



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCION
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

TEMA

**COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE
PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO (PET)
EXTRUIDO**

TUTOR

MSC. VALLE BENÍTEZ ALEXIS

AUTORES

ALEXIS VERGARA GONZÁLEZ

KEVIN ZAMBRANO PAZOS

GUAYAQUIL – 2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EXTRUIDO	
AUTOR/ES: Alexis Jacinto Vergara González Kevin Christopher Zambrano Pasos	REVISORES O TUTORES: MSc. Ing. Valle Benítez Alexis
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL.
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2022.	N. DE PAGS: #75
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.	
PALABRAS CLAVE: Ambiental, Varilla, Plástico, Comportamiento.	
<p>RESUMEN: El proyecto titulado “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato (PET) extruido” cuyo objetivo va a ser analizar el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido a través de ensayos y pruebas de laboratorio. Se han venido realizando diferentes estudios, en la cual el plástico ha sido uno de los materiales más utilizado por la industria empleado en diferentes campos donde el uso que se da es uno, esto trae una problemática dentro de la contaminación ambiental. Donde el uso de material reciclado para la utilización de materiales implementado en la construcción para la disminución de la contaminación ambiental. Precizando de una vez que una varilla de plástico tiene ciertas características similares a una varilla de acero de las cuales el estudio de ambas varillas es diferente; pero el diámetro de una varilla de plástico va a tener la misma capacidad de resistencia que una varilla de acero. A través de ensayos se podrá determinar si la varilla de plástico PET a realizar cumplirá con la resistencia adecuada para poder utilizarlo en futuros procesos constructivos.</p>	
N. DE REGISTRO:	N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Alexis Jacinto Vergara González Kevin Christopher Zambrano Pasos	Teléfono: (+593)960532296 (+593)969632326	E-mail: avergarag@ulvr.edu.ec kzambranop@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mgtr. Ing. Milton Andrade Laborde, DECANO. Teléfono: 2596500 Ext. 241 DECANATO E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec MSc. Ing. Alex Wladimir Valle Benítez Teléfono: xxxxxxxx Ext. xxx E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO ANTIPLAGIO ACÁDEMICO

COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO (PET) EXTRUIDO

AUTORES:

ALEXIS VERGARA GONZALEZ

KEVIN ZAMBRANO PASOS

COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFALATO (PET) EXTRUIDO

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	7%	0%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.redalyc.org Fuente de Internet	1%
2	www.bvsde.ops-oms.org Fuente de Internet	1%
3	www.mexpolimeros.com Fuente de Internet	1%
4	investigacionprimaria.blogspot.com Fuente de Internet	1%
5	es.wikipedia.org Fuente de Internet	1%
6	www.goconqr.com Fuente de Internet	1%
7	www.monografias.com Fuente de Internet	1%
8	calentadorsolar1106.xtrweb.com Fuente de Internet	1%

Atentamente,



ING. VALLE BENÍTEZ ALEXIS, MSIG.

PROFESOR TUTOR

**DECLARACIONES DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS
PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados, ALEXIS JACINTO VERGARA GONZÁLEZ, KEVIN CHRISTOPHER ZAMBRANO PASOS, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, “**COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EXTRUIDO**”, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

Autores

Firma: 

ALEXIS JACINTO VERGARA GONZÁLEZ

C.I: 0943812446

Firma: 

KEVIN CHRISTOPHER ZAMBRANO PASOS

C.I: 1207714864

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación “COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EXTRUIDO”, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO: Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA VARILLA DE PLASTICO RECICLADO POLIETILENO TEREFTALATO (PET) EXTRUIDO”, presentado por los estudiantes VERGARA GONZALEZ ALEXIS JACINTO Y ZAMBRANO PASOS KEVIN CHRISTOPHER como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Atentamente,



ING. VALLE BENÍTEZ ALEXIS, MSIG.

PROFESOR TUTOR

AGRADECIMIENTO 1

Agradezco a Dios porque siempre esta presente guiándome en cada proceso de mi vida y brindándome los conocimientos necesarios para poder haber culminado mi proceso universitario.

Agradezco a mis padres por haberme inculcado buenas enseñanzas y grandes valores que me han ayudado a cada día a ser mejor persona dentro de lo académico y en lo personal, a todos mis familiares que han estado presente en este largo proceso siempre dándome las fuerzas necesarias para nunca desmayar en esta inmensa búsqueda de mis objetivos

Agradezco a todos mis amigos que a través de sus consejos y constante apoyo forman parte de este importante logro y a todos mis docentes y autoridades por haber transmitido tos sus conocimientos y grandes enseñanzas.

Alexis Jacinto Vergara González

AGRADECIMIENTO 2

Agradezco fundamentalmente a Dios, Jehová por darme día tras día la vitalidad, la sabiduría y la fortaleza para seguir adelante en mi camino a lo largo de mis estudios.

Agradezco a mis Padres por sus inmensas fuerzas que hicieron y el apoyo que me dieron en mi carrera estudiantil, y los valores que mi inculcaron para mi desarrollo personal.

A mis docentes, a mis compañeros, amigos y mis hermanos agradezco cada una de la persona que estuvo hay para darme una palabra de animo una ayuda para poder cumplir mis metas.

Kevin Christopher Zambrano Pazos

DEDICATORIA 1

Dedico esta tesis a mis padres por ser una constante motivación a lo largo de mi formación académica, por brindarme su confianza y su apoyo incondicional en todos mis estudios; también dedico esta tesis a mis abuelos, tíos y tías por sus consejos que me han servido para culminar este proceso importante; a mis amigos que con su amistad me han enseñado que también es pieza fundamental en este hermoso proceso universitario, a todos ellos les dedico esta tesis por su constante apoyo y por su confianza en mí.

Alexis Jacinto Vergara González

DEDICATORIA 2

Dedico esta tesis a Jehová y a mi familia por ser el motor de mi vida para seguir adelante para poder superar cada día, las fortalecer de estar hay en el momento difícil que en tenido y siempre contando con su apoyo.

Kevin Christopher Zambrano Pazos

INDICE GENERAL

CAPITULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 Tema	2
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Sistematización del problema	3
1.5 Objetivos.....	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.	3
1.6 Justificación de la investigación	4
1.7 Delimitación o alcance de la investigación.	4
1.8 Hipótesis de la investigación o idea a defender.....	4
1.9 Línea de investigación.	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Marco teórico	6
2.1.1 Plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido	6
2.1.2 Comportamiento mecánico de varillas.....	8
2.1.3 Modulo de elasticidad de una varilla	8
2.1.4 Curva esfuerzo-deformación.....	9
2.1.5 Tipos de los plásticos	9
2.1.6 Tipos de Plástico termoplástico	10
2.1.7 Principales características del Tereftalato de Polietileno (PET).....	11
2.1.8 Proceso de Extrusión.....	13
2.1.9 La máquina extrusora.....	13
2.1.10 Elementos básicos de la extrusora	14

2.2 Antecedentes.....	16
2.3 Marco Conceptual.....	20
2.3.1 Plástico PET:.....	20
2.3.2. Varilla:	20
2.3.3. Comportamiento estructural:	20
2.3.4. Extrusión:	20
2.3.5. Densidad:	20
2.3.6. Resistencia:	20
2.4 Marco Legal.....	21
CAPITULO III	26
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	26
3.1 Metodología de la investigación.....	26
3.2 Tipo de investigación.....	26
3.3 Enfoque de la investigación.....	27
3.4 Operación de Variables	28
3.5 Recolección de Información.....	28
3.6 Observación y Experimento	29
3.7 Población y Muestra	29
3.8 Materiales, herramientas y equipos a utilizar	29
3.8.1. Materiales.....	30
3.8.2 Herramientas y equipos.....	30
3.9. Diagrama de flujo del proceso.....	32
3.10 Obtención de materia prima	33
3.11 Presupuesto Referencial	34
CAPITULO IV	35
INFORME FINAL	35
4.1 Descripción de la propuesta.....	35

4.1.1 Desarrollo.....	35
4.1.2 Alcance	36
4.1.3 Encuestas.....	37
4.2 Proceso de elaboración de Varilla PET	41
4.3 Descripción de ensayo de tracción	43
4.4 Resultados.....	45
Conclusiones	49
Recomendaciones.....	50
Bibliografía.....	51
Anexos.....	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Composición del material	5
Tabla 2.	Composición del material	7
Tabla 3.	Clasificación de los tipos de plásticos reciclables a nivel mundial según el sistema (SPI) Sociedad de Industrias de Plástico	10
Tabla 4.	Propiedades físicas y químicas del plástico para ser reciclado PET	11
Tabla 5.	Grado de cristalinidad de las mezclas de Reciclado de Tereftalato de Polietileno (RPET) y PET	12
Tabla 6.	Características dimensionales y físicas de las varillas con resaltes para hormigón armado.....	23
Tabla 7.	Especificaciones mecánicas	23
Tabla 8.	Composición química	24
Tabla 9.	Doblado a 180°	25
Tabla 10.	Especificación de cantidad usada de plástico	30
Tabla 11.	Presupuesto	34
Tabla 12.	Designación de Características para ensayo de Tracción	36
Tabla 13.	Proceso de elaboración de Varilla PET	41
Tabla 14.	Relación de aplicación de esfuerzo	44
Tabla 15.	Comparativa de la varilla de plástico y la varilla tradicional.....	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Plástico PET	7
Figura 2.	Comportamiento mecánico de una varilla	8
Figura 3.	Curva típica esfuerzo-deformación.....	9
Figura 4.	Husillo de extrusión	13
Figura 5.	Esquema de extrusor	14
Figura 6.	Elementos de la extrusora	15
Figura 7.	Plástico PET.....	30
Figura 8.	Molde Metálico.....	31
Figura 9.	Horno Artesanal	31
Figura 10.	Diagrama del proceso	32
Figura 11.	Encuesta realizada por Vergara Alexis y Zambrano Kevin	37
Figura 12.	Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano	38
Figura 13.	Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano	38
Figura 14.	Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano	39
Figura 15.	Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano	40
Figura 16.	Ensayo de Tracción de la varilla de plástico pet	45
Figura 17.	Ensayo de Tracción de la varilla de acero.....	46
Figura 18.	Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla Plástico PET	47
Figura 19.	Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla de acero.	48

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta realizada a Profesionales de la carrera Ingeniería Civil.....	54
Anexo 2. Encuesta realizada a Profesionales de la carrera Ingeniería Civil.....	55
Anexo 3. Escala analito de preguntas de encuesta realizada	56
Anexo 4. Diagrama de barras de encuesta realizada.....	57

RESUMEN

El proyecto titulado “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato (PET) extruido” cuyo objetivo va a ser analizar el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido a través de ensayos y pruebas de laboratorio. Se han venido realizando diferentes estudios, en la cual el plástico ha sido uno de los materiales más utilizado por la industria empleado en diferentes campos donde el uso que se da es uno, esto trae una problemática dentro de la contaminación ambiental. Donde el uso de material reciclado para la utilización de materiales implementado en la construcción para la disminución de la contaminación ambiental. Precizando de una vez que una varilla de plástico tiene ciertas características similares a una varilla de acero de las cuales el estudio de ambas varillas es diferente; pero el diámetro de una varilla de plástico va a tener la misma capacidad de resistencia que una varilla de acero. A través de ensayos se podrá determinar si la varilla de plástico PET a realizar cumplirá con la resistencia adecuada para poder utilizarlo en futuros procesos constructivos.

Palabras claves: Ambiental, Varilla, Plástico, Comportamiento.

ABSTRACT

The project entitled "Mechanical behavior of an extruded polyethylene terephthalate (PET) recycled plastic rod" whose objective will be to analyze the mechanical behavior of an extruded polyethylene terephthalate (PET) recycled plastic rod through tests and laboratory tests. Different studies have been carried out, in which plastic has been one of the most used materials by the industry used in different fields where the use that is given is one, this brings a problem within environmental pollution. Where the use of recycled material for the use of materials implemented in construction to reduce environmental pollution. Specifying at once that a plastic rod has characteristics similar to a steel rod, of which the study of both rods is different; but the diameter of a rod is going to have the same resistance capacity as a steel rod. Through tests it will be possible to determine if the PET plastic rod to be made will comply with the adequate resistance to be able to use it in future construction processes.

Keywords: Environmental, Rod, Plastic, Behavior.

