

Diseño de un Prototipo para Obtener Fibra Poliéster Utilizando Envases PET de Segundo Uso

Jose Moro Pisco¹

josemoro17720@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0061-6932>

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú

Jaime Cancho Guisado

jcancho68@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-7476-6979>

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú

Victor Leonardo Soberón Tomasto

victorsoberon09st@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-8289-060X>

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú

Pierre Anibal Cano Contreras

pierrecano16@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-8289-060X>

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú

Edward Flores

eflores@unfv.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-8972-5494>

Universidad Nacional Federico Villarreal
Perú

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es diseñar un prototipo para obtener fibras de poliéster a partir del segundo uso de envases PET (Tereftalato de polietileno). La investigación reúne un conjunto de elementos físicos y acciones que están integrados en un sistema que cumplen con la función específica de obtener fibras poliéster, teniendo en cuenta que en el Perú se tiene la existencia anual muy pronunciada y que ha superado la acumulación de 237,5 mil toneladas de envases PET al año y esto debido a su escasa industrialización ya que dentro de tres décadas dicha acumulación al país afectara severamente, teniendo en consideración que los plásticos son altamente resistentes a su degradación en el medio ambiente. Los resultados obtenidos según el diseño establecido fueron muy satisfactorios y con la utilización del programa de diseño mecánico AUTODESK Inventor Professional 2022 y el software CADE SIMU se lograron tener 20 planos de piezas por fabricarse, 01 plano de ensamblado general, 01 plano de estructura, 01 plano del despiece total de las piezas del prototipo y 01 plano de instalación eléctrica de funcionamiento del prototipo. En conclusión, con la construcción y la puesta en marcha del prototipo se logrará obtener fibras poliéster que será de gran utilidad para la industria textil, industria de la construcción, la industria de neumáticos y otros.

Palabras clave: degradación; prototipo; fibras poliéster

¹ Autor principal.

Correspondencia: josemoro17720@gmail.com

Design of a Prototype to Obtain Polyester Fiber Using Second-Use PET Containers

ABSTRACT

The objective of this research is to design a prototype to obtain polyester fibers from the second use of PET (Polyethylene Terephthalate) containers. The research gathers a set of physical elements and actions that are integrated in a system that fulfill the specific function of obtaining polyester fibers, taking into account that in Peru there is a very pronounced annual existence that has surpassed the accumulation of 237.5 thousand tons of PET containers per year and this due to its scarce industrialization, since in three decades this accumulation will severely affect the country, taking into consideration that plastics are highly resistant to degradation in the environment. The results obtained according to the established design were very satisfactory and with the use of the mechanical design program AUTODESK Inventor Professional 2022 and the CADe SIMU software, it was possible to have 20 drawings of parts to be manufactured, 01 general assembly drawing, 01 structure drawing, 01 drawing of the total exploded view of the prototype parts and 01 drawing of the electrical installation of the prototype's operation. In conclusion, with the construction and start-up of the prototype it will be possible to obtain polyester fibers that will be very useful for the textile industry, the construction industry, the tire industry and others.

Keywords: degradation; prototype; polyester fibers

*Artículo recibido 18 noviembre 2023
Aceptado para publicación: 29 diciembre 2023*

INTRODUCCIÓN

El mundo y la sociedad global se encuentra desafiada por la crisis del plástico, es decir, la omnipresencia o universalidad del plástico amenaza crudamente las condiciones de vida en el planeta, por lo que el plástico posee características no degradables y esto nos conduce a vivir con ellos por varios siglos.

La alta degradabilidad, la alta demanda y la mala gestión de los residuos sólidos contribuyen a la acumulación de plásticos en el medio ambiente.

En el Perú existe 149 mil toneladas al año de acumulación de envases PET (Tereftalato de Polietileno), esto es debido al escaso aprovechamiento industrial y aproximadamente dentro de 30 años dicha acumulación convertida en contaminación afectara drásticamente a nuestro país y al planeta.

Los desechos plásticos, como las botellas PET es una potencial fuente de compuestos orgánicos, lo cuales tienen una serie enorme de usos y aplicaciones. La creación de la fibra de poliéster se produce a través de transformaciones y procesos de botellas recicladas PET.

