



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE
ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**“TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACIÓN
DE PROTOTIPO EN BASE DE CÁSCARA DE ARROZ Y PET
(TEREFTALATO DE POLIETILENO)”.**

TUTORA:

MG. DIS. MARIA EUGENIA DUEÑAS BARBERÁN

AUTORES:

VÍCTOR EMILIO LÓPEZ ARANA

LUIS ENRIQUE MUQUINCHE SUPE

GUAYAQUIL

2019



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

“Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno)”.

AUTOR/ES:

López Arana Victor Emilio
Luis Enrique Muquinche Supe

REVISORES O TUTORES:

Msc. María Eugenia Dueñas.

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

INGENIERO CIVIL

FACULTAD:

Facultad De Ingeniería, Industria Y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2019

N. DE PAGES:

126

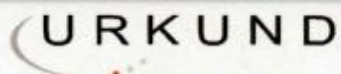
ÁREAS TEMÁTICAS:Arquitectura y Construcción.

PALABRAS CLAVE:

Arroz, Desperdicio agrícola, Plástico, Tejado.

| | | |
|--|--|------------------------------------|
| RESUMEN: | | |
| <p>En la actualidad hay variedades de productos que pueden ser reutilizados y que presentan características físicas y mecánicas que pueden ser aprovechadas en el área de la construcción. Este proyecto de investigación tiene como objetivos disminuir la contaminación ambiental y elaborar un prototipo de teja ecológica, aprovechando materiales desechados como la cáscara de arroz en su estado natural y el PET (Tereftalato De Polietileno), para ser utilizados como cubiertas en viviendas de interés social. Estos prototipos se sometieron a ensayos de calidad para obtener resultados tanto de dimensiones, forma, peso y del comportamiento mecánico de acuerdo a lo establecido por la norma NTE INEN 2420: 2005, para obtener un producto resistente y liviano.</p> | | |
| N. DE REGISTRO (en base de datos): | N. DE CLASIFICACIÓN: | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | |
| ADJUNTO PDF: | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: | E-mail: |
| López Arana Victor Emilio | 0994964786 | lopezvulcano@hotmail.com |
| Luis Enrique Muquinche Supe | 0991933843 | ljunior-27@hotmail.com |
| CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN: | Ing. Alex Salvatierra Espinoza, MSC. DECANO Teléfono: (04)259 6500 EXT. 241 DECANATO E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec | |

CERTIFICADO DE SIMILITUDES



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis López Muquinche.docx (D52705878)
Submitted: 5/23/2019 11:32:00 PM
Submitted By: mduenasb@ulvr.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

Urkund.docx (D45575840)
Karen Lozano Zamora Urkund.docx (D50075770)
TESIS JOSE FIERRO URKUND.docx (D49073409)
Tesis José Pin.docx (D52052802)
DOCUMENTO DE TESIS.pdf (D50911128)
00 PENDIENTE Proyecto de Investigación (1).docx (D40764199)
<https://es.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>
<https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.7945571.pdf>
http://revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica/article/viewFile/361/pdf_350
<https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282>
3f8c6bb6-0eed-4a2c-988b-865b2ea91359

Instances where selected sources appear:

28

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Mónica Espinoza", enclosed within a circular scribble.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados López Arana Victor Emilio y Muquinche Supe Luis Enrique, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

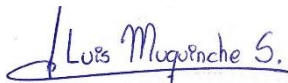
Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno).

Autor(es)



Firma: _____

López Arana Victor Emilio
C.I. 0913860649



Firma: _____

Muquinche Supe Luis Enrique
C.I. 0941426611

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACIÓN DE PROTOTIPO EN BASE DE CÁSCARA DE ARROZ Y PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO), 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: “TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACIÓN DE PROTOTIPO EN BASE DE CÁSCARA DE ARROZ Y PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)”, presentado por los estudiantes LÓPEZ ARANA VICTOR EMILIO Y MUQUINCHE SUPE LUIS ENRIQUE como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma: _____

Maria Eugenia Dueñas Barberán
C.I. 1303722365

AGRADECIMIENTO.

Al culminar este trabajo quiero expresar mi profundo agradecimiento al Creador de todo, a mis compañeros de aula los que siempre fueron parte integrante de este proceso de formación, a Maylon Fuentes, Diego Cotto, Luis Muquinche, Eduardo Fonseca, Christopher Camana, Francisco Lascano, Jonathan Barahona, Yulexi Macías, Mayli Arévalo, Ing, Sergio Toral M, Ing. Raul Intriago. En especial a Angélica Delgado, y a todos los demás que compartieron aula conmigo, quienes fueron parte de los grupos de estudio y trabajo y que de una u otra manera estuvieron ahí hasta llegar a la meta trazada, y culminar esta linda carrera.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil que fueron guías, quienes nos transmitieron sus conocimientos a lo largo de este proceso de formación quienes aparte de ser profesores fueron amigos, al Ing, Fausto Cabrera M, Ing. Yuly Herrera, Ing. Alex Salvatierra, Ing, Josue Rodriguez, Ing. Max Almeida. A mi Tutora Arq. María Eugenia Dueñas.