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 utilizados por la industria empleado en diferentes campos donde el uso que se da es uno, esto trae una problemática dentro de la contaminación ambiental. En la cual se ha 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.

La utilización del plástico tiene sus ventajas y desventajas, es así que tiene diferentes usos en diferentes industrias. Se requiere del conocimiento para darle el uso adecuado sin riesgo de perjudicar a terceros y sea un método utilizable dentro de los procesos constructivos.

Debido a que el plástico es de los principales materiales que contaminan al medio ambiente va a ser necesario poder identificar las diferentes características con su utilización que resulten beneficiario al proyecto; 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.

CAPITULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato (PET) extruido

1.2 Planteamiento del problema

La contaminación ambiental se origina por diversos factores que con el tiempo estos aumentan, las principales causas que producen la contaminación son las industrias químicas y diversos procesos industriales en los cuales se utiliza pesticidas y otros productos tóxicos que conllevan altos índices de contaminación.

Existen diferentes tipos de contaminación y estos pueden ser: Contaminación hídrica que afecta a fuentes de agua, mar y ríos. Contaminación atmosférica es una de las más comunes y afecta directamente al aire. Contaminación del suelo se origina de los químicos que se utiliza para la agricultura. Contaminación acústica originada de cualquier ruido excesivo considerando su frecuencia y el volumen. Contaminación lumínica afecta a los seres humanos provocando enfermedades como migraña o daños en los ojos. Contaminación térmica es provocada por medios naturales específicamente por el calentamiento global.

La contaminación del plástico esta causando daños irreparables que cada vez aumenta y no se encuentra soluciones adecuadas para reducir su mal uso, anualmente se registra cerca de 30 toneladas de plástico que termina en mares y ríos provocando un alto índice de desperdicio. Debido a los componentes del plástico hace que este material tarde cientos de años en descomponerse y estos son transportados por todo el mundo.

Se considera que la falta de reutilización del plástico abarca una gran problemática y es la principal causa de contaminación ambiental cuyo uso es variado e indefinido pero que a su vez provoca grandes daños irreparables al planeta.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruida?

1.4 Sistematización del problema

¿Cuáles son los beneficios de utilizar el plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) en procesos de construcción?

¿Cuáles son las características técnicas de la varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido?

¿Cuáles son las diferencias en el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) y una varilla convencional?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Analizar el comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido a través de ensayos y pruebas de laboratorio

1.5.2 Objetivos específicos.

Determinar los beneficios de utilizar el plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) en procesos de construcción.

Elaborar la varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido.

Determinar las características mecánicas de la varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato PET extruido y una varilla convencional

Comparar las características mecánicas de la varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato PET extruido y una varilla convencional

1.6 Justificación de la investigación

Este proyecto busca obtener nuevas alternativas que ayuden a reducir la contaminación del plástico y la reutilización del mismo en nuevos elementos, por ende, se busca utilizar este material en elementos innovadores que ayuden al medio ambiente.

Una de las grandes fuentes de contaminación medio ambientales el uso de los materiales plásticos, debido entre otros aspectos a su difícil descomposición, siendo los mares uno de los sistemas con mayor afectación.

La industria de la construcción se caracteriza por la aplicación de nuevos métodos que ayuden a mitigar los impactos ambientales a través de la utilización de nuevos componentes que resultan perjudiciales para el medio ambiente y todo su entorno, para esto es necesario conocer la composición y como se van a desarrollar en futuras construcciones.

El plástico como material de innovación se ha utilizado en diferentes proyectos y ha sido beneficioso para la reducción de la contaminación del plástico. De tal manera su uso en el sector constructivo se ha obtenido resultados positivos dentro de la fabricación de nuevo elementos.

1.7 Delimitación o alcance de la investigación.

Campo:	Elaboración de una varilla
Área:	Ingeniería civil
Aspecto:	Investigación Exploratoria
Tema:	Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado (PET) extruido
Delimitación especial:	Provincia Guayas, Ciudad Guayaquil
Delimitación temporal:	6 meses

1.8 Hipótesis de la investigación o idea a defender

Se puede utilizar el plástico de polietileno tereftalato (PET) extruido en la elaboración de una varilla que cumpla las características mecánicas con la normativa técnica correspondiente

para la utilización en innovadores procesos constructivos y que cumpla con las especificaciones técnicas para su uso en la construcción.

Variable Dependiente: Comportamiento mecánico

Variable Independiente: Varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido

1.9 Línea de investigación.

Tabla 1. Línea de Investigación

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		
ULVR	FIIC	SUB LINEA
Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado (PET) extruido	Materiales de construcción	Materiales innovadores en la construcción

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2020)

CAPITULO II

MARCO TÉORICO

2.1 Marco teórico

2.1.1 Plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET) extruido

Al referimos del plástico y sus diversos usos en que se ha empleado este material, donde se clasifican diferentes medidas para reciclar el polietileno tereftalato (PET). La cual se han empleado para la elaboración de recipientes de diferentes líquidos, agua, jugos, aceites, entres otros. Como también están HDPE (polietileno de alta densidad), PVC (cloruro de polivinilo), LDPE (polietileno de baja densidad), y entre otros plásticos.

La contaminación de los desechos plásticos es una gran problemática dentro del país, debido a que es un material biodegradable con diferentes composiciones que perjudican al medio ambiente y su vida útil esta estimada en un periodo de aproximadamente 500 años, por este motivo se requiere de tomar medidas medioambientales para mitigar los diferentes impactos ambientales producido por el plástico y buscar mejores soluciones para reducir la aportación de estos desechos. Por este motivo se busca implementar el uso del polietileno tereftalato extruido como material para su posterior uso en diferentes métodos constructivos que ayuden a mejorar la ecología del País

El sector de la construcción es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación medioambiental, pues produce enormes efectos negativos en el medio ambiente, ya sea directa o indirectamente, debido a la extracción de materias primas, vertido de residuos, menor productividad laboral, efectos adversos para la salud humana debido a la mala calidad del aire interior, calentamiento global, lluvia ácida y smog causado por las emisiones generadas por la fabricación de productos para la construcción y el transporte que consume energía. (Enshassi, 2014)

Actualmente, la industria de la construcción presenta un carácter tradicionalista con gran dificultad para incorporar cambios en sus procedimientos. Esto debido a la costumbre de trabajar de la misma manera durante años, contemplando su metodología como el único camino viable para terminar su producto. Esta deja muchos desperdicios y, por lo tanto, tiene un gran número de contaminantes. (Gómez, 2017)

Cuando se utilizan materiales poco convencionales es importante saber su composición en la cual se determina sus elementos que van a interferir en los diferentes procesos y en los que van a estar expuestos para futuros proyectos, por lo tanto, se necesita analizar las diferentes composiciones con su descripción para poder tener claro el objetivo que abarca al usar este tipo de material.

Tabla 2. Composición del material

Densidad	Relación entre la masa y la densidad y el volumen
Coefficiente de Dilatación	Variación de tamaño en función de la temperatura
Rigidez	La resistencia de un material a la deformación
Resistencia Mecánica	Capacidad de los materiales para soportar esfuerzos
Elasticidad	Capacidad para recuperar la forma original al desaparecer el esfuerzo

Fuente: Judy M. Flores(2017)

Una de las mejores soluciones planteadas para mermar el impacto ambiental, es el reciclaje, proceso por el cual se recolecta los materiales de uso común y se transforman para el mismo u otro uso, evitando incurrir a usar más materia prima. El reciclado es la mejor forma de evitar la extracción de materias primas. (Flores, 2016)



Figura 1. Plástico PET

Fuente: Milenio (2018)

2.1.2 Comportamiento mecánico de varillas

La varilla se la puede denominar como acero de refuerzos o acero corrugado, tiene como 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.

La composición química son varios elementos uno de ellos es el carbono por un porcentaje máximo de colada que está en 0.3, Manganeso es de 1.5, Fosforo está en 0.035, Azufre de 0.0045y del Silicio 0.5. La característica que tiene una varilla de acero es de la ruptura, la elongación, tenacidad, límites de fluencia, ductilidad, separación y el tamaño de las corrugas.

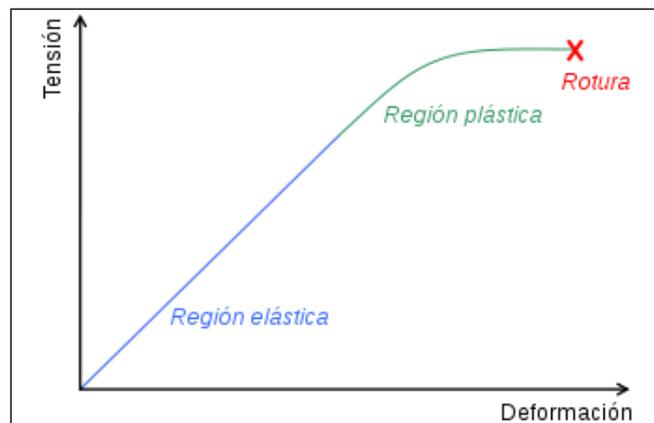


Figura 2. Comportamiento mecánico de una varilla
Fuente: Aca3 (2014)

2.1.3 Modulo de elasticidad de una varilla

El cambio relativo de forma y de las dimensiones de un material se denomina deformación y está en función de las propiedades moleculares del material. La deformación en un cuerpo se da como resultado de un esfuerzo aplicado. Cuando un cuerpo elástico sufre una deformación, ésta es proporcional a la fuerza aplicada, cuando dicha fuerza es retirada, el cuerpo toma sus dimensiones originales. Sin embargo, existe un límite elástico después del cual los cuerpos ya no regresan a sus dimensiones originales. (Sideris, 2004)

2.1.4 Curva esfuerzo-deformación

El ensayo de tracción sobre una varilla de acero consiste en aplicar una carga axial estática monotónica con crecimiento gradual hasta que se logre la rotura de la varilla, la cual no se produce en el punto de carga máxima, sino cuando la sección de esta se reduce hasta un punto débil de rotura.

En la figura se muestra la curva típica esfuerzo-deformación que se obtiene al someter una probeta de acero a un ensayo de tracción, donde f_y , f_{su} , f_{suu} son los esfuerzos de fluencia, máximo y el asociado a la fractura, respectivamente ϵ_y , ϵ_{sh} , ϵ_{su} y ϵ_{suu} son las deformaciones de fluencia. E_s es el modulo de elasticidad y E_{sh} es el modulo inicial de endurecimiento por deformación. (Victoria González, 2005)

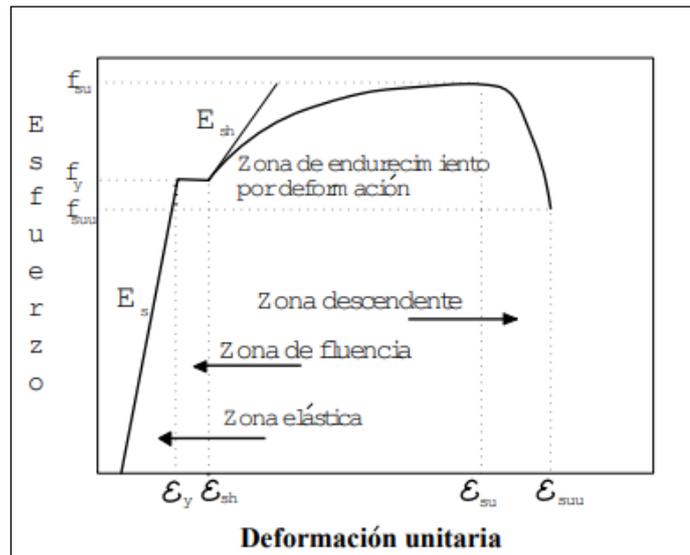


Figura 3. Curva típica esfuerzo-deformación

Fuente: Victoria González (2005)

2.1.5 Tipos de los plásticos

Existe dos clases principales en el mundo de los plásticos: Termoplásticos y termoestables. Los termoplásticos son los plásticos que se pueden reciclar, pueden ser derretidos en forma líquida y ser moldeado múltiples veces. Piensa en la mantequilla, es cremosa y puede ser derretida y enfriada muchas veces y tomar diferentes formas. Así son los termoplásticos. Agradecemos que la mayoría de producción global está hecha de termoplásticos.

