



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**TEMA**

**ELABORACIÓN DE TEJAS CON RESIDUOS DE NEUMÁTICOS Y PET RECICLADOS  
PARA VIVIENDAS EN GUAYAQUIL**

**TUTOR**

**MSC. ARQ. CESAR ALBERTO ALTAMIRANO MERA**

**AUTORES**

**ANA GABRIELA ALVARADO ZAMBRANO**

**CARLOS RAMÓN RIVERA LOPEZ**

**GUAYAQUIL**

**2022**



**REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS**

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Elaboración de tejas con residuos de neumáticos y PET reciclados para viviendas en Guayaquil.

**AUTOR/ES:**

Alvarado Zambrano Ana Gabriela  
Rivera López Carlos Ramón

**REVISORES O TUTORES:**

Msc. Arq. Altamirano Mera César Alberto

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Arquitecto

**FACULTAD:**

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

ARQUITECTURA

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2022

**N. DE PAGS:**

101

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:**

Arquitectura Sostenible, Caucho, Pet, Polipropileno, Teja.

**RESUMEN:** El presente trabajo de investigación se basa en la creación de un prototipo de teja para cubiertas teniendo como materiales el caucho reciclado de neumáticos en desuso y Pet para viviendas en la ciudad de Guayaquil.

En un mundo globalizado, el incorporar materiales reciclados a la creación de elementos que se puedan utilizar en el sector de la construcción es un factor importante para ayudar al medio

ambiente, además de ser fuentes de posibles empleos mediante emprendimientos que se puedan dar con la ayuda de préstamos a bajo costo o con apoyo de las universidades.

Guayaquil está caracterizada por tener un clima típico de la zona costera del Ecuador, teniendo épocas muy calurosas y otras muy lluviosas. Las cubiertas son los elementos que están más expuestos a las inclemencias de estos fenómenos climáticos, es ahí, donde la teja elaborada con caucho reciclado y pet aportará con sus propiedades a construir viviendas con cubiertas más amigables con el medio ambiente. Dentro del proceso de investigación se realizaron pruebas de laboratorio a los prototipos de teja elaborados con diferentes dosis de caucho reciclado, pet y resina para determinar sus propiedades físicas, determinando una alta capacidad de resistencia a la flexión y a la compresión.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>
---	-----------------------------

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web):**

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
---------------------	---	------------------------------------

<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b>	<b>E-mail:</b>
Alvarado Zambrano Ana Gabriela	0968820306	aalvaradoz@ulvr.edu.ec
Rivera López Carlos Ramón	0993924071	criveralo@ulvr.edu.ec

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p><b>Nombre:</b> Mgtr. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde. Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción. <b>Teléfono:</b> 2596500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec</p> <p><b>Nombre:</b> Mgtr. Arq. Lissette Carolina Morales Robalino Directora de Carrera de Arquitectura <b>Teléfono:</b> 2596500 Ext. <b>E-mail:</b> lmoralesr@ulvr.edu.ec</p>
------------------------------------	---

# CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

TESIS\_TEJAS ANA ALVARADO ZAMBRANO Y CARLOS RIVERA LOPEZ

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[ecoreciclaje.com.ec](http://ecoreciclaje.com.ec)

Fuente de Internet

<1 %

2

[twenergy.com](http://twenergy.com)

Fuente de Internet

<1 %

3

[www.wikiwand.com](http://www.wikiwand.com)

Fuente de Internet

<1 %

4

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

5

[envasespet.blogspot.com](http://envasespet.blogspot.com)

Fuente de Internet

<1 %

6

Submitted to Universidad del Istmo de Panamá

Trabajo del estudiante

<1 %

7

[es.slideshare.net](http://es.slideshare.net)

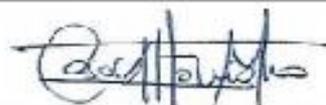
Fuente de Internet

<1 %

8

[repositorio.uta.edu.ec](http://repositorio.uta.edu.ec)

Fuente de Internet



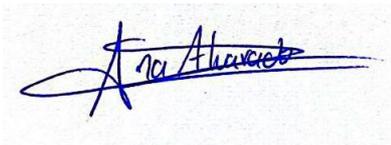
<1 %

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ANA GABRIELA ALVARADO ZAMBRANO Y CARLOS RAMÓN RIVERA LÓPEZ, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, ELABORACIÓN DE TEJAS CON RESIDUOS DE NEUMÁTICOS Y PET RECICLADOS PARA VIVIENDAS EN GUAYAQUIL, 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 los derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL, según lo establece la normativa vigente.

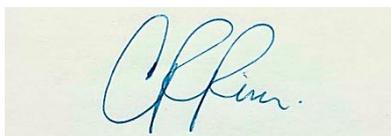
Autores



Firma:

ANA GABRIELA ALVARADO ZAMBRANO

C.I. 1350789234



Firma:

CARLOS RAMÓN RIVERA LÓPEZ

C.I. 0912875887

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación ELABORACIÓN DE TEJAS CON RESIDUOS DE NEUMÁTICOS Y PET RECICLADOS PARA VIVIENDAS EN GUAYAQUIL, 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: ELABORACIÓN DE TEJAS CON RESIDUOS DE NEUMÁTICOS Y PET RECICLADOS PARA VIVIENDAS EN GUAYAQUIL, presentado por los estudiantes ANA GABRIELA ALVARADO ZAMBRANO Y CARLOS RAMÓN RIVERA LÓPEZ como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTOS, encontrándose apto para su sustentación.



Firma: -----

MSC. ARQ. CÉSAR ALBERTO ALTAMIRANO MERA  
C.C. 0924317928

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la vida, la sabiduría y la salud, a mis padres Gabriel Eduardo Alvarado Salazar y María Inés Zambrano Parrales por ser mi apoyo fundamental e incondicional en una etapa más de mi vida, quienes no me desampararon durante estos seis años de educación superior a pesar de la distancia, agradezco a mi hermano, mi hermana y su esposo por estar en cada momento apoyándome y motivándome a culminar mi carrera universitaria.

Agradezco a mi tutor Arq. César Alberto Altamirano Mera por el tiempo y dedicación para este proyecto de tesis y a cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción quienes impartieron de sus conocimientos.

A mis compañeros Carlos Rivera y Daniela Sandoval por ser un gran equipo de trabajo en cada proyecto desde los primeros semestres y con quienes creamos una bonita amistad.

**Ana Gabriela Alvarado Zambrano**

## **AGRADECIMIENTO**

Por la culminación del presente trabajo de investigación, deseo agradecer a Dios y a La Virgen por permitirme terminar esta etapa de mi vida profesional con salud y con mi familia completa en esta pandemia que atravesando actualmente.

A los mejores padres del mundo, que, con su cuidado y enseñanza, valores y perseverancia, supieron encaminarme para empezar este reto hacia la obtención del título de arquitecto.

A mi esposa, Roxana, mi hijo Carlos Xavier y mi último hijo, Bruno, nacido en plena pandemia, ellos son mi razón de seguir día a día y un motivo más para no desfallecer cuando siento que no puedo más.

A mis hermanas María Sol y Chechy, gracias por ayudarme en lo que les solicite, sobre todo los rezos y velitas que fueron de mucha ayuda en los exámenes.

A mi grupo de estudio, con el cual empezamos desde el preuniversitario, Ana y Daniela, los recuerdos de todos los trabajos realizados, son parte de la construcción de una amistad que perdurará siempre.

A la universidad Laica Vicente Rocafuerte, a sus docentes, con mención especial a la Arq. Grace Pesantes, por sus conocimientos impartidos durante los años de estudio. A nuestro tutor de tesis, el Arq. Cesar Altamirano, por su gran ayuda y aporte para nuestra tesis.

**Carlos Ramón Rivera López**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mis padres Gabriel Eduardo Alvarado Salazar y María Inés Zambrano Parrales, a mis hermanos y sobrinos, quienes me guían en todo momento y por ser mi motivación para superarme personalmente y profesionalmente.

**Ana Gabriela Alvarado Zambrano**

## **DEDICATORIA**

Dedico la culminación de este objetivo propuesto hace 6 años atrás, el mismo que concluye con el presente trabajo de investigación a mis padres, Ramon y Cecilia, mi amada esposa, Roxana, mis hermosos hijos, Carlos Xavier y Bruno y mis hermanas María Sol y Chechy, gracias por su apoyo y amor incondicional.

**Carlos Ramón Rivera López**

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	II
CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA.....	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	V
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
DEDICATORIA.....	X
ÍNDICE GENERAL.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Formulación del Problema.....	3
1.4 Objetivo General.....	3
1.5 Objetivos Específicos.....	3
1.6 Justificación de la investigación.....	3
1.7 Delimitación de la investigación.....	5
1.8 Hipótesis de la investigación.....	5
1.9 Línea de investigación Institucional.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Marco Teórico Referencial.....	6
Antecedentes.....	6
Historia del caucho.....	7
Caucho.....	8
Polvo de Caucho.....	9
Características químicas y físicas del polvo de caucho.....	9
Historia del PET.....	11
PET.....	12

PET reciclado.....	12
Teja.....	13
Tipos de teja.....	13
Tejas a base de caucho reciclaje .....	14
2.2    Marco Conceptual.....	14
2.3    Marco Legal.....	15
Constitución de la República del Ecuador 2021 .....	15
Plan Nacional del Buen Vivir 2017 – 2021 .....	18
Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) .....	21
Norma Técnica Ecuatoriana (INEN) .....	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.1    Enfoque de la investigación.....	23
3.2    Alcance de la investigación. ....	23
3.3    Técnica e instrumentos para poner los datos. ....	24
3.4    Población y muestra.....	24
3.5    Presentación y análisis de resultados.....	26
3.6    Propuesta .....	36
Primer ensayo.....	39
Segundo ensayo .....	42
Tercer ensayo .....	44
Cuarto ensayo.....	47
Quinto ensayo .....	49
Peso de los prototipos .....	52
Resultados Experimentales .....	55
Diagrama Tipo de Ensayo a Flexión.....	57
Diagrama Tipo de Ensayo a Compresión. ....	59
Análisis de costo del proyecto .....	61
CONCLUSIONES .....	65
RECOMENDACIONES .....	66
Futuras líneas de investigación .....	67
Bibliografía.....	68
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Línea de investigación FIIC .....	5
<b>Tabla 2.</b> Características químicas y físicas del polvo de caucho.....	9
<b>Tabla 3.</b> Resultados de la primera pregunta .....	26
<b>Tabla 4.</b> <i>Resultados de la segunda pregunta</i> .....	27
<b>Tabla 5.</b> <i>Resultados de la tercera pregunta</i> .....	28
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultados de la cuarta pregunta</i> .....	29
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados de la quinta pregunta</i> .....	30
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados de la sexta pregunta</i> .....	31
<b>Tabla 9.</b> <i>Resultados de la séptima pregunta</i> .....	32
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultados de la octava pregunta</i> .....	33
<b>Tabla 11.</b> <i>Resultados de la novena pregunta</i> .....	34
<b>Tabla 12.</b> <i>Resultados de la décima pregunta</i> .....	35
<b>Tabla 13.</b> <i>CPR-01 Primer ensayo - proporciones de materiales</i> .....	39
<b>Tabla 14.</b> <i>CPR-02 Segundo ensayo - proporciones de materiales</i> .....	42
<b>Tabla 15.</b> <i>CPR-03 Tercer ensayo - proporciones de materiales</i> .....	44
<b>Tabla 16.</b> <i>CPR-04 Cuarto ensayo - proporciones de materiales</i> .....	47
<b>Tabla 17.</b> <i>CPR-05 Quinto ensayo - proporciones de materiales</i> .....	49
<b>Tabla 18.</b> <i>Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-01</i> .....	52
<b>Tabla 19.</b> <i>Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-02</i> .....	52
<b>Tabla 20.</b> <i>Pesaje de teja de caucho granulado, pet y resina del ensayo CPR-02</i> .....	53
<b>Tabla 21.</b> <i>Pesaje de teja de caucho granulado, pet y resina del ensayo CPR-03</i> .....	53
<b>Tabla 22.</b> <i>Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-03</i> .....	53
<b>Tabla 23.</b> <i>Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-05</i> .....	53
<b>Tabla 24.</b> <i>Tabla comparativa de las tejas de arcilla y la teja de caucho y pet reciclado</i> .....	54
<b>Tabla 25.</b> <i>Tejas modelo para pruebas de laboratorios</i> .....	56
<b>Tabla 26.</b> <i>Tabla de precios de materiales caucho, resina y pet</i> .....	61
<b>Tabla 27.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-01</i> .....	61
<b>Tabla 28.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-02</i> .....	62
<b>Tabla 29.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho granulado CPR-02</i> .....	62
<b>Tabla 30.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-03</i> .....	62
<b>Tabla 31.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho granulado CPR-03</i> .....	62
<b>Tabla 32.</b> <i>Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-05</i> .....	63
<b>Tabla 33.</b> <i>Análisis de Precio Unitario – Teja CPR-03</i> .....	63
<b>Tabla 34.</b> <i>Análisis de Precio Unitario – Teja CPR-03</i> .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Los indígenas usaban el caucho para crear pelotas de juego.....	8
<b>Figura 2.</b> Hevea brasiliensis árbol de goma o de caucho .....	8
<b>Figura 3.</b> Proceso de reciclaje del caucho en planta.....	10
<b>Figura 4.</b> Los químicos británicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson .....	11
<b>Figura 5.</b> Composición química del PET .....	12
<b>Figura 6.</b> Teja curva .....	13
<b>Figura 7.</b> Teja plana.....	14
<b>Figura 8.</b> Teja mixta .....	14
<b>Figura 9.</b> Resistencia a la flexión de las tejas.....	21
<b>Figura 10.</b> Absorción de agua de las tejas .....	21
<b>Figura 11.</b> Tabulación de la primera pregunta .....	26
<b>Figura 12.</b> Tabulación de la segunda pregunta.....	27
<b>Figura 13.</b> Tabulación de la tercera pregunta.....	28
<b>Figura 14.</b> Tabulación de la cuarta pregunta .....	29
<b>Figura 15.</b> Tabulación de la quinta pregunta.....	30
<b>Figura 16.</b> Tabulación de la sexta pregunta .....	31
<b>Figura 17.</b> Tabulación de la séptima pregunta .....	32
<b>Figura 18.</b> Tabulación de la octava pregunta .....	33
<b>Figura 19.</b> Tabulación de la novena pregunta .....	34
<b>Figura 20.</b> Tabulación de la décima pregunta .....	35
<b>Figura 21.</b> Caucho granulado reciclado .....	36
<b>Figura 22.</b> Caucho en polvo reciclado.....	37
<b>Figura 23.</b> Pet triturado .....	37
<b>Figura 24.</b> Resina de poliuretano .....	38
<b>Figura 25.</b> Pesaje del pet ensayo CPR-01 .....	39
<b>Figura 26.</b> Pesaje del caucho granulado ensayo CPR-01 .....	40
<b>Figura 27.</b> Pesaje de la resina de poliuretano ensayo CPR-01 .....	40
<b>Figura 28.</b> Encofrado en molde de aluminio de primera muestra de tejas .....	41
<b>Figura 29.</b> Muestra final de primeras tejas del ensayo CPR-01 .....	42
<b>Figura 30.</b> Encofrado en molde de aluminio recubierto con plástico .....	43
<b>Figura 31.</b> Muestra final de teja de la segunda proporción del ensayo CPR-02 .....	43
<b>Figura 32.</b> Muestra final de teja de la tercera proporción del ensayo CPR-02 .....	44
<b>Figura 33.</b> Fabricación de nuevos moldes de madera con espesor de 1,2 cm.....	45
<b>Figura 34.</b> Mezcla de materiales caucho, pet y resina con el taladro y mezcladora. ....	45
<b>Figura 35.</b> Colocación del material en los nuevos moldes de madera. ....	45
<b>Figura 36.</b> Muestra final de teja de la primera proporción del ensayo CPR-03.....	46
<b>Figura 37.</b> Muestra final de teja de la segunda proporción del ensayo CPR-03 .....	46
<b>Figura 38.</b> Proceso de trituración a polvo del pet.....	47
<b>Figura 39.</b> Mezcla colocada en el nuevo molde de madera de 2 cm de espesor.....	48
<b>Figura 40.</b> Colocación de prensas en el molde de la teja .....	48
<b>Figura 41.</b> Muestra final de caucho en polvo y pet reciclado del ensayo CPR-04 .....	49
<b>Figura 42.</b> Pesaje del pet ensayo CPR-05 .....	50
<b>Figura 43.</b> Pesaje del caucho granulado CPR-05 .....	50
<b>Figura 44.</b> Pesaje de resina de poliuretano CPR-05 .....	50
<b>Figura 45.</b> Muestra final de caucho en polvo y pet reciclado del ensayo CPR-05 .....	51
<b>Figura 46.</b> Muestra final de caucho granulado y pet reciclado del ensayo CPR-05 .....	51
<b>Figura 47.</b> Muestra de bordes irregulares de la teja por el desbordamiento de la resina .....	52
<b>Figura 48.</b> Teja plana de la empresa Terraceramics.....	54
<b>Figura 49.</b> Teja plana de la empresa Decorteja .....	54

