



Propuesta para el análisis del comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato (PET) extruido

Proposal for the analysis of the mechanical behaviour of an extruded polyethylene terephthalate (PET) recycled plastic rod

Proposta para a análise do comportamento mecânico de uma haste de plástico extrudido de polietileno tereftalato (PET) reciclado

Alexis Jacinto Vergara-González ^I
avergarag@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8151-952X>

Kevin Christopher Zambrano-Pasos ^{II}
kzambranop@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0096-2395>

Alexis Wladimir Valle-Benítez ^{III}
avalleb@ulvr.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-9274-3738>

Correspondencia: avergarag@ulvr.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

***Recibido:** 04 de enero de 2022 ***Aceptado:** 31 de enero de 2022 * **Publicado:** 21 de febrero de 2022

- I. Ingeniero Civil egresado de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Investigador Independiente, Ecuador.
- II. Ingeniero Civil egresado de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Investigador Independiente, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Magister en Sistemas Integrados de Gestión, Docente Investigador, Catedrático en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte en Guayaquil, Ecuador.

Resumen

El objetivo de la investigación fue elaborar una propuesta para el análisis del comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido a través de ensayos y pruebas de laboratorio, en virtud de los problemas que se derivan de su uso por el alto grado de toxicidad y contaminación ambiental. Fue desarrollado bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo y descriptivo, modalidad proyecto factible. Los datos se recabaron mediante una escala de Lickert a los 10 ingenieros que laboran en Laboratorio de Geotecnia y Construcción, analizados mediante la estadística descriptiva. Los resultados obtenidos arrojaron aportes significativos para el conocimiento y desarrollo del trabajo, a partir de experiencia de los profesionales encuestados para corregir errores y perfeccionar los parámetros críticos en la ejecución del proyecto. Con la propuesta se busca revolucionar a la construcción a través de la reutilización de materiales sencillos y comunes que se utilizan en la vida cotidiana, como la varilla de plástico PET y con ello determinar su utilidad en la construcción y la conservación del medio ambiente. Se concluye que la varilla de plástico a través del ensayo de tracción tiene valores totalmente diferentes en comparación con respecto a la varilla de acero, esto depende de factores como: el tipo de material, estructuración de cada varilla y los diferentes tipos de procesos a las que ambas están sometidos; también se determinó que la elongación de la varilla supera los 1500N y a través de este valor se puede establecer la flexibilidad y la resistencia a la que podrá estar expuesta la varilla de plástico PET.

Palabras claves: Comportamiento mecánico; varilla de plástico reciclado; tereftalato (PET) extruido.

Abstract

The objective of the research was to develop a proposal for the analysis of the mechanical behavior of an extruded polyethylene terephthalate (PET) recycled plastic rod through tests and laboratory tests, due to the problems that derive from its use by the high degree of toxicity and environmental contamination. It was developed under the positivist paradigm, with a quantitative and descriptive approach, feasible project modality. The data was collected using a Lickert scale from the 10 engineers who work in Geotechnics and Construction, analyzed using descriptive statistics. The results obtained yielded significant contributions to the knowledge and development of the work, based on the experience of the professionals surveyed to correct errors

and improve the critical parameters in the execution of the project. The proposal seeks to revolutionize construction through the reuse of simple and common materials that are used in everyday life, such as PET plastic rod, and thereby determine its usefulness in construction and environmental conservation. It is concluded that the plastic rod through the tensile test has totally different values compared to the steel rod, this depends on factors such as: the type of material, structuring of each rod and the different types of processes to which it is applied. that both are subdued; It was also determined that the elongation of the rod exceeds 1500N and through this value it is possible to determine the flexibility and resistance to which the PET plastic rod may be exposed.

Keywords: Mechanical behavior; recycled plastic rod; extruded terephthalate (PET).

Resumo

O objetivo da pesquisa foi elaborar uma proposta para a análise do comportamento mecânico de uma haste plástica reciclada de tereftalato de polietileno (PET) extrudada através de ensaios e ensaios laboratoriais, devido aos problemas decorrentes de seu uso pelo alto grau de toxicidade e contaminação ambiental. Foi desenvolvido sob o paradigma positivista, com abordagem quantitativa e descritiva, modalidade de projeto viável. Os dados foram coletados em escala Lickert dos 10 engenheiros que atuam no Laboratório de Geotecnia e Construção, analisados por meio de estatística descritiva. Os resultados obtidos renderam contribuições significativas para o conhecimento e desenvolvimento do trabalho, com base na experiência dos profissionais pesquisados para corrigir erros e melhorar os parâmetros críticos na execução do projeto. A proposta busca revolucionar a construção por meio do reaproveitamento de materiais simples e comuns que são utilizados no dia a dia, como a haste plástica PET, e assim determinar sua utilidade na construção civil e na conservação ambiental. Conclui-se que a haste plástica através do ensaio de tração possui valores totalmente diferentes em relação à haste de aço, isso depende de fatores como: o tipo de material, estruturação de cada haste e os diferentes tipos de processos aos quais ela é aplicada .que ambos são subjugados; Também foi determinado que o alongamento da haste excede 1500N e através deste valor pode-se estabelecer a flexibilidade e resistência a que a haste plástica PET pode ser exposta.