Los termoestables pueden ser derretidos y cambiar de forma solo una vez. Una vez que se han endurecido mantienen su forma sólida para siempre. En el proceso de los termoestables, ocurre una reacción química que es irreversible “Fundamentos de la manufactura moderna” (Groover, 2002)

2.1.6 Tipos de Plástico termoplástico

Para el proceso experimental se va a necesitar de la utilización de plásticos termoplásticos debido a que son capaces de descomponer sus características físicas a través de diferentes procesos para tener resultados óptimos dentro del proyecto a realizar, es necesario conocer como esta compuesta su estructura basándonos en diferentes análisis ya realizados.

Se subcategorizan en 7 clases diferentes. Cada tipo tiene componentes químicos diferentes, con propiedades y aplicaciones a las que se les da un número llamado códigos de la “Sociedad de Industrias del plástico” (SPI) para así diferenciar unas clases de las otros. Hoy, la mayoría de las fábricas ponen el código SPI en la parte inferior de sus productos. Los polímeros reciclables son aquellos que, por su composición interna, formada por cadenas lineales, se desarmen fácilmente con el calor y se reconstruyen al enfriarse, no pierden sus propiedades, logran derretirse y vuelven a introducirse en las fábricas muchas veces. (Mamani, 2019)

Tabla 3. Clasificación de los tipos de plásticos reciclables a nivel mundial según el sistema (SPI) Sociedad de Industrias de Plástico

Nombre	Símbolo	Clave
Polietileno de tereftalato PET	(PET)	1
Polietileno de alta densidad	(HDPE)	2
Cloruro de Polivinilo	(PVC)	3
Polietileno de baja densidad	(LDPE)	4
Polipropileno	(PP)	5
Poliestireno	(PS)	6
Otros		7

Fuente: Mamani (2019)

2.1.7 Principales características del Tereftalato de Polietileno (PET)

La selección exclusiva del tipo de plástico es el Tereftalato de Polietileno (PET), se opta debido a que se puede modificar varias veces con fuerzas mecánicas o caloríficas, haciéndolo un plástico 100% reciclable. El PET se puede inyectar, extruir, laminar y soplar, es uno de los plásticos favoritos de la industria, principalmente de envases.

Se derrite con el calor y se solidifican al enfriarse, pudiéndose moldear a nuevas formas que se fijan y quedan estables al enfriarse. Es debido a que las macromoléculas están unidas por débiles fuerzas que se rompen con el calor. Fórmula molecular del Tereftalato de Polietileno PET según: $(C_{10}H_8O_4)_n$. (Mamani, 2019)

El método a reciclar será el mecánico; donde se podrán encontrar diferentes objetos como botellas, fundas, pequeños embalses, desechos a base de plástico, entre otros. Sera necesario utilizar una buena técnica de reciclaje que cumpla con los procesos logísticos dentro de la aplicación del uso de este material.

Tabla 4. Propiedades físicas y químicas del plástico para ser reciclado PET

Propiedades	Tereftalato de Polietileno PET
Densidad bruta	520 kg/m ³ < > 0.52 g/cm ³
Densidad Neta	1400 kg/m ³ < > 1.4 g/cm ³
Módulo de Young	2800-3100 Mpa
Absorción de agua	0.2 % (24 horas)
Resistencia a la tracción	900 kg/cm ²
Resistencia a la tensión	0.60 - 0.74 kg/cm ²
Resistencia a la compresión	260 / 480 kg/ cm ²
Resistencia al calor	80 - 120 °C
Resistencia flexión	1450 kg/cm ²
Conductividad térmica	0.25 Kcal/mh °C
Viscosidad	0.75 dL/g

Fuente: Cote (2014)

La temperatura tolerable por el PET sin deformación ni degradación alcanza a soportar hasta los 71°C, pero el PET cristalizado propiamente las botellas de plásticos que conocemos alcanza a resistir temperaturas hasta 230°C. (Mariano, 2011)

Se debe tomar en cuenta que este material en la extrusión se trabaja a temperaturas superiores de 250° C, siendo el punto de fusión 260° 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. Los gases que emite durante la fusión son esencialmente limpios, debido a que el “PET cristalizado no contiene halógenos, sulfuros, u otros materiales de difícil eliminación” (Groover, 2002)

Tabla 5. Grado de cristalinidad de las mezclas de Reciclado de Tereftalato de Polietileno (RPET) y PET

Porcentaje de contenido de PET reciclado %	Temperatura de Fusión (°C)
100% PET virgen	250.0
90% PET virgen 10% RPET	250.0
80% PET virgen 20% RPET	249.8
70% PET virgen 30% RPET	249.9
50% PET virgen 50% RPET	249.7
100% RPET (grado alimenticio)	251.2
100% RPET (grado fibra)	251.6

Fuente: López (2016)

Colocar el material reciclado en mayor proporción a la hora de reciclar incrementa significativamente la temperatura de recristalización, siendo el PET 100% reciclado el valor que posee es el mayor que se muestra en la tabla 3. “A elevada temperatura, la resistencia a la tensión y el módulo de elasticidad del PET virgen son más altos los valores que del PET reciclado y sus mezclas”. Esto manifiesta que las propiedades mecánicas de las mezclas de PET virgen/reciclado son menores a los materiales vírgenes. (SPI, 1980)

La temperatura de fusión se clasifica para cada tipo de contenido de PET, de esta forma se puede interpretar con mayor claridad como esta compuesto y como se divide sus funciones para sus distintos procesos.

2.1.8 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 para ser sometido a un moldeo o en otros casos ya sale perfilado. (Mamani, 2019)´



Figura 4. Husillo de extrusión

Fuente: Polimeros (2017)

2.1.9 La máquina extrusora

“La adopción de tecnología innovadoras puede ayudar a aumentar la eficiencia y la productividad en la industria de la gestión y del reciclaje de residuos, con la consiguiente reducción de los costos de mano de obra, transporte y daño medioambiental”. En este sentido nos encauzamos en el potencial ecológico de esta tecnología el cuál sería el óptimo a escala más ecológico dentro del rango productivo de la fabricación aditiva.

En efecto esta vez se hará enfocado en las posibilidades que nos brinda el reciclaje de materiales del plástico. Puede crear bienes únicos y estar en constante trabajo.

Técnicamente si tienes suficiente plástico y un proceso de racionalización organizado, podrías poner esta máquina a funcionar 24 horas durante los 7 días de la semana. “Con la máquina extrusora se pueden crear diversos objetos se puede trabajar creativamente con moldes”. Esta máquina del mismo modo es muy buena como propósito pedagógico, ya que es una máquina muy versátil y comprensible. (Garcia, 2015)

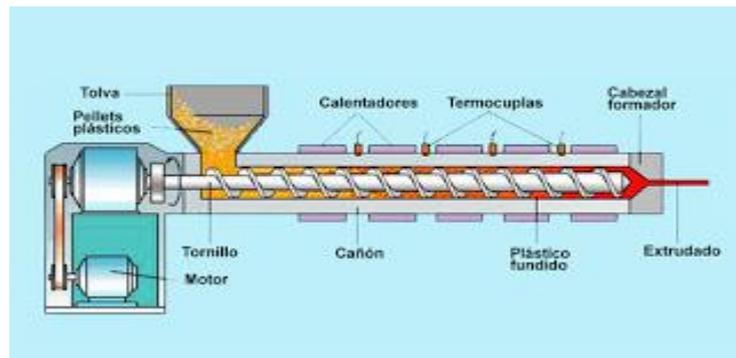


Figura 5. Esquema de extrusor

Fuente: Plastico (2011)

Funciones de una máquina extrusora

Según (Mamani, 2019) asegura que. La extrusora cumple diversas funciones, dependiendo al objetivo específico definido para su acción. En general, las principales funciones son:

- Acoger y recopilar el polímero
- Trasladar el material sólido
- Calentar y comprimir el polímero.
- Homogenizar los materiales
- Generar la presión necesaria para la obtención del producto final.
- Extruir el semielaborado.

2.10 Elementos básicos de la extrusora

Los elementos básicos son:

Motor: Las fuentes de energía de una extrusora pueden variar, desde un eléctrico hasta un hidráulico.

Motorreductor: Es utilizado para reducir la velocidad de rotación del husillo, además para evitar el transporte acelerado, mientras más rápido se transporta el material, menos eficiente es el mezclado.

Tolva: (Davenport, 1994) asegura que la tolva se coloca en la parte de la alimentación, permite una dosificación ordenada y homogénea del material, el tamaño varía dependiendo de su aplicación o cantidad, desde el diseño de nivel de laboratorio a escala industrial.

Husillo: Es la parte principal, y se opera a diferentes velocidades según sea el plástico que vaya utilizar, cumple funciones de transporte, mezclado y otros más, la forma espiral que tiene le permite realizar dichas funciones.

Tubo metálico: Se le denomina a un barril donde se mete el husillo y está hecho de acero con tratamiento anticorrosivo y anti-abrasivo. Se calienta con los calentadores o resistencias desde el exterior.

Cabezal y boquilla: Es la pieza que facilita lo más posible el flujo del material hacia la boquilla. “La boquilla es la de moldear el plástico fundido, las boquillas se pueden clasificar por la forma del producto”. (Mamani, 2019)

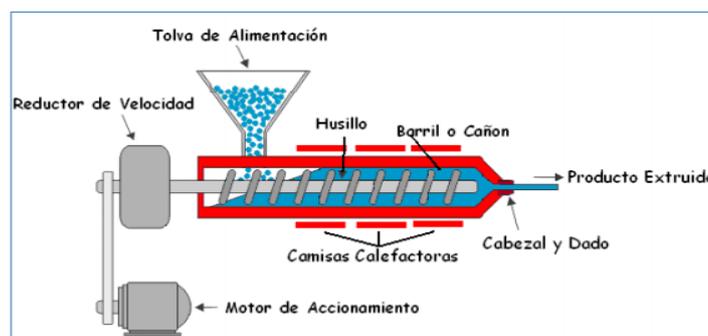


Figura 6. Elementos de la extrusora

Fuente: Mamani (2019)

2.2 Antecedentes

El acero inoxidable es una composición de la aleación hierro-carbono que tiene un componente del cromo por debajo del 10,5 % y menos del 1,2% del carbono. También dentro del componente más frecuente es el níquel y algunas veces, el molibdeno, son los elementos con mayor relevancia.

A lo largo de la historia del acero su primera patente como acero inoxidable no se la puede registrar hasta 1912, donde la preliminar del descubrimiento de los componentes del elemento que forma durante los principales siglos XVIII Y XIX.

En 1751, Axel Frederik Cronstedt, intentando extraer cobre de la niquelina, obtuvo un metal blanco que llamó níquel. Los mineros de Hartz atribuían al “viejo Nick” (el diablo) el que algunos minerales de cobre no se pudieran trabajar, el metal responsable de ello resultó ser el descubierto por Cronstedt en la niquelina.

En 1798, Louis Nicolas Vauquelin, descubrió que se podía aislar cromo metálico calentando el óxido en un horno de carbón. También pudo detectar trazas de cromo en gemas preciosas, como, por ejemplo, en rubíes y esmeraldas. Lo llamó cromo, del griego chroma, "color", debido a los distintos colores que presentan sus compuestos.

En el 1872 cuando dos científicos ingleses, Woods y Clark, registran una patente de una aleación de hierro resistente a algunos ácidos y contiene un 30% a 35% de Cromo y un 2% de Tungsteno, la primera patente sobre lo que ahora se considera acero inoxidable. Aunque, el verdadero desarrollo se da en 1875 del francés Brüstlein quien denota la gran importancia del bajo contenido de carbono para la fabricación del acero inoxidable, señalando que, con el fin de elaborar una aleación con un alto porcentaje de cromo, el contenido de carbono debería mantenerse alrededor de 0.15%.

En 1911 que los alemanes P. Monnartz y W. Borchers dan a conocer el descubrimiento de la correlación entre el contenido de cromo y la resistencia a la corrosión, indicando que había un aumento significativo en la resistencia a la corrosión cuando en la aleación se contenía al menos 10.5% de Cromo. Estos dos científicos desarrollan y publican trabajos con gran detalle sobre el efecto del molibdeno en la resistencia de la corrosión.