<b>Figura 50.</b> Equipo prueba de flexión Shimadzu UH-600kNI .....	55
<b>Figura 51.</b> Equipo prueba de compresión Shimadzu AG-IS-10 KN.....	56
<b>Figura 52.</b> Prueba de flexión a la teja de caucho granulado y pet reciclado .....	57
<b>Figura 53.</b> Resultados de prueba de flexión a las tejas de caucho granulado y pet reciclado .	58
<b>Figura 54.</b> Muestra de la teja CPR-03 después de la prueba de flexión.....	59
<b>Figura 55.</b> Muestra de teja de 50mm x 50mm para prueba de compresión .....	59
<b>Figura 56.</b> Resultados de prueba de compresión a las tejas de caucho granulado y pet reciclado .....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Herramientas utilizadas para la elaboración de las tejas .....	72
<b>Anexo 2.</b> Herramientas utilizadas para la elaboración de las tejas .....	73
<b>Anexo 3.</b> Proceso de elaboración de las tejas de caucho y pet reciclado.....	74
<b>Anexo 4.</b> Proceso de elaboración de las tejas de caucho y pet reciclado.....	75
<b>Anexo 5.</b> Prototipos CPR-01, CPR-02 y CPR-03 de tejas de caucho y pet reciclado .....	76
<b>Anexo 6.</b> Prototipos CPR-04 y CPR-05 de tejas de caucho y pet reciclado .....	77
<b>Anexo 7.</b> Pruebas de tejas en laboratorio LEMAT .....	78
<b>Anexo 8.</b> Pruebas de compresión y flexión de tejas en laboratorio LEMAT .....	79
<b>Anexo 9.</b> Resultados de ensayo de flexión .....	80
<b>Anexo 10.</b> Resultados de ensayo de compresión .....	81
<b>Anexo 11.</b> Salarios Contraloría General del Estado y Cámara de la Construcción de Guayaquil .....	82
<b>Anexo 12.</b> Cuadro comparativo de cargas máximas de tejas de caucho y pet y tejas de cerámicas INEN 988 .....	83

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se basa en la creación de un prototipo de teja para cubiertas teniendo como materiales el caucho reciclado de neumáticos en desuso y Pet para viviendas en la ciudad de Guayaquil.

En un mundo globalizado, el incorporar materiales reciclados a la creación de elementos que se puedan utilizar en el sector de la construcción es un factor importante para ayudar al medio ambiente, además de ser fuentes de posibles empleos mediante emprendimientos que se puedan dar con la ayuda de préstamos a bajo costo o con apoyo de las universidades.

Guayaquil está caracterizada por tener un clima típico de la zona costera del Ecuador, teniendo épocas muy calurosas y otras muy lluviosas. Las cubiertas son los elementos que están más expuestos a las inclemencias de estos fenómenos climáticos, es ahí, donde la teja elaborada con caucho reciclado y pet aportará con sus propiedades a construir viviendas con cubiertas más amigables con el medio ambiente. Dentro del proceso de investigación se realizaron pruebas de laboratorio a los prototipos de teja elaborados con diferentes dosis de caucho reciclado, pet y resina para determinar sus propiedades físicas, determinando una alta capacidad de resistencia a la flexión y a la compresión.

## **ABSTRACT**

This research work is based on the creation of a roof tile prototype for home in Guayaquil, having as materials, recycled rubber from disused tires and Pet.

In a globalized world, incorporating recycled materials into the creation of new elements that can be used in the construction sector is an important factor in helping the environment, as well as being sources of possible jobs through entrepreneurship that can be carried out with the help of loans at low cost or with support from universities.

Guayaquil is characterized by having a typical climate of the coastal zone of Ecuador, having very hot seasons and other very rainy ones. The roofs are the elements that are most exposed to the inclemencies of these climatic phenomena, it is there, where the tile made with recycled rubber and pet will contribute with its properties to build homes with more environmentally friendly roofs.

Within the research process, laboratory tests were carried out on the tile prototypes made with different doses of recycled rubber, PET and resin to determine their physical properties, determining a high capacity for resistance to bending and compression.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se basa en la elaboración de tejas realizadas con residuos de neumáticos y PET reciclados para viviendas en Guayaquil, siendo estos unos de los materiales más contaminantes. Cabe recalcar, que el caucho y el pet tardan muchos años en descomponerse, de tal manera que provocan un gran aumento de contaminación ambiental. Actualmente, el reciclaje nos permite reutilizar estos materiales que poseen buenos beneficios con los cuales se pueden crear nuevas materias primas.

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por tener un clima con altas temperaturas, la mayoría de viviendas cuentan con cubiertas de planchas de zinc o elaboradas con tejas tradicionales de cemento o cerámica, que con el paso de los años comienzan a deteriorarse, por lo cual se busca en el mercado implementar cubiertas elaboradas con materiales que contengan aislante térmico permitiéndoles a los habitantes un mejor confort en el interior de la vivienda.

Mediante diferentes estudios y proyectos se ha logrado comprobar que estos dos materiales, el caucho de neumáticos y pet poseen excelentes propiedades, una de ellas es permitir aislación térmica al interior de las viviendas, impermeabilidad, resistencia, liviandad, entre otras. Una de las finalidades de este proyecto, es incentivar a la humanidad la reutilización de estos materiales y la importancia del reciclaje, así mismo, permitir una disminución de la contaminación ambiental que se vive a diario.

Este proyecto se encuentra estructurada de la siguiente manera:

**Capítulo I:** Se detalla el tema, planteamiento de problema, formulación de problema, objetivos de la investigación, justificación de la investigación, delimitación de la investigación y la hipótesis.

**Capítulo II:** En este capítulo se describe el marco teórico referencial, la historia del caucho y del Pet, definiciones de los materiales e investigaciones importantes para el proyecto, marco conceptual y el marco legal.

**Capítulo III:** En este capítulo se detalla el enfoque de la investigación, el alcance de la investigación, la técnica y los instrumentos para la obtención de datos, la población y muestra, la presentación y análisis de los resultados. El punto 3.6 se basa explícitamente en el proyecto de la teja, especificando los materiales, los diferentes ensayos que se realizaron y los resultados de las pruebas que se realizaron en un laboratorio para comprobar la compresión y flexión de la teja hecha con caucho y pet reciclado.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Tema

“Elaboración de tejas con residuos de neumáticos y Pet reciclados para viviendas en Guayaquil”.

### 1.2 Planteamiento del Problema

Los gases de efecto invernadero los cuales se producen por efecto del uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados, el dióxido de carbono que expulsan los automotores y aviones y la quema de diversos artículos dentro de los cuales se encuentran las llantas en desuso, son factores que incrementan la temperatura y, por ende, el calentamiento global cada año es más notorio.

Uno de los residuos más contaminantes son los neumáticos de los vehículos automotores, los cuales, una vez cumplido su función principal, no se desechan o reciclan de manera adecuada, sino que se realizan quemas indiscriminadas, elevando gases tóxicos a la atmósfera o son desechados en ríos, esteros, mares o quebradas de montañas. Otro de los factores negativos es que todos esos residuos tardan siglos en descomponerse sin dar ningún beneficio a los ciudadanos sino más bien alterando y contaminando cada vez más el planeta.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), las micropartículas que se deshacen de los neumáticos significan hasta el 30% de la basura que produce contaminación en los mares y océanos. Estas micropartículas que al estar al aire libre propagan enfermedades y al incinerarse producen contaminación ambiental del aire, suelo y del mar. Actualmente, la crisis de la contaminación ambiental y el cambio climático está afectando gravemente a nuestra biodiversidad y algunos recursos vitales de manera global.

Otro residuo altamente contaminante son las botellas plásticas, cuyo principal material es el PET (polietileno tereftalato). Por su alta demanda, este material se lo utiliza en varios productos, tales como, botellas de agua, gaseosas, bebidas energizantes, etc. Desafortunadamente, por descuido, falta de cultura de reciclaje, este residuo termina en lugares como ríos, mares, quebradas, causando más impacto ambiental negativo al planeta.

Según Fundación Aquae, una botella de plástico PET puede tardarse aproximadamente unos mil años en descomponerse, una funda plástica común, unos ciento

cincuenta años en desaparecer, un trozo de goma de mascar puede tardar 5 años en descomponerse y un embace de tetrabrik puede llegar a los 30 años sin descomponerse. (Aqua, 2021)

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por su clima excesivamente caluroso, y es altamente criticada por no cumplir con el mínimo de áreas verdes establecidos por normativa internacional, esto desencadena en la carencia de árboles y por ende un transeúnte, peatón, usuario o ciudadano no cuenta con espacios en donde recibir sombra ante la incesante radiación solar, causando graves daños en su salud.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál será la incidencia del caucho y Pet reciclado en la elaboración de una teja para viviendas en la ciudad de Guayaquil?

### **1.4 Objetivo General**

Elaborar un prototipo de teja con residuos de neumáticos y Pet reciclados para viviendas en la ciudad de Guayaquil.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Investigar las características principales de la materia prima (plástico Pet y del caucho reciclado NFU).
- Fabricar un molde de las tejas.
- Experimentar la dosificación idónea de las tejas.
- Determinar por medio de ensayos de laboratorio las propiedades del nuevo producto a través de pruebas mecánicas (pruebas de compresión y flexión).
- Calcular el precio de teja a elaborar y compararlo con del mercado tradicional para la construcción.

### **1.6 Justificación de la investigación**

La nueva arquitectura sostenible propone la creación de nuevos materiales, haciendo énfasis en el reciclaje para el desarrollo de elementos constructivos como la teja para la construcción de cubiertas en viviendas. Dos de los materiales más dañinos para el planeta debido a que su degradación puede tomar cientos de años y que su uso solamente se limita a lo que fueron diseñados, son los neumáticos y botellas plásticas PET. El encontrar una manera de fusionar estos dos materiales y producir tejas para cubiertas es un modo de ayudar al planeta y generar un nuevo material que pueda abaratar los costos de la construcción.

La elaboración de las tejas con residuos de neumáticos y PET reciclados, ayudarán a la disminución de la contaminación ambiental, también, son considerados materiales más livianos y resistentes que permitirán a las viviendas obtener una mejor aislación térmica en su interior; de tal manera, que brinde confort a los habitantes. Mediante este proyecto, se buscará plantear la importancia de reutilizar materiales reciclados, aprovechando sus componentes que no sólo beneficiará al medio ambiente y a los residentes de las viviendas, sino que posibilitan dejar atrás el uso de materiales convencionales, que por tanto tiempo se vienen utilizando en la construcción.

La innovación estará compuesta de una amalgama de materiales unificando los neumáticos y botellas plásticas PET reciclados para el uso de las tejas que tendrán lugar al aprovechamiento absoluto de la humanidad, generando una considerable reducción de estos componentes tan nocivos para la salud y medio ambiente, consecuentemente la investigación dará lugar a una amplia apertura de preparación a la sociedad especialmente en el área de construcción donde se brindará la respectiva capacitación a los trabajos que vayan a laborar con la instalación de las tejas.

Tanto el Pet como los neumáticos son materiales que para su degradación debe de pasar cientos de años, cualidad que puede ser aprovechada para la elaboración de elementos constructivos tales como la teja. A través del presente proyecto, se desarrollará las diferentes etapas sobre el proceso de elaboración de las tejas con residuos de neumáticos y PET reciclados, dado que, es un elemento fundamental por tener una mayor incidencia solar y precipitaciones variables con respecto a las condiciones climáticas de la ciudad de Guayaquil.

En el ámbito social, se desencadena una oportunidad, la creación de industrias productoras del nuevo material, generando así nuevas plazas de trabajo, reduciendo la tasa de desempleo vigente, debido a que se encuentran en cifras muy elevadas en tiempos de pandemia. Adicionalmente, la propiedad aislante del producto, brindará zonas confortables para el usuario y fomentaría a la sociedad que el uso de materiales reciclados en la construcción que en su gran mayoría cuenta con elementos favorables para el medio ambiente y para la economía.

En muchos países, se ha comprobado que añadir materiales reciclados a los materiales convencionales ha dado resultados fructíferos para el ecosistema. En Ecuador, existen numerosas empresas que se dedican a recolectar productos que en muchos casos no son beneficiosos para el medio ambiente por su tiempo de degradación tales como el tetra pack, el polietileno tereftalato, entre otros, con los cuales se ha podido comprobar que se

pueden añadir en la elaboración elementos constructivos tales como paredes, cubiertas, elementos decorativos, etc.

### 1.7 Delimitación de la investigación

**Campo:** Educación Superior pre - grado.

**Área:** Arquitectura.

**Aspecto:** Investigación experimental, bibliográfica, descriptiva y cuantitativa.

**Tema:** Elaboración de tejas con residuos de neumáticos y pet reciclados para viviendas en Guayaquil.

**Delimitación espacial:** Guayaquil, Ecuador.

**Delimitación temporal:** 2021 – 2022.

### 1.8 Hipótesis de la investigación

Con la elaboración de tejas con residuos de neumáticos y PET reciclados, se logrará crear un elemento de mayor resistencia y flexibilidad para cubiertas de viviendas.

### 1.9 Línea de investigación Institucional

**Tabla 1**

*Línea de investigación FIIC*

---

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energía renovables.	<b>Línea Institucional:</b> Territorio, Medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	<b>Línea de Facultad:</b> Materiales de construcción
---	--	---

---

**Fuente:** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2019)

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco Teórico Referencial

##### Antecedentes

A partir de los referentes mostrados a continuación se logrará obtener una visión acerca de los proyectos trabajados por otros autores a nivel internacional, nacional y local, lo que servirá como base teórica de que este proyecto tendrá la validez necesaria para su elaboración.

En la actualidad, el cambio climático es uno de los mayores problemas y a su vez es un factor importante en el campo de la arquitectura, de esta manera se buscan nuevas alternativas, nuevos materiales y renovaciones en las construcciones de cubiertas. La arquitectura sostenible es buena opción que aporta a la disminución de la contaminación ambiental, de tal forma, se debe conocer los cambios climáticos que se han generado a lo largo del tiempo y basarse en ellos para la elaboración de proyectos arquitectónicos o materiales constructivos que ayuden en parte al cuidado del medio ambiente. (Dobón, 2018).

La utilización del caucho de neumáticos se ha generado de manera muy amplia a lo largo del tiempo en países que cuentan con normativas ambientales, las cuales, permiten el uso de este material como aditivos en construcciones civiles, como asfaltos para carreteras, mezclas de hormigón, incluso como aislamiento térmico y acústico. Este material, se lo considera adecuado para la creación de materia prima, tales como pisos de caucho, así mismo es implementado para recubrimientos y en caso de cubierta, para la elaboración de tejados. (Saraza, 2019).

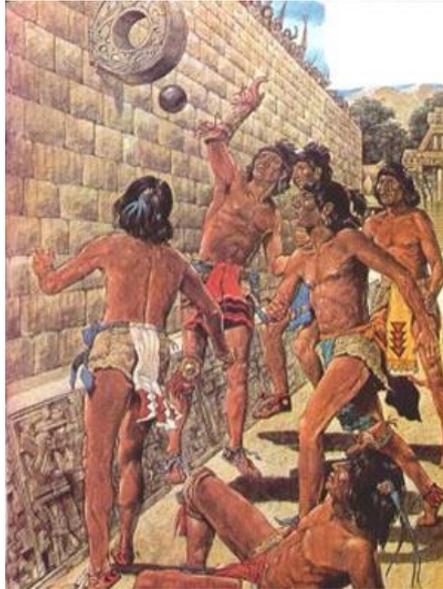
Pamela Carolina Hidalgo Chávez, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad de las Américas en Quito, desarrolló un prototipo de teja agregándole a la mezcla de hormigón residuos de caucho. Los resultados obtenidos fueron la disminución del peso de la teja, resistencia contra impactos y en la impermeabilidad, destacando así una gran mejoría en las propiedades y características de la teja de hormigón a la cual le añadió residuos de caucho de neumáticos. Dejando demostrado el beneficio de crear elementos constructivos añadiendo materiales reciclados. (Hidalgo, 2018).