Palavras-chave: Comportamento mecânico; haste de plástico reciclado; tereftalato (PET) extrudado.

Introducción

Los impactos ambientales en las construcciones civiles resultan perjudiciales al medio ambiente y su entorno. En efecto, el plástico ha sido uno de los materiales más utilizado por la industria empleado en diferentes campos donde el uso que se le da trae una problemática dentro de la contaminación ambiental. Debido a esto, se han empleado diferentes formas para mitigar este fenómeno de tal manera que no afecte a la ecología del país y que su impacto ambiental no siga siendo perjudicial para el medio ambiente.

A tales efectos, el informe presentado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2019), sobre contaminación por plásticos, advierte sobre la necesidad de reducir los daños de los mismos, en virtud de que éstos representan el 85% de los residuos que llegan a los océanos, cuyo material fluye hacia el mar con amplio volumen, lo que se traduce en una cantidad anual de 37 millones de toneladas aproximadamente, perjudicando irreparablemente las especies marinas.

A pesar de lo descrito, es importante destacar que la utilización del plástico tiene sus ventajas y desventajas, dado que tiene diversos usos en diferentes industrias, por tal razón, se requiere del conocimiento para darle el uso adecuado sin riesgo de perjudicar a terceros y que sea un método utilizable dentro de los procesos constructivos, debido a que el plástico es uno de los principales materiales que contaminan al medio ambiente.

En ese sentido, es necesario poder identificar las diferentes características que posee su utilización en aras de que las mismas resulten beneficiosas para la sociedad; de allí que se busca obtener buenos resultados que ayuden a mitigar los impactos ambientales y también es necesario innovar con materiales pocos utilizados en el campo de la construcción con la finalidad de obtener el mayor provecho de ellos.

Por su parte, en Ecuador, las problemáticas más resaltantes que afectan a la población, se relaciona con la falta de viviendas de interés social, y los altos índices en contaminación ambiental, ocasionados por los desechos sólidos, entre los cuales se destacan altos porcentajes en plásticos de un solo uso, cuyo uso causa incidencias en lo social, cultural y medioambiental dado que afecta su desarrollo. (Chalaco y Muñoz, 2021).

En consecuencia, en el presente estudio se plantea como objetivos generales elaborar una propuesta para el análisis del comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido a través de ensayos y pruebas de laboratorio, en aras de

contribuir a la minimización de efectos contaminantes que vayan en detrimento de la vida de las personas y todos los seres vivos que habitan en la tierra.

Se busca además, obtener nuevas alternativas que ayuden a reducir la contaminación del plástico en el sector constructivo y la reutilización del mismo una vez convertido en un nuevo material; por ende, como material de innovación su uso ha sido beneficioso para la reducción de la contaminación del plástico, con lo cual se han obtenido resultados positivos dentro de la fabricación de nuevo elementos.

Marco teórico

Se entiende como el comportamiento mecánico de varillas que se componen de acero de refuerzos o acero corrugado, las cuales tienen propiedades dentro de una barra común de acero al carbón laminado que cumple como mecanismo de tensión en las estructuras de concreto reforzado y también se lo emplea como mampostería reforzada para mantener el concreto en compresión; que al ser sometidas a fuerzas mecánicas externas, se observan cambios en la capacidad de equilibrio de los mismos presentando una transformación dentro de su estructura interna de la materia ante la acción de fuerzas que provienen de movimientos opuestos a él. (Chalaco y Muñoz, 2021).

La composición química de las varillas de acero, están constituida por varios elementos, entre los que se encuentra el carbono por un porcentaje máximo de colada que debe estar en 0.3, así como el Manganeso en 1.5, el Fosforo en 0.035, el Azufre en 0.0045 y el Silicio en 0.5, cuyas características son la ruptura, la elongación, tenacidad, límites de fluencia, ductilidad, separación y el tamaño de las corrugas.

Plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido

Al hacer referencia en torno al plástico y sus diversos usos en que se ha empleado este material, se puede hacer una clasificación de las diferentes medidas para reciclar el polietileno tereftalato (PET), las cuales se han empleado para la elaboración de recipientes de diferentes líquidos, agua, jugos, aceites, entre otros. Como también están HDPE (polietileno de alta densidad), PVC (cloruro de polivinilo), LDPE (polietileno de baja densidad), y entre otros plásticos.