Los plásticos tienen una composición química que los hace muy resistentes a la degradación en el medio ambiente, el cual demora un promedio de 100 a 500 años, pues su presencia en la naturaleza causa un gran problema ambiental y que el propio hombre lo ha provocado.

Flores, A. P. (2021), manifiesta que los desechos plásticos que se producen tanto en las actividades domésticas como industriales plantean una preocupante situación medioambiental. Estos residuos poseen una alta resistencia a los procesos de deterioro y su descomposición es muy difícil. Como consecuencia, acaban acumulándose en los sistemas orgánicos, generando graves consecuencias. No se puede negar que su presencia es inevitable en la gran cantidad de artefactos que utilizamos diariamente. Los productos plásticos se encuentran desde envases de alimentos hasta sistemas electrónicos o dispositivos médicos. Los efectos perjudiciales que causan en el medio ambiente son de gran importancia a nivel mundial. Los países miembros de la ONU han asumido el compromiso de disminuir de manera gradual el empleo de ciertos artefactos, especialmente aquellos de un solo uso o aquellos que no son reciclables.

Statista (2021). Se produjeron en todo el mundo alrededor de 391 millones de toneladas de plástico el año 2021. En comparación con la producción mundial de este material el año pasado, que fue de 376 millones de toneladas, son más de 15 millones de toneladas.

Plastics Europe (2013), estima que la producción total de plástico es de 300 millones de toneladas por año, con una proyección de incremento de 20 millones de toneladas por año. Eriksen et al. (2014), manifiesta que en el mar la cantidad de plástico acumulado existente es más de 5 billones de plásticas flotando en hábitats pelágicos.

Manrique, M. R. (2020). Aproximadamente, desde 1950 hasta el 2015, se han producido 8300 Millones de toneladas (MT) de plástico virgen en todo el mundo y se ha originado 6300 MT de residuos plásticos. Teniendo en cuenta que 4977 MT equivalente al 79% es el plástico dispuesto en vertederos y en el ambiente natural, 756 MT equivalente al 12% es el plástico incinerado y 567 MT equivalente al 9% representa al plástico reciclado. Considerando que solamente en el 2018 se han producido 366 MT.

ONU (2021). El plástico constituye el 85% de los residuos que llegan al océano, y advierte que la cantidad de este material que entrará en el océano casi se triplicará de aquí a 2040, hasta situarse entre 23 y 37 millones de toneladas al año. Esto significa que hay aproximadamente 50 kilogramos de plástico por metro de costa en todo el mundo. La contaminación plástica de los ecosistemas acuáticos ha aumentado significativamente en los últimos años y se espera que se duplique para 2030, con consecuencias nefastas para la salud, la economía, la biodiversidad y el clima, según un nuevo informe de las Naciones Unidas. Condenamos las soluciones equivocadas dadas a este problema.

Minan (2018). En el Perú, se usan al año aproximadamente 30 kilos de plástico por ciudadano. Al año se suman cerca de 3 mil millones de bolsas plásticas, casi 6 mil bolsas por cada minuto. En Lima Metropolitana y el Callao se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, representando el 46% de dichos residuos a nivel nacional. Así mismo, se utilizan 3 mil millones de bolsas plásticas por año, teniendo en cuenta que solo en Lima y el Callao se generan 46% de los residuos plásticos de un solo uso de ámbito municipal de todo el país.

Según la Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company (2016), manifiesta que, si continúan los patrones actuales de producción y consumo de plástico, para 2050 habrá más plástico que peces en el océano. Aproximadamente el 99% de las aves ingieren plástico. Los desechos marinos dañarán a 600 especies marinas. El 15% de las especies marinas afectadas por la ingestión y enredo de desechos plásticos están en riesgo de extinción.

Así mismo, nos afirma que cada año se generan 300 millones de toneladas de residuos plásticos. Se han encontrado bolsas de plástico en la cima del monte Everest, en los casquetes polares y en las profundidades del océano. Los animales marinos confunden las bolsas de plástico con medusas u otros alimentos. En junio de 2018 apareció un cachalote muerto en la costa de España, en su interior se encontraron 32 kilogramos de bolsas de plástico, redes de pesca y un tamborcillo.