El PET reciclado posee características favorables para su uso en el área de la construcción tales como asfaltos, trabajos con concreto y ladrillos, así mismo permite economizar el costo de mano de obra, también, en la generación de fuentes de empleos para los recolectores de plásticos y para los encargados de elaborar elementos constructivos, los cuales deben elegir el material según su tipo y verificar si son de baja o alta densidad. A nivel mundial, existen millones de PET reciclados al año, siendo uno de los materiales más fáciles de obtener. (Sánchez, et al., 2018)

Desde hace más de una década en Latinoamérica, se han realizado investigaciones para aplicar PET en diferentes construcciones, aprovechando su liviandad, resistencia mecánica y su aislación térmica. Para el reciclaje del PET se separan las tapas de Polipropileno (PP) ya que estas se funden a menor temperatura y una vez divididas se purifican y se trituran para la creación de la nueva materia prima, la cuales deben ser estudiadas y verificadas para aplicarse en diferentes elementos constructivos. El plástico ha sido considerado un material que posee una gran capacidad para adaptarse o moldearse a diversas circunstancias. (Rodríguez, et al., 2017)

### **Historia del caucho**

Después del descubrimiento de América, un grupo de indígenas usaba el caucho para elaborar pelotas de juegos, el cual fue obtenido de un tronco de árbol llamado Hevea que contenía un líquido elástico (látex). En 1770, el químico británico Joseph Priestley descubrió que con el caucho podía elaborar gomas de borrar. En 1839, Charles Goodyear logró mejorar la durabilidad del caucho al mezclarse con azufre, descubriendo así el proceso de vulcanización, gracias a este descubrimiento; en 1887, el veterinario escocés John Dunlop, creó las llantas o neumáticos. Con el paso de los años, el caucho ha pasado por muchas investigaciones y experimentos ya que posee gran durabilidad, elasticidad y resistencia, por lo que se ha convertido hasta en la actualidad en un material con gran éxito en las industrias. (Caelca, 2021)



**Figura 1.** Los indígenas usaban el caucho para crear pelotas de juego  
**Fuente:** Archivos Historias (2018)

## **Caucho**

La *Hevea brasiliensis* que se origina del Amazonas, es el árbol en la cual se extrae el látex de donde proviene el caucho natural. El caucho es una mezcla de hidrocarburos, proteínas y azúcares de origen vegetal, el caucho puro se convierte en un sólido duro y transparente a una temperatura de  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ , es frágil y opaco de  $0\text{ a }10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se hace blando y flexible sobre los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; por encima, de los  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  se vuelve un plástico pegajoso y a temperaturas superiores de  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  se descompone. (Moyano & Páez, 2019).



**Figura 2.** *Hevea brasiliensis* árbol de goma o de caucho  
**Fuente:** Haiku Futon (2021)

El caucho se puede provenir de manera natural o sintética, la natural se obtiene del látex anteriormente mencionada, mientras que la sintética viene de hidrocarburos insaturados. Ambas se caracterizan por ser un material alto en elasticidad, resistente térmicamente y eléctricamente. El caucho se encuentra entre los principales elastómeros, siendo polímeros que poseen elasticidad. (Moyano & Páez, 2019).

### **Polvo de Caucho**

El polvo de caucho se obtiene de la trituración de varios neumáticos, de tal manera que se separen los metales y tejidos, ya que estos son contaminantes que perjudican las propiedades del polvo. Se lo puede utilizar de diferentes maneras, actualmente, se lo aplica en materiales de construcción, unas de ellas, son los asfaltos o para relleno de canchas de atletismo. (Moyano & Páez, 2019)

En este proyecto, se aprovecharán sus características para elaborar una teja junto con el PET reciclado.

### **Características químicas y físicas del polvo de caucho**

**Tabla 2**

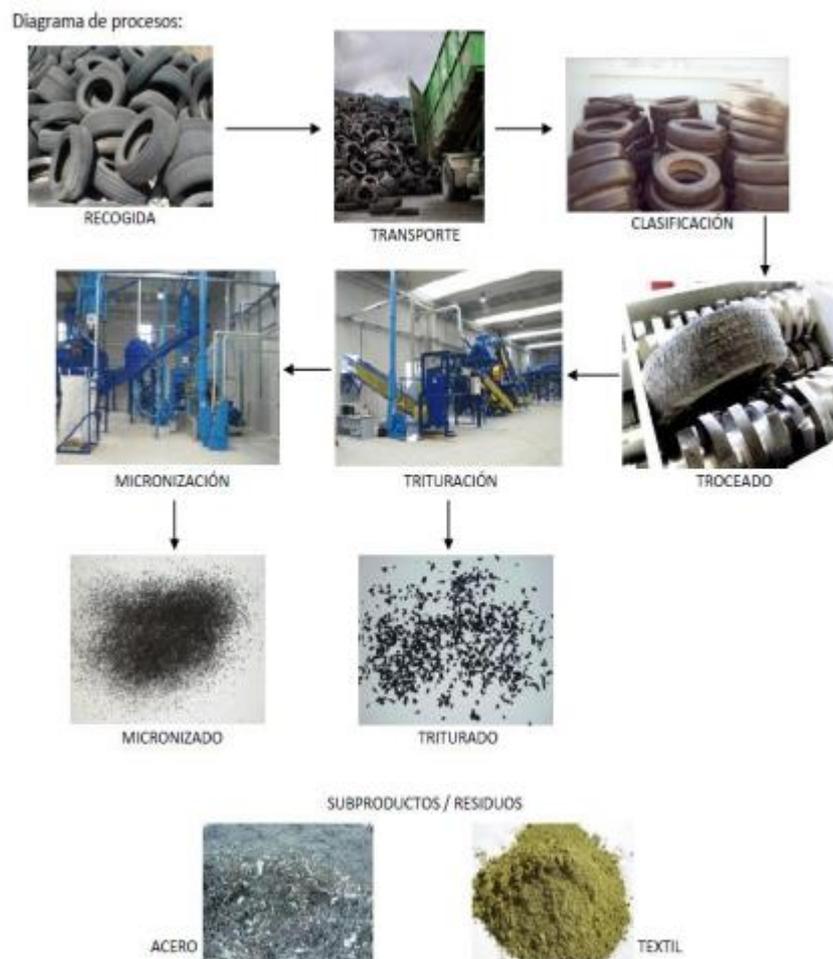
*Características químicas y físicas del polvo de caucho*

<b>Características químicas y físicas del polvo de caucho</b>	
<b>Propiedades</b>	<b>Descripción</b>
Extracto cetónico (%)	5,00 - 22,00
Contenido en cenizas (%)	7,00 - 11,00
Contenido en polímeros NR/SR (%)	70/30 - 60/40
Contenido de negro de humo (%)	26,00 - 38,00
Contenido de caucho natural (%)	10,00 - 35,00
Contenido de hidrocarburo de caucho (%)	10,00 - 35,01
Azufre (%)	1,00 - 7,00
pH (25°C)	8,12 - 8,20
Solubilidad	Insolubre en agua parcialmente soluble en acetona

Forma	Sólidos en forma de gránulos y polvo
Color	Negro
Olor	Caucho
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	0,40 - 0,50
Peso específico	1,15 - 1,27
Humedad (%)	<0,75
Punto de combustión (°C)	300 - 450

**Fuente:** Ivana Moyano & Exequiel Páez (2019)

Las diferentes áreas que la industria del reciclaje de los neumáticos en desuso se puede dividir en: Zona de acopio, Zona de selección, Planta de procesado, Almacén de productos. (Martín, 2015).



**Figura 3.** Proceso de reciclaje del caucho en planta

**Fuente:** Álvar González (2015)

El proceso para reciclar las llantas es el siguiente:

1. Destalonamiento: Remoción de los alambres de acero armónico.
2. Desmetalizado: separación del acero armónico mediante el uso de imanes. Por este medio se obtiene el 99% del acero armónico.
3. Trituración: reducción volumétrica de la llanta a trozos más pequeños. Se divide en dos fases: trituración primaria – se logra obtener grandes trozos de llantas de tamaño no uniforme. Trituración secundaria – se obtienen trozos más pequeños que varían entre 20mm y 100mm.
4. Granulación primaria: es la reducción volumétrica en trozo de llanta en granos provenientes de las fases de trituración, se obtienen partículas menores a 20mm.
5. Granulación secundaria: Si el material granulado contiene material textil, este se enviará a una fase sucesiva de granulación para separar la tela de la goma, una vez molidos se separan por medio de una criba, los tamaños oscilan entre 0.5mm y 3mm.
6. Durante el proceso se produce polvo de tela y de elastómero, las cuales deben ser aspiradas por un sistema de polvos para cuidar al medio ambiente. (Martínez, et al., 2015)

### **Historia del PET**

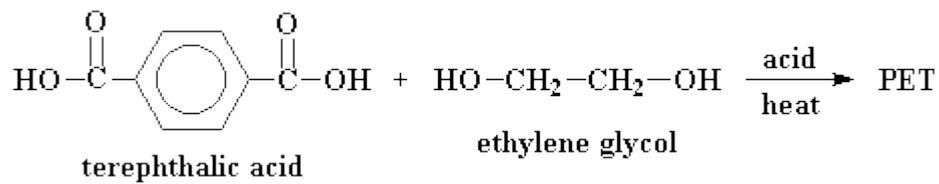
En 1941, el tereftalato de polietileno fue creado por los químicos británicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson. En 1946, se comenzó a usar industrialmente como fibra y en 1952, se utilizó como envase de alimentos; en 1976, se aplicó en la elaboración de botellas para bebidas y refrescos. Hasta la actualidad, el PET ha sido utilizado para envasar alimentos y bebidas y gracias a sus componentes impermeables, térmico y resistente, se lo ha aplicado también en otras áreas como en la construcción. (Kerwa, 2020)



**Figura 4.** Los químicos británicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson  
**Fuente:** SCRIBD (2021)

## PET

El PET es un polímero que se obtiene entre el ácido tereftálico y el etilnglicol. La propiedades químicas y físicas de este material han permitido el desarrollo en la producción de botellas de plásticos, envases, bolsas, cubiertos, entre otros. El Tereftalato de polietileno no sólo se caracteriza por la elaboración de envases, sino que posee una gran variedad de propiedades que lo destaca como: impermeabilidad, liviandad, rigidez, dureza, flexibilidad, aislante térmico, transparencia, resistencia al desgaste y corrosión, etc. A demás que es considerado un material reciclable.



*Figura 5.* Composición química del PET

*Fuente:* Google Imágenes (2021)

## PET reciclado

El PET reciclado se lo denomina rPET y se lo caracteriza por reciclarse de diferentes maneras:

**Reciclado mecánico:** en este tipo de reciclado se muele el material en escamas, se lava, se seca y se introduce en una máquina extrusora para finalmente moldearse. Se lo aplica a los termoplásticos y se debe separar bien los tipos de plásticos. El plástico pierde sus propiedades por lo que se tiene que usar en fabricación de productor con menor exigencia. (Paz, 2016).

**Reciclado químico:** Se utiliza cuando el plástico está muy degradado y se puede reciclar materiales tanto termoestables como termoplásticos. Para este tipo de reciclado se aplica calor y catalizadores a los plásticos, de tal manera que la materia vuelva a un estado básico y se obtengan moléculas cortas para producir otros tipos de PET. (Paz, 2016).

**Reciclado energético:** se incinera el plástico y se lo usa como fuente de energía con un combustible energético. El PET tiene un poder calorífico de 6.3 Kcal/kg con la cual puede hacer una combustión eficiente y no tóxica. (Paz, 2016).

## Teja

La teja es un elemento elaborado de barro cocido que va en serie con otras, su función es cubrir los tejados e impedir el ingreso de la lluvia, así mismo, sirve como aislante térmico y acústico. La forma inclinada de la teja permite que el agua pueda escurrirse fuera de la edificación, en el mercado se puede encontrar tejas de diferentes formas y acabados. (García, 2019).

Algunas de las funciones que desempeña la teja son:

1. Estanqueidad del agua
2. Aislamiento térmico
3. Resistencia al fuego
4. Estanqueidad del aire y salida del vapor
5. Aislamiento acústico
6. Estética y armonía con el paisaje
7. Respeto al medio ambiente (García, 2019)

## Tipos de teja

**-Teja curva:** La teja curva posee alta resistencia a la compresión, tiene forma cilíndrica y curvada.



*Figura 6.* Teja curva

*Fuente:* Google Imágenes (2021)

**-Teja plana:** tiene forma rectangular o en escama y superficie plana.



*Figura 7.* Teja plana  
*Fuente:* Google Imágenes (2021)

**-Teja mixta:** compuesta por una forma curva y una forma plana la cual sirve como canal de desagüe.



*Figura 8.* Teja mixta  
*Fuente:* Google Imágenes (2021)

## **Tejas a base de caucho reciclaje**

En la actualidad, gran parte de las empresas que se dedican a la construcción de materiales, aportan a la disminución de la contaminación ambiental. Una de ellas, son las tejas que se elaboran a base de caucho reciclado, cabe recalcar que es importante mantener una buena calidad de la materia prima que en este caso es el caucho reciclado y el producto son las cubiertas. (Méndez, 2019).

### **2.2 Marco Conceptual**

**Caucho:** El caucho es un material, el cual es obtenido a partir de las secreciones de tipo lechosa, que son producidas por el árbol de caucho. La resina que se obtiene de forma natural del árbol se conoce con el nombre de látex, luego de eso, este producto es tratado con diversos químicos, los que luego van a dar paso a la fabricación del látex, los usos de

este material pueden ser muy variados, sin embargo la aplicación que mayor relevancia tiene es en la fabricación de neumáticos y ciertos compendios hechos a partir de hidrocarburos, en la actualidad este material puede llegar a producirse de forma artificial para lo cual se requiere que se repliquen las técnicas de producción. (ConceptoDefinicion, 2021).

**PET:** (polietilentereftalato) es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. (Acoplasticos, 2021)

**Polipropileno:** Es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo. Todo esto desarrollado en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión. El Polipropileno se puede clasificar en tres tipos (homopolímero, copolímero rándom y copolímero de alto impacto), los cuales pueden ser modificados y adaptados para determinados usos. (Petroquim, 2021)

## 2.3 Marco Legal

### **Constitución de la República del Ecuador 2021**

#### **TÍTULO II**

#### **DERECHOS**

#### **Capítulo segundo. - Derechos del buen vivir**

#### **Sección segunda. - Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes

orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

### **Sección sexta - Hábitat y vivienda**

**Art. 30.-** las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

**Art. 31.-** Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

### **Capítulo séptimo. - Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración

permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

**Art. 74.-** Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

## **TÍTULO VII**

### **RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

#### **Capítulo primero. - Inclusión y equidad**

##### **Sección Octava. - Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.**

**Art. 385.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

#### **Capítulo segundo. – Biodiversidad y recursos naturales**

##### **Sección Primera. – Naturaleza y ambiente.**

##### **Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:**

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

## **Plan Nacional del Buen Vivir 2017 – 2021**

### **Objetivos Nacionales de Desarrollo.**

**Eje 1:** Derecho para todos durante toda la vida.

**Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones.

Uno de los avances más importantes de la Constitución de 2008 (Constitución del Ecuador, arts. 10 y 71-74) es el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos, lo que implica respetar integralmente su existencia, el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales y, su restauración en caso de degradación o contaminación.

### **Políticas:**

3.1. Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

3.2. Profundizar la distribución equitativa de los beneficios por el aprovechamiento del patrimonio natural y la riqueza originada en la acción pública.

3.3. Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

3.4. Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables y la bio-economía, propiciando la corresponsabilidad social.

3.5. Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos.

3.6. Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsables, con base en los principios de economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

3.7. Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.

3.8. Incidir en la agenda ambiental internacional, liderando una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

**Eje 2:** Economía al Servicio de la Sociedad.

**Objetivo 4:** Consolidar la sostenibilidad del sistema económico social y solidario, y afianzar la dolarización.

**Políticas:**

4.1. Garantizar el funcionamiento adecuado del sistema monetario y financiero, a través del manejo óptimo de la liquidez, contribuyendo a la sostenibilidad macroeconómica y el desarrollo.

4.2. Canalizar los recursos hacia el sector productivo promoviendo fuentes alternativas de financiamiento y la inversión a largo plazo, en articulación entre la banca pública y el sistema financiero privado, y el popular y solidario.

4.3. Promover el acceso de la población al crédito y a los servicios del sistema financiero nacional y fomentar la inclusión financiera en un marco de desarrollo sostenible, solidario y con equidad territorial.

4.4. Fortalecer la eficiencia, profundizar la progresividad del sistema tributario y luchar contra la evasión y elusión fiscal.

4.5. Profundizar la progresividad, calidad y oportunidad del gasto público optimizando la asignación de recursos y en el contexto de un manejo sostenible del financiamiento público.

4.6. Fortalecer la dolarización promoviendo un mayor ingreso neto de divisas y fomentando la oferta exportable no petrolera que contribuyan a la sostenibilidad de la balanza de pagos.

4.7. Incentivar la inversión productiva privada en sus diversos esquemas, incluyendo mecanismos de asociatividad y alianzas público-privadas, fortaleciendo el tejido productivo, con una regulación previsible y simplificada.

4.8. Incrementar el valor agregado nacional en la compra pública, garantizando mayor participación de la MIPYMES y actores de la economía popular y solidaria.

