lo que se considera una granulometría de 60 mm^2 de área

Cálculo de la potencia del motor

Datos:

$$\omega_1 = 10 - 15 \text{ rpm}$$

$$\tau_{\text{caucho}} = 0.05 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} \Rightarrow 490332.5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Fuerza de corte de la cizalla.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$F = \tau * A$$

$$F = 0.05 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}^2} * \left(\frac{\pi}{4} (150\text{mm}^2) \right)$$

$$F = 883.57 \text{ Kgf} = 8667.87 \text{ N}$$

Cálculo del volumen y del torque

Cálculo del volumen según el triángulo de cizallas

$$V = \frac{b * A}{2} * l$$

$$V = \frac{10\text{cm} * 6\text{cm}}{2} * 90\text{cm}$$

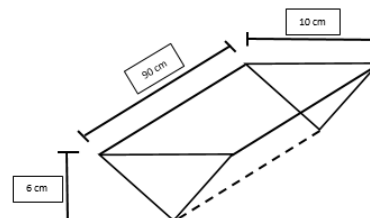
$$V = 0.0027\text{m}^3$$

Cálculo del torque

$$T = \tau * V$$

$$T = 1725490.19 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * (0.0027\text{m}^3)$$

$$T = 1323.89\text{Nm}$$



Cálculo de la potencia del motor

$$P = T\omega$$

$$P = 4658.8 \text{ Nm} \left(1.0472 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}\right)$$

$$P = 1386.38 \text{ Watt} * \frac{1 \text{ Hp}}{746 \text{ Watt}} = 1.85 \text{ Hp}$$

$$P = 1.85 \text{ Hp} \approx 2 \text{ Hp}$$

Con el objeto de otorgar un correcto funcionamiento de la máquina, se establece que el motor debe poseer un factor de servicio,

$$P_D = P_{motor} * FS$$

$$P_D = 2 \text{ hp} * 1.5$$

$$P_D = 3 \text{ hp}$$

Análisis de resultados

Los elementos triturados cumplen con las especificaciones requeridas disminuyendo en si su volumen de almacenamiento. En el intento de obtener una máquina versátil y al realizar las pruebas en el prototipo se evidencia varias características que se detallan a continuación:

Producto final

En la etapa final del proceso se obtiene un producto final con distintas propiedades entre densidad, resistencia, las propiedades están ligadas directamente con la variación de temperatura. A modo de prueba se establece temperaturas entre 20°C y 180°C obteniendo a alta temperatura una evaporación del material y a una baja temperatura un líquido plástico útil para el recubrimiento o para el moldeo de diferentes elementos

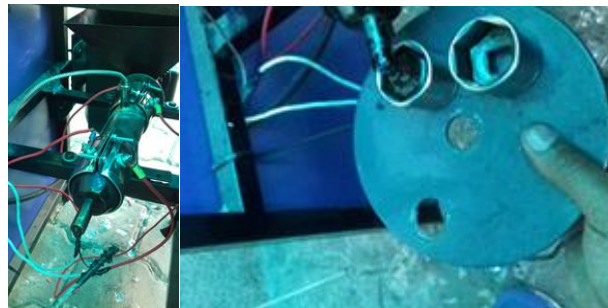


Figura 9. Obtención de la fibra de plástico

Fuente: Autores

Análisis de reducción de volumen

Para realizar un análisis de disminución de volumen ocupado por las botellas de plástico, se relaciona el volumen de la botella con el volumen final conformado al salir de la extrusora de plástico. Al tomar en consideración un cubo de $1.9_{cm} \times 1.9_{cm} \times 1.9_{cm}$ conformado del producto plástico final de la máquina, y se calcula el volumen que es de 6.86_{cm^3} . A su vez el volumen de una botella plástica es de 15.46_{cm^3} aproximadamente entonces encontramos el número de botellas utilizadas para la conformación del cubo plástico. Esto quiere decir que por cada 2 botellas podemos obtener un cubo de mencionadas dimensiones



Figura 30. Cubo de material plástico

Fuente: Autores

$$\#Botella = \frac{V_{botella}}{V_{cubo}}$$

$$\#Botella = \frac{15.46_{cm^3}}{6.86_{cm^3}}$$

$$\#Botella = 2.25$$

Al relacionar en porcentaje de disminución del volumen se determina una disminución del 56%

$$V_{Red} = 100\% - \left(\frac{V_{cubo}}{V_{botella}} \times 100\% \right)$$

$$V_{Red} = 100\% - \left(\frac{6.86_{cm^3}}{15.46_{cm^3}} \times 100\% \right)$$

$$V_{Red} = 55.62\%$$

Conclusiones.

- Para que la máquina presente un correcto funcionamiento debe tomarse en cuenta un motor con una potencia de 3 Hp, la transmisión debe ser por cadena o por engranes para eliminar la pérdida de potencia por deslizamiento en las partes motrices.