Alva, O. G. (2023). En el 2022, los residuos plásticos generados en Lima Metropolitana, fue más de 235 mil toneladas. Donde el 97,5% (233742,6 toneladas) termina en la basura: acopiados en rellenos sanitarios de la ciudad y el 2,5% (5993,4 toneladas) es material reciclable. Así mismo, cada habitante de la capital desecha 23,49 kg de plástico/año y se tiran a la basura 643 toneladas de plástico/día. Además, cada año se generan 500 millones de toneladas de plástico en el mundo y se estima que solo el 9% del plástico producido en la historia ha sido retirado del medio.

Salas, O. L. (2020), nos manifiesta que al año la producción de plástico en el Perú es de 1,4 millones de toneladas y de este total, el 58% (806 mil toneladas) se convierte en residuo en menos de un año, reciclándose solo el 15% (124 mil toneladas). Así mismo, al año se producen 267 mil toneladas de envases PET, de los cuales el 72% (191 mil toneladas) se convierte en residuo en menos de un año, aprovechándose el 22% (42 mil toneladas) de dichos residuos para el reciclaje.

Recíclame (2020), señala que 1,4 millones de toneladas de plástico circularon en el Perú el 2018 donde 237,5 mil toneladas fueron envases PET y de esta cantidad el 17,9% ha retornado a la economía de la siguiente forma: 900 toneladas como envases retornables y 41,6 mil toneladas a través del reciclaje de residuos post consumo, tal que de esta cantidad 23,2 mil toneladas se convirtieron en nuevos envases PET, aproximadamente 56%; pero el 82,1% de los plásticos circulados son los desechos que contaminan el medio ambiente.

Guerra (2021), hizo el diseño y construcción de un prototipo mecánico para obtener de fibra poliéster mediante el hilado centrífugo, el cual es un método que produce fibra a partir de PET a una alta velocidad y con bajo costo, durante el hilado centrífugo la fuerza producida por la alta velocidad de rotación impulsa el fluido a través de los diversos agujeros del cabezal rotatorio. Cuando el fluido es expulsado se estira por la fuerza de fricción al contacto con el aire para después solidificarse rápidamente.

Calixto & Meza (2021), abordaron la implementación de una planta elaboradora de frazadas a base de plástico PET y algodón nativo. El estudio contribuye con el ambiente al utilizar el plástico PET reciclado como materia prima para elaborar fibra poliéster. Elaboraron el estudio de mercado, determinaron la localización y el tamaño de la planta. Definieron conjuntamente el producto de manera técnica, los procesos de producción involucrados y la maquinaria utilizada para la elaboración de las frazadas. Se enfocaron en la gestión ambiental, la calidad, el mantenimiento, la seguridad y la salud ocupacional.

Gómez et al. (2020), realizaron un estudio de pre-factibilidad para la elaboración de prendas impermeables a partir de fibra de PET, previamente reciclado, para su implementación posterior con un debido trasfondo social y ambiental. Realizaron la ingeniería del proyecto estableciendo el tamaño, la localización y la distribución de la planta para la elaboración de prendas impermeables. Evaluaron la sostenibilidad del proyecto mediante tres pilares fundamentales: economía, sociedad y ambiente. Finalmente, los autores planificaron la financiación del estudio para conocer la inversión y su viabilidad. Actualmente en el Perú se ha superado la acumulación de 237,5 mil toneladas de envases PET al año de envases y esto es debido al escaso conocimiento del segundo uso de envases y su posterior aprovechamiento industrial, significando que dentro de 30 años dicha contaminación afectará enormemente a nuestra flora y fauna a lo largo y ancho de nuestro territorio nacional. Por tanto, urge la necesidad de fomentar el segundo uso de envases plásticos para poder reducir la contaminación por la existencia abundante de tal material, el cual se debe tomar en cuenta para la industrialización, profesionalización y tecnificación a futuro como materia prima.

Ante la ausencia de un organismo regulador del reciclaje, que debería supervisar y controlar el precio de oferta y demanda de dichos residuos, así como también la falta de creación de sistemas de centros de acopio con grandes almacenes en periferia y centros intermedios y desde luego la no existencia del diseño de rutas con recorridos más eficientes; pues esto es causante a que diariamente en el Perú se acumulen aproximadamente 408 mil toneladas de envases PET.