En 1912 Eduard Maurer y Beeno Strauss, trabajadores de Krupp, desarrollan las primeras patentes de acero inoxidable al cromo níquel. Paralelamente, Elwood Haynes pide la primera patente de un acero inoxidable martensítico en EEUU, que se le concede siete años después, en 1919.

En 1913, el inglés Harry Brearley fabrica por primera vez un acero con un contenido en cromo del 12,8%, el primer acero inoxidable. En realidad, Harry estaba tratando de desarrollar tipos de acero con mejor comportamiento frente a la abrasión y las altas temperaturas, problema común en la industria armamentística tan presente en los años previos a la 1ª Guerra Mundial, en Inglaterra.

A partir del siglo XIV el tamaño de los hornos para la fundición aumentó considerablemente, al igual que el tiro para forzar el paso de los gases de combustión para carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero. La actual producción de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios mini hornos que emplean electricidad para producir acero a partir de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.

Varilla de acero corrugado

Es una clase de acero laminado diseñado especialmente para construir elementos estructurales de hormigón armado. Se trata de barras de acero que presentan resaltos o corrugas que mejoran la adherencia con el hormigón, y poseen una gran ductilidad, la cual permite que las barras se puedan cortar y doblar con mayor facilidad. Se llama armadura a un conjunto de barras de acero corrugado que forman un conjunto funcionalmente homogéneo, es decir, que trabajan conjuntamente para resistir cierto tipo de esfuerzo en combinación con el hormigón. Las armaduras también pueden cumplir una función de montaje o constructiva, y también se utilizan para evitar la fisuración del hormigón.

La norma INEN 2017 establece los requisitos que deben cumplir las compañías dedicadas a la elaboración de las varillas de 12mm que son utilizadas para la construcción, el proceso consiste en realizar un muestreo de un lote (conjunto de varillas del mismo grado, proveniente de una misma campaña de producción en serie) y verificar que cumplan con las precisiones físicas y dimensionales de esta norma, si los resultados no son los esperados, deben ser rechazados. (NTE INEN 2167 VARILLAS).

Tipos de varillas de aceros

La norma establece que el tipo de varillas por el esfuerzo de fluencia mínima, designada por el grado La varilla suele ser fabricada en los grados 40, 60 y 75 alrededor del mundo.

La historia de la siderurgia

Tiene su apertura en Anatolia, años atrás, en donde fueron hallados elementos de hierro fundido, otros países como en África e India se han desenterrado artefactos en hierro. La siderurgia surgió por contar con un material tan fuerte como el bronce, lo cual fue de forma natural y sin pasar por las fases previas de la metalurgia euroasiática, hasta la llegada a América con la conquista española. (Luis, 2004).

La actividad siderúrgica en el Ecuador tuvo sus inicios en 1964, los implementos utilizados eran los trenes de laminación de procedencia italiana, los técnicos y profesionales en siderurgia que había en estas décadas eran extranjeros. En aquel entonces se trabajaba sin normativa nacional, lo que se utilizaba eran normas de referencia externas, especialmente las ASTM (Asociación Americana de Ensayo de Materiales). La demanda que se tuvo del producto fue el motivo por el cual los inversionistas crearon nuevas empresas para la fabricación de varillas, lo que provocó que los fabricantes de las varillas y sectores interesados se pongan de acuerdo para elaborar una norma nacional. (ANDEC, 2014)

La industria de los plásticos surgió en Estados Unidos, en el decenio de 1860, cuando se ofreció un premio de 10.000 dólares a quien hallara un material económico que sustituyera al marfil para hacer bolas de billar. El ganador fue John Wesley Hyatt, inventor, que hizo una bola con lo que él llamó celuloide.

Plástico y sus utilizaciones

El PET (Poli Etilén Tereftalato) perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres, fue descubierto por los científicos británicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson, en el año 1941, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras.

Estudiando la información disponible en el sitio web Novedades MID, en el artículo de Gonzales¹ (2003) podemos indicar que:

El medio ambiente construido desempeña un importante papel en el logro de un desarrollo más sustentable, especialmente el medio ambiente urbano, donde la demanda de recursos y la producción de desechos que genera la población concentrada, supera la capacidad de carga de su hinterland o región de apoyo. La necesidad de desarrollar asentamientos humanos más sustentables en un mundo en urbanización, fue planteada como un objetivo esencial en Hábitat´ 96, al reconocerse el carácter inevitable e irreversible del proceso de urbanización. (p. 34).

Continuando con el sitio web ResearchGate, en el artículo de Segura y et al.⁵ (2007), podemos recalcar que:

Una de las estrategias que se ha venido utilizando para deshacerse de los plásticos derivados del petróleo es la incineración, pero la quema de plásticos es altamente contaminante y causa efectos negativos en el ambiente, tales como el incremento de CO₂ en la atmósfera y la liberación de compuestos químicos muy peligrosos, como las dioxinas, el cloruro y el cianuro de hidrógeno. Otra estrategia es el reciclaje. Éste consiste en la recolección, acopio, reprocesamiento y remarcado de productos plásticos que podrían ser considerados desecho. Algunos de los inconvenientes de esta alternativa son que para su reciclamiento los plásticos deben ser manejados adecuadamente, no sólo en su recolección y procesamiento, sino en la limpieza, selección y separación adecuada de los materiales a reciclar, y esto no se da en muchos casos. Además, los artículos plásticos no pueden ser reciclados indefinidamente, sólo se pueden reciclar tantas veces como lo permitan las condiciones físicas y químicas en las que queda el material después de su procesamiento. Adicionalmente, no todos los plásticos son reciclables. Los termoplásticos en general sí los son, mientras que los plásticos termoestables (aquellos que al ser moldeados sufren modificaciones irreversibles) no. Otra parte de la problemática consiste en que una gran cantidad de basura, incluyendo los plásticos, es

desechada en barrancas, ríos, calles, etc. Algunas estimaciones hablan hasta de un 30%. En México se estima que de los plásticos que son desechados se colecta únicamente el 12%. (p.362).

2.3 Marco Conceptual

En este campo se establecen los conceptos principales a tratar para definir cada uno de su utilización y las características que influenciaran dentro del proyecto, es necesario establecer definiciones claras y concisas para determinar la funcionalidad que va a tener cada componente y posteriormente obtener una correcta ejecución del proyecto a realizar.

2.3.1 Plástico PET: El plástico es una materia prima de un material seguro, flexible y no toxico; el plástico es uno de los materiales mas utilizados debido a que son 100% reciclables que posteriormente puede tener diferentes funcionalidades y es una buena forma de ayudar a a cuidar el medio ambiente.

2.3.2. Varilla: También conocida por diferentes términos como varilla corrugada o tetracero que es utilizada en diferentes procesos constructivos cuyo fin es establecer la resistencia de una estructura y se utiliza en elementos estructurales de hormigón armado.

2.3.3. Comportamiento estructural: Se define al comportamiento estructural como la forma en que responde una estructura ante diferentes fenómenos al que esta se expone, como las deformaciones o los desplazamientos producidos por diferentes fuerzas que pueden influir en el funcionamiento de una estructura.

2.3.4. Extrusión: Es un proceso industrial al cual se somete un plástico donde pasa por diferentes procesos de presión, fundición y moldeado para obtener una forma deseada para sus diferentes tipos de ejecución.

2.3.5. Densidad: La densidad es la propiedad de la materia representada por una relación entre masa y un volumen unitario de materia. La gravedad específica también llamada densidad relativa es una medida de densidad relativa a una densidad de agua pura. La densidad sólida se define como la densidad de la parte plástica en ella como forma moldeada, generalmente expresada como densidad relativa o gravedad específica del material. (Mexpolimeros, 2020)

2.3.6. Resistencia: Es la capacidad de resistencia del material ante la presencia de fuerzas que tratan de romperlos, de este modo se define si es de buena calidad y libre de riesgo a desintegrarse. (Alessandra Adriana, 2020)

2.4 Marco Legal

Constitución de la república del Ecuador

Art 14. Ambiente sano

Se establece el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Cuidar la biodiversidad y todo nuestro patrimonio cultural.

Art 30. Hábitat y vivienda

Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y una vivienda en excelentes condiciones dependiendo de los recursos económicos.

Art 32. Salud

La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

Ley de Educación Superior

Art. 9. La educación superior y el buen vivir.

La educación superior es condición indispensable para la construcción del derecho del buen vivir, en el marco de la interculturalidad, del respeto a la diversidad y la convivencia armónica con la naturaleza.

Instituto Ecuatoriano de normalización (INEN)

Normativa INEN 2167

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las varillas de acero con resaltes, laminadas en caliente, soldables, microaleadas o termotratadas utilizadas para aplicaciones donde la restricción de las propiedades mecánicas y composición química son requeridas para compatibilidad con las aplicaciones de las propiedades mecánicas controladas o para mejorar la soldabilidad.

Disposiciones generales

Las varillas con resaltes consideradas dentro de esta norma son grado 42, es decir tienen un límite de fluencia mínimo nominal de 42 kg/mm².

Material. El acero al carbono de las varillas debe ser obtenido por uno de los procesos de Solera Abierta, Bessemer, Thomas, Eléctrico ácido o básico, al oxígeno, o una combinación de estos procesos, con estricto cumplimiento de las especificaciones químicas establecidas en la tabla 4.

Manufactura. Las varillas deben ser laminadas en caliente de lingotes (tochos) o palanquillas, libres de defectos interiores, provenientes de coladas identificadas, cuyo proceso debe garantizar la completa destrucción de la estructura dendrítica primaria del lingote o tocho.

Requisitos específicos

Dimensionales

Las dimensiones y tamaños nominales en los que se fabrican las varillas según los números de designación se indican en la tabla 6.

Tabla 6. Dimensiones y tamaños nominales

Diámetro nominal (mm)	Dimensiones de los resaltes (mm)			Masa (kg/m)		
	e Máximo (a)	H promedio mínimo (b)	A Máximo (c)	Nominal (d)	Máximo (e)	Mínimo (e)
8	5,60	0,32	3,10	0,395	0,418	0,371
10	7,00	0,40	3,90	0,617	0,654	0,580
12	8,40	0,48	4,70	0,888	0,941	0,835
14	9,80	0,67	5,50	1,208	1,281	1,136
16	11,20	0,72	6,20	1,578	1,673	1,484
18	12,60	0,88	7,00	1,998	2,117	1,878
20	14,00	1,01	7,80	2,466	2,614	2,318
22	15,40	1,11	8,60	2,984	3,163	2,805
25	17,50	1,26	9,60	3,653	4,085	3,622
28	19,60	1,39	11,00	4,834	5,124	4,544
32	22,40	1,64	12,00	6,313	6,692	5,935
36	25,20	1,84	14,00	7,990	8,470	7,511
40	28,00	1,96	15,70	9,865	10,456	9,273

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> a) Espaciamiento promedio de los resaltes transversales b) Altura promedio mínima de los resaltes transversales c) Ancho en la base de los resaltes longitudinales o ancho de la ranura d) Valor calculado a partir del diámetro nominal, considerando una densidad del acero de 7 850 kg/m³ e) Límites en la masa por metro para cada una de las unidades de muestreo (= 6% según el numeral 5.1.3.1 literal b) |
|---|

Fuente: NTE INEN 2167 VARILLA (2021)

Longitud

- Las longitudes normales de las varillas serán 6, 9 y 12 metros. Las varillas también podrán expendirse por acuerdo entre comprador y productor, en longitudes especiales.
- La tolerancia para las longitudes normales será de ± 50 mm.
- La tolerancia para las longitudes especiales será de ± 10 mm.

Mecánicos

- Propiedades de tracción controladas. Esta norma, mediante el empleo de los límites de las propiedades mecánicas del material (tabla 6) suministra las propiedades de fluencia/tracciones necesarias en las aplicaciones que exigen propiedades de tracción controladas.
- La resistencia a la tracción real debe ser igual o mayor a 1,25 veces el límite de fluencia real registrado en el ensayo de la probeta

Tabla 7. Composición química

Límite de fluencia, mínimo, MPa (kgf/cm ²)	420 (4 200)
Límite de fluencia, máximo, MPa (kgf/cm ²)	540 (5 400)
Resistencia a la tracción, mínima, MPa (kgf/cm ²)	550 (5 500)
Alargamiento (%) mínimo con probeta Lo = 200 mm	
Diámetro nominal (mm)	%
8 - 20	14
22 - 36	12
40	10

Fuente: NTE INEN 2167 VARILLAS (2021)

Químicos

Un análisis de cuchara de cada colada debe realizar el fabricante con muestras de ensayo tomadas preferiblemente durante el vertido de las coladas.

