

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE TRITURADORA QUE FUNCIONE CON ENERGÍA CINÉTICA DE UNA BICICLETA A TRAVÉS DE UN VOLANTE DE INERCIA PARA ALMACENAR LA ELECTRICIDAD Y TRANSFORMAR EL PLÁSTICO-PET ÁMBAR EN PARTÍCULAS GRANULADAS

Derney Eduardo Sosa Marentes¹

Julián David Alvarado Caicedo²

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Resumen

Este artículo investiga la opción de generar electricidad a partir de una fuente renovable como lo es la energía cinética, a través del funcionamiento de una bicicleta para actividad aeróbica en las instalaciones de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia sede Fusagasugá. La energía inercial se mantiene desde que se crea la energía mecánica de rotación del giro de la rueda trasera de la bicicleta, permitiendo que la energía eléctrica sea continua y acceda al autoconsumo del sistema que dará el funcionamiento de una trituradora que transforma el plástico PET ámbar (envase reciclado de color) en pequeñas partículas granuladas.

Palabras clave: volante de inercia; autoconsumo; bicicleta; generar electricidad; energía cinética; actividad aeróbica.

Abstract

This article investigates the option of generating electricity from a renewable source such as kinetic energy through the operation of a bicycle for aerobic activity at the facilities of the National Open University and at a distance Fusagasugá headquarters. Inertial energy is maintained since the mechanical rotational energy of the bike's rear wheel is created allowing the electrical energy to be continuous and access the self-consumption of the system that will give the operation of a crusher that transforms the PET Ambar plastic (Recycled container of color).

¹ derney.sosa@unad.edu.co

² julian.alvarado@unad.edu.co

Keywords: Flywheel of inertia; self-consumption; Bicycle; generating electricity; kinetic energy; aerobic activity.

1. Introducción

De acuerdo con el Foro Económico Mundial, para el año 2050 se producirían unos 1,124 millones de toneladas de plástico. Es por esto que la Unión Europea ya está atenta en disminuir algunos productos desechables que representan el 70% de la basura marina.

Según los resultados de la investigación “Production, use, and fate of all plastics ever made”, (Geyer, Jambeck, & Law, 2017), se estima que han sido producidas más de 9 millones de toneladas de plástico desde su aparición a mediados del siglo XX y la mayoría de sus residuos han ido a parar a botaderos, ríos y océanos.

Se puede considerar que la amenaza que enfrenta la naturaleza, como resultado de la contaminación rebasada, está generando un aumento en el efecto invernadero, un desequilibrio en los hábitats de diferentes tipos de especies y la obstrucción del crecimiento libre y adecuado de la naturaleza.

Con base en esto, se requiere un cambio ágil y concreto para seguir trabajando en pro de la importancia del reciclaje y su posible uso posterior, permitiendo tener oportunidades de fortuna frente a la “basura” y que sean estos tipos de materiales amigables con el planeta generadores de bienestar y riqueza para sus habitantes.

En la ciudad de Fusagasugá se observa que hay una elevada contaminación ambiental debido al plástico en todas sus dimensiones (en especial el PET ámbar-envase de color), esto también se identifica con el poliestireno expandido conocido como material desechable (icopor) y su aumento con el número de entregas a domicilios durante la pandemia.

El envase reciclado de Pony Malta y gaseosa Sprite (PET ámbar) no es comercial entre el gremio de recicladores debido a su color y textura, por tal motivo es un envase que afecta el medio ambiente, por sus diversas propiedades químicas. Cabe aclarar que esta empresa tiene una política de retornar este tipo de envase en los diferentes puntos de su planta de tratamiento, el más conocido es en Tocancipá (Cundinamarca) a más de 170 kilómetros de la Ciudad Jardín (Fusagasugá).

En la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), no se identifica algún tipo de maquinaria que permita transformar estos materiales plásticos para posteriormente poderlos utilizar en otros aspectos o áreas.

Se analiza la forma indicada de aprovechar y reutilizar estos elementos a través de la transformación y su posible uso posterior en especial con tecnología 3D, ya que se podrían crear productos originales y auténticos para cualquier parte de la industria, generando avances significativos en diferentes áreas.

Por esta razón se quiere investigar el uso del volante de inercia que permita almacenar la energía eléctrica y que sea de autoconsumo para el sistema que estará diseñado a partir de una bicicleta que con actividad aeróbica por parte de la comunidad Unadista, generará la primera fuerza con energía cinética con el fin de proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento del sistema que tiene incluido la trituradora de plástico.