Por la abundante y pronunciada cantidad de material plástico y más que todo de envases PET, es propicio el diseño y construcción de un prototipo mecánico para obtener de fibra poliéster mediante el hilado centrífugo, es un método que produce fibra a partir de PET a una alta velocidad y con bajo costo.

Así mismo, la implementación de una planta elaboradora de frazadas a base de plástico PET y algodón nativo, ha demostrado que se puede utilizar el plástico PET reciclado como materia prima para elaborar fibra poliéster y que se puede elaborar el estudio de mercado correspondiente para determinar la localización y el tamaño de la planta con los procesos de producción necesarios y la maquinaria deseada. Cabe recalcar que la enorme producción de envases y la deficiente actitud de reutilizarlos ha generado una elevada contaminación ambiental por plásticos que no se pueden degradar.

METODOLOGÍA

Los materiales a utilizar en el presente proyecto de investigación son los siguientes:

- 1/4 plancha: Acero inoxidable 2,5 mm de espesor
- Soldadura TIG TIG
- 02 m de Resistencia 2 Kwatt – 220 voltios
- 01 Motor: 01 HP – 1720 RPM
- 01 Polea acanalada en V

Así mismo, la metodología utilizada para el presente Proyecto de investigación consiste en cuatro Fases: Se tuvo en cuenta el modelado que permitió rápidamente su diseño, considerando que tanto el desarrollador, el usuario y el cliente acepten y coincidan en lo necesario tal que el prototipo cumpla con su propósito.

El presente proyecto desarrollado es de carácter local, regional y nacional. Pues desde el momento que fue aprobado el Proyecto se realizó la ejecución del diseño del prototipo para luego realizarse su construcción. Dichas actividades se realizaron en los ambientes del Taller de Ensamblaje de Máquinas y Equipos, ubicado en el Jr. Jorge Chávez 376, Breña. Se hizo las mediciones respectivas tomando en cuenta las escalas 1:1; 1:2; 1:5; 1:10 y 2:1.

El diseño se realizó de acuerdo con la norma ASTM D3835 y se comenzó utilizando el programa de diseño mecánico, AUTODESK Inventor Profesional 2022 y el software CADe SIMU, después se analizaron los resultados del programa con los ajustes debidos del diseño.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

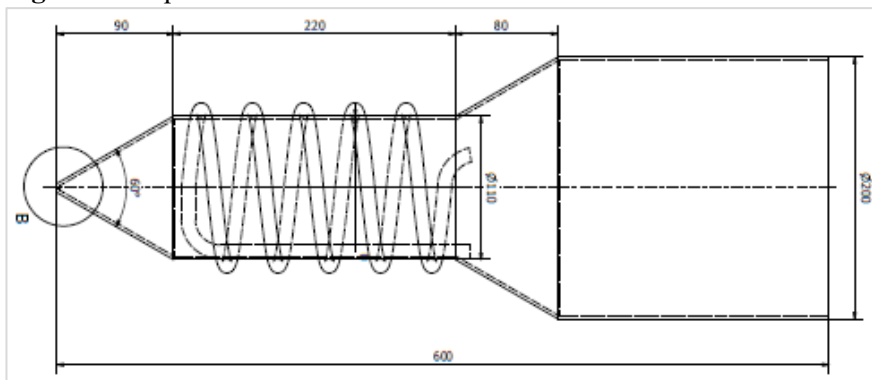
Estudio de ingeniería

Con la aplicación de los conocimientos y las actividades se lograron definir los recursos necesarios para ejecutar el proyecto en estudio. Para ello se logró realizar los criterios necesarios que fueron los puntos de partida para la realización de los planos del diseño del prototipo.

Sistema de calentamiento

El sistema de calentamiento es el encargado de generar calor al dosificador hasta 230°C de tal manera que las hojuelas de plástico PET llegaran a su temperatura de fusión sin ningún problema. El sistema de calentamiento está compuesto de varias resistencias de calefacción distribuida de manera helicoidal y uniforme a lo largo del cilindro dosificador de manera que no existan partes en donde se pueda pegar o adherir la materia prima por no tener una temperatura adecuada. Pues esto dependerá de la longitud, diámetro del cilindro y la potencia de las resistencias, ver figura 1.

Figura 1. Esquema de Diseño.