El contenido de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio en el acero de que estarán constituidas las varillas, se determinará de acuerdo a las NTE INEN correspondientes o mediante análisis espectro métrico en equipo calibrado. Los contenidos de carbono, manganeso, fósforo, azufre y silicio deberán cumplir con lo establecido en la tabla 7.

Tabla 8. Composición química

Elemento	Análisis de cuchara Máximo	Análisis de comprobación Máximo	ENSAYO
Carbono	0,30%	0,33%	NTE INEN 120
Manganeso	1,50%	1,56%	NTE INEN 118
Fósforo	0,035%	0,043%	NTE INEN 107
Azufre	0,045%	0,053%	NTE INEN 108
Silicio	0,50%	0,55%	NTE INEN 119

Fuente: Flores (2016)

La composición química determinada debe ser informada a pedido del comprador o su representante.

Soldabilidad. Esta norma, mediante las restricciones en la composición química y la fórmula de carbono equivalente suministra un control de la composición química para aplicaciones en soldadura, cumpliendo lo dispuesto en AWS D1.4.

Métodos de ensayo

NTE INEN 109 Resistencia a la tracción

Los valores de la resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento porcentual de las varillas a las que se refiere esta norma deben cumplir con los requisitos establecidos en la tabla 2.

El punto de fluencia y resistencia a la tracción debe determinarse por cualquiera de los métodos convencionales establecidos en la NTE INEN 109.

Las probetas para el ensayo de tracción, serán del diámetro nominal de las varillas, tal como son laminadas. Para los diámetros de 36 mm o mayores, puede utilizarse el ensayo de sección reducida establecido en la NTE INEN 109.

La determinación de esfuerzos unitarios con probetas de secciones completas debe basarse en el área nominal de la varilla. Para probetas de secciones reducidas, el límite de fluencia y la resistencia a la tracción deben corregirse con la relación entre el peso de la varilla laminada y el peso de la varilla nominal.

Doblado

Las varillas a las que se refiere esta norma deben ser sometidas al ensayo de doblado a 180°, a la temperatura ambiente (ver NTE INEN 110). Las probetas, luego del ensayo, no deben presentar agrietamiento en el lado exterior del doblado.

El diámetro de los mandriles para el ensayo de doblado se encuentra establecido en la tabla 9.

Tabla 9. Doblado a 180°

Diámetro nominal (d)	Diámetro del mandril (D)
$d \leq 18$	3 d
18 $d \leq 25$	4 d
25 $d \leq 36$	6 d
3 d	8 d

Fuente: Flores (2016)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Metodología de la investigación

La metodología a emplear es una metodología inductiva debido a que estamos realizando diferentes observaciones para la producción de la varilla de plástico, a través de este proyecto se puede generar nuevos conocimientos para futuros ensayos basados en el mismo tema de investigación.

Es un método basado en el razonamiento, el cual “permite pasar de hechos particulares a los principios generales” Fundamentalmente consiste en estudiar u observar hechos o experiencias particulares con el fin de llegar a conclusiones que puedan inducir, o permitir derivar de ello los fundamentos de una teoría. Sin embargo, uno de los problemas de este tipo de método es que solo puede ser aplicado a objetos de cierta clase, cuyas partes deben ser identificables durante el estudio. Cabe destacar que la anterior condición se formula con el fin de encontrar todos los elementos propios del análisis. En ese sentido, la inducción científica no podrá ser completa en el contexto del conocimiento buscado, ya que es casi imposible observar todos los elementos que influyen en la investigación (Hurtado León y Toro Garrido, 2007). En suma, para probar que una teoría es cierta o correcta e usan las estadísticas que permitirían confirmar o desvirtuar la postura de que determinada teoría en estudio es en efecto correcta. (Castellanos, 2017)

3.2 Tipo de investigación

Investigación experimental

La investigación experimental consiste en la manipulación de una (o más) variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. El experimento provocado por el investigador, le permite introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. (Tevni Grajales G, 2000, pg. 2)

Según Hernández, Baptista & Fernández los proyectos de diseño experimental puede ser una excelente manera de probar algo diferente. Son una excelente alternativa al trabajo diario habitual que se trata más de crear, pudiendo decir que es un estudio de tipo experimental si al final del se ha identificado cambio entre las sustancia o variables unidas, cabe mencionar que la experimentación se puede realizar con cualquier tipo de sujetos, es decir animales, planta, objetos u otros materiales basándose en principio éticos, a fin de poder establecer el efecto que genera una causa expuesta o manipulada (Hernández, Baptista, & Fernández, 2015).

Según los autores Hernández, Fernández y Baptista el término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias. Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” al comparar una varilla de plástico reciclado de polietileno tereftalato (pet) extruido y una varilla de acero tradicional mediante pruebas tales como: resistencia a la tracción, resistencia a la flexión, donde vamos a poder observar el diferente resultado. Con el fin de la concepción de experimento es que requiere la manipulación deliberada de una acción para analizar sus posibles resultados.

Nuestra Investigación es experimental debido que se realizan diferentes estudios y exhaustivos ensayos para poder determinar la composición de la varilla de plástico PET, de esta forma se puede determinar las características adecuadas para su utilización.

3.3 Enfoque de la investigación

Enfoque cuantitativo

Según los autores Hernández, Fernández y Baptista El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones.

Nuestra investigación tiene un enfoque cuantitativo debido a las diferentes pruebas, análisis y resultados que será importante para ejecutar de manera correcta el proyecto.

3.4 Operación de Variables

Variable dependiente

Comportamiento mecánico

Variable independiente

Varilla de Plástico reciclado de polietileno tereftalato (PET).

Es un del plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Algunas compañías manufacturan el PET y otros poliésteres bajo diferentes marcas comerciales que han pasado al uso común. Dentro de su compuesto químico es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el ácido tereftalato y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, y termo conformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con lo que se logra una mayor transparencia. La razón de su transparencia al enfriarse rápidamente consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

El plástico ser una de los productos más contaminante donde la empresa productos paraíso trae al Ecuador miles de toneladas de desechos de desechos de tubos de riego de los campos de Misisipi. El 50% de estos cargamentos es tierra, pues los tubos plásticos llegan sucios. A su vez usa grandes cantidades de agua para su proceso de reciclaje. (Susana Moran, 2021)

3.5 Recolección de Información

La investigación esta centrada para poder analizar, examinar y estudiar el comportamiento mecánico, las técnicas sobre la importancia que se emplea al utilizar un plástico reciclado (PET)

como una varilla de innovación para una varilla tradicional al estudiar la resistencia de dichas varillas y con la posibilidad de ser empleada en futuras estructuras con un material adicional para optar al ser una varilla menos contaminante.

3.6 Observación y Experimento

La investigación esta fundamental en la elaboración de un prototipo ecológico de una varilla de plástico PET (polietileno tereftalato) donde podremos ver el análisis desde los materiales convencional en la elaboración de la varilla de acero inoxidable, y en el sustituir el acero por el plástico PET. Vamos analizar el proceso de la elaboración de la varilla, desde el inicio de la obtención del plástico y el molde para el prototipo de la varilla con diferentes diámetros para la determinación su resistencia.

- Recolección de plástico PET (polietileno tereftalato).
- Llevar a un procesador para tritura el plástico PET
- Recoleta el plástico triturado
- Llevar al horno para fundir el platico a una temperatura de 85°C
- Depositar el plástico derretido en el molde elaborado con diferentes diámetros.

Se elabora 2 muestra de los moldes que tiene variaciones de diámetro con un molde de diámetro 10 mm y 12 mm, donde cada uno de ellos será depositado el plástico derretido en el molde por cada diámetro, espera 24 horas para obtener la varilla de platico.

3.7 Población y Muestra

El proyecto de la investigación con el propósito experimental por lo que la población y la muestra son varilla utilizado el plástico polietileno tereftalato.

3.8 Materiales, herramientas y equipos a utilizar

Es necesario especificar los materiales y equipos que se utilizaron para poder realizar la varilla de plástico PET y de esta forma poder verificar que se pueda utilizar en la construcción.

3.8.1. Materiales

Plástico PET: El plástico PET es el principal material y el más importante para poder realizar el proyecto planteado, este plástico generalmente se lo utilizo por ser unos los materiales mas reciclados por su composición y también por su biodiversidad para la implementación en diferentes usos.

Tabla 10. Especificación de cantidad usada de plástico

MATERIAL	CANTIDAD	UNIDAD	PESO
Plástico PET	Saco	1	2Kg

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

También se uso el plástico PET para ayudar a reducir la contaminación ambiental reutilizando este material y ejecutándolo en el proyecto.



Figura 7. Plástico PET

Elaborado por: Vergara & Zambrano(2021)

3.8.2 Herramientas y equipos

Molde metálico: Se utilizo un molde metálico con un diámetro específico para poder darle forma a la varilla de plástico.



Figura 8. Molde Metálico
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

Horno Artesanal: Se realizó un horno artesanal para de esta manera poder fundir el plástico PET para posteriormente colocarlo en el molde metálico, este horno ayudó de manera más eficiente en la fundición del plástico.



Figura 9. Horno Artesanal
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

3.9. Diagrama de flujo del proceso

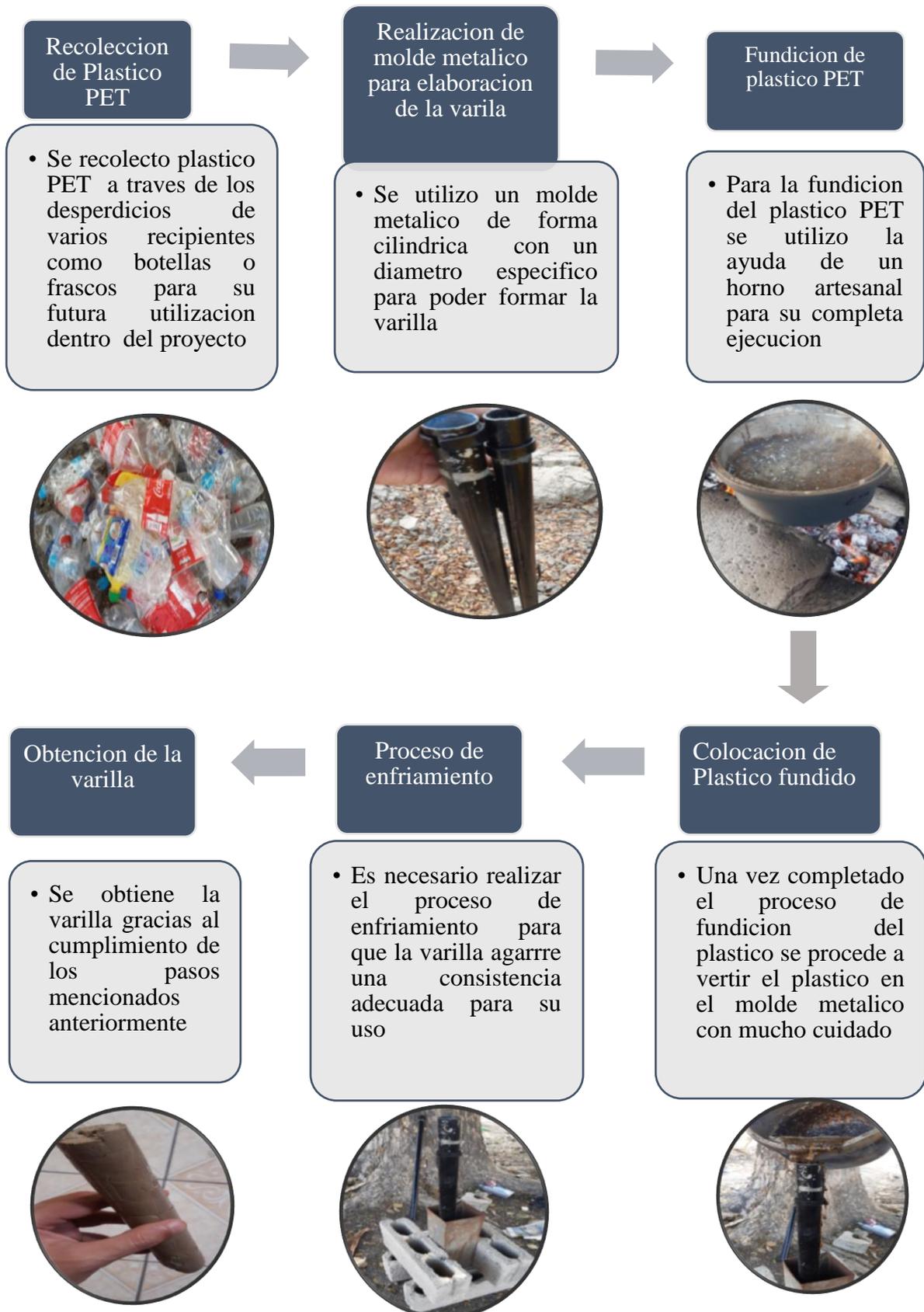


Figura 10. Diagrama del proceso

3.10 Obtención de materia prima

Este proyecto esta basado en reducir el impacto ambiental debido a que muchos materiales resultan perjudiciales para el planeta y es necesario poder utilizar los diferentes componentes que proporcionan diversos desperdicios para posteriormente darle nuevos usos que ayuden a la conservación del medio ambiente. El plástico PET es uno de los materiales más reciclados favoreciendo la reutilización y ayudando de una manera más factible utilizarlo dentro de la construcción.