A mi compañera de vida Lcda. Mónica Otoya V. por la paciencia en los tiempos que deje de compartir con ella por dedicarme a los estudios, a mi hermana Margarita Lopez A. por ser mi ejemplo a seguir. A mi primer amor, mi madre a quien le debo la vida.

Finalmente quiero agradecerle al Ing. José Yunez Parra, por darme la oportunidad de trabajar y prepararme, hasta llegar a feliz término de esta carrera.

Victor Emilio Lopez Arana

En primer lugar, a Dios, a él quiero agradecer por la fuerza que me da cada día para seguir adelante y por haberme guiado a lo largo de mi carrera universitaria.

A mi padre Luis Muquinche Laura por apoyarme en cada momento de mi vida, por los valores que me supo inculcar y por ser un ejemplo de vida a seguir.

A Beatriz Muquinche y Juan Quila, por haberme brindado su apoyo incondicional durante mi carrera universitaria y siendo un pilar fundamental para que pueda concluirla.

A Gladys y Olga por ser parte importante de mi vida y por brindarme su ayuda a lo largo de la misma.

A Tatiana Alarcon por brindarme todo su amor, ayuda y comprensión; siendo una parte muy importante de mi vida.

A mis amigos y compañeros de aula Víctor Lopez y Eduardo Fonseca, por su apoyo incondicional y amistad sincera.

A la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, en especial a los profesores que con sus conocimientos nos transmitieron su experiencia propia para forjar la nuestra.

Luis Muquinche Supe

DEDICATORIA.

El presente trabajo lo dedico a mi esposa y mis hijos por darme las fuerzas para continuar cada día, por inspirarme a ser mejor, por estar ahí en cada momento de mi vida, los mismos que han estado lleno de alegrías y tristezas, pero lo importante es que siempre hemos estado unidos en un solo puño.

A mi Madre, mi hermana, mis tíos, los que me han apoyado desde siempre, por su apoyo moral y económico, por su dedicación, empuje y sacrificio al formarme desde pequeño e inculcarme las buenas costumbres, por ayudarme a ser una buena persona, a ser buen hijo, buen hermano, y buen sobrino.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a todos los que siempre estuvieron ahí animándome a seguir adelante hasta terminar esta hermosa carrera.

Victor Emilio Lopez Arana

De manera muy especial a mi madre, Yolanda Supe Pantoja (+), por haberme brindado todo su amor durante el tiempo que estuvo conmigo, motivándome a seguir adelante y sabiendo que se sentiría orgullosa de que me convierta en un gran profesional.

A mi hija Bianca, tu existencia es el mayor detonante de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de brindarte lo mejor. Eres y serás mi fuente de inspiración para cumplir todas las metas que me proponga.

A mi esposa y mis familiares, quienes han estado presente durante mi desarrollo profesional y por el apoyo incondicional que me han brindado.

Luis Muquinche Supe

| INDICE DE CONTENIDO | Pág. |
|---|-------------|
| CARATULA | i |
| CERTIFICADO DE SIMILITUDES | iv |
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES v | |
| CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR | vi |
| AGRADECIMIENTO. | vii |
| DEDICATORIA. | ix |
| INDICE DE CONTENIDO..... | xi |
| INDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiv |
| INDICE DE TABLAS | xvii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1. Tema..... | 3 |
| 1.2. Planteamiento del Problema..... | 3 |
| 1.3. Formulación del Problema. | 4 |
| 1.4. Sistematización del Problema. | 4 |
| 1.5. Objetivos de la Investigación..... | 5 |
| 1.6. Objetivo General. | 5 |
| 1.6.1. Objetivos específicos | 5 |
| 1.7. Justificación de la Investigación. | 5 |
| 1.8. Delimitación de la Investigación..... | 6 |
| 1.9. Hipótesis..... | 7 |

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO II | 8 |
| MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 8 |
| 2.1. Marco Teórico..... | 8 |
| 2.2. Marco Conceptual..... | 12 |
| 2.2.1. Teja..... | 12 |
| 2.2.2. Cáscara de arroz..... | 19 |
| 2.2.3. Tereftalato De Polietileno (PET). | 23 |
| 2.2.4. Materiales..... | 30 |
| 2.2.5. Equipo..... | 33 |
| 2.2.6. Ensayos de Calidad | 35 |
| 2.2.7. Proceso de elaboración de los prototipos..... | 37 |
| 2.3. Marco Legal..... | 39 |
| 2.3.1. Normas Nacionales..... | 39 |
| 2.3.2. Normas Internacionales..... | 43 |
| CAPÍTULO III | |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | 45 |
| 3.1. Metodología..... | 45 |
| 3.2. Tipo de investigación..... | 45 |
| 3.2.1. Investigación Experimental..... | 45 |
| 3.2.2. Investigación Exploratoria..... | 45 |
| 3.2.3. Investigación Descriptiva..... | 46 |
| 3.3. Enfoque de la investigación..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.4. Población..... | 46 |
| 3.5. Muestra y resultado..... | 47 |
| 3.6. Técnica e Instrumento..... | 48 |
| 3.7. Análisis de resultados..... | 48 |
| CAPITULO IV | 59 |
| PROPUESTA..... | 59 |
| 4.1. Diagrama de Flujo de una Teja de Hormigón a Base de Cáscara de Arroz y PET. | 59 |
| 4.2. Recolección de la materia prima..... | 60 |
| 4.2.1. Cáscara de arroz..... | 60 |
| 4.2.2. Tereftalato De Polietileno (PET)..... | 60 |
| 4.3. Elaboración de los prototipos..... | 62 |
| 4.3.1. Prototipo utilizando Cáscara de Arroz Molida y PET..... | 62 |
| 4.3.2. Prototipo utilizando cáscara de arroz en estado natural y PET..... | 66 |
| 4.4. Resultado de Ensayos de Calidad | 71 |
| 4.5. Análisis de Costo..... | 75 |
| Conclusiones..... | 79 |
| Recomendaciones..... | 81 |
| Referencias Bibliográficas | 82 |
| ANEXOS..... | 88 |