Principales características del Tereftalato de Polietileno (PET)

La selección exclusiva del tipo de plástico es el Tereftalato de Polietileno (PET), se decide utilizarlo, debido a que se puede modificar varias veces con fuerzas mecánicas o caloríficas,

haciéndolo un plástico 100% reciclable. En ese sentido, el PET se puede inyectar, extruir, laminar y soplar, es uno de los plásticos favoritos de la industria, principalmente de envases.

El procedimiento para aplicar la fórmula molecular del Tereftalato de Polietileno según Mamani (2019), es derretir con el calor para que sea solidificado al enfriarse, pudiéndose moldear a nuevas formas que se fijan y quedan estables al enfriarse. Esto es debido a que las macromoléculas están unidas por débiles fuerzas que se rompen con el calor. Su nomenclatura es: $(C_{10}H_8O_4)_n$. Por otra parte, la temperatura tolerable por el PET sin deformación ni degradación alcanza a soportar hasta los $71^{\circ}C$, pero el PET cristalizado propiamente las botellas de plásticos que conocemos alcanza a resistir temperaturas hasta $230^{\circ}C$. (Mariano, 2011).

Se debe tomar en cuenta que este material en la extrusión se trabaja a temperaturas superiores de $250^{\circ}C$, siendo el punto de fusión $260^{\circ}C$ del PET y otra de sus propiedades más destacadas es que siendo un termoplástico y como tal es un producto químicamente inerte y sin excesos en aditivos. Estas características significativas le hacen apropiado y fácil con el reciclado en máquina, con equipos cristalizadores y también es posible el reciclado en plantas de recuperación de energía. De igual forma, los gases que emite durante la fusión son esencialmente limpios, debido a que el PET cristalizado no contiene elementos como halógenos, sulfuros, u otros materiales de difícil eliminación. (Groover, 2002).

Materiales y Métodos

En función de alcanzar el objetivo propuesto, la presente investigación se desarrolló desde el paradigma positivista que en palabras de Martínez (2013), “busca los hechos o causas de los fenómenos sociales independientemente de los estados subjetivos de los individuos” (p. 2); es decir, persigue de una manera objetiva la verdad de los hechos o acontecimientos ocurridos.

De igual manera, el estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo, mismo que representa un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, donde cada etapa precede a la siguiente en el que se cumple un orden riguroso, cuyo desarrollo parte de una idea que una vez delimitada, se derivan preguntas y se plantean objetivos de investigación orientados a dar respuestas a las interrogantes. (Hernández, et al., 2010).

Se define también por un diseño descriptivo, transeccional y no experimental, porque en primer lugar se busca medir las características que constituyen el fenómeno, seguidamente se recogen

los datos durante un contexto circunstancial único y además no se considera necesario manipular deliberadamente las variables que se estudian, (Hernández, et al., 2010).

La modalidad de este trabajo es proyecto factible, al respecto Balestrini (2002), los señala como aquellas investigaciones que ofrecen un aporte donde se establece una alternativa de solución al problema observado mediante un modelo, partiendo de la realidad estudiada, una vez que fue sometida a un minucioso proceso de factibilidad para satisfacer las brechas y necesidades observadas.

La población está conformada por 10 ingenieros trabajadores de la empresa Laboratorio de Geotecnia y Construcción, por ser un universo finito se tomó como muestra a la misma cantidad de personas, constituyéndose en una muestra no probabilística por cuanto el criterio de selección es que todos los participantes tienen la oportunidad de conformarla para ser encuestados. (Castro, 2003).

La técnica de recolección de datos fue la encuesta y el instrumento un cuestionario contentivo de cinco ítems, que tuvo las siguientes alternativas de respuestas: Si, No, Tal Vez, analizadas con el apoyo de la estadística descriptiva, de donde se obtuvo información útil y relevante para sustentar la propuesta que se presenta en el presente estudio, relacionada con el comportamiento mecánico de una varilla de plástico polietileno tereftalato (PET) extruido.

Estudio de factibilidad

Para determinar si la propuesta es pertinente, se realiza un estudio tomado en cuenta las siguientes aristas:

Factibilidad Social: La intencionalidad del proyecto que se propone, permite la posibilidad de replantearse la convivencia en un mundo con la más mínima contaminación posible a través de acciones como estas que contribuyan a la reutilización de materiales tóxicos, por lo que se estima beneficiar al mayor número de personas en aras de que su desarrollo sea dentro de un ambiente sano, puro y limpio, por lo que se considera factible desde este punto de vista.

Factibilidad técnica: Para ejecutar la propuesta se necesita un molde metálico, una máquina de tracción, el talento humano compuesto por un maestro mayor y un, peón, materiales el plástico y el transporte, materiales que se encuentran disponibles en Laboratorio de Geotecnia y Construcción.