EL plástico PET es el principal material que se utilizara en el proyecto, donde será sometido a diversos procesos y de esta forma se buscara obtener la composición adecuada para la creación de la varilla, este material es demasiado versátil ayudando de esta manera a la conservación ambiental.

El plástico PET es un material muy sencillo de encontrar debido que es utilizado para diversos ámbitos. Utilizamos el plástico de botellas que se recolecto con un tiempo determinado para poder obtener la cantidad suficiente que se requiere utilizar para la creación de la varilla de plástico PET, se necesito recolectar botellas de agua, botellas de diferentes bebidas, entre otros; adquiriendo este material de diferentes partes como calles, casas o depositadas en algunas recicladoras para poder aprovechar su uso después de haber culminado su ciclo.

El plástico PET se adapto rápido a los procesos de trituración y fundición ayudando de esta manera la facilidad de su descomposición para poder aprovechar de una mejor manera que su composición sea mas factible para la realización de la varilla.

3.11 Presupuesto Referencial

Tabla 11. Presupuesto

PROYECTO:	Elaboración de Varilla (PET)				
FECHA:					
RUBRO:				UNIDAD:	U
CODIGO:	EV01			RENDIMIENTO:	0,33
EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Molde Metálico	2,00	25,00			50,000
Maquina de Tracción	1,00	50,00		50,00	50,00
SUBTOTAL (M)					100,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL /HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Maestro mayor	0,10	4,04	0,404	0,06	0,03
Peón	1,00	3,60	3,60	0,06	0,23
SUBTOTAL (N)					0,25
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Plástico	Saco	4	2	8	
SUBTOTAL (O)					8,00
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					0,00
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					108,25
INDIRECTOS Y UTILIDADES:				22,00%	23,82
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					132,07

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

CAPITULO IV

INFORME FINAL

4.1 Descripción de la propuesta

4.1.1 Desarrollo

En este proyecto buscamos 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 se realizó 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 ayudara a que la varilla adopte una postura rígida debido a que es un material con características densas ayudando de una manera mas factible la característica mecánica de una varilla.

El principal motivo de este proyecto esta basado en el cuidado y en la conservación del medio ambiente, a través de la reutilización del material mas 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 Ingeniero Daniel Falquez “Jefe del Laboratorio de Geotecnia y Construcción” ubicado en la Universidad Politécnica de Guayaquil, basados en las normas especificas 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.

Determinamos 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 puede determinar las enormes diferencias entre ambas varillas debido a la deflexión que varia entre 2000 N y 75000 N para cada varilla correspondiente.

4.1.2 Alcance

El proyecto esta regido con normas especificas 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, limite de fluencia y esfuerzos máximos para poder determinar la resistencia y la deflexión que adoptara la varilla.

Tabla 12. Designación de Características para ensayo de Tracción

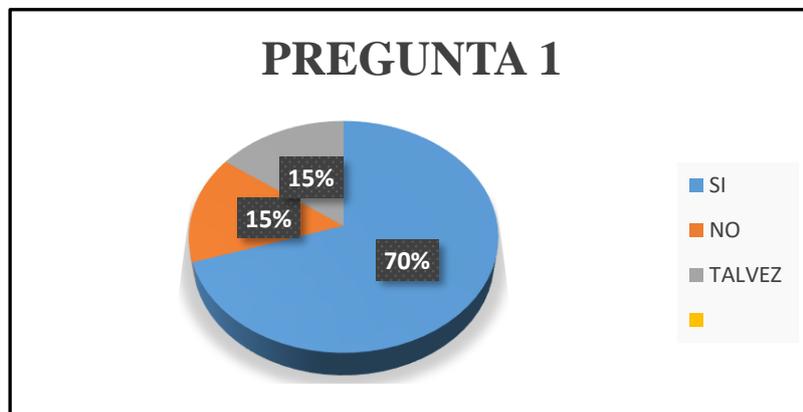
Característica	Unidad	Descripción
D	mm	Diámetro
LO	mm	Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga
SO	mm	Área de sección transversal de longitud inicial
Fm	N	Fuerza máxima
Lu	mm	Longitud calibrada después de la rotura de la probeta
A	%	Porcentaje de elongación
ReH	N/mm ²	Limite de fluencia
Rm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

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

4.1.3 Encuestas

Se realizo encuestas para poder determinar el dimensionamiento del proyecto y las posibles opiniones que van a influenciar en el desarrollo técnico del proyecto; de esta manera podremos abarcar los diferentes conocimientos de grandes Ingenieros, aportando de manera beneficiosa a la correcta ejecución de la propuesta planteada y a su vez de lo que se puede mejorar en futuros proyectos innovadores.

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?

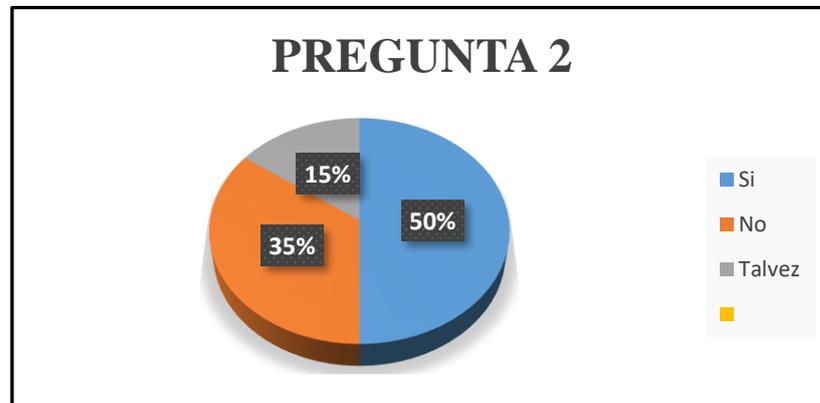


*Figura 11. Encuesta realizada por Vergara Alexis y Zambrano Kevin
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)*

Los Ingenieros encuestados nos expresaron sus opiniones de las cuales el 70% expresaron que están totalmente de acuerdo que el proyecto ayudara en la conservación del medio ambiente al reutilizar el plástico PET, mientras que el 30% de los Ingenieros encuestados expresaron que tal vez no era posible la total conservación del medio ambiente debido a que los desechos plásticos no son la única problemática para la contaminación del mismo.

En esta primera pregunta podemos analizar que 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.

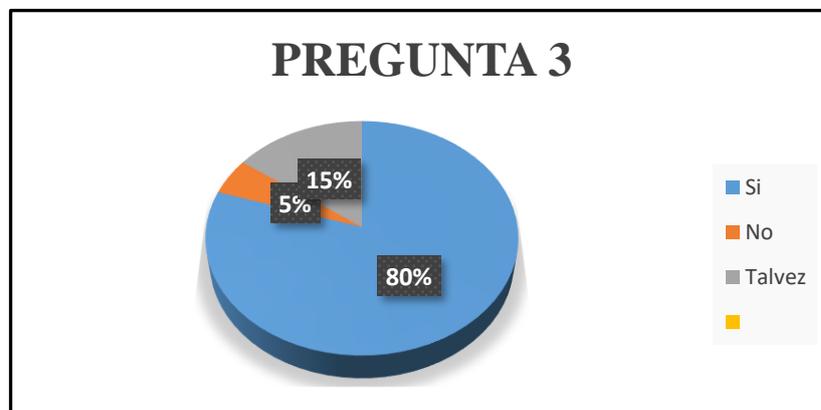
Pregunta 2. ¿Cree usted que el proyecto proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” ayudara a la innovación de nuevos procesos constructivos?



*Figura 12. Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)*

A través de esta pregunta se puede analizar que los proyectos innovadores son pocos utilizados, el 50% de los Ingenieros encuestados expreso que la innovación de nuevos procesos constructivos ayudara de manera beneficiosa la ejecución de los futuros proyectos a través de análisis minuciosos y basados en diferentes tipos de pruebas que cumplan con la normativa especifica para poder usarlos. El 35% restante expreso que no ayudara a la implementación de procesos innovadores debido a que no hay antecedentes registrados de la implementación del proyecto realizado.

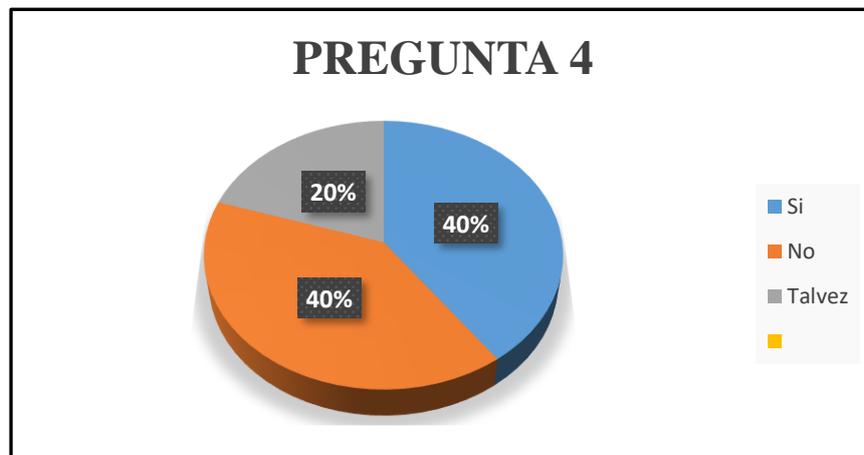
Pregunta 3. ¿Cree usted que el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” ayude financieramente em futuros proyectos?



*Figura 13. Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)*

Determinamos que el 80% de los Ingenieros expresaron que el proyecto ayudaría financieramente debido a que es un material reutilizable y muy sencillo de conseguir y en contraparte el 5% de los Ingenieros dijeron que no ayudara financieramente por los diversos procesos a los que tendría que estar expuesto el plástico PET.

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?

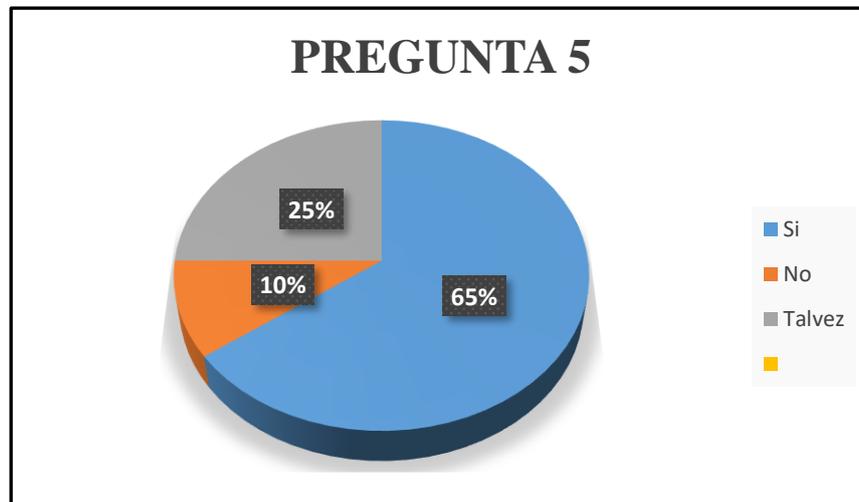


*Figura 14. Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)*

El 40% de los Ingenieros encuestados expresaron 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.