Uno de los proyectos de volante de inercia con mayores dimensiones es la planta de almacenamiento de energía de *Stephentown de Beacon Power*. Empezó a funcionar en 2011 y es la más grande de Norteamérica. Tiene una capacidad de 20 MW con un tiempo de respuesta de 4 segundos, utilizando para ello 200 volantes de inercia de alta velocidad (Twenergy, 2019).

2. Metodología

Según cifras oficiales de la ANDI (2009) los residuos son fuente de empleo para 300 mil familias colombianas y se generan negocios por más de 354 mil millones de pesos al año. El material reciclado constituye más del 50% de la materia prima que se utiliza en la producción industrial (Asociación Nacional de Recicladores, 2009).

Para este tipo de investigación se presenta un enfoque de tipo empirismo, ya que es una teoría filosófica que enfatiza el papel de la experiencia y la evidencia, especialmente la percepción sensorial, en la formación de ideas y adquisición de conocimiento.

De igual manera hay un enfoque tipo cuantitativo para el análisis de las variables de las pruebas y errores que se desarrollen.

El diseño metodológico para utilizar será descriptivo y exploratorio, con técnicas y pruebas del material, para medir su resistencia, su capacidad y su posterior uso. Se contempla poder llegar a los mayores recicladores informales para adquirir los materiales separados, en este caso cómo envase de PET ámbar de color para su debido lavado, y alistamiento para el proceso de trituración y transformación.

Se visiona que el proyecto tenga una duración de 3 meses en el análisis y comparación de estudios científicos, posterior a esto, 5 meses para realizar el diseño de un prototipo que pueda aplicarse en la sede de la UNAD - Ciudad de Fusagasugá, con la posibilidad que la segunda fase a trabajar sea la elaboración de este prototipo.

El objetivo es diseñar un prototipo de trituradora, que encenderá a partir de la fuerza cinética generada por una bicicleta, con un trabajo incorporado a un volante de inercia que producirá la energía eléctrica y la almacenará para su autoconsumo,

con el fin de transformar el envase reciclado (PET ámbar de color) en partículas granuladas.

Las fases por considerar son:

1. Evaluar qué estudios y herramientas existen para triturar o moler el PET ámbar y su uso posterior.
2. Analizar las propiedades químicas del material PET para obtener una calidad de grano adecuada.
3. Estudiar los cálculos para respetar las normas de diseño, contemplando la energía de inercia y un eje motriz que puede ser generado por una bicicleta estática que produce el movimiento a través de la polea o cadena para llegar a la cámara de molienda, que triturará el plástico alimentado desde la forma horizontal a través de cuchillas resistentes al material robusto del PET.
4. Análisis de los costos para la fabricación de la trituradora, cuya capacidad sea óptima.
5. Diseñar el prototipo a utilizar para generar con energía cinética una trituradora que sea práctica y que permita una actividad aeróbica.
6. Evaluar y aplicar una segunda fase a esta idea de proyecto para su ejecución, elaborando el prototipo y su instalación en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia sede Fusagasugá.

Se pretende variar de un trabajo lineal y cambiar a la mentalidad de concurrencia y simultaneidad, disminuyendo los tiempos de ciclo de las diferentes etapas, integrando los elementos de varias etapas, optimizando los recursos y llegar a descubrir el posible uso de nuevos insumos para la tecnología moderna.

Patrick J. Rottinghaus define la adaptabilidad como "la capacidad de afrontar y capitalizar el cambio, y la capacidad de recuperarse cuando eventos imprevistos alteran los planes de vida".

3. Diseño de prototipo

Se plantean todas las variables a considerar iniciando con estructurar una base para que la trituradora quede de forma estática y estable.

La energía cinética es la energía que posee un cuerpo por el hecho de moverse. La energía cinética de un cuerpo depende de su masa y de su velocidad (Sevila, 2018). En el caso de estudio, el ciclista unadista, al pedalear suministrará energía de movimiento iniciando con la propia fuerza humana como fuente para producir electricidad.

La fuerza mecánica de los humanos nace de la aportación energética de los alimentos, que dan movimiento a la musculatura e intervienen en el buen funcionamiento metabólico que nos permite la vida. El valor de los alimentos (vegetales y animales), es proporcional a la cantidad de energía que nos

proporcionan cuando se metaboliza en presencia de oxígeno. La unidad de medida es el Joule, aunque por tradición se emplea también la caloría, que equivale a la cantidad de calor que necesitamos para aumentar en un grado la temperatura de un gramo de agua. Esta unidad energética es muy pequeña, por lo que la aportación energética de los alimentos se mide en kilocalorías (1 kcal = 1.000 calorías). Las dietas humanas contienen entre 1.000 kcal/día hasta 4.000 kcal/día (Terra, 2010).