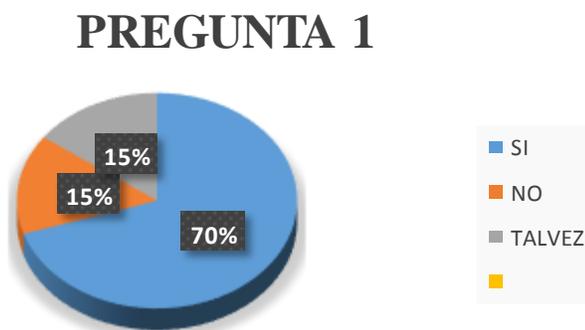
Factibilidad económica: Considerando las horas/hombre y el costo de los rubros, los cálculos determinaron un monto total de inversión para futuros ejecutantes de aproximadamente 132, 07 US\$

Factibilidad legal: La transformación del plástico en el que se estudia su comportamiento, no viola ninguna ley, por el contrario se circunscribe en el derecho que tienen los ciudadanos a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado apto para el desarrollo humano, cuya directriz es emanada en la Constitución de la República de Ecuador (2008), específicamente en su artículo 41, y en la Ley de Gestión ambiental de 2004 así como en el código orgánico del ambiente (2017), jurisprudencia que emite los lineamientos para el resguardo de las normas ambientales.

Análisis de los resultados

Para representar visualmente los datos que se recabaron en la investigación con la aplicación del instrumento diseñado a la muestra seleccionada, se presentan los siguientes gráficos con su respectivo análisis, correspondiente a las respuestas ofrecidas por los encuestados, las cuales ofrecieron luces para nutrir la propuesta en consideración a sus ventajas y beneficios:

Pregunta 1. ¿Cree usted que el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” ayudara a la conservación del medio ambiente?

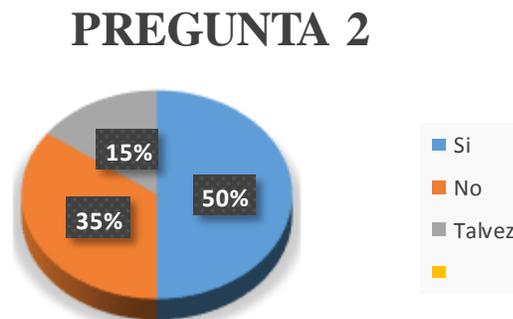


Nota: Gráfico 1. Opinión sobre la contribución del Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET) para la conservación del medio ambiente. Fuente: Autores (2022)

Los ingenieros encuestados expresaron sus opiniones de las cuales el 70% manifestó que están totalmente de acuerdo que el proyecto ayudara en la conservación del medio ambiente al reutilizar el plástico PET, mientras que el 15% de los mismos señalaron que no y otro 15% que

tal vez no. En esta primera pregunta, se observa como más de la mayoría de las personas encuestadas están de acuerdo que el proyecto ayudara a la conservación del medio ambiente y a la disminución de desechos plásticos.

Pregunta 2. ¿Cree usted que el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” ayudara a la innovación de nuevos procesos constructivos?

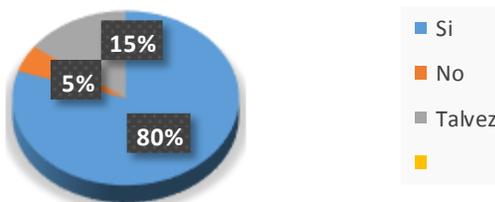


Nota: Grafico 2. Opinión sobre la innovación de nuevos procesos constructivos a través del Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET). Fuente: Autores (2022)

A través de esta pregunta se puede analizar que los proyectos innovadores son pocos utilizados, dado que el 50% de los ingenieros encuestados expresó que la innovación de nuevos procesos constructivos ayudará de manera beneficiosa la ejecución de los futuros proyectos a través de análisis minucioso basado en diferentes tipos de pruebas que cumplan con la normativa específica para poder usarlos. Por otra parte, El 35% dijo que no ayudará a la implementación de procesos innovadores debido a que no hay antecedentes registrados de la implementación del proyecto realizado. Así mismo el 15% opinó que tal vez, considerando están indecisos para responder a la pregunta planteada.

Pregunta 3. ¿Cree usted que el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” ayude financieramente en futuros proyectos?