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?



*Figura 15. Encuesta realizada por Alexis Vergara y Kevin Zambrano
Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)*

Determinamos con esta pregunta la utilización del proyecto para las obras de cada Ingeniero encuestado y poder dimensionar el alcance que tendrá la propuesta. Se puede apreciar en la (Figura 14) que el 65% expresaron que si aplicarían el proyecto, y el 10% tal vez con un 25% no debido que no esta 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.

4.2 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.

Tabla 13. Proceso de elaboración de Varilla PET

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	Elaboramos 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 derretimos el plástico, se lo coloca en el molde metálico y procedemos a esperar que se enfríe con un tiempo aproximado de 4 a 5 horas	
7	Desmoldar	Se procede a desmoldar y previamente obtenemos la varilla de plástico PET	

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

4.3 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 AMBIENTES de la NTE INEN 109:2009 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 están en la NTE INEN 1502 y la NTE INEN 1503 para la característica que se identificó de la máquina fueron

- a. Se tenía previsto la aplicación axial del esfuerzo que se iba a ejercer en la probeta.
- b. Tenía que los esfuerzos de aplicación de la carga tenían que ser continuas, sin ningún tipo de vibración y choques.
- c. Tenía la visualización para poder controlar la regulación y comando que estaba en ejecución del ensayo, con las velocidades específicas 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 a estar 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 esta 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 Lo. 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 14. Relación de aplicación de esfuerzo

Modulo 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 mas 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 específica 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 al lo que permita el material alcanzar.

4.4 Resultados

Se realizaron los ensayos correspondientes para la obtención y verificación que cumpla la varilla de plástico correspondiente al ensayo de tracción y se realizó un comparativa con una varilla tradicional.

Ensayo de Tracción de la varilla de plástico PET

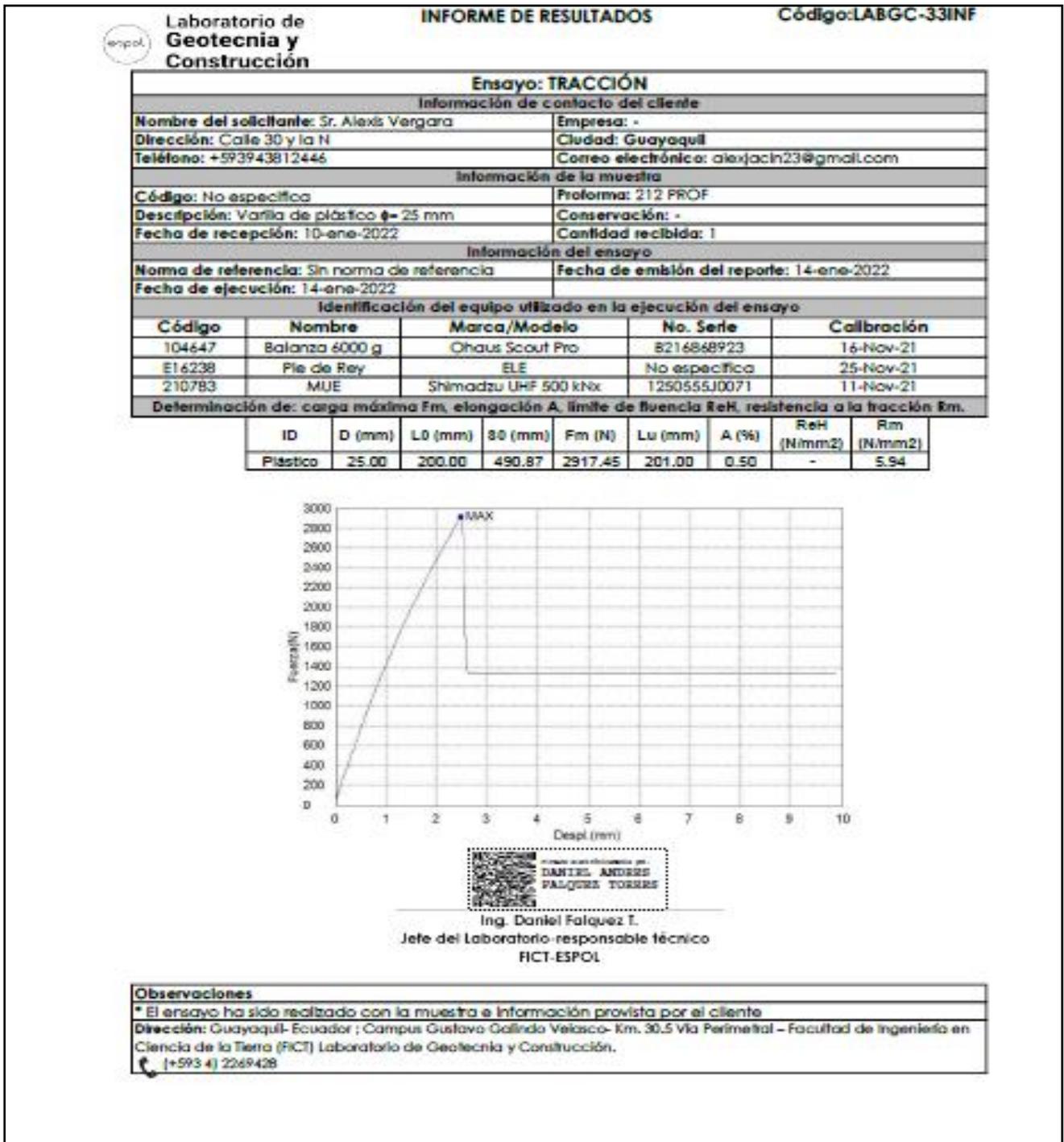


Figura 16. Ensayo de Tracción de la varilla de plástico PET

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

Ensayo de Tracción de la varilla de acero

Laboratorio de Geotecnia y Construcción		INFORME DE RESULTADOS		Código: LABGC-32INF				
Ensayo: TRACCIÓN EN VARILLA CORRUGADA DE ACERO								
Información de contacto del cliente								
Nombre del solicitante: Sr. Alexis Vergara			Empresa: -					
Dirección: Calle 30 y la N			Ciudad: Guayaquil					
Teléfono: +593943812446			Correo electrónico: alexjacin23@gmail.com					
Información de la muestra								
Código: No específica			Proforma: 212 PROF					
Descripción: Varilla corrugada de acero			Conservación: -					
Fecha de recepción: 10-ene-2022			Cantidad recibida: 1					
Información del ensayo								
Norma de referencia: INEN 109			Fecha de emisión del reporte: 14-ene-2022					
Fecha de ejecución: 14-ene-2022								
Identificación del equipo utilizado en la ejecución del ensayo								
Código	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración				
104647	Balanza 6000 g	Ohaus Scout Pro	8216868923	16-Nov-21				
E16238	Pie de Rey	ELE	No específica	25-Nov-21				
210783	MUE	Shimadzu UHF 500 kNx	1250555J0071	11-Nov-21				
Determinación de: carga máxima F_m , elongación A , límite de fluencia R_{eH} , resistencia a la tracción R_m .								
ID	D (mm)	L0 (mm)	80 (mm)	F_m (N)	L_u (mm)	A (%)	R_{eH} (N/mm ²)	R_m (N/mm ²)
Acero	12.00	200.00	113.10	72017.00	236.00	18.00	513.00	636.77


 Firmado y certificado por:
DANIEL ANDRÉS PALGORE TORRES

Ing. Daniel Falquez T.
 Jefe del Laboratorio responsable técnico
 FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.
(+593 4) 2269428

Figura 17. Ensayo de Tracción de la varilla de acero

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

En la siguiente tabla vamos a poder ver la comparativa de la varilla de plástico y la varilla tradicional.