4.9. Fortalecer el fomento a los actores de la economía popular y solidaria mediante la reducción de trámites, acceso preferencial a financiamiento, acceso a compras públicas y mercados nacionales e internacionales, capacitación y otros medios.

**Objetivo 5:** Impulsar la Productividad y Competitividad para el Crecimiento Económico Sustentable de Manera Redistributiva y Solidaria.

## **Políticas:**

5.1. Generar trabajo y empleo dignos y de calidad, incentivando al sector productivo para que aproveche las infraestructuras construidas y capacidades instaladas que le permitan incrementar la productividad y agregación de valor, para satisfacer con calidad y de manera creciente la demanda interna y desarrollar la oferta exportadora de manera estratégica.

5.2. Diversificar la producción nacional, a fin de aprovechar nuestras ventajas competitivas, comparativas y las oportunidades identificadas en el mercado interno y externo, para lograr un crecimiento económico sostenible y sustentable.

5.3. Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, en articulación con las necesidades sociales, para impulsar el cambio de la matriz productiva.

5.4. Fortalecer y fomentar la asociatividad, los circuitos alternativos de comercialización, las cadenas productivas y el comercio justo, priorizando la Economía Popular y Solidaria, para consolidar de manera redistributiva y solidaria la estructura productiva del país.

5.5. Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos primarios y la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para desarrollar la industria agrícola, pecuaria, acuícola y pesquera sostenible con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación.

5.6. Optimizar la matriz energética diversificada de manera eficiente, sostenible y soberana, como eje de la transformación productiva y social.

5.7. Fomentar la producción nacional con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el manejo eficiente de los recursos naturales y el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias, para garantizar el abastecimiento de bienes y servicios de calidad.

5.8. Fortalecer a las empresas públicas para la provisión de bienes y servicios de calidad, el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, la dinamización de la economía, y la intervención estratégica en mercados, maximizando su rentabilidad económica y social.

## Norma Técnica Ecuatoriana (INEN)

### NORMA INEN 990: TEJAS CERÁMICAS. REQUISITOS.

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las tejas cerámicas empleadas en el recubrimiento de techo.

**Clasificación.** - Para efecto de esta norma, las tejas se clasifican de acuerdo a su forma y acabado, en los siguientes tipos:

Tipo A. La teja común curva.

Tipo B. La teja común plana.

Tipo C. La teja vidriada curva.

Tipo D. La teja vidriada plana.

#### Requisitos. -

**Resistencia a la flexión.** - La resistencia a la flexión será determinada por la Norma INEN 988 y no debe ser menor de los valores indicados en la tabla.

Tipo de teja	Resistencia a la flexión, en kg/cm <sup>2</sup>	
	Promedio de cinco tejas	Minimo para una teja cualquiera
A	100	80
B	70	55
C	100	80
D	70	55

*Figura 9.* Resistencia a la flexión de las tejas

*Fuente:* Instituto Ecuatoriano de Normalización (1984)

**Absorción de agua.** - La resistencia a la flexión será determinada por la Norma INEN 988 y no debe ser menor de los valores indicados en la tabla.

Tipo de teja	Absorción de agua el porcentaje	
	Promedio de cinco tejas	Una teja cualquiera como máximo
A	18%	20%
B	20%	22%
C	12%	14%
D	14%	16%

*Figura 10.* Absorción de agua de las tejas

*Fuente:* Instituto Ecuatoriano de Normalización (1984)

## **Norma Técnica Ecuatoriana (INEN)**

### **NORMA INEN 988: TEJAS CERÁMICAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

Esta norma establece el método de ensayo de las tejas cerámicas para comprobar su resistencia a la flexión.

**Alcance.** – Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida. No comprenden las tejas fabricadas con materiales silicocalcáreos.

**Resumen.** – El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada horizontalmente sobre soportes separados hasta llegar a la rotura de la teja.

#### **Método. -**

**Aparato.** – Se utilizará una máquina apropiada para los ensayos de flexión. Las piezas de carga y apoyo serán de acero. Las partes en contacto con la muestra serán cilíndricas y líneas de contacto deberán mantenerse perfectamente paralelas.

#### **Preparación de la muestra. –**

- Se someterán al ensayo por lo menos cinco tejas enteras, desecadas en una estufa entre 110° y 115° hasta obtener masa constante.
- Sobre el lomo o en la parte central de la muestra se preparará una superficie de 6x6 cm, con una capa plana de mortero de yeso calcinado para la aplicación de la carga.

#### **Procedimiento. –**

- Colocar la muestra de ensayo, con el lomo hacia arriba, centrada sobre cuatro puntos de apoyo, dos en cada extremo o boca.
- Colocar los dos soportes de cada extremo exactamente de 15 cm de la línea transversal del centro de la teja, dejando, por lo tanto, un espacio libre de 30 cm entre los apoyos.
- Aplicarla carga sobre la superficie preparada a la velocidad de 40 a 50 kg/min.

#### **Cálculo e informe de resultados. –**

- La resistencia a la flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que indique la máquina.
- Se tomará como resultado la media aritmética de los valores obtenidos en las cinco muestras ensayadas, consignándose también los dos valores extremos.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### **3.1 Enfoque de la investigación.**

De acuerdo a lo investigado sobre la elaboración de las tejas con residuos de neumáticos y PET reciclado se deduce que el método aplicado para este tipo de proyecto, es el método deductivo, debido a que, con los diferentes análisis e información recopilada en la investigación, se puede concluir que es la apropiada para aplicarla en la elaboración de la teja y con la finalidad de validar las teorías obtenidas mediante la experimentación y producción de la misma.

#### **3.2 Alcance de la investigación.**

Para el presente proyecto de la teja elaborada con residuos de neumáticos y PET reciclado, se consideró el tipo de investigación experimental, debida a que se debe demostrar su efectividad al momento de ser aplicada en la construcción. Por lo que es importante realizar diferentes pruebas y demostraciones que determinen que el caucho de los neumáticos y PET son adecuados para la elaboración de nuevos materiales, se ha demostrado que son resistentes, sirven como aislantes térmicos y además contribuyen en parte al cuidado del medio ambiente.

Para el proyecto de la teja, las fuentes bibliográficas han sido una ayuda para recopilar información importante y necesaria, de tal forma que retroalimenta a la investigación. Para la elaboración de la teja, se ha basado en revistas, blogs y tesis de proyectos que se han realizado con materiales similares y que en su mayoría han obtenido resultados positivos, así mismo, averiguar los componentes y ventajas que poseen el caucho del neumático y PET y los diferentes usos que se pueden aplicar en el área de la construcción.

El método descriptivo permite conocer las características del grupo de personas al que se va a dirigir para el proyecto de la teja elaborada con residuos de neumáticos y PET reciclado, para el análisis de esta metodología se considera que los datos recopilados deben ser concretos y sistemáticos, debido a que, en algunos casos no contestan con veracidad a las preguntas, por lo tanto, se deben realizar encuestas con preguntas comprensibles y que hagan sentir cómodo al encuestado.

Mediante la investigación cuantitativa, se realizaran encuestas a un determinado grupo de personas de la ciudad de Guayaquil, en el sector de Vía a la Costa, entre los

kilómetros 12 y 15, de tal manera que se logre averiguar los problemas y desventajas que cuentan las tejas tradicionales y qué tan beneficioso sería aplicar este material de la teja con residuos de neumáticos y PET reciclado en futuras construcciones, así mismo, saber la cantidad de personas que estén dispuestas a implementar esta teja en sus viviendas.

### **3.3 Técnica e instrumentos para poner los datos.**

El proyecto se enfoca a la investigación mixta, debido que a través de una serie de encuestas y ensayos de laboratorio se analizará las respuestas obtenidas por los habitantes del sector de vía a la costa de la ciudad de Guayaquil, referente a cuántas personas están interesadas en las tejas con residuos de neumáticos y Pet y encontrar la solución que no les ofrece las tejas tradicionales y los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorios de compresión y flexión de los prototipos de tejas. También, se analizará los datos obtenidos a través de herramientas matemáticas para encontrar las medidas adecuadas para cumplir con los parámetros de calidad que deben tener las tejas.

### **3.4 Población y muestra**

La población es el conjunto de individuos u objetos que poseen características comunes y de las cuales se extrae una muestra, con el objetivo de obtener información para el estudio a realizar. Al seleccionar la población hay que tener en cuenta características esenciales para la investigación, entre ellas: la homogeneidad, el tiempo, el espacio y la cantidad. (Arias, et al., 2016)

Hasta el año 2020, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) puso a disposición a la ciudadanía unas proyecciones poblacionales dando como resultado que la ciudad de Guayaquil cuenta con una población de 2.723.665 habitantes siendo la segunda ciudad más poblada del país.

#### **Muestra**

La muestra es una forma de verificar el comportamiento, propiedades o gustos de una población, es utilizada para realizar estudios ya que de esta manera se puede contabilizar fácilmente y así conocer más a una población. (Lugo, 2020).

Para el presente proyecto de investigación se va a realizar un muestreo aleatorio a un determinado grupo de personas que habitan en el sector de Vía de la Costa, entre los kilómetros 12 y 15. Actualmente, en dicho sector habitan más de 60.000 personas, de las cuales 40.000 residen en las urbanizaciones privadas. (Ecuador, 2019)

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

n= Tamaño de muestra

N= Población 60.000

P= Probabilidad a favor 0,5

Q= Probabilidad en contra 0,5

e= Margen de error 5,00%

Z= Nivel de confianza 1,96

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 60.000}{0,05^2(60.000 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{57.624}{150,9579}$$

***n = 382 habitantes a encuestar en el sector de Vía a la Costa.***

### 3.5 Presentación y análisis de resultados

Encuestas dirigidas a la ciudadanía de Guayaquil, en el sector de Vía a la Costa.

#### 1. ¿Tiene conocimiento usted qué son los Neumáticos Fuera de Uso (NFUS)?

Tabla 3

Resultados de la primera pregunta

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	158	41,10%
No	171	44,80%
Tal vez	53	14,10%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)

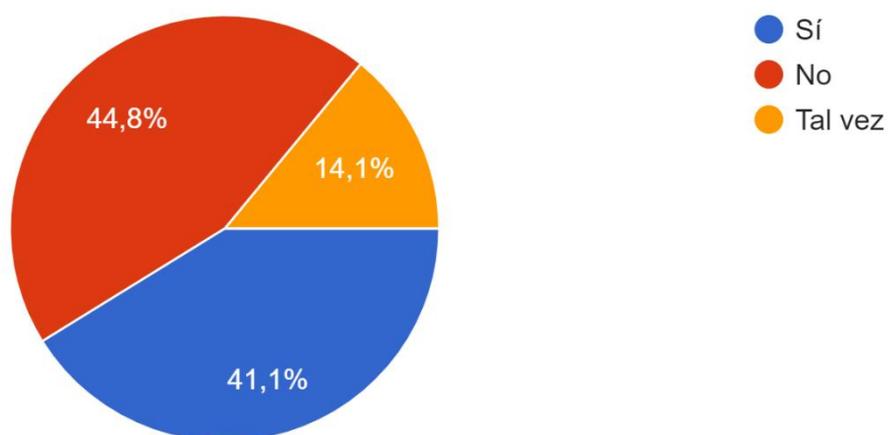


Figura 11. Tabulación de la primera pregunta

Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, las cuales 158 personas equivalente al 41,10% respondieron que si, 171 personas equivalente al 44,80% respondieron que No y 53 personas equivalentes al 14,10% respondieron Tal vez.

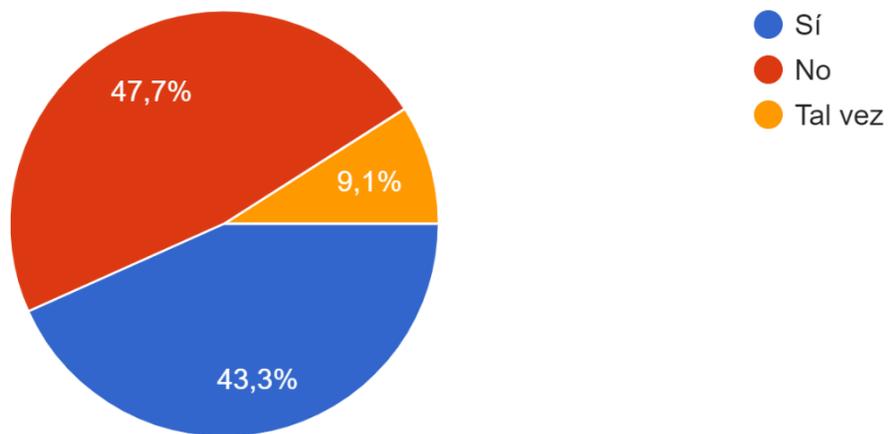
## 2. ¿Tiene conocimiento usted qué es el PET?

**Tabla 4**

*Resultados de la segunda pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	165	43,30%
No	182	47,70%
Tal vez	35	9,10%
<b>TOTAL:</b>	382	100%

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 12.** Tabulación de la segunda pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, las cuales 165 personas equivalente al 43,30% respondieron que Sí, 182 personas equivalente al 47,70% respondieron que No y 35 personas equivalentes al 9,10% respondieron Tal vez.

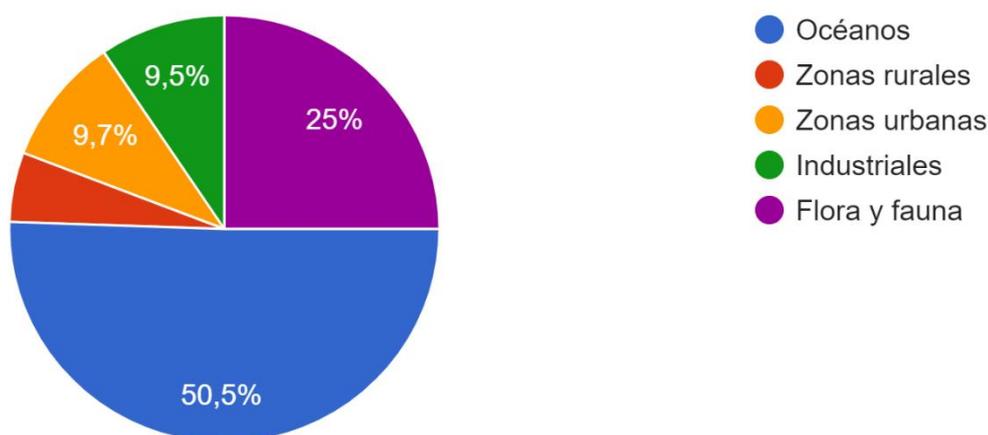
**3. ¿Dónde considera que los restos de Neumáticos Fuera de Uso (NFU) Y PET tendrían mayor impacto de contaminación?**

**Tabla 5**

*Resultados de la tercera pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Océanos	192	50,50%
Zonas rurales	21	5,30%
Zonas urbanas	39	9,70%
Industriales	36	9,50%
Flora y fauna	94	25,00%
<b>TOTAL:</b>	382	100%

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 13.** Tabulación de la tercera pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, las cuales 192 personas equivalente al 50,50% respondieron los Océanos, 21 personas equivalente al 5,30% respondieron las Zonas rurales, 39 personas equivalentes al 9,70% respondieron las Zonas urbanas, 36 personas equivalentes al 9,50% respondieron las Industriales y 94 personas equivalentes al 25,00% respondieron Flora y fauna.

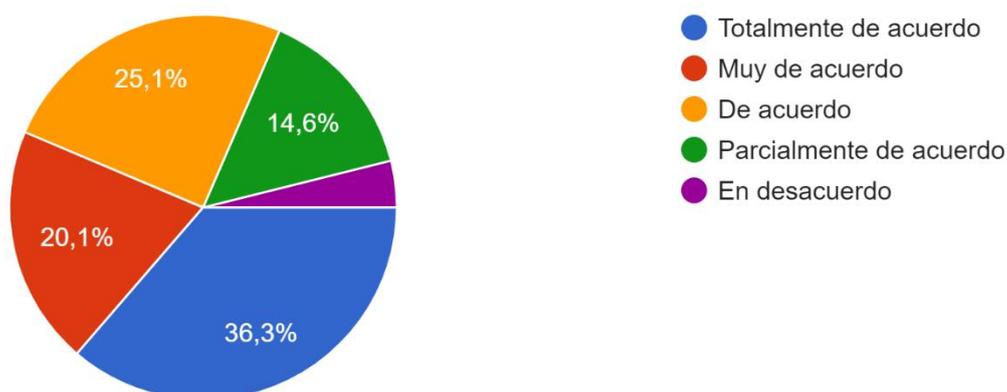
#### 4. ¿Utilizaría en su vivienda una teja elaborada con caucho y PET en su vivienda?