PREGUNTA 3

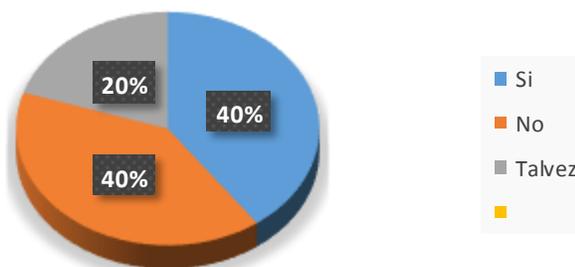


Nota: Grafico 3. Opinión sobre la ayuda financiera en futuros proyectos sobre el Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET). Fuente: Autores (2022)

Se determina que el 80% de los ingenieros consideraron que el proyecto ayudaría financieramente debido a que es un material reutilizable y muy sencillo de conseguir y en contraparte el 5% señaló que no ayudará por los diversos procesos a los que tendría que estar expuesto el plástico PET. De igual forma, el 15% apuntó que tal vez, por lo que se infiere que no están totalmente convencidos de su respuesta.

Pregunta 4. ¿Cree usted que el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” obtendrá resultados beneficiosos para el bien de las construcciones civiles?

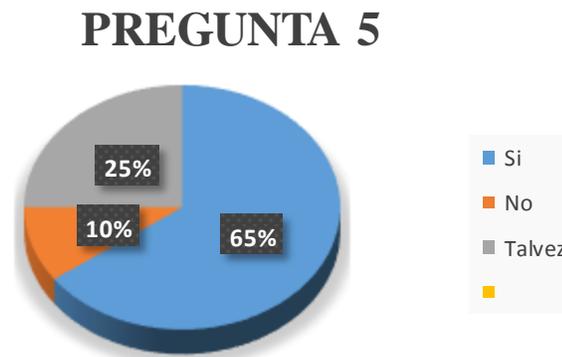
PREGUNTA 4



Nota: Grafico 4. Opinión sobre los resultados del proceso que incluye el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET). Fuente: Autores (2022)

El 40% de los ingenieros encuestados enunciaron que se obtendrá resultados beneficiosos en la realización del proyecto y de esta manera poder tener mayores implementaciones de nuevos materiales constructivos, mientras que el 40% expresaron que no se obtendrá resultados beneficiosos por la falta de apoyo en la utilización de nuevos materiales. A esta interrogante el 20% respondió que tal vez. Es importante mencionar que el proyecto es nuevo, por lo tanto, no se ha utilizado en ningún otro proceso constructivo, por ende, existe incertidumbre por los posibles riesgos que puede resultar en la construcción, es por esto que se ha realizado amplios estudios y análisis especificados en donde se determina el desarrollo de la varilla de plástico PET basados en su durabilidad, flexibilidad y resistencia.

Pregunta 5. ¿Usted aplicaría el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” en nuevos procesos constructivos?



Nota: Grafico 5. Opinión sobre la aplicación de nuevos procesos constructivos mediante el Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET). Fuente: Autores (2022)

Se determina con esta pregunta la utilización del proyecto para las obras de cada ingeniero encuestado y poder dimensionar el alcance que tendrá la propuesta. En ese sentido, se puede apreciar que el 65% articuló un si como respuesta, mientras que el 10% contestó que no 25% tal vez, debido que no está disponible en la actualidad alguna referencia que determine su utilización.

La encuesta realizada es de gran ayuda por las diversas opiniones de los diferentes ingenieros, también el aporte del conocimiento y experiencia adquirida por los profesionales para poder corregir pequeños errores y perfeccionar los diversos parámetros que pueden ser críticos en la ejecución del proyecto.

Propuesta

La finalidad de la propuesta es obtener resultados positivos que revolucionen a la construcción a través de la reutilización de materiales sencillos y comunes que se utilizan en la vida cotidiana, en este caso el proceso se realizó con una varilla de plástico PET para poder determinar que sea útil y eficaz en la utilización de diversos procesos constructivos aplicándose de esta manera la conservación del medio ambiente.

La varilla tendrá un diámetro específico para poder obtener la resistencia adecuada, de esta manera se la pueda utilizar en diferentes estructuras, la composición física del plástico ayudará a que la varilla adopte una postura rígida debido a que es un material con características densas ayudando de una manera más factible la característica mecánica de una varilla.

El principal motivo de esta propuesta está basado en el cuidado y en la conservación del medio ambiente, a través de la reutilización del material más contaminante del mundo debido a su larga durabilidad y el tiempo de descomposición. En la cual se puede analizar la composición del material a emplear, debido que es un proyecto innovador y poco aplicable se establece los grandes beneficios que ayudaran en diversos procesos constructivos.

Para obtener la caracterización del comportamiento mecánico de la varilla de plástico PET se procede a realizar los ensayos de tracción, dirigido por el Jefe del Laboratorio de Geotecnia y Construcción ubicado en la Universidad Politécnica de Guayaquil, basados en las normas específicas NTE INEN 109 donde se analiza el esfuerzo máximo que obtiene la varilla y la elongación en la cual se parte mediante el “cuello de botella” para determinar su aplicación.