En una persona adulta de unos 70 kg, este mínimo vital conlleva unas 1.650 kcal en alimento. Aquí también es importante la dieta o aportación calórica de cada tipo de alimento. Mientras los hidratos de carbono proporcionan 4 kcal por gramo, igual que las proteínas, las grasas proporcionan 9 kcal por gramo. La potencia media energética humana, con alimentación adecuada, está alrededor de los 150 W sobre una máquina capaz de su aprovechamiento, como es una bicicleta. Un aficionado al ciclismo puede dar fácilmente unas 90 pedaladas por minuto (1,5 pedaladas por segundo), de las que ya se consumen unos 100 W en mover el peso de las propias piernas. Los niveles de potencia que un ser humano puede proporcionar pedaleando depende de la fortaleza muscular, pero también del tiempo. Por breves espacios de tiempo sobre una bicicleta se pueden desarrollar potencias de hasta 400 W (determinados ciclistas de competición en un *sprint*), pero lo habitual es que, para usos energéticos extendidos durante varias horas, no se supere los 50 W de potencia. Igualmente, el trabajo muscular depende también de la interacción con el entorno del ser humano (Terra, 2010).

Con base en la información de Gil & Espinosa (2018), las características que requiere un molino-triturador para transformar el material son las siguientes:

Imagen 1. Características de un molino de martillos marca ASEA

Caracterización del molino de martillos marca ASEA,
modelo IEC 34 IP54 MT100L128-4

Descripción	Valor
Clase	F
Potencia	3,2 KW
Velocidad angular	1730 RPM
VY: Voltaje en con conexión en estrella	380
Corriente (VY)	5,2 A
VΔ: Voltaje con conexión en delta	220
Corriente (VΔ)	9 A
Cos φ	0,76
Dimensiones del martillos	90 mm X 38 mm X 10 mm
Número de martillos	15

Fuente: Gil & Espinosa (2018).

Respecto a esta información se podría determinar que al requerir una potencia de 3,2 KW demanda que la fuerza generada por el humano de manera cinética sea mayor a los 3.200 Watts. Una hipótesis de este planteamiento es descubrir si el ser humano puede generar la primera fuerza con 150 Watts de tal forma que sea lo necesario para que el sistema inicie el funcionamiento y que se mantenga su sistema de manera inercial.

Posteriormente, como lo menciona Casolli (2017), se debe analizar la instalación eléctrica a generar, contemplando la posibilidad de tener un alternador a una distancia ideal para que pueda obtener una correa de distribución adecuada.

La energía de inercia es la cantidad de energía capaz de almacenar un disco dependiendo de su masa, de la distancia al eje de giro y, sobre todo, de la velocidad a la que consigue girar. La energía en una batería inercial se almacena en forma de energía cinética rotacional. La energía de entrada generalmente se extrae de una fuente eléctrica que proviene del sistema eléctrico o de cualquier otra fuente de energía eléctrica. La batería inercial se acelera a medida que almacena energía y se ralentiza cuando se está descargando, para entregar la energía acumulada. Se describe un proceso en el que se hace girar un disco mediante dos fuerzas aplicadas al extremo de cuerdas, de diferentes radios unidos al disco, Las cuerdas se desenrollan sin resbalar y sin rozamiento, a la vez que dos zapatas aplicadas en el borde del disco ejercen sendas fuerzas de fricción sobre el mismo_(Güémez & Fiolhais, 2014).

La fórmula ejecutada es la siguiente (Imagen 2):

Imagen 2. Capacidad de trituración

Capacidad de trituración

$$Cap = e * C_t * n$$

Donde

Cap es la capacidad de trituración general de la máquina

e es la eficiencia del motor trifásico basados en un eficiencia de motores trifásicos comerciales.

n es la velocidad angular con la cual giran el eje y las cuchillas

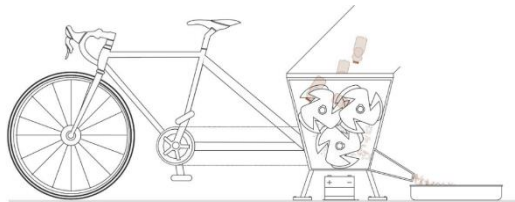
Fuente: Hernández & Fonseca La Rotta (2017).