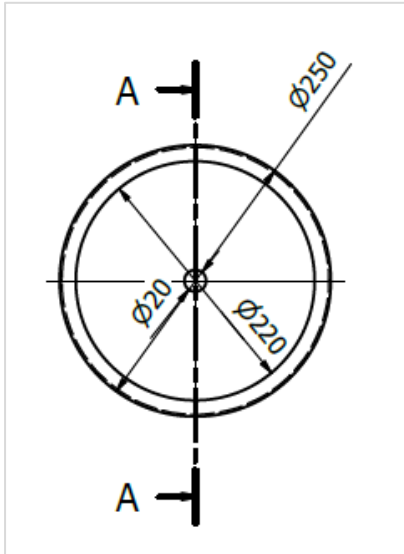
Boquilla

Usualmente esta atornillado al cilindro en la parte inferior. Es quien facilitar el flujo de caída del material hacia el plato o centrifuga. En el diseño de las boquillas, se debe considerar que existe una variación de diámetro del material con respecto al diámetro de la boquilla, ya que intervienen factores como el flujo de material fundido que sale por la boquilla, el sistema de enfriamiento y el fenómeno de relajación.

Plato

Este dispositivo está posicionado en el inferior del cilindro, como se muestra en el plano de despiece, (ver figura 2) consiste de un plato con su agujero que es captar las impurezas del material para que no se mezclen con el producto extruido. Es decir, mejora el mezclado y homogeniza el fundido.

Figura 2. Plano de despiece



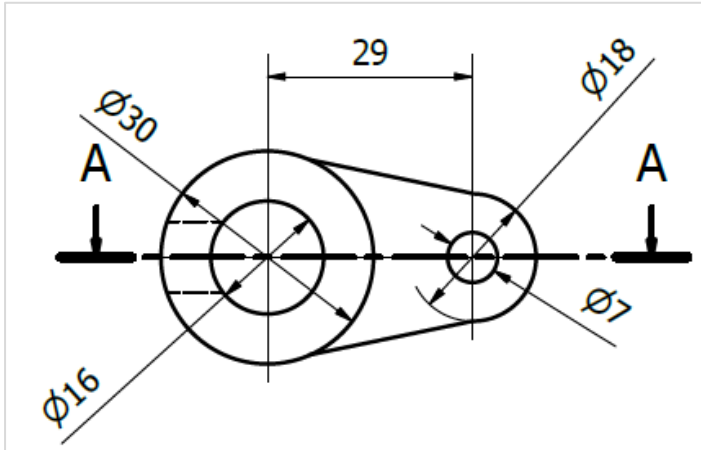
Motor

Para determinar la potencia necesaria del motor, se toma en consideración los parámetros de torque y velocidad que necesita la máquina para alcanzar la presión de trabajo adecuada, donde la velocidad de giro más recomendable será de 1720 RPM.

Sistema de giro del plato

Existen diferentes tipos de sistema para efecto de giro del plato y poder transportar el producto, una vez extruido y calentado hasta 230°C . Cada sistema es óptimo según la forma con la cual es extruido y calentado el material ya que cada configuración está destinada para diferentes industrias, debido a esto para el diseño del prototipo la configuración realizada se ha optado como la más apropiada para obtener fibras poliéster como producto final y de esta manera poder destinarlos a diferentes procesos de conformado, (ver figura 3).

Figura 3. Faja transportadora.



Confección de los planos

Se realizó la confección de los planos con la utilización del programa de diseño mecánico AUTODESK Inventor Professional 2022 conociendo las piezas y partes comerciales en el mercado nacional con la aplicación de las Normas ISO E. Así mismo, se utilizaron las escalas de dibujo normalizadas, tales como 1:1 , 1:2 , 1:5 , 1:10 y 2:1. Del mismo modo para el diseño del plano eléctrico se utilizó el software CADe SIMU.

Evaluación y validación del diseño

Además, se efectuaron los cálculos de estudios de Ingeniería tanto para el diseño del chasis, estructura, elección de los materiales y los cálculos debidos para el montaje correspondiente. Así mismo, la evaluación para la validación del prototipo una vez construido se realizará mediante una Ficha de Registro de Datos (FRD) tal como se muestra en el Anexo 1. En la cual se almacenarán: velocidad del eje de transmisión (rpm), diámetro del plato (In), diámetro del filamento (mm) y temperatura de fusión (°C).