Seguidamente se determinaron los esfuerzos a los que estará sometida la varilla con ayuda de la “balanza de 600g” en donde nos muestras los esfuerzos máximos y mínimos de la varilla de plástico, sometiéndola a comparativas con la varilla de acero. A través de los resultados obtenidos se pueden establecer las enormes diferencias entre ambas varillas debido a la deflexión que varía entre 2000 N y 75000 N para cada varilla correspondiente.

Alcance

El proyecto está regido con normas específicas para la realización del ensayo de tracción; este ensayo es aplicable para varillas de acero y de otro tipo de material expuesto a temperatura ambiente en la cual se debe especificar diversos parámetros para la aplicación del ensayo. Se describe las características que se requiere utilizar en el ensayo de tracción tales como el diámetro, límite de fluencia y esfuerzos máximos para poder determinar la resistencia y la deflexión que adoptara la varilla.

Tabla 2. Designación de Características para ensayo de Tracción

Característica	Unidad	Descripción
D	mm	Diámetro
LO	mm	Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga
SO	mm	Área de sección transversal de longitud inicial
Fm	N	Fuerza máxima
Lu	mm	Longitud calibrada después de la rotura de la probeta
A	%	Porcentaje de elongación
ReH	N/mm ²	Límite de fluencia
Rm	mm	Resistencia a la tracción

Fuente: autores (2022)

Proceso de elaboración de Varilla PET

Es necesario y de suma importancia poder describir de manera detallada el proceso de elaboración de varilla PET para que en futuros proyectos quede detallado como ejecutar su elaboración de manera clara y concisa, tal y como se expresa en la siguiente tabla (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Proceso de elaboración de Varilla PET

Paso	Proceso	Descripción	Referencia visual
1	Recolección de Plástico PET	Se recolecta el plástico PET. Su recolección es sencilla, se la puede obtener de botellas o de diversos envases.	
2	Elaboración de moldes metálicos	Para poder elaborar la varilla, es necesario elaborar un molde metálico con diámetro y longitudes específicos dependiendo del tipo de varilla que se quiere elaborar. Ej. Longitud: 1m Diámetro:25mm	
3	Horno Artesanal	Se elaboras un horno Artesanal para poder derretir el plástico	
4	Trituración del Plástico	Es de suma importancia triturar el plástico para poder aprovechar de mejor manera sus propiedades	

5	Fundición del Plástico	Se procede a depositar el plástico triturado en el Horno artesanal a una temperatura de 150°C	
6	Depositar el Plástico Fundido	Luego que se derrite el plástico, se lo coloca en el molde metálico y procedemos a esperar que se enfrié con un tiempo aproximado de 4 a 5 horas	
7	Desmoldar	Se procede a desmoldar y previamente para obtener la varilla de plástico PET	

Fuente: Autores (2022)

Proceso de Extrusión

Esta técnica es cada vez más esgrimido en la transformación, por su versatilidad en la elaboración de nuevos productos y a su eficacia, tanto productiva como energética. Por lo tanto, esto requiere un enfoque muy ameno y la necesidad de poseer, revelar mayor conocimiento de los fenómenos físicos y químicos de los componentes principales involucrados en esta técnica que afectaran las características de calidad finales del producto.

El proceso de extrusión es la acción de hacer pasar un polímero o material fundido de consistencia gomosa, por medio de la presión, a lo largo de un tornillo simple más conocido como husillo. La parte más importante es el husillo que se ajusta con presión dentro de la camisa cilíndrica, apenas con el espacio suficiente para rotar, la maquina se alimenta de un extremo y en el otro extremo sale el material fundido y homogenizado con la finalidad de ser sometido a un moldeo o en otros casos ya sale perfilado. (Mamani, 2019).

Descripción de ensayo de tracción

Para poder tener la comparativa de la resistencia mecánica de la Varilla de plástico PET con una varilla tradicional se realizó el ensayo de tracción para materiales metálicos temperatura ambiente de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 109:2009 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (200), tomando en cuenta dicha normativa fue realizada la prueba para obtener un punto de control para la diferencia y si cumpliera dichas normas para poder ser implementada en diferente tipo de construcciones y su factibilidad

Dentro de la normativa se especifica los pasos que se debía cumplir para elaboración del ensayo de tracción en la cual consistía en el estiramiento de las probetas donde por una fuerza axial de tracción que se realizaba de manera igual en las dimensiones de la varilla de plástico PET en la que se utiliza una máquina para realizar la fuerza correspondiente al ensayo de tracción para poder encontrar donde se comenzaba a deformar de la varilla de plástico y poder encontrar la características mecánica que iba a ser obtenido en el ensayo.