**Tabla 6**

*Resultados de la cuarta pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	139	36,30%
Muy de acuerdo	77	20,10%
De acuerdo	95	25,10%
Parcialmente de acuerdo	56	14,60%
En desacuerdo	15	3,90%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 14.** Tabulación de la cuarta pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, 139 personas equivalentes al 36,30% está Totalmente de acuerdo, 77 personas que equivalen al 20,10% están Muy de acuerdo, 95 personas que equivalen al 25,10% está De acuerdo, 56 personas que equivalen al 14,60% está Parcialmente de acuerdo y 15 personas que equivalen al 3,90% está En desacuerdo.

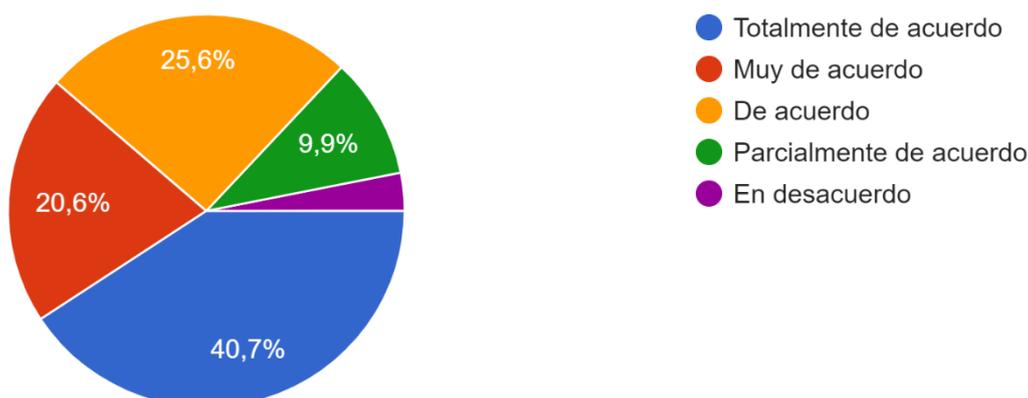
## 5. ¿Está de acuerdo en el uso de materiales de construcción provenientes del caucho reciclado y PET?

**Tabla 7**

*Resultados de la quinta pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	156	40,70%
Muy de acuerdo	78	20,60%
De acuerdo	98	25,60%
Parcialmente de acuerdo	38	9,90%
En desacuerdo	12	3,10%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 15.** Tabulación de la quinta pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, 156 personas equivalentes al 40,70% está Totalmente de acuerdo, 78 personas que equivalen al 20,60% están Muy de acuerdo, 98 personas que equivalen al 25,60% está De acuerdo, 38 personas que equivalen al 9,90% está Parcialmente de acuerdo y 12 personas que equivalen al 3,10% está En desacuerdo.

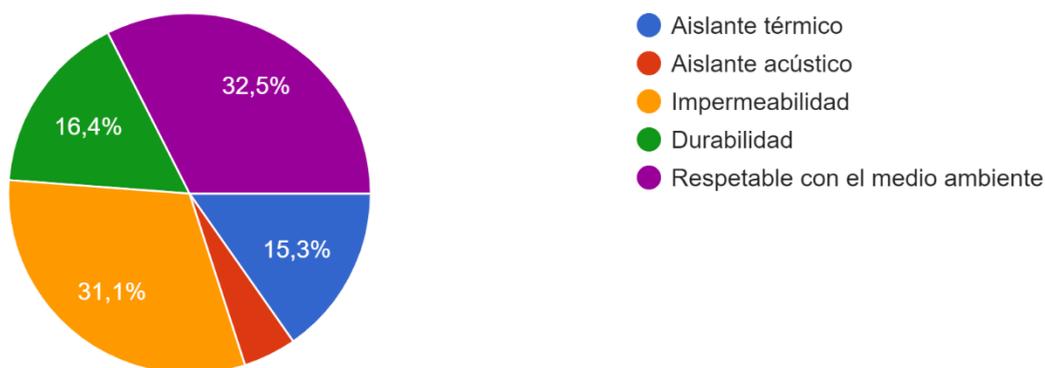
**6. ¿Cuál de estas características cree que es la principal para la teja de caucho reciclado y PET?**

**Tabla 8**

*Resultados de la sexta pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Aislante térmico	59	15,30%
Aislante acústico	18	4,70%
Impermeabilidad	118	31,10%
Durabilidad	63	16,40%
Respetable con el medio ambiente	124	32,50%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 16 .** Tabulación de la sexta pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, las cuales 59 personas equivalente al 15,30% respondieron Aislante térmico, 18 personas equivalente al 4,70% respondieron las Aislante acústico, 118 personas equivalentes al 31,10% respondieron Impermeabilidad, 63 personas equivalentes al 16,40% respondieron Durabilidad y 124 personas equivalentes al 32,50% respondieron respetable con el Medio ambiente.

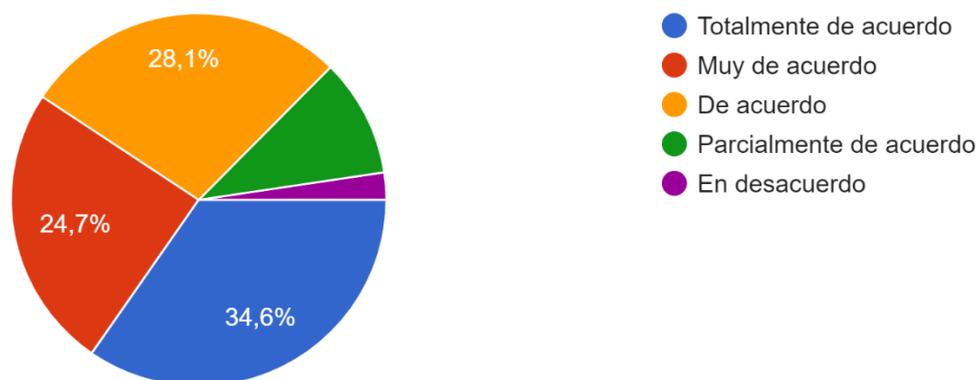
**7. ¿Está de acuerdo en usar tejas elaboradas de caucho reciclado y PET en el sector de la construcción?**

**Tabla 9**

*Resultados de la séptima pregunta*

<b>Alternativas</b>	<b>Respuestas</b>	<b>Porcentajes</b>
Totalmente de acuerdo	132	34,60%
Muy de acuerdo	95	24,70%
De acuerdo	107	28,10%
Parcialmente de acuerdo	39	10,20%
En desacuerdo	9	2,40%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 17.** Tabulación de la séptima pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, 132 personas equivalentes al 36,40% está Totalmente de acuerdo, 95 personas que equivalen al 24,70% están Muy de acuerdo, 107 personas que equivalen al 28,10% está De acuerdo, 98 personas que equivalen al 10,20% está Parcialmente de acuerdo y 9 personas que equivalen al 2,40% está En desacuerdo.

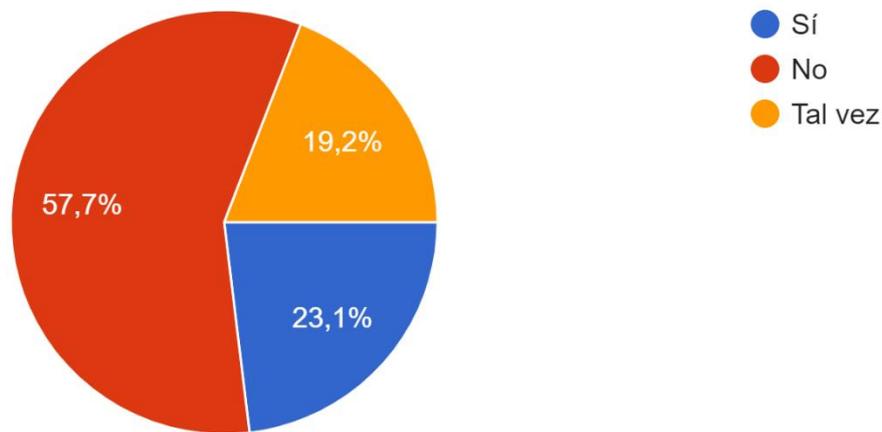
**8. ¿Tiene conocimiento sobre el uso de nuevos materiales que contiene como componente principal el caucho y Pet reciclado?**

**Tabla 10**

*Resultados de la octava pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	89	23,10%
No	220	57,70%
Tal vez	73	19,20%
<b>TOTAL:</b>	382	100%

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 18.** Tabulación de la octava pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, las cuales 89 personas equivalente al 23,10 respondieron que Sí, 220 personas equivalente al 57,70% respondieron que No y 73 personas equivalentes al 19,20% respondieron Tal vez.

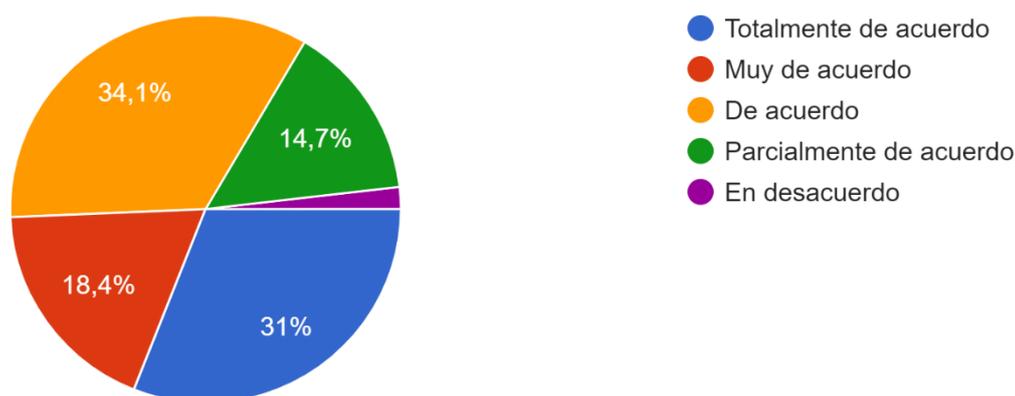
**9. ¿Está de acuerdo que el uso de materiales reciclados como el caucho y PET generará una disminución de costos para el sector de la construcción?**

**Tabla 11**

*Resultados de la novena pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	118	31,00%
Muy de acuerdo	70	18,40%
De acuerdo	130	34,10%
Parcialmente de acuerdo	56	14,70%
En desacuerdo	8	1,80%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 19.** Tabulación de la novena pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, 117 personas equivalentes al 31,00% está Totalmente de acuerdo, 70 personas que equivalen al 18,40% están Muy de acuerdo, 130 personas que equivalen al 34,10% está De acuerdo, 56 personas que equivalen al 14,70% está Parcialmente de acuerdo y 8 personas que equivalen al 1,80% está En desacuerdo.

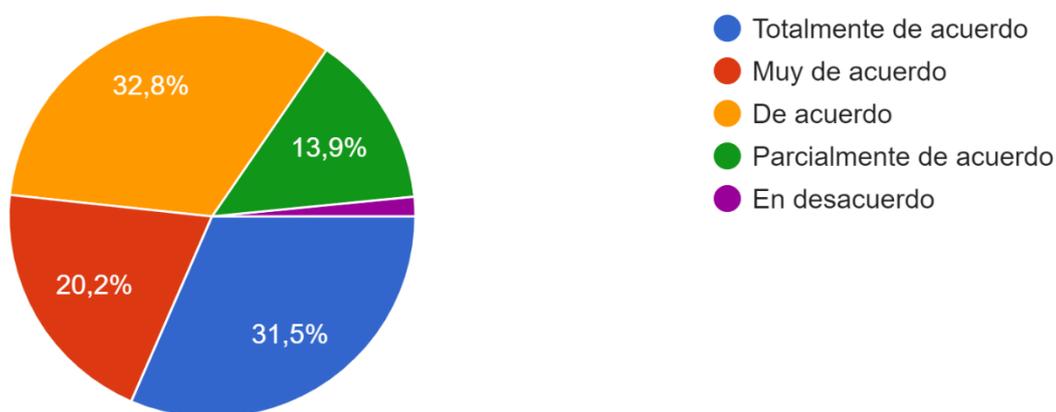
**10. ¿Está de acuerdo que la teja elaborada con caucho y PET reciclado sería más económica que una teja tradicional?**

**Tabla 12**

*Resultados de la décima pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	120	31,50%
Muy de acuerdo	77	20,20%
De acuerdo	126	32,80%
Parcialmente de acuerdo	53	13,90%
En desacuerdo	6	1,60%
<b>TOTAL:</b>	<b>382</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 20.** Tabulación de la décima pregunta

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Análisis:** Las 382 personas encuestadas representan el 100% de la población, 120 personas equivalentes al 31,50% está Totalmente de acuerdo, 77 personas que equivalen al 20,20% están Muy de acuerdo, 126 personas que equivalen al 32,80% está De acuerdo, 53 personas que equivalen al 13,90% está Parcialmente de acuerdo y 6 personas que equivalen al 1,60% está En desacuerdo.

### 3.6 Propuesta

Para obtener el prototipo de teja compuesto por los materiales propuestos, es decir, el caucho de llanta y el Pet, ambos reciclados, se experimentará con varias proporciones de ambos materiales más el elemento ligante que es la resina de poliuretano. De tal forma, se experimentará con varias dosis de resina.

El caucho reciclado en sus dos presentaciones, granulado y en polvo junto con la resina se los adquirió a la empresa Soluciones Ambientales del Ecuador (ECSADE S.A.), una empresa dedicada al manejo responsable de los desechos sólidos no metálicos y al servicio integral de la disposición de los neumáticos en desuso. Con relación al PET, este se adquirió a la empresa RECIPLASTICOS S.A., empresa dedicada a la recuperación de plástico a nivel nacional, la cual incluye al PET.

Con relación a los materiales necesarios para la experimentación de la obtención del prototipo de la teja, se adquirieron en una cadena de ferretería conocida de la ciudad de Guayaquil.

Los materiales para la elaboración de la teja son los siguientes:

- Caucho granulado reciclado



**Figura 21.** Caucho granulado reciclado  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

- Caucho en polvo reciclado



**Figura 22.** Caucho en polvo reciclado  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

- PET triturado



**Figura 23.** Pet triturado  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

- Resina de poliuretano



**Figura 24.** Resina de poliuretano  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

Las herramientas utilizadas para la elaboración de la teja son las siguientes:

- Balanza digital
- Moldes para tejas de aluminio y madera:  
Medidas: 31 cm x 21 cm, con espesores 1,2 cm y 2 cm
- Prensas tipo C
- Lavacara
- Bailejo
- Envases medidores
- Moldes de aluminio
- Taladro
- Barra mezcladora (se acopla al taladro)
- Mesa
- Teja de barro plana
- Plástico transparente

(Ver anexo 1-2)

## Primer ensayo

El primer ensayo para obtener el prototipo de teja, se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 13**

*CPR-01 Primer ensayo - proporciones de materiales*

CPR-01 Primer ensayo - proporciones de materiales						
Material	Granulo met.	Cantidad	Material	Cantidad	Material	Cantidad
Caucho granulado	2 – 4 mm	1.00 lb	PET	1.00 lb	Resina	500 ml
Caucho granulado	2 – 4 mm	2.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	500 ml
Caucho en polvo	0 – 1 mm	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	500 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Se realizó el pesaje en la báscula para la medición del caucho y del Pet, para la resina, se utilizó un recipiente con medida con la cantidad de 500 ml. Se colocan los materiales (caucho y pet) en la lavacara, con el mezclador de pintura acoplado al taladro, se mezclan los elementos previamente, para luego verter poco a poco la resina, con la finalidad de que se mezclen de manera más homogénea y facilitar que la resina llegue a todo el material.

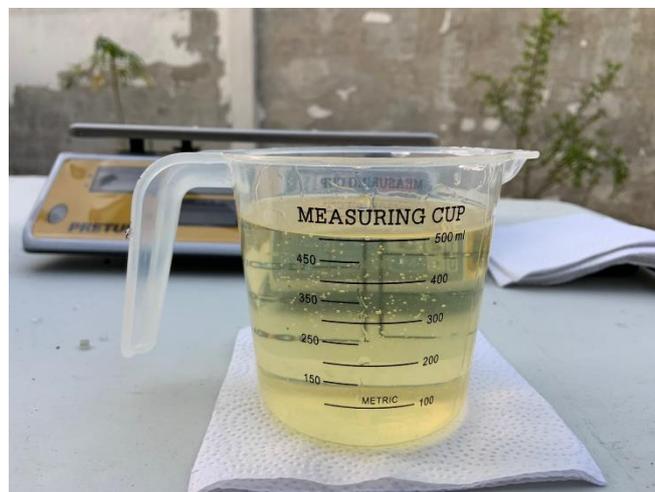


**Figura 25.** Pesaje del pet ensayo CPR-01

*Elaborado por:* (Ana Alvarado y Carlos Rivera, 2022)



**Figura 26.** Pesaje del caucho granulado ensayo CPR-01  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 27.** Pesaje de la resina de poliuretano ensayo CPR-01  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Después, se colocó inicialmente una lámina de plástico transparente sobre el molde de aluminio para facilitar el desencofrado, posteriormente se colocó la teja de barro con la finalidad que el material tome la forma de la misma, para finalizar con el vertido de la mezcla sobre la teja. Con el bailejo, se reparte la mezcla de manera uniforme sobre todo el molde, aplicando presión sobre la mezcla. Este procedimiento es igual para las muestras con caucho granulado, con relación al caucho en polvo, el procedimiento es similar, solo que no se le colocó la teja de barro.