Según el diseño establecido se logró obtener el resultado satisfactorio de la confección de los planos con la utilización del programa de diseño mecánico AUTODESK Inventor Professional 2022 conociendo las piezas y partes comerciales en el mercado nacional con la aplicación de las Normas ISO E. Así mismo, se utilizaron las escalas de dibujo normalizadas, tales como 1:1 , 1:2 , 1:5 , 1:10 y 2:1. Del mismo modo para el diseño del plano eléctrico se utilizó el software CADe SIMU.

Seguidamente se obtuvieron la presentación de los planos, tal como se indica en el Anexo 03 y son:

- Plano de Piezas. 20 planos de piezas por confeccionarse o fabricarse
- Plano de Ensamblado. 02 planos: 01 general y 01 de estructura
- Plano de Despiece. 01 Plano de explosionado del total de las piezas del Prototipo.
- Plano de instalación eléctrica de funcionamiento del prototipo.

Así mismo con los resultados obtenidos en el presente estudio pueden servir de base para futuras investigaciones que involucren la utilización o reciclado de envases PET con las características propuestas.

Se utilizó el software AUTODESCK Inventor Professional 2022 porque está especializado para el diseño de piezas y partes mecánicas, así como la presentación de los diferentes planos requeridos para su respectiva construcción del prototipo según las escalas utilizadas como corresponde. Así mismo, se hizo el uso del software CAD e SIMU porque es un simulador de funcionamiento del circuito eléctrico. Así mismo, se hace la presentación del despiece para indicar la totalidad de las piezas que serán utilizadas para la construcción del prototipo. La presentación de lo ensamblado se realiza para dar conocer el conjunto final del montaje del prototipo. Así mismo el plano de las piezas es donde se hace la presentación para dar a conocer las medidas específicas que serán utilizadas en cada pieza para su posterior construcción del prototipo. Del mismo modo las escalas utilizadas se consideraron las correctas para su mejor presentación e interpretación. Así mismo se utilizó las Normas ISO E porque es el aceptado por las normas técnicas peruanas el cual especifica.

Según el diseño establecido se logró obtener el resultado satisfactorio de la confección de los planos con la utilización del programa de diseño mecánico AUTODESCK Inventor Professional 2022 conociendo las piezas y partes comerciales en el mercado nacional con la aplicación de las Normas ISO E. Así mismo, se utilizaron las escalas de dibujo normalizadas, tales como 1:1 , 1:2 , 1:5 , 1:10 y 2:1. Del mismo modo para el diseño del plano eléctrico se utilizó el software CADe SIMU.

Seguidamente se obtuvieron la presentación de los planos, tal como se indica en el Anexo 03 y son:

- Plano de Piezas. 20 planos de piezas por confeccionarse o fabricarse
- Plano de Ensamblado. 02 planos: 01 general y 01 de estructura
- Plano de Despiece. 01 Plano de explosionado del total de las piezas del Prototipo.
- Plano de instalación eléctrica de funcionamiento del prototipo.

Así mismo con los resultados obtenidos en el presente estudio pueden servir de base para futuras investigaciones que involucren la utilización o reciclado de envases PET con las características propuestas.

Se utilizó el software AUTODESK Inventor Professional 2022 porque está especializado para el diseño de piezas y partes mecánicas, así como la presentación de los diferentes planos requeridos para su respectiva construcción del prototipo según las escalas utilizadas como corresponde. Así mismo, se hizo el uso del software CAD e SIMU porque es un simulador de funcionamiento del circuito eléctrico. Así mismo, se hace la presentación del despiece para indicar la totalidad de las piezas que serán utilizadas para la construcción del prototipo. La presentación de lo ensamblado se realiza para dar conocer el conjunto final del montaje del prototipo. Así mismo el plano de las piezas es donde se hace la presentación para dar a conocer las medidas específicas que serán utilizadas en cada pieza para su posterior construcción del prototipo. Del mismo modo las escalas utilizadas se consideraron las correctas para su mejor presentación e interpretación. Así mismo se utilizó las Normas ISO E porque es el aceptado por las normas técnicas peruanas el cual especifica.