Se tomó en cuenta que la temperatura para llevar a cabo sea al ambiente que estaba 29°C, cumpliendo con la normativa que se estableció en entre +10°C y +35°C. La máquina que se implementó para la presión del ensayo cumplía las normas específicas que está en la NTE INEN 1502 y la NTE INEN 1503 para la característica que se identificó de la maquina fueron:

- a) Se tenía previsto la aplicación axial del esfuerzo que se iba a ejercer en la probeta.
- b) Los esfuerzos de aplicación de la carga tenían que ser continuas, sin ningún tipo de vibración y choques.
- c) La visualización para poder controlar la regulación y comando que estaba en ejecución del ensayo, con las velocidades específica que era necesaria aplicar de acuerdo a la varilla de plástico PET
- d) De acuerdo con la específica de las normas tenía que cumplir con un error máximo permitido del 1% de carga indicada.

La preparación de la muestra fue establecida con la norma que se especifica que la longitud de calibración inicial iba está relacionado con el área proporcional de área de inicio de la sección transversal de acuerdo con la ecuación de la longitud inicial es $L_0 = k\sqrt{S_0}$ donde se la establece la proporción de probeta donde el valor de adopta para la norma es $k=5,65$ donde si cumple que la longitud de calibración inicial era mayor de 20mm.

Se debe tener en cuenta que la preparación de la probeta del ensayo de estar acuerdo con las especificaciones de que requiera la norma de material que está especificado en la Norma ISO-INEN 377. Para la probeta obtener la longitud calibrada inicial se debe tener en cuenta que la diferencia entre la marcad y la que se calcula de la longitud calibra inicial debe esta limita hasta los 10% de la L_0 . En cual la precisión de +/- 1%. La velocidad de la maquina ejercida debe a la resistencia de los materiales que se vaya a ser ejercida en dicha varilla donde tiene que cumplir para una varilla tradicional es de límite de fluencia y esfuerzo establecido en el siguiente gráfico.

Tabla 4. Relación de aplicación de esfuerzo

Módulo de elasticidad del material (E) Mpa		Relación de aplicación de esfuerzos Mpa/s	
		Min	Máx.
<	150000	2	20
≥	150000	6	60

Fuente: NTE INEN 109 (2009)

Para poder ver la resistencia de la prueba en la aplicación de los esfuerzos se especifica que la relación que debemos estar entre los limites establecido en la tabla de relación de esfuerzo en el parte de varilla cuando comience a deformarse del campo plástico y hasta resistencia máxima admisible de la varilla de plástico debe ser la relación de aplicación de no más un esfuerzo de 0,0025/s. Cuando la varilla de plástico PET se puede ver el momento de deformación en la mecánica de la resistencia a la tracción (R_m).

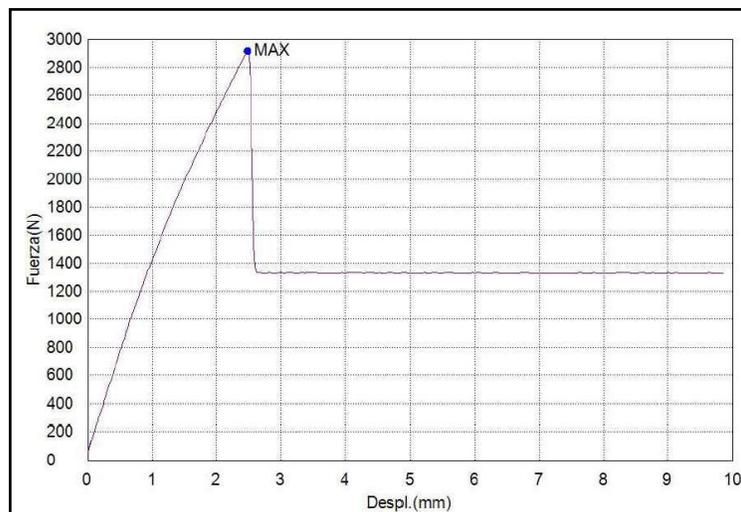
Según la normativa para la deformación de la varilla en el rango plástico, se especifica que la relación de aplicación de esfuerzo en la longitud paralela no debe sobrepasar de 0.008/s y en el rango elástico esta se determina por la fluencia de la velocidad de la máquina a lo que permita el material alcanzar. Seguidamente se realizaron los ensayos correspondientes para la obtención y verificación del cumplimiento de las condiciones de la varilla de plástico correspondiente al ensayo de tracción y se realizó una comparativa con una varilla tradicional.

En la siguiente tabla se observa la comparativa de la varilla de plástico y la varilla tradicional.