**Figura 28.** Encofrado en molde de aluminio de primera muestra de tejas  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

Según ECSADE S.A, el material mezclado con la resina, se endurece transcurrido las ocho horas. Para la presente experimentación se dejó secar el material por 24 horas. Pasado este tiempo, se procedió a desencofrar las muestras, observando que las muestras que se vertieron el material de caucho y Pet sobre la teja quedó completamente adherida, no pudiéndose separar. Con relación a la muestra de caucho en polvo, esta se desencofró sin problemas.

De las tres muestras que se realizaron, solo la muestra del caucho en polvo sirve para realizar pruebas en laboratorios, las otras dos se deberán descartar ya que el material se quedó adherido a las tejas de barro.

Con esta primera experimentación, se optó por colocar láminas de plástico para evitar el contacto del material a investigar con el piso o el lugar donde se vaya a asentar la muestra y sobre el material una vez colocado sobre el molde de aluminio.



**Figura 29.** Muestra final de primeras tejas del ensayo CPR-01  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### Segundo ensayo

Para esta nueva experimentación se realizaron las siguientes proporciones:

**Tabla 14**

*CPR-02 Segundo ensayo - proporciones de materiales*

<b>CPR-02 Segundo ensayo - proporciones de materiales</b>						
<b>Material</b>	<b>Granulomet.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Caucho granulado	2 – 4 mm	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	250 ml
Caucho granulado	2 – 4 mm	2.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	350 ml
Caucho en polvo	0 – 1 mm	1.00 lb	PET	0.25 lb	Resina	250 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Se procedió el mismo método antes mencionado, es decir, realizar los respectivos pesajes en la báscula de los materiales (caucho, pet y resina de poliuretano), se colocaron los materiales en la lavacara y se mezclan junto con la resina de poliuretano. Desde la última experiencia, se colocó el plástico sobre el molde de aluminio, para luego colocar la mezcla con las proporciones antes mencionadas, así mismo se procedió a poner sobre la mezcla otra lámina de plástico y se aplicó presión con el bailejo para compactar lo mejor posible.



**Figura 30.** Encofrado en molde de aluminio recubierto con plástico  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Posteriormente, se dejó fraguar por 24 horas y se procedió a desencofrar. A diferencia de la experiencia anterior, las tres muestras se desencofraron sin problemas, dando como resultado tres muestras válidas para pruebas de laboratorio; sin embargo, los espesores de las tejas son irregulares, factor que podría afectar los resultados de las pruebas de laboratorio.



**Figura 31.** Muestra final de teja de la segunda proporción del ensayo CPR-02  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 32.** Muestra final de teja de la tercera proporción del ensayo CPR-02  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### Tercer ensayo

Para esta nueva experimentación se realizaron las siguientes proporciones:

**Tabla 15**

*CPR-03 Tercer ensayo - proporciones de materiales*

<b>CPR-03 Tercer ensayo - proporciones de materiales</b>						
<b>Material</b>	<b>Granulomet.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Caucho granulado	2 – 4 mm	0.50 lb	PET	0.50 lb	Resina	200 ml
Caucho en polvo	0 – 1 mm	0.50 lb	PET	0.50 lb	Resina	200 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Con la experiencia de los primeros ensayos, se decidió realizar nuevos moldes con tiras de madera y planchas de plywood para la base, para lograr un espesor uniforme de la teja, es decir una teja con un espesor de 1,2 cm. Las dosis aplicadas son las mencionadas en la tabla 15, la cual se utilizaron las mismas proporciones para el caucho granulado y el caucho en polvo. El procedimiento fue similar a los ensayos anteriores, dejando fraguar por dos horas para su posterior desencofrado.



**Figura 33.** Fabricación de nuevos moldes de madera con espesor de 1,2 cm  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

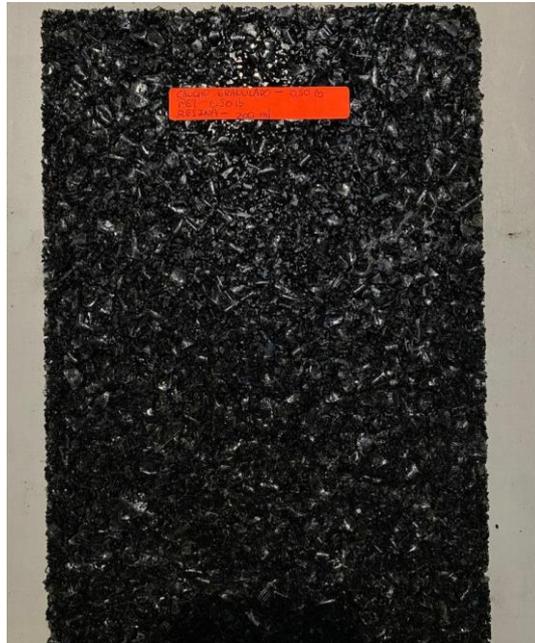


**Figura 34.** Mezcla de materiales caucho, pet y resina con el taladro y mezcladora.  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 35.** Colocación del material en los nuevos moldes de madera.  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

La teja con el caucho granulado se desencofro sin problemas, dando como resultado una teja uniforme en su espesor, sin embargo, la teja elaborada con el caucho en polvo, se adhirió al molde, dificultando así su desencofrado.



**Figura 36.** Muestra final de teja de la primera proporción del ensayo CPR-03  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 37.** Muestra final de teja de la segunda proporción del ensayo CPR-03  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

### Cuarto ensayo

Para esta nueva experimentación se realizaron las siguientes proporciones:

**Tabla 16**

*CPR-04 Cuarto ensayo - proporciones de materiales*

CPR-04 Cuarto ensayo - proporciones de materiales						
Material	Granulomet.	Cantidad	Material	Cantidad	Material	Cantidad
Caucho en polvo	0 – 1 mm	0.50 lb	PET	1.00 lb	Resina	500 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Para este cuarto ensayo, se realizó un molde similar al ensayo CPR-03, pero con una tira de madera más gruesa de 2 cm de espesor, para obtener una teja más robusta.

Luego del pesaje de los materiales, se los colocó en la tina para su posterior mezcla con el taladro y la mezcladora que permite hacer una mezcla más uniforme. Con ayuda de una licuadora, se trató de triturar más el pet a una granulación más fina, con la finalidad de obtener pet en polvo, la cual no se obtuvo un buen resultado al tratar de disminuir la granulometría, sin embargo, se procedió a utilizar el material. Inicialmente se procedió a colocar 300 ml de resina y al terminar de mezclar, observamos que estaba seca, por lo que se decidió aumentar la dosis de resina a 500 ml. Se obtuvo el material, el mismo que fue vertido en el nuevo molde. Para obtener una teja más compacta, se utilizó prensas para ayudar a compactar el material.



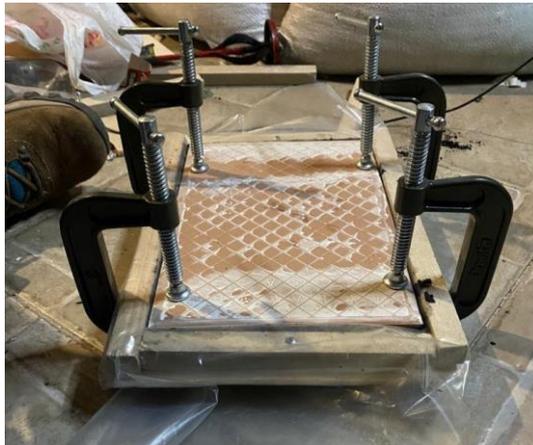
**Figura 38.** Proceso de trituración a polvo del pet

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 39.** Mezcla colocada en el nuevo molde de madera de 2 cm de espesor  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)

Luego de colocar las prensas, se dejó fraguar por ocho horas y se observó que, al aplicar presión en la teja, la resina se desbordaba por los filos del molde ocasionando que este se pegue, dando como resultado una teja que no se pudo despegar del molde como se observa en la Figura 41.



**Figura 40.** Colocación de prensas en el molde de la teja  
**Elaborado por:** Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 41.** Muestra final de caucho en polvo y pet reciclado del ensayo CPR-04  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### Quinto ensayo

Para esta nueva experimentación se realizaron las siguientes proporciones:

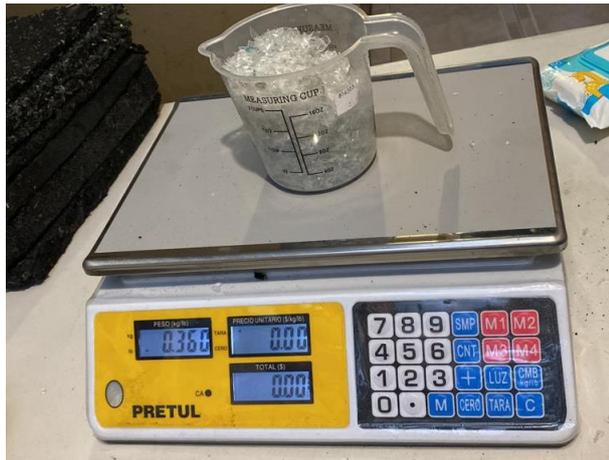
**Tabla 17**

*CPR-05 Quinto ensayo - proporciones de materiales*

<b>CPR-05 Quinto ensayo - proporciones de materiales</b>						
<b>Material</b>	<b>Granulomet.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Caucho granulado	2 – 4 mm	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	400 ml
Caucho en polvo	0 – 1 mm	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	400 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

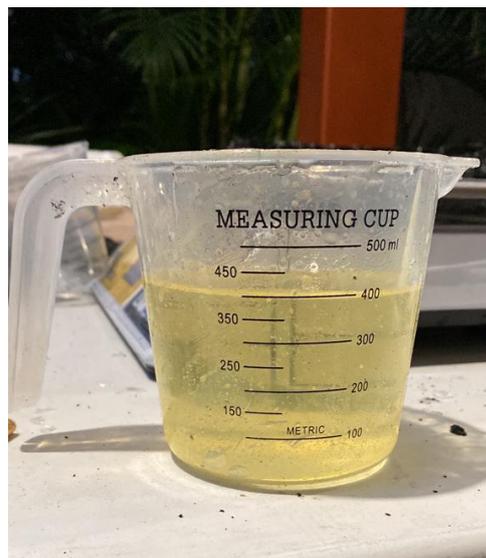
Para este ensayo, se utilizó el molde del ensayo CPR-04, las proporciones son las que se detallan en la tabla 17. Se procedió a la respectiva mezcla de los materiales y el vertido en el molde de madera, como en el ensayo anterior, se aplicó presión con las prensas, sin embargo, se colocó plástico por debajo y por encima de la teja, para facilitar su desencofrado. Se dejó fraguar por ocho horas y se procedió a desencofrar.



**Figura 42.** Pesaje del pet ensayo CPR-05  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 43.** Pesaje del caucho granulado CPR-05  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 44.** Pesaje de resina de poliuretano CPR-05  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Como en las muestras del ensayo CPR-04, la resina se desbordo por el molde, por la presión aplicada por las prensas, pero gracias a que se colocó el plástico, se pudo desencofrar sin mayor problema. Como resultado, se obtuvo una teja con bordes irregulares por el proceso de desbordamiento de la resina.



**Figura 45.** Muestra final de caucho en polvo y pet reciclado del ensayo CPR-05  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 46.** Muestra final de caucho granulado y pet reciclado del ensayo CPR-05  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)



**Figura 47.** Muestra de bordes irregulares de la teja por el desbordamiento de la resina  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### **Peso de los prototipos**

A continuación, se procedió a realizar el pesaje de los prototipos con las distintas proporciones, resumiendo en el siguiente cuadro:

**Tabla 18**

*Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-01*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho en polvo (lb)	1,00	
CPR-01	PET (lb)	0,50	2,61
	Resina (ml)	500	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Tabla 19**

*Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-02*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho en polvo (lb)	1,00	
CPR-02	PET (lb)	0,25	1,77
	Resina (ml)	250	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Tabla 20***Pesaje de teja de caucho granulado, pet y resina del ensayo CPR-02*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho granulado (lb)	2,00	
CPR-02	PET (lb)	0,50	3,13
	Resina (ml)	350	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)**Tabla 21***Pesaje de teja de caucho granulado, pet y resina del ensayo CPR-03*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho granulado (lb)	0,50	
CPR-03	PET (lb)	0,50	0,90
	Resina (ml)	200	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)**Tabla 22***Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-03*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho en polvo (lb)	0,50	
CPR-03	PET (lb)	0,50	0,79
	Resina (ml)	200	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)**Tabla 23***Pesaje de teja de caucho en polvo, pet y resina del ensayo CPR-05*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Peso teja (lb)</b>	
	Caucho en polvo (lb)	1	
CPR-05	PET (lb)	0,5	1,59
	Resina (ml)	400	

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Para comparar si el peso del prototipo de teja esta alto o bajo en relación a las tejas que se pueden encontrar en el mercado, es necesario indicar la medida del prototipo que es de 31cm x 21 cm. Así que, se procedió a realizar un sondeo por varias empresas que se dedican a comercializar materiales similares al propuesto, a continuación, los pesos de las tejas de venta en el mercado nacional.

La empresa Terraceramics comercializa tejas de cerámica en varios formatos, sin embargo, esta cuenta con una teja rectangular que posee las siguientes características:



**Figura 48.** Teja plana de la empresa Terraceramics  
**Fuente:** Terraceramics (2022)

La empresa Decorteja, se dedica a la comercialización de tejas, también cuenta con una teja plana que presenta las siguientes características:



**Figura 49.** Teja plana de la empresa Decorteja  
**Fuente:** Decorteja (2022)

Con la información expuesta, se realizó una tabla comparativa con el peso de las tejas planas de arcilla y el prototipo propuesto:

**Tabla 24**

*Tabla comparativa de las tejas de arcilla y la teja de caucho y pet reciclado*

Material	Peso (lb)
Teja de caucho, pet y resina	0,9
Teja de arcilla (Terraceramics)	3,5
Teja de arcilla (Decorteja)	5,1

**Elaborado por:** (Ana Alvarado y Carlos Rivera, 2022)

Como se puede apreciar en la Tabla 24, el prototipo de teja propuesto es muy ligero en comparación con las tejas tradicionales, lo que ayuda a reducir el peso global de la cubierta y, por ende, de la construcción en general, siendo este, un ahorro dado que no será necesario el diseño de edificaciones que en su diseño tengan una carga excesiva.

### **Resultados Experimentales**

Se indican los resultados obtenidos en los ensayos a flexión y compresión en Teja de Caucho con adición de Pet y Resina de Poliuretano con sus diferentes adiciones y porcentajes.

De las muestras obtenidas de los diferentes ensayos detallados en el punto 3.6, se procedió a escoger tres prototipos de tejas para ser testeados en pruebas de laboratorio. Los ensayos a realizar son a compresión y a flexión. El laboratorio escogido es el Laboratorio de Evaluación de Materiales de la Escuela Politécnica del Litoral (LEMAT), sede Prosperina.

Las pruebas se realizaron el día 8 de febrero del 2022, en presencia de los tesistas, Ana Alvarado y Carlos Rivera, en las instalaciones del laboratorio.

Los equipos utilizados son:

#### **Para flexión:**

Marca: Shimadzu

Modelo: UH-600kNI



**Figura 50.** Equipo prueba de flexión Shimadzu UH-600kNI  
**Elaborado por:** (Ana Alvarado y Carlos Rivera, 2022)

**Para Compresión:**

Marca: Shimadzu

Modelo: AG-IS-10 KN



**Figura 51.** Equipo prueba de compresión Shimadzu AG-IS-10 KN  
*Elaborado por:* (Ana Alvarado y Carlos Rivera, 2022)

Los prototipos de tejas enviados al laboratorio se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 25**

*Tejas modelo para pruebas de laboratorios*

<b>Tejas modelo para pruebas de laboratorios</b>					
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
Caucho granulado (CPR-03)	0.50 lb	PET	0.50 lb	Resina	200 ml
Caucho granulado (CPR-02)	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	250 ml
Caucho granulado (CPR-05)	1.00 lb	PET	0.50 lb	Resina	400 ml

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### **Diagrama Tipo de Ensayo a Flexión.**

En este apartado se explica el tipo de diagrama que se utiliza para analizar los datos obtenidos en el ensayo de rotura a flexión de todas las muestras de tejas enviadas al laboratorio lo que nos permite estudiar de manera más grafica los valores más característicos y significativos del ensayo y analizar los resultados analíticamente.