Dentro de las características a contemplar, se tiene que:

- ❖ Las botellas, previamente lavadas para posteriormente pasar al proceso de trituración, tienen las dimensiones según su tamaño comercial: pequeño, mediano y grande entre los 12cm, 23cm y 30 cm aproximadamente.
- ❖ El material compuesto es PET ámbar.
- ❖ El tamaño esperado del PET triturado es de 1 gr con dimensiones de 0,7 mm por 0,9 mm.
- ❖ El material triturado después de varias pruebas de resistencia y capacidad pasaría a ser la materia prima para el filamento de la impresión 3D.
- ❖ Las dimensiones de la pieza a triturar, proyecta las dimensiones necesarias de la cámara de trituración del equipo; que se tiene previsto que sea de 80 cm.

El diseño con todas las características mencionadas se presenta a continuación (Imagen 3):

Imagen 3. Diseño de trituradora con energía cinética



Fuente: elaboración propia de los autores.

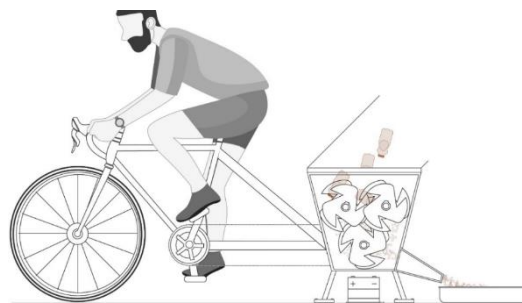
Se contempla una base estática para fijar parte del chasis de una bicicleta todo terreno con cambios marca Shimano con características de 560 mm referencia Sp41 aproximadamente de 60 cm de largo por 34 cm de ancho. Se tendrá un disco que

gira con rozamiento, brindando a través del volante de inercia la energía suficiente para mantener la potencia del sistema.

❖ Fuerza cinética por actividad aeróbica

Se pretende que la persona que inicia a dar el primer pedaleo para generar la fuerza y encender el sistema, descubra la opción de tener una actividad aeróbica divertida y potencialmente aprovechable para generar energía como se observa en la imagen (Imagen 4):

Imagen 4. Diseño de trituradora permitiendo actividad aeróbica



Fuente: elaboración propia de los autores.

Estas personas, pertenecientes a la comunidad unadista, que utilicen el sistema de la bicicleta, podrán observar como el procedimiento por medio de unos inversores mantienen la energía constante para el funcionamiento de la trituradora y poder transformar en partículas pequeñas el PET ámbar o icopor ingresado.

4. Consideraciones y posibles fases complementarias

Cabe resaltar que, al encontrar una pequeña proporción de referentes bibliográficos sobre la idea del proyecto a consolidar, se desea implementar la segunda fase de este proyecto que será la creación del prototipo.

Se determinará si la idea proyectada puede llegar a reducir el impacto del plástico en el medio ambiente desde la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, y posiblemente promover aún más la cultura por reutilizar el material reciclado. Así mismo, una de las variantes de estudio, es investigar si la recolección del material reciclado se puede hacer a través de una economía circular o; por intercambio, recuperando esa cultura de trueque.

Se visiona para las posibles fases siguientes, que las partículas granuladas obtenidas, sirvan como insumo o materia prima de la impresión en 3D, logrando que este material se convierta en filamento de calidad adecuada.

Referencias

- Casolli (9 de febrero de 2017). Bici-generador de electricidad, construye la tuya. *El blog de Casolli*. <http://casolli.com/BLOG/bici-generador-de-electricidad/>
- Geyer, R. Jambeck, J. & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>
- Güémez, J. & Fiolhais, M. (2014). Formalismo matricial para la mecánica y la termodinámica. II. Rotación. *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(4), , 1-11.
- Gil, S. A. & Espinosa, A. (2018). Evaluación de la potencia de un molino de martillos al. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1) , 93-108.
- Hernández, J. L. & Fonseca La Rotta, D. (2017). Diseño de una trituradora de residuos sólidos tipo pet para la fundación alianza forestal de colombia E.S.P. (Tesis de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama.
- Sevila, I. (2018). La energía: energía cinética. *Dspace*, 15-24. <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/322>
- Terra (26 de Marzo de 2010). *Energía de propulsión humana en bicicleta*. Obtenido de <https://www.terra.org/categorias/articulos/energia-de-propulsion-humana-en-bicicleta>
- Twenergy (23 de marzo de 2019). Funcionamiento del volante de inercia como sistema de almacenamiento de energía. *Twenwegy*. <https://twenergy.com/eficiencia-energetica/almacenamiento-de-energia/funcionamiento-del-volante-de-inercia-como-sistema-de-almacenamiento-de-energia-por-volante-de-inercia-2061/>