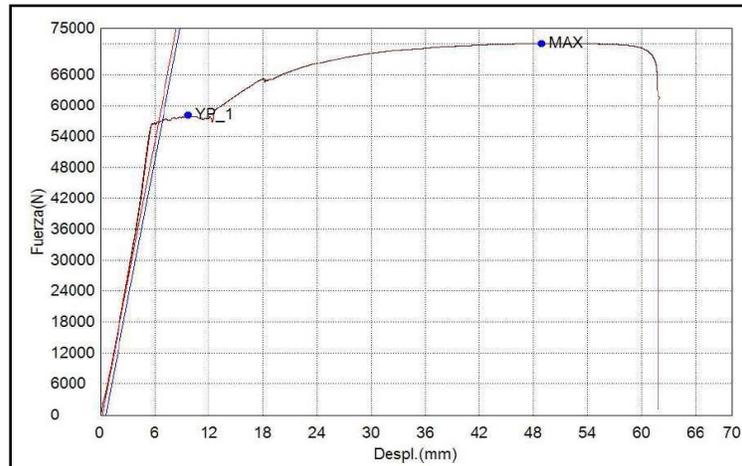
Tabla 5 Comparativa de la varilla de plástico y la varilla tradicional.

	Carga Máxima (N)	Elongación (%)	Límite Fluencia (N/mm ²)	Resistencia a la Tracción (N/mm ²)
Varilla de Plástico PET	2917,45	0,50	-	5,94
Varilla corrugada de acero	72017,00	18,00	513,00	636,70

Fuente: autores (2022)



Nota: Gráfico 6. Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla Plástico PET



Nota: Gráfico 7. Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla Plástico PET

Con el ensayo obtenido en el laboratorio correspondiente, se puede observar que la resistencia mecánica de la varilla de plástico es muy baja en comparación a la varilla de acero corrugado. Tampoco la varilla de prueba no cumplió con los estándares especificada en las normas, por lo tanto, requiere de mejores características estructurales para poder usarlo en futuros procesos contractivos.

Conclusiones

La varilla de plástico es un proyecto innovador que beneficiara al cuidado del medio ambiente debido a que reciclamos todo tipo plástico PET, la cual el desecho de estos materiales es una de las principales problemáticas siendo perjudiciales para el medio ambiente y de forma indirecta para la ciudadanía.

Se estima que el proyecto ayudara financieramente en la ejecución de futuras obras constructivas donde escatimamos un precio unitario de 132\$ equivalente al análisis de la varilla de plástico PET ayudando de manera consecuente a futuros proyectos.

Para la realización de este proyecto se requiere de grandes características tales como investigaciones exhaustivas que ayuden a lograr el resultado adecuado, diferentes experimentos científicos en la ejecución de la varilla para que pueda obtener las normas deseadas y ensayos técnicos que determinen el comportamiento mecánico de la varilla de plástico.

Se determinó a través de encuestas que la varilla de plástico ayudará a la mitigación de impactos ambientales y mediante la opinión de los profesionales encuestados será un proyecto que beneficiará en el sector constructivo a nivel mundial.

Los valores que se dan a conocer de la varilla de plástico mediante el ensayo de tracción son totalmente diferentes en comparación con respecto a la varilla de acero, esto depende de factores como: el tipo de material, como está estructurado cada varilla y los diferentes tipos de procesos a las que ambas están sometidos; también se determinó que la elongación de la varilla supera los 1500N y a través de este valor se puede determinar la flexibilidad y la resistencia a la que podrá estar expuesta la varilla de plástico PET.

Referencias

1. Balestrini Acuña, M. (2002). *Cómo se elabora el Proyecto de Investigación (para los Estudios Formulativos o Exploratorios, Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, Experimentales y los Proyectos Factibles)*. Caracas, BL Consultores Asociados, Servicio Editorial.
2. Castro, M. (2003). *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. (2^a.ed.). Caracas: Uyapal
3. Código Orgánico del ambiente (2017). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
4. Constitución de la República del Ecuador (2008). <https://pdba.georgetown.edu/Parties/Ecuador/Leyes/constitucion.pdf>
5. Groover, M. (2002). *Fundamentos de la manufactura moderna* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
6. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ta Edición). México: Mc Graw Hill. <https://doi.org/-> ISBN 978-92-75-32913-9
7. Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 109:2009 (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/109.pdf>
8. Ley de Gestión ambiental (2004). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf>

9. Mamani, S. M. (2019). Reciclado de plástico (PET) para la elaboración de adoquín. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2116/Sirly_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Mariano. (2011). Materiales plásticos, características, usos, fabricación, procesos de transformación y reciclado. <https://www.textoscientificos.com/>
11. Martínez, V. (2013). Paradigmas de investigación. Manual multimedia para el desarrollo de trabajos de investigación. Una visión desde la epistemología dialéctico crítica. https://pics.unison.mx/wp-content/uploads/2013/10/7_Paradigmas_de_investigacion_2013.pdf
12. Muñoz Chichande, A. D., & Chalaco Valle, M. X. (2021). Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado PET extruido (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2021.). <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4640>
13. ONU (2019). Informe de la Cuarta Asamblea para el medio ambiente. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31132/k1900076s.pdf?sequence=12&isAllowed=y>