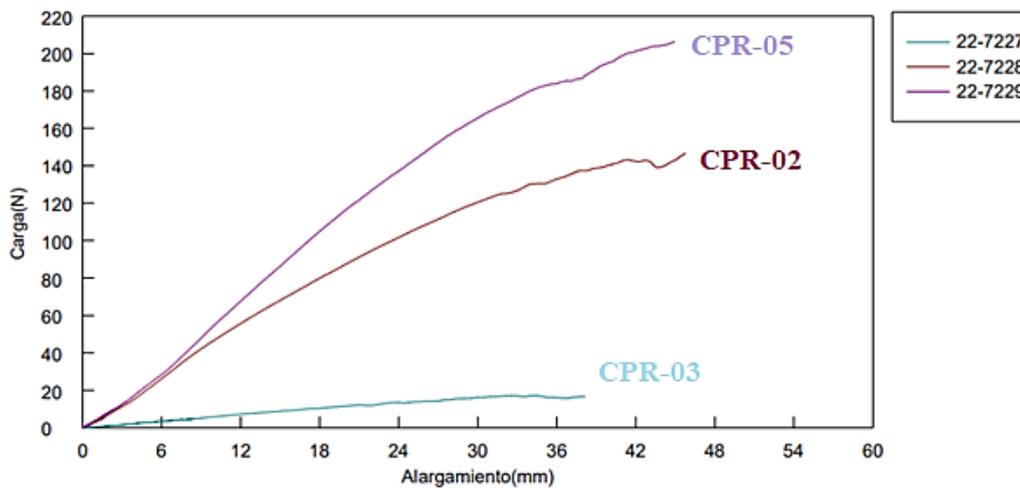
Para la prueba de Flexión, se colocó el prototipo de teja entero sobre la máquina, la cual esta ajustada a una velocidad de 50 kgf/min, Para esta prueba, se procedió a colocar sobre la máquina la placa entera, se prepara y se procede al ensayo a una velocidad de 50kgf/min.



**Figura 52.** Prueba de flexión a la teja de caucho granulado y pet reciclado  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

En la figura 53, se puede observar el comportamiento de los prototipos, siendo el prototipo CPR-03 cuya proporción es 0.50 lb de caucho granulado, 0.50 lb de Pet y 200 ml de resina, debido que, a menor carga, tuvo una mayor flexión y el prototipo CPR-05 cuya proporción es 1 lb de caucho granulado, 0.50 lb de Pet y 400 ml de resina, es el que soportó una mayor carga.

Nombre	Carga Máxima	Desplazamiento Máximo	Esfuerzo Máximo
Unidades	N	mm	MPa
22-7227	17.45	34.53	0.20
22-7228	146.77	45.80	0.79
22-7229	206.53	44.98	0.88



**Comentarios**

22-7227 (Caucho granulado 0.50lb + pet 0.50lb +resina 200ml)

22-7228 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 250ml)

22-7229 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 400ml)

**Figura 53.** Resultados de prueba de flexión a las tejas de caucho granulado y pet reciclado  
**Elaborado por:** LEMAT (2022)

A partir de los datos obtenidos en el ensayo a flexión con la prensa Shimadzu UH-600kNI se obtiene una gráfica Carga (kN) / Carrera (mm),

- El prototipo CPR-03 (22-7227) arrojó una carga máxima de 17.49 N y un desplazamiento máximo de 34.53 mm.
- El prototipo CPR-02 (22-7228) arrojó una carga máxima de 146.77 N y un desplazamiento máximo de 45.80 mm.
- El prototipo CPR-05 (22-7229) arrojó una carga máxima de 206.53 N y un desplazamiento máximo de 44.98 mm.



**Figura 54.** Muestra de la teja CPR-03 después de la prueba de flexión  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

### **Diagrama Tipo de Ensayo a Compresión.**

En este apartado se explica el tipo de diagrama que se utiliza para analizar los datos obtenidos en el ensayo de rotura a compresión se elabora un diagrama de tensión-deformación de la muestra de tejas entregadas al laboratorio lo que nos permite estudiar de manera más grafica los valores más característicos y significativos del ensayo y analizar los resultados analíticamente.

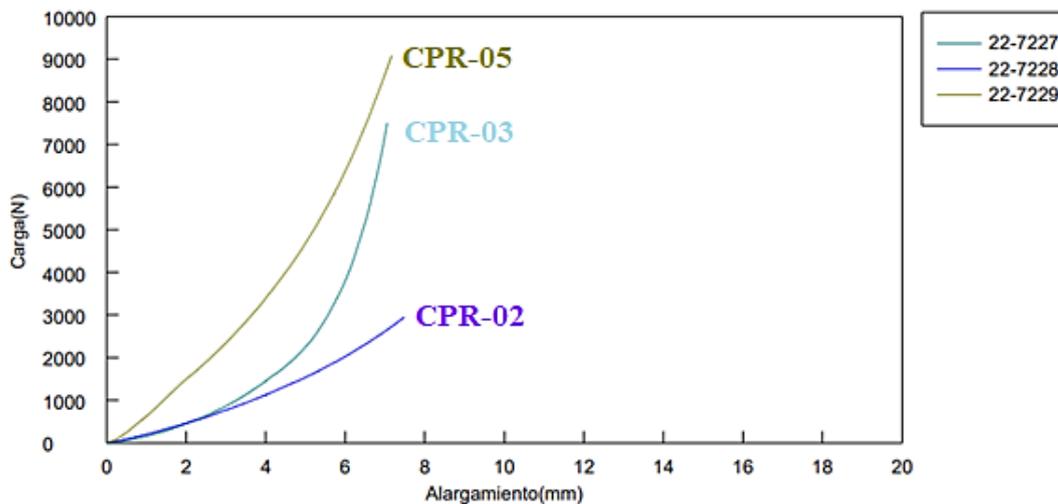
Para la prueba de compresión, se procedió a cortar un pedazo de 50mm x 50mm de cada prototipo de teja, este se coloca en la máquina, luego se prepara la máquina y se realiza el ensayo a una velocidad de 1mm/min.



**Figura 55.** Muestra de teja de 50mm x 50mm para prueba de compresión  
*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

En la figura 56, se puede observar el comportamiento de los prototipos, siendo el prototipo CPR-03 cuya proporción es 0.50 lb de caucho granulado, 0.50 lb de Pet y 250 ml de resina el que soporto menos carga y obtuvo un mayor alargamiento y el prototipo CPR-05 cuya proporción es 1 lb de caucho granulado, 0.50 lb de Pet y 400 ml de resina, es el soportó una mayor carga y obtuvo un menor alargamiento.

Nombre	Carga Maxima	Desplazamiento Alcanzado
Unidades	N	mm
22-7227	7506.	7.06
22-7228	2952.	7.48
22-7229	9083.	7.17



**Comentarios**

22-7227 (Caucho granulado 0.50lb + pet 0.50lb +resina 200ml)  
 22-7228 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 250ml)  
 22-7229 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 400ml)

**Figura 56.** Resultados de prueba de compresión a las tejas de caucho granulado y pet reciclado  
*Elaborado por:* LEMAT (2022)

A partir de los datos obtenidos en el ensayo a flexión con la prensa Shimadzu AG-IS-10KN se obtiene una gráfica Carga (kN) / Carrera (mm),

- El prototipo CPR-03 (22-7227) arrojó una carga máxima de 7506 N y un desplazamiento máximo de 7.06 mm.
- El prototipo CPR-02 (22-7228) arrojó una carga máxima de 2952 N y un desplazamiento máximo de 7.48 mm.
- El prototipo CPR-05 (22-7229) arrojó una carga máxima de 9083 N y un desplazamiento máximo de 7.17 mm.

## Análisis de costo del proyecto

Obtenido los diferentes prototipos, los cuales poseen diferentes proporciones de los materiales analizados en la presente investigación. Se realizó un análisis de costos sobre las tejas presentadas en los diferentes ensayos realizados en el proyecto, se procedió a realizar un cuadro con los gastos incurridos en la elaboración de los prototipos. La materia prima se adquirió a la empresa ECSADE S.A., la cual nos proporcionó el caucho de llanta reciclado en sus dos presentaciones, caucho granulado y caucho en polvo, así como también, la resina de poliuretano. Para el caucho reciclado, se adquirió en sacos de 20 kg y la resina en caneca de 20 lt. Con relación al Pet, este fue adquirido a la empresa RECIPLASTICOS S.A. en saco de 20 kg.

En el siguiente cuadro se detalla los precios de los materiales antes mencionados:

**Tabla 26**

*Tabla de precios de materiales caucho, resina y pet*

<b>Material</b>	<b>Peso</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio kg / Precio lt</b>
Caucho en polvo	20 kg	\$22,40	\$1,12
Caucho granulado	20 kg	\$22,40	\$1,12
Resina	20 lt	\$168,00	\$8,40
PET	20 kg	\$26,79	\$1,34

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

A continuación, se realizó una tabla con los detalles de costos unitarios por teja con la respectiva proporción mencionadas:

**Tabla 27**

*Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-01*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho en polvo (lb)	1	\$1,12	\$1,12
CPR-01	Pet (lb)	0,5	\$1,34	\$0,67
	Resina (lt)	0,5	\$8,40	\$4,20
<b>Precio unitario de teja CPR-01</b>				<b>\$5,99</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

**Tabla 28***Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-02*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho en polvo (lb)	1,00	\$1,12	\$1,12
CPR-02	Pet (lb)	0,25	\$1,34	\$0,33
	Resina (lt)	0,25	\$8,40	\$2,10
<b>Precio unitario de teja CPR-02</b>				<b>\$3,55</b>

*Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)***Tabla 29***Costo unitario de teja de caucho granulado CPR-02*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho granulado (lb)	2,00	\$1,12	\$2,24
CPR-02	Pet (lb)	0,50	\$1,34	\$0,67
	Resina (lt)	0,35	\$8,40	\$2,94
<b>Precio unitario de teja CPR-02</b>				<b>\$5,85</b>

*Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)***Tabla 30***Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-03*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho en polvo (lb)	0,50	\$1,12	\$0,56
CPR-03	Pet (lb)	0,50	\$1,34	\$0,67
	Resina (lt)	0,20	\$8,40	\$1,68
<b>Precio unitario de teja CPR-03</b>				<b>\$2,91</b>

*Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)***Tabla 31***Costo unitario de teja de caucho granulado CPR-03*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho granulado (lb)	0,50	\$1,12	\$0,56
CPR-03	Pet (lb)	0,50	\$1,34	\$0,67
	Resina (lt)	0,20	\$8,40	\$1,68
<b>Precio unitario de teja CPR-03</b>				<b>\$2,91</b>

*Elaborado por: Alvarado & Rivera (2022)*

**Tabla 32***Costo unitario de teja de caucho en polvo CPR-05*

<b>Código</b>	<b>Proporción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$/KG</b>	<b>Costo</b>
	Caucho en polvo (lb)	1,00	\$1,12	\$1,12
CPR-05	Pet (lb)	0,50	\$1,34	\$0,67
	Resina (lt)	0,40	\$8,40	\$3,36
<b>Precio unitario de teja CPR-05</b>				<b>\$5,15</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

De estos prototipos, se escogió el prototipo CPR-03 caucho granulado, siendo este, uno de los prototipos llevado a pruebas de laboratorio. Teniendo elegido el prototipo a costear, se procedió a realizar un Análisis de Precio Unitario (APU) para determinar el costo final del producto y poderlo comparar con las tejas planas en el mercado nacional, para lo cual, se ingresó al portal web de la Contraloría General del Estado, para obtener los salarios mínimos (Ver Anexo 11). Adicionalmente, se ingresó al portal web de la Cámara de la Construcción de Guayaquil y se obtuvo el listado de precios referenciales de los materiales a Abril/2019 (Ver Anexo 11), para tener un precio referencial y compararlo con el prototipo escogido.

**Tabla 33.***Análisis de Precio Unitario – Teja CPR-03***Rubro:** Teja de caucho, resina y pet

<b>Equipo</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Tiempo/U</b>			
		0,20 8H/60 TEJAS			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Herramienta menor 5%					\$0,04
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$0,04</b>

**Mano de obra**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornada/ hora</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Peón	1	\$3,83	\$3,83	0,20	\$0,77

<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$0,77</b>
<b>Materiales</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo</b>
Caucho granulado/caucho en polvo	LB	0,50	\$1,12	\$0,56
PET	LB	0,50	\$1,34	\$0,67
Resina	LT	0,20	\$8,40	\$1,68
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$2,91</b>
<b>TRANSPORTE</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>
				\$0,00
<b>SUBTOTAL</b>				<b>-</b>
			<b>Costo directo (Eq+Mo+Mat+Tr)</b>	<b>\$3,71</b>
			<b>Costo total de rubro</b>	<b>\$3,71</b>

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

Como se puede apreciar en la Tabla 33, el costo unitario para el prototipo escogido es de \$3.71 dólares americanos. A continuación, se presenta un cuadro comparativo con el precio de una teja de arcilla plana, costo obtenido de la lista de materiales de la Cámara de la Construcción.

**Tabla 34**

*Análisis de Precio Unitario – Teja CPR-03*

<b>Material</b>	<b>Costo unt.</b>
Teja de caucho/pet/resina	\$3,71
Alfateja plana	\$0,24

*Elaborado por:* Alvarado & Rivera (2022)

En la Tabla 34, el costo de la teja de caucho reciclado, pet y resina, es más elevado que el costo de la teja referencial, este incremento en costos puede verse afectado dado que el valor de la teja materia de la presente investigación es realizada artesanalmente, los costos podrían reducirse si se mejora el precio de la materia prima y el rendimiento para obtener mayor cantidad de tejas por hora, es decir, llevar el trabajo artesanal a industrializado.

## CONCLUSIONES

Luego de los ensayos realizados con los materiales descritos en el presente trabajo de investigación, se puede afirmar que el producto final, es un elemento que sirve perfectamente para ser utilizado en cubiertas de viviendas de todo tipo. Dentro de la formulación de los prototipos, la resina de poliuretano cumple un factor crucial al momento de su preparación, dado que, a mayor cantidad de resina, se crea un elemento más rígido y a menor cantidad de resina, el elemento es más flexible.

Los prototipos que se realizaron con el caucho reciclado en polvo, no tuvieron un buen desencofrado y su forma al terminar fue irregular, dando un elemento difícil de desmontar del molde, ocasionando que el prototipo se quiebre. Los prototipos con caucho granulado, al mezclarlo con el pet y la resina se mezclan de manera uniforme, logrando un elemento fuerte y firme como lo respaldan las pruebas de laboratorio.

Los prototipos testeados en laboratorio, dado sus componentes, son altamente resistentes a la compresión, soportando cargas superiores a los 9000N. Los prototipos testeados en laboratorio, dado sus componentes, son altamente resistentes a la flexión, dado que las tres muestras soportaron más de 180 N y no presentaron fisuras ni roturas.

Es necesario encontrar un elemento que sirva como aislante entre el material mezclado con la resina y el marco para poder obtener moldes con forma más regular y facilitar así su desencofrado.

El caucho reciclado y el Pet son elementos que son altamente contaminantes y que se les puede reutilizar en formas que aporten al desarrollo de un sector tan importante para la economía del país, que es el sector de la construcción, El Estado, según la constitución, en su Art. 15 promoverá la utilización de tecnologías que estén alineadas con el medio ambiente, es decir, eco amigables, limpias y de energías alternativas y que tengan bajo impacto ambiental.

## **RECOMENDACIONES**

Dado la gran posibilidad de proporciones que se pueden experimentar, se recomienda continuar los ensayos con los materiales propuestos en el presente trabajo de investigación, de tal manera, que se obtenga una mezcla idónea que permita según pruebas de laboratorio, crear nuevas tejas con diversos diseños. Se recomienda encontrar un elemento que no permita que la mezcla del material con la resina se adhiera a los moldes y facilite su desencofrado.

Se recomienda apoyar este tipo de estudios que a futuro se podrán convertir en nuevos emprendimientos, generando plazas de trabajo y por la utilización de material reciclado, se está aportando con el medio ambiente a crear un planeta cada vez más limpio para futuras generaciones, dando cumplimiento a lo establecido en la Constitución del Ecuador, que establece que el deber de la población a vivir en un lugar sano y saludable, a utilizar tecnologías que estén alineadas con el medio ambiente y sobre todo a tener una vivienda digna, segura y saludable independientemente de su condición social y económica.

## **Futuras líneas de investigación**

Las futuras líneas de investigación que se deben de llevar a cabo luego de estar concluida la investigación es estudiar los siguientes aspectos:

- Estudiar el comportamiento mecánico de la teja expuestas a elevadas temperaturas (fuego real).
- Estudiar el comportamiento de teja a pruebas acústicas.
- Estudiar el comportamiento de teja a pruebas térmicas de tal manera, que se logre obtener mayor información acerca de los beneficios que poseen estos materiales reciclados como lo son el caucho y el pet.