CONCLUSIONES

Se logró diseñar el prototipo según lo planteado en el proyecto para obtener las fibras poliéster a partir del segundo uso de los envases PET. Además, la obtención de fibras poliéster será de gran utilidad para la industria textil, industria de la construcción y la industria de neumáticos. Pues también se brindará un valor agregado a los envases PET de segundo uso.

Satisfactoriamente se logró desarrollar el diseño del prototipo según las características establecidas y con la utilización del programa de diseño mecánico, AUTODESK Inventor Profesional 2022 y también sujetos a la norma ASTM D3835; tal como se indica en el Anexo 2.

Con la obtención satisfactoria del diseño se recomienda la continuidad de las investigaciones para lograr obtener nuevos productos de mucha necesidad para la población, ya que con la industrialización masiva de los desechos plásticos se impulsará la generación de mano de obra y se dará solución en parte a dicha problemática mundial con respecto a la contaminación de plásticos que actualmente azota al mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alva, O. G. (2023). El Comercio: Cantidad de plástico desechado en Lima en el 2022. Noticias. Perú.

Autodesk. (2022). Software Inventor. Recuperado el 05/08/2022 de:

<https://www.autodesk.es/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Bayo, D. y Jiménez, D. (2022). La biodiversidad marina: riesgos, amenazas y oportunidades. La mar de plásticos. Mediterráneo 33. 235-251.

<https://publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/mediterraneo-economico/33/me-33-11-fernandez-bayo-y-jimenez.pdf>

Calixto, A. & Meza, F. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de frazadas a base de PET y algodón nativo. [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial]. Universidad de Lima. Recuperado de:

https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13771/Calixto_Perez_Angelo_Augusto.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dym, C. y Little, P. (2002). El proceso de diseño en ingeniería. Como desarrollar soluciones efectivas (1ra ed.). Editorial Limusa Wiley.

Ellegren, M. & Nakamatsu, J. (2009). Poliésteres insaturados a partir de desechos de PET. Revista de la Sociedad Química del Perú, 75(1), 26-32. Recuperado de:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n1/a05v75n1.pdf>

Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company (2016). The New Plastics Economy - Rethinking the future of Plastics. Recuperado de:

<https://emf.thirdlight.com/file/24/RrpCWLERyBWPZRrwSoRrB9KM2/The%20New%20Plastics%20Economy%3A%20Rethinking%20the%20future%20of%20plastics%20%26%20catalysing%20action.pdf>

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the World's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9(12):e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

Flores, A. P. (2021). La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid-19. Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias de la Salud. South Sustainability. Vol.1, N°2. Pag.1-9. Lima, Perú.

<https://doi.org/10.21142/SS-0102-2020-016>

Gómez, M., et. al (2020). Estudio de pre-factibilidad para la elaboración de prendas impermeables a partir de fibras de botellas PET reciclados. [Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental]. Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado de: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5906fb30-8bbc-41ea-81a4-2f31a1cd07af/content>

Guerra, L. (2021). Diseño y construcción de un prototipo de procesadora de botellas plásticas PET recicladas para la obtención de fibra de poliéster. [Trabajo de Titulación para optar al grado de Magíster en Diseño Mecánico]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/14661>

Gupta, K. (2014). Engineering materials: Research, applications and advances (1.^a ed.). Taylor & Francis Group. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books/about/Engineering_Materials.html?id=yNbMBQAAQBAJ&redir_esc=y

Iccyt. (2019). Plásticos en los océanos. N°34(1-6). México.

ISO 2076. (2010). Textiles – Man-Made Fibres – Generic Names. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/50346.html>

IUPAC Compendium of Chemical Terminology. The Gold Book edición online. <http://goldbook.iupac.org/> , visitada el 30/07/2022

Juste, I. (2020). Ecología Verde: tipos de plásticos. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-plasticos-1732.html>

Juvinall, R. (1996). Fundamentos de diseño para Ingeniería Mecánica (1ra ed.). Editorial Limusa y Noriega Editores.