- El prototipo de máquina es muy versátil y de fácil mantenimiento que presenta dimensiones ergonómicas y de fácil ubicación en cualquier lugar. Consta de tres módulos como ingreso de materia prima, cámara de trituración, cámara de extrusión.
- En las etapas de trituración y extrusión se reduce un 56% el volumen lo que permite un fácil traslado de material a los distintos centros de acopio
- Para obtener un material PET reciclado final con excelentes propiedades mecánicas y químicas se debe establecer una correcta temperatura que oscila entre los 25°C a 30 °C, luego de esa temperatura el plástico se evapora por lo que se produce una contaminación por gases.
- El producto final presenta una porosidad en su conformación y fragilidad en su estructura por lo que se debería añadir materia prima de PET y así mejorará las propiedades mecánicas y químicas obteniendo una opción de reciclaje.

Referencias bibliográficas.

ACOPLASTICOS. (2012). *36-opc-fag-pre4* @ www.acoplasticos.org.
<https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>

Andrade, C. (2016). *Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador Área de Gestión Programa de Maestría en Gerencia para el Desarrollo Mención en Gerencia Social Análisis del Impuesto Redimible a las Botellas Plásticas No.*
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/51110/1/T2024-MGD-Andrade-Analisis.pdf>

Chávez, J. (2018). *Capítulo 7.* <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/286/11/T-ESPE-017671-7.pdf>

Coello, S. (2006). *SITUACIÓN DE LA BASURA MARINA EN ECUADOR Segundo Coello y Roddy Macías.* [http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/002.Basura Marina en Ecuador.pdf](http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/002.Basura%20Marina%20en%20Ecuador.pdf)

COGERSA. (2008). *I. características.* <https://cache.metaspacesportal.com/51628.pdf>

Diego, J., & Mejía, R. (2010). *SEDE GUAYAQUIL INGENIERÍA INDUSTRIAL José Gabriel Hachi Quintana.*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>

Gaona, M., & Yadira, V. (2017). *Estudio de la degradabilidad del PET (polietileno tereftalato) dosificado con un biopolímero de la fibra de banano.*
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14370/4/UPS-CT007043.pdf>

Jambeck, J. (2015). *landplasticinput* @ jambeck.engr.uga.edu.
<https://jambeck.engr.uga.edu/landplasticinput>

Jaramillo, E. (2014). *Comportamiento mecánico del Polietileno Tereftalato (PET) y sus aplicaciones geotécnicas Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET)*

- and geotechnical applications.* <https://www.redalyc.org/pdf/430/43030033019.pdf>
- Jessica Ortega, V. M. (2013). *Impacto ambiental que se ha obtenido por la implementación del impuesto regulador a las botellas plásticas en Ecuador.* <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89081/D-P12054.pdf>
- LIBERA. (2018). *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza.* 24. https://proyectolibera.org/dondeacabalabasuraleza/img/Impacto-de-los-plasticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf
- Nápoles, A., & Salueña, X. (2000). *Módulo 5 . Mecanizado por.* https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-06_10-33-49108377.pdf
- Pelizzoni, J. L. (2013). *AVANCES DE DISEÑO DE PROTOTIPO DE EQUIPO DE TROZADO DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO PROVENIENTES DE LA EXPLOTACIÓN MINERA.* Universidad Nacional de Lomas de Zamora. http://www.edutecne.utn.edu.ar/coini_2013/trabajos/COA22_TC.pdf?fbclid=IwAR2wIcwz0CdxmWGg1BYBbDRoyOaGIObd74M4UUil8DsIT-G8YYI-DicRlrc
- ROS, M. (2015). *8111833e5b74137fd054dea9d7971f13403eea03 @ www.metalros.es.* <https://www.metalros.es/corte-por-cizalla/>
- Segura, D. (2007). *Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables.* 361–372. http://oldwww.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf
- Separaci, A. (2009). *Capítulo II . Procedimientos de fabricación por separación o corte.* <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/03/procedimientos-de-fabricacion-por-separacion.pdf>
- Sherman, P., & Seville, E. Van. (2015). *A global inventory of small floating plastic debris pollution.* <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/10/12/124006/pdf>
- SRI. (2012). *Resolución No. NAC-DGERCGC12-00015, publicada en S.R.O. 620 de 17-01-2012.pdf.*
- Valencia, P. L. (2018). *Pontificia Universidad Católica del Ecuador Análisis de la aplicación del impuesto redimible a las botellas plásticas no retornables como un instrumento para reducir la contaminación ambiental en Ecuador . Periodo 2012 – 2016 . Resumen.* http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15255/DISERTACIÓN_IRBPN_R_PABLOLOGRONO_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Moyano Arévalo, J. R., Naranjo Vargas, E. M., & Santillán Mariño, C. J. (2021). Diseño y construcción de un prototipo de máquina recicladora de botellas plásticas PET. *ConcienciaDigital*, 4(1.2), 147-161. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i1.2.1585>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