## Bibliografía

- Acoplásticos. (2021). Definición de PET. *En Acoplásticos.org*.  
<https://www.acoplásticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- Alan-Neil, D., y Cortez-Suárez, L. (2017). Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica. *Editorial UTMACH*, 68-78.  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiacionCientifica.pdf>
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., y Novales, M. G. M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206.  
<https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Caelca. (2021). Historia del Caucho. *Caelca SAS*. <https://caelca.com.co/blog/historia-del-caucho/>
- Campos-Ocampo, M. (2017). Métodos de Investigación Académica: Fundamentos de investigación bibliográfica. *Universidad de Costa Rica*, 1(1), 17.  
[http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76783/Campos%20Ocampo,%20Melvin.%202017.%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20acad%C3%A9mica.%20\(versi%C3%B3n%201.1\).%20Sede%20de%20Occidente,%20U%20CR.pdf?sequence=1](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76783/Campos%20Ocampo,%20Melvin.%202017.%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20acad%C3%A9mica.%20(versi%C3%B3n%201.1).%20Sede%20de%20Occidente,%20U%20CR.pdf?sequence=1)
- Concepto-Definición, (2021). Definición de Caucho. *En ConceptoDefinición*.  
<https://conceptodefinicion.de/caucho/>
- Constitución de la República del Ecuador, (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008. *LEXIS FINDER*, 14-18-19-35-167-188.  
[https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Construible. (2021). Definición de Arquitectura sostenible. *En Construible.es*.  
<https://www.construible.es/arquitectura-sostenible>
- Dobón-Oliver, B. (2018). Materiales de construcción reciclados y reutilizados para la arquitectura sostenible. *E.T.S.A.Valencia*, 6-9.  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115062/memoria\\_44533185.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/115062/memoria_44533185.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García-Bastida, N. (2019). La teja cerámica: orígenes, análisis y estudios constructivos en Euskadi y la comunidad valenciana. *Universidad Politécnica de Valencia*, 19-20.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/131914/Garc%C3%ADa%20La%20Teja%20cer%C3%A1mica.%20Origenes%20an%C3%A1lisis%20y%20estudio>

s%20constructivos%20en%20Euskadi%20y%20la%20Comunidad%20V....pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Guevara-Alban, G. P., Verdesoto-Arguello, A. E., y Castro-Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento* *RECIMUNDO*, 4(3), 166-169. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1363>
- Hidalgo-Chávez, P. C. (2018). Elaboración de teja utilizando como materia prima caucho reciclado. *Facultad de Ingeniería y Ciencias aplicadas (UDLA)*, 34-41. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9987/1/UDLA-EC-TIAM-2018-30.pdf>
- Lirola, C. (2020). Tipo de tejas, sus características y colocación. *Autopromotores*. <https://www.autopromotores.com/tipos-de-tejas/>
- Lugo, Z. (2020). Población y Muestra. *En Diferenciador*. <https://www.diferenciador.com/poblacion-y-muestra/>
- Hidalgo-Chávez, P. C. (2018). Elaboración de teja utilizando como materia prima caucho reciclado. *Facultad de Ingeniería y Ciencias aplicadas (UDLA)*, 34-41. <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9987/1/UDLA-EC-TIAM-2018-30.pdf>
- Méndez-Vulgarin, J. Y. (2019). Elaboración de moldes de tejas, para techos con caucho reciclado para viviendas de interés social. *Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción (ULVR)*, 48-49. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2729/1/T-ULVR-2522.pdf>
- Moyano, I. I., y Páez, E. D. (2019). Proyecto Final: Estudio de Prefactibilidad Producción de Tejas de Caucho y PEBD reciclados. *Universidad Nacional del Cuyo*, 01-05. <file:///C:/Users/Ana/Downloads/proyecto-final.pdf>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (1982). Tejas Cerámicas Requisitos. *INEN*, 09-10. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_990.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_990.pdf)
- Norma Técnica Ecuatoriana. (1982). Tejas Cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión. *INEN*, 01-03. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/988.pdf>
- Paz, M. (2019). Reciclado de PET a partir de botellas post consumo. *Universidad Nacional de Córdoba*, 46. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/5567/PAZ%2C%20MARIA%20-%20PI%20Reciclado%20de%20PET%20a%20partir%20de%20botellas%20post%20consumo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Pérez-Porto, J. P. y Gardey, A. (2012). Definición de Densidad. *En Definición.de*.  
<https://definicion.de/densidad/>
- Plan del Buen vivir (2021). Definición de Densidad. *En Definición.de*. 55-68-72.  
<https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>
- Petroquim. (2021). Definición de Polipropileno. *En petroquim.cl*.  
<http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>
- Prieto-Castellanos, B. J. (2017). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. *Cuadernos de Contabilidad*, 18(46), 10-12. <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v18n46/0123-1472-cuco-18-46-00056.pdf>
- Qualtrics. (2021). Investigación Cuantitativa, *En Qualtrics.xm*.  
<https://www.qualtrics.com/es/gestion-de-la-experiencia/investigacion/investigacion-cuantitativa/>
- Ruiz-Medina, M. I. (2011). Políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México. *Universidad Autónoma de Sinaloa*, 158-159.  
[file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/Rar\\$DI43.848/mirm.pdf](file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/Rar$DI43.848/mirm.pdf)
- Rodríguez-Rodríguez, L., Chavéz-Molina, M. W., Lartategui-de Roshardt, F. L., y Letona-Álvarez, A. P. (2017). Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envolvertes. *Ingeniería* 27(2), 42-54.  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/27076/30105>
- Sánchez-Herrera, C. E., Peña-Ruiz, J., y Rico-Leguizamón, L. F. (2018). Identificación de los usos actuales del tereftalato de polietileno (PET) Reciclado en la Ingeniería Civil. *Universidad Cooperativa de Colombia*, 3-4.  
[https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4232/1/2018\\_identificacion\\_usos\\_actuales.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/4232/1/2018_identificacion_usos_actuales.pdf)
- Saraza-Velez, V. (2019). Propuesta de negocio para la implementación de una Empresa Recolectora de Llantas Usadas para transformarlas en tejas de cauchos (Tejauchos) en la ciudad de Villavivencio. *Universidad Santo Tomás*, 31-33.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18515/2019valentinasaraza?sequence=8&isAllowed=y>
- Ujaen. (2021). Metodología Cualitativa. *En Ujaen*.  
[http://www.ujaen.es/investiga/tics\\_tfg/enfo\\_cuali.html](http://www.ujaen.es/investiga/tics_tfg/enfo_cuali.html)

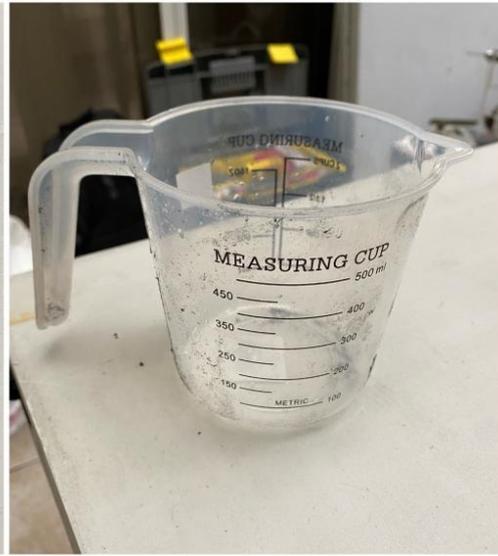
Ventura-De La Cruz, L. M. (2015). Métodos y Técnicas de Investigación. *Universidad Popular De La Chontalpa*. <https://es.slideshare.net/LuzVenturadelaCruz/metodos-y-tecnicas-herramientas-de-investigacion-54150075>

## ANEXOS

### *Anexo 1. Herramientas utilizadas para la elaboración de las tejas*



*Anexo 2. Herramientas utilizadas para la elaboración de las tejas*



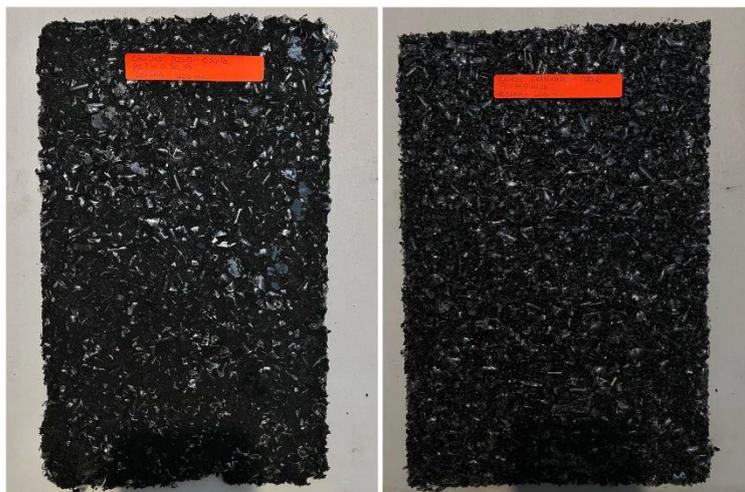
*Anexo 3. Proceso de elaboración de las tejas de caucho y pet reciclado*



*Anexo 4. Proceso de elaboración de las tejas de caucho y pet reciclado*



*Anexo 5. Prototipos CPR-01, CPR-02 y CPR-03 de tejas de caucho y pet reciclado*



*Anexo 6. Prototipos CPR-04 y CPR-05 de tejas de caucho y pet reciclado*



*Anexo 7. Pruebas de tejas en laboratorio LEMAT*



*Anexo 8. Pruebas de compresión y flexión de tejas en laboratorio LEMAT*



Anexo 9. Resultados de ensayo de flexión

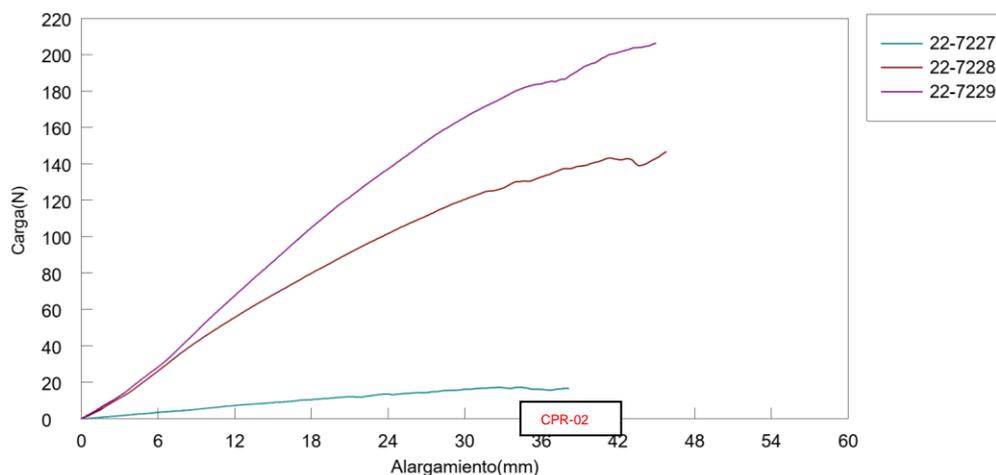
## OT-2724-22 ENSAYO DE FLEXIÓN

Analista :	A. Damián	Fecha :	2022-02-08
Norma de ensayo :	Mét. Int. INEN 988	Equipo utilizado :	EM-008 (MUE 10 kN)
Velocidad de ensayo :	50 kgf/min	Material :	Caucho granulado + resina
Temperatura Máx./Mín. :	23.2 °C / 22.6°C	Humedad Máx./Mín. :	58.7% / 55.4%

Forma: Plana

Unidades	Espesor mm	Anchura mm	Soporte inferior mm
22-7227	12.1000	208.0000	230.0000
22-7228	17.9600	199.0000	230.0000
22-7229	19.7900	207.0000	230.0000

Nombre	Carga Máxima N	Desplazamiento Máximo mm	Esfuerzo Máximo MPa
Unidades			
22-7227	17.45	34.53	0.20
22-7228	146.77	45.80	0.79
22-7229	206.53	44.98	0.88



**Comentarios**

22-7227 (Caucho granulado 0.50lb + pet 0.50lb +resina 200ml)  
 22-7228 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 250ml)  
 22-7229 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 400ml)

Anexo 10. Resultados de ensayo de compresión

## OT-2724-22 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Procedimiento : Método interno

Temp. máx/mín. : 23.4°C / 22.8°C

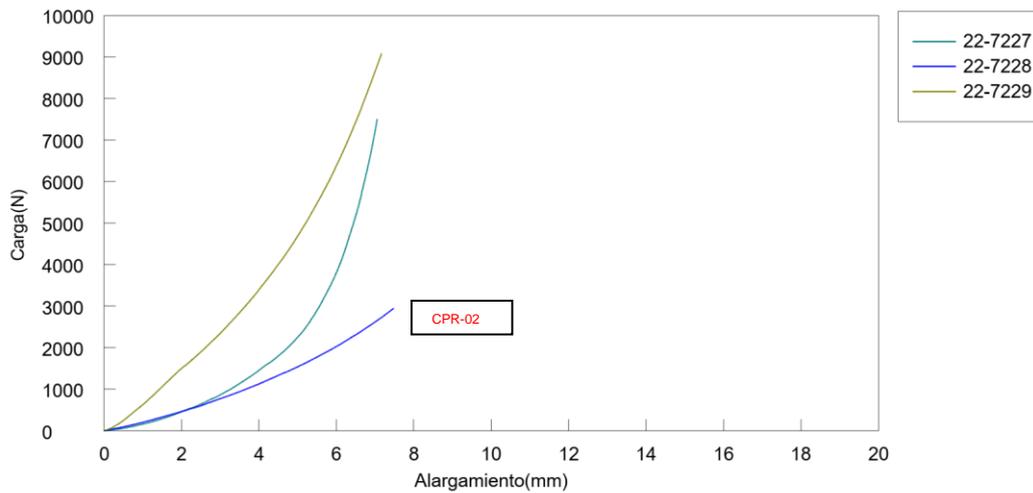
Humedad (máx. / mín.) 58.7% / 55.8%

Velocidad de ensayo : 1 mm/min

Forma: Plana

	Espesor mm	Anchura mm	Altura mm
Unidades			
22-7227	12.1000	50.0000	12.1000
22-7228	17.9600	50.0000	17.9600
22-7229	19.7900	50.0000	19.7900

Nombre	Carga Maxima N	Desplazamiento Alcanzado mm
Unidades		
22-7227	7506.	7.06
22-7228	2952.	7.48
22-7229	9083.	7.17



**Comentarios**

22-7227 (Caucho granulado 0.50lb + pet 0.50lb +resina 200ml)

22-7228 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 250ml)

22-7229 (Caucho granulado 1lb + pet 0.50lb +resina 400ml)

*Anexo 11. Salarios Contraloría General del Estado y Cámara de la Construcción de Guayaquil*

CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO  
 DIRECCIÓN NACIONAL DE AUDITORÍA DE TRANSPORTE, VIALIDAD, INFRAESTRUCTURA PORTUARIA Y AEROPORTUARIA  
 ENERO A ----- DE 2022  
 (SALARIOS EN DÓLARES)

REAJUSTE DE PRECIOS  
 SALARIOS MÍNIMOS POR LEY

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	425,00								
<b>CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS</b>									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peón	436,05	436,05	425,00		635,76	436,05	7.165,46	30,62	3,83

<b>MATERIALES PARA CUBIERTA Y TUMBADO</b>						
13178	Alfateja plana esmalt.canal 10xm2			u.	0,24	DURISOL
13174	Alfateja plana esmalt.tapa 10xm2			u.	0,24	DURISOL

*Anexo 12. Cuadro comparativo de cargas máximas de tejas de caucho y pet y tejas de cerámicas INEN 988*

**NORMA INEN 988**

**TABLA 1. Resistencia a la flexión de las tejas**

Tipo de teja	Resistencia a la flexión, en kg/cm <sup>2</sup>	
	Promedio de cinco tejas	Mínimo para una teja cualquiera
A	100	80
B	70	55
C	100	80
D	70	55

**TEJAS DE CAUCHO**

Nombre	Carga Máxima	Desplazamiento Máximo	Esfuerzo Máximo
Unidades	N	mm	MPa
22-7227	17.45	34.53	0.20
22-7228	146.77	45.80	0.79
22-7229	206.53	44.98	0.88

**CUADRO COMPARATIVO**

Muestra	Carga máxima - prueba laboratorio (MPa)	Carga máxima - prueba laboratorio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión mínima para teja plana (INEN 988) (Kg/cm <sup>2</sup> )
CPR-03	0,20	2,04	55
CPR-02	0,79	8,06	
CPR-05	0,88	8,97	