Tabla 15. 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

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla Plástico PET

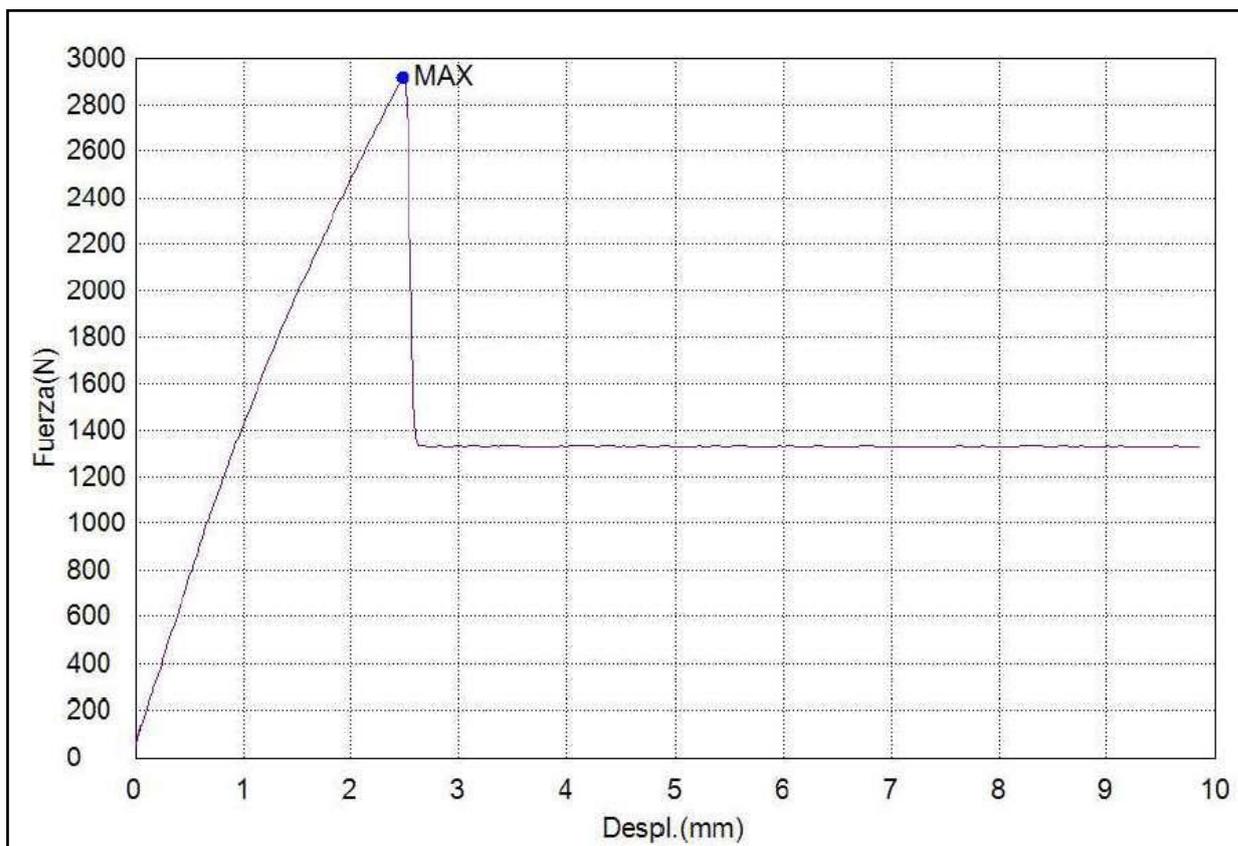


Figura 18. Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla Plástico PET

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla de acero

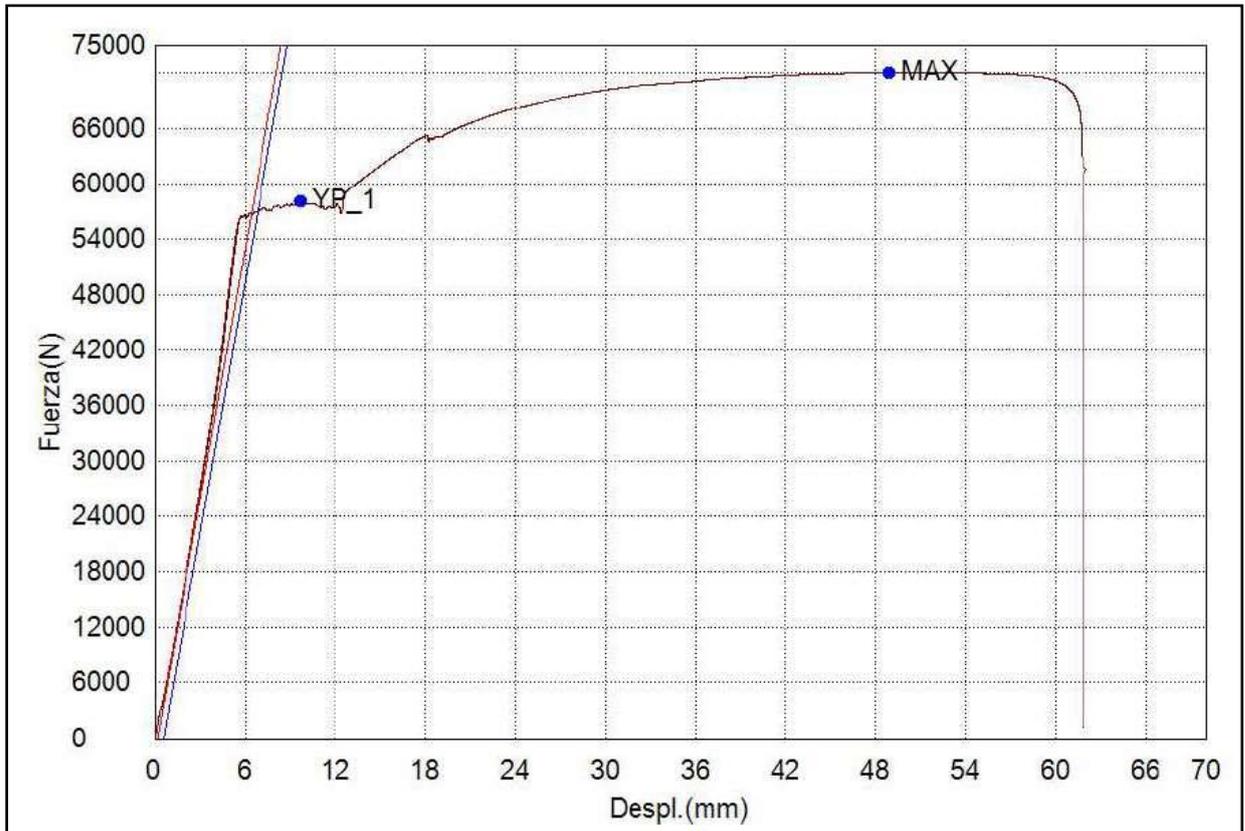


Figura 19. Gráficos de Esfuerzo vs desplazamiento de la varilla de acero.

Elaborado por: Vergara & Zambrano (2021)

Con el ensayo obtenido en el laboratorio correspondiente podemos 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 determino 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.
- La varilla de plástico a través del ensayo de tracción dio a conocer que tiene valores totalmente diferentes en comparación con respecto a la varilla de acero, esto depende de factores como: el tipo de material, como esta estructurado cada varilla y los diferentes tipos de procesos a las que ambas están sometidos; también se determino 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.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la comunidad investigativa de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil llevar a cabo de manera prioritaria el tema que este relacionado con la problemática contaminación ambiental producido por el plástico, para así poder mitigar esta problemática muy común, no solo en Ecuador si no alrededor del mundo y tener diferentes prototipos que podría ser utilizado en diferentes procesos constructivos y de esta manera no utilizar materiales de construcción tradicionales que son más destructivo para el ambiente tanto en el proceso de extracción del material como en el proceso de elaboración.
- Se recomienda para la elaboración de la varilla de plástico PET que al momento de verter el plástico al molde se dé una forma continua para evitar que queden espacios vacíos dando como resultado la falta de consistencia y no obteniendo la compactibilidad de todo el material vertido.
- Se recomienda triturar el plástico antes del proceso de fundición ya que de esta manera podemos explotar todos los componentes del plástico y así obtener mejores resultados.
- Se recomienda utilizar un material más adicional al plástico para poder aumentar su resistencia mecánica, de preferencia que sea un material reciclable como por ejemplo vidrios, caucho o tipos de fibras naturales.

BIBLIOGRAFIA

- Aca3, P. 3. (2014). *Comportamiento mecanico de acero de refuerzo*.
- Alessandra Adriana, A. A. (2020). *Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos*. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3740/Alessandra_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alexis, V., & Kevin, Z. (2021). ANEXO PLASTICO PET.
- Bellis, M. (2020). *The History of Polyester*. Obtenido de <https://www.thoughtco.com/history-of-polyester-4072579>
- Castellanos, B. J. (21 de 04 de 2017). *El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v18n46/0123-1472-cuco-18-46-00056.pdf>
- Cote, M. &. (2014). *Propiedades físicas y químicas del plástico*.
- Crawford, R., Webb, H. K., Arnott, J., & Ivanova, E. P. (2021). *Plastic degradation and its environmental implications with special reference*. Obtenido de [https://web.archive.org/web/20160305025620/http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly\(ethylene%20terephthalate\).pdf](https://web.archive.org/web/20160305025620/http://www.marinedebris.info/sites/default/files/literature/Plastic%20Degradation%20and%20Its%20Environmental%20Implications%20with%20Special%20Reference%20to%20Poly(ethylene%20terephthalate).pdf)
- Davenport, B. &. (1994). *Elementos de la Maquina de Extrusión*.
- Enshassi, K. B. (2014). *Contaminacion ambiental por productos de construcción*. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002
- Fernandez, V. H. (2020). *Tipos de justificación en la investigación científica*. Obtenido de <http://espirtuempredortes.com/index.php/revista/article/view/207/275>
- Flores, J. M. (2016). *Utilizacion del chip de plástico como metodo alternativo*. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/c521/6aea794336a276874da306d041c90682244a.pdf>

García. (2015). *Proceso de extrusion*.

Gómez, F. L. (2017). *Determinación de los ecoindicadores de una ladrillera de la Ribera de Cupía, Chiapa de Corzo*. Obtenido de <http://www.revistavivienda.cuaad.udg.mx/index.php/rv/article/view/125>

Groover. (2002). *Tipos de plástico*.

Infante-Alcalde1, J. (2019). *Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000500025&script=sci_arttext&tlng=p

Judy M. Flores, B. L. (2017). *Utilización del chip de plástico como material alternativo en la construcción de*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14848/1/Utilizacion%20de%20chip%20de%20pl%C3%A1sticos%20Tesi%20de%20Maestria.pdf>

Lopéz. (2016). *Grado de cristalinidad de las mezclas de Reciclado de Tereftalato de Polietileno*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13224/Degradaci%C3%B3n%20Qu%C3%ADmica%20del%20PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lucio, C. F. (2020). *Metodología de la investigación*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=http%3A%2F%2Fobservatorio.epacartagena.gov.co%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F08%2Fmetodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf&clen=6892025&chunk=true

Mamani, S. M. (2019). *Reciclado de plástico (PET) para la elaboración de adoquín*. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2116/Sirly_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mariano. (2011). *Temperatura tolerable del PET*.

Mexpolimeros. (2020). *Densidad del plástico*.

Milenio. (2018). *Imagen Plástico PET*.

Moran, S. (2021). *En Ecuador se lavan miles de toneladas de desechos plásticos sucios de EEUU*. Obtenido de <https://www.revistagestion.ec/sociedad-analisis/en-ecuador-se-lavan-miles-de-toneladas-de-desechos-plasticos-sucios-de-eeuu>

plastico, T. d. (2011). *Esquema de extrusión*.

polimeros, T. e. (s.f.). *Husillo de extrusión*.

Sideris, M. &. (2004). *Modulo de elasticidad de un material*. Quito.

SPI, A. (1980). *temperatura de recristalización del PET*.

Victoria González, J. C. (2005). *Comportamiento mecanico del acero de refuerzo*. Obtenido de [file:///C:/Users/PERSONAL_PC/Downloads/Dialnet-PropiedadesMecanicasDelAceroDeRefuerzoUtilizadoEnC-2305477%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PERSONAL_PC/Downloads/Dialnet-PropiedadesMecanicasDelAceroDeRefuerzoUtilizadoEnC-2305477%20(1).pdf)

Anexos

Anexo 1. Encuesta realizada a Profesionales de la carrera Ingeniería Civil

NOMBRE: _____

FECHA: _____



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
PROYECTO DE TITULACION- INGENIERIA CIVIL
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA VARILLA DE
PLÁSTICO RECICLADO POLIETILENO TERFTELATO EXTRUIDO
(PET)

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?

Si

No

Talvez

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

Si

No

Talvez

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

Si

No

Talvez

Anexo 2. Encuesta realizada a Profesionales de la carrera Ingeniería Civil

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?

Si

No

Talvez

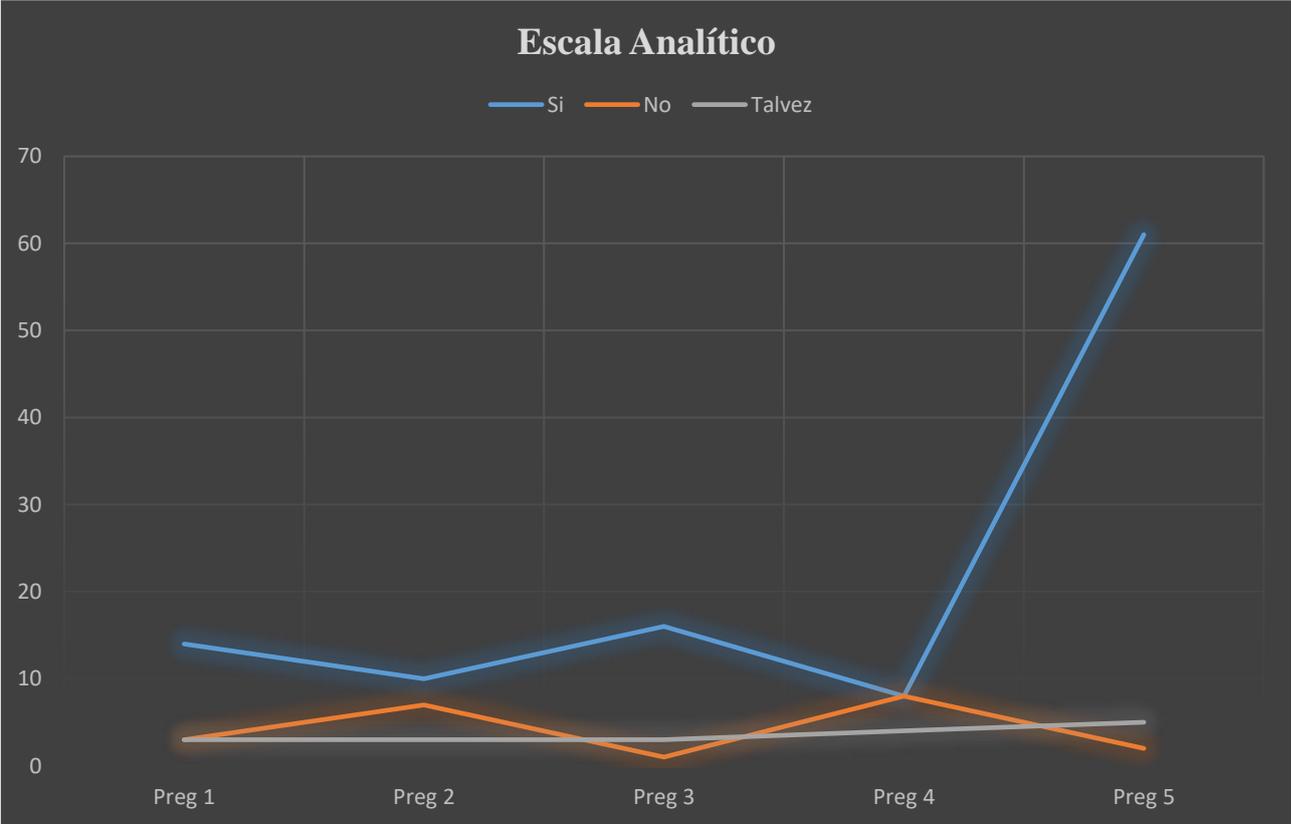
5. ¿Usted aplicaría el proyecto “Comportamiento mecánico de una varilla de plástico reciclado polietileno tereftalato extruido (PET)” en nuevos procesos constructivos?

Si

No

Talvez

Anexo 3. Escala analítica de preguntas de encuesta realizada



Anexo 4. Diagrama de barras de encuesta realizada