Kahar, A. W. M., Ismail, H., & Abdul Hamid, A. (2015). The correlation between crosslink density and thermal properties of high-density polyethylene/natural rubber/thermoplastic tapioca starch

- blends prepared via dynamic vulcanization approach. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 123(1), 301-308. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/278967588_The_Correlation_between_Crosslink_Density_and_Thermal_Properties_of_High_Density_PolyethyleneNatural_RubberThermoplastic_Tapioca_Starch_Blends_Prepared_via_Dynamic_Vulcanisation_Approach
- Manrique, M. R. (2020). Microplásticos: El enorme problema de las pequeñas partículas de plástico. Revista de Química. PUCP. Vol. 34. N° 1-2.
- Mansilla, L. & Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Ingeniería Industrial, 0(027), 123–137. Recuperado de:
[https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/2479#:~:text=Las%20hojuelas%20\(flakes\)%20de%20PET,a%20cuidar%20nuestro%20medio%20ambiente.](https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/2479#:~:text=Las%20hojuelas%20(flakes)%20de%20PET,a%20cuidar%20nuestro%20medio%20ambiente.)
- Méndez, A. (2017). Parámetros clave a considerar durante el procesamiento del PET. Plastics Technology México. Dpto. Procesos de transformación de plásticos. Recuperado de
<https://www.pt-mexico.com/articulos/parmetros-clave-a-considerar-durante-el-procesamiento-del-pet>
- Minan (2018). Portal de Transparencia: Cifras del mundo y el Perú.
<https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Minam (2016). Ministerio del Medio Ambiente D.L. N° 1278.- Ley de gestión integral de residuos sólidos. Congreso de la Republica. Perú <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>
- Mott, R. (2019). Diseño de elementos de máquinas. University of Dayton.
- Norton, R. (1999). Diseño de Máquinas (1ra ed.). Editorial Prentice.
- Oceana: Protegiendo los océanos del mundo. (). Contaminación plástica.
<https://peru.oceana.org/oficinas-internacionales-de-oceana/>
- ONU (2021). Cambio climático y medio ambiente. Noticias ONU. Octubre 2021
<https://news.un.org/es/story/2021/10/1498752>

- Piñeros, M., & Herrera, R. (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda. Recuperado de <https://hdl.handle.net/10983/22382>
- Plastics Europe (2013). Plastics - the Facts 2013. An analysis of European latest plastics production, demand and waste data. Belgium: Plastics Europe, Association of Plastic Manufacturers. Recuperado de: https://www.plasticseurope.org/application/files/7815/1689/9295/2013plastics_the_facts_PubO ct2013.pdf
- Pnuma (2021). De la contaminación a la solución: Evaluación global de la basura marina y la contaminación plástica. Programa para el medio ambiente. ONU-USA. <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>
- PQS (2020). Actualidad: La voz de los emprendedores. Andina <http://www.staging.pqs.pe/actualidad/en-el-peru-se-producen-14-millones-de-toneladas-de-plastico-al-ano>
- Reciclame (2020). Análisis de Flujo de Materiales de Envases de Plásticos para la Producción, Consumo y Comercio de Envases Rígidos del Polietileno de Tereftalato (PET) en Perú durante 2018. Lima – Perú.
- Rodríguez, L. & Orrego, C. (2016). Aplicaciones de mezclas de biopolímeros y polímeros sintéticos: revisión bibliográfica. Revista Científica, 25, 252-264. Recuperado de: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/10424>
- Salas, O. L. (2020). Envases de Plástico. Perú 21: Economía. Noviembre 2020
- Shingley, J. y Mischke, C. (2003). Diseño en ingeniería mecánica (6ta ed.). Editorial McGraw Hill.
- Statista (2021). Statista Company Factsheet. Hamburgo. Alemania. <https://es.statista.com/>
- Suasnavas, D. (2017) Degradación de materiales plásticos PET (polyethylene terephthalate) como alternativa para su gestión. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13224>

Tapia, J. & García, A. (2007). Diseño de un nuevo proceso para la obtención de fibras de poliéster a partir de PET reciclado. *Conciencia Tecnológica*, (34), 60-61. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94403418.pdf>

Velandia, I. (2019). Plan de negocio para la creación de una empresa productora de fibra de poliéster a partir de botellas de plásticos trituradas. [Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico]. Universidad Santo Tomás. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18099/2019ilanvelandia.pdf?sequence=5>

Villafañe, C. (2018). Análisis mecánico del material polimérico PET proveniente de botellas de plástico. Universidad de Valladolid. Escuela de Ingenierías Industriales. Valladolid. España.