| INDICE DE ILUSTRACIONES | Pag. |
|--|-------------|
| Ilustración 1: Teja De Caucho Reciclado..... | 8 |
| Ilustración 2: Teja con fibra de tallo de banano. | 9 |
| Ilustración 3: Teja de caucho reciclado..... | 9 |
| Ilustración 4: Resistencia del hormigón con adición de CCA y CBC..... | 10 |
| Ilustración 5: Cascarilla de arroz briquetada. | 10 |
| Ilustración 6: Estratificación A Compresión Del Material Compuesto. | 11 |
| Ilustración 7: Construcción de muros con botellas llenas de escombros. | 11 |
| Ilustración 8: Teja..... | 12 |
| Ilustración 9: Ficha Técnica. | 13 |
| Ilustración 10: Tipos de tejas..... | 13 |
| Ilustración 11: Teja Plana..... | 14 |
| Ilustración 12: Teja Curva. | 14 |
| Ilustración 13: Taja Mixta. | 15 |
| Ilustración 14: Teja Colonial..... | 15 |
| Ilustración 15: Teja Portugal. | 16 |
| Ilustración 16: Teja Normanda..... | 16 |
| Ilustración 17: Tejas de Arcilla. | 17 |
| Ilustración 18: Teja de cerámica. | 17 |
| Ilustración 19: Teja de Hormigón. | 18 |
| Ilustración 20: Teja de Microconcreto. | 18 |
| Ilustración 21: Pila de cáscara de arroz. | 19 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 22: Producto Elaborado Con Cáscara De Arroz..... | 22 |
| Ilustración 23: Casa Construida con bloques de cáscara de arroz..... | 23 |
| Ilustración 24: PET (Tereftalato de Polietileno) | 24 |
| Ilustración 25: Envases de plásticos..... | 27 |
| Ilustración 26: Usos del plástico. | 27 |
| Ilustración 27: Proceso de Reciclado Mecánico. | 28 |
| Ilustración 28: Proceso de Reciclado Químico. | 29 |
| Ilustración 29: Proceso de Reciclaje Energético. | 29 |
| Ilustración 30: Cemento. | 30 |
| Ilustración 31: Arena. | 30 |
| Ilustración 32: Agua. | 31 |
| Ilustración 33: Cáscara de arroz. | 31 |
| Ilustración 34: Polvo de la Cáscara de Arroz..... | 32 |
| Ilustración 35: Plástico. | 32 |
| Ilustración 36: Máquina Vibradora | 33 |
| Ilustración 37: Lámina Plástica. | 33 |
| Ilustración 38: Moldes Plásticos. | 34 |
| Ilustración 39: Tanques de Curado..... | 34 |
| Ilustración 40: Ensayo de Permeabilidad. | 36 |
| Ilustración 41: Ensayo de Impacto a la Rotura..... | 36 |
| Ilustración 42: Ensayo de Resistencia a la Flexión. | 37 |
| Ilustración 43: Norma Internacional..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 44: Recolección de la Cáscara de arroz..... | 60 |
| Ilustración 45: Recolección del PET..... | 61 |
| Ilustración 46: Mezcla con PET y cáscara de arroz molida..... | 63 |
| Ilustración 47: Curado primario..... | 63 |
| Ilustración 48: Curado primario..... | 64 |
| Ilustración 49: PET visible..... | 65 |
| Ilustración 50: Mezcla con PET y cáscara de arroz..... | 66 |
| Ilustración 51: Moldeo..... | 67 |
| Ilustración 52: Prototipo 6 con manchas de humedad..... | 68 |
| Ilustración 53: Mezcla de materiales..... | 69 |
| Ilustración 54: Curado Primario..... | 70 |
| Ilustración 55: Curado Secundario..... | 70 |
| Ilustración 56: Curado Final..... | 71 |
| Ilustración 57: Ensayo de Porosidad y Fisuración..... | 72 |
| Ilustración 58: Ensayo de Sonido..... | 72 |
| Ilustración 59: Ensayo de Peso..... | 73 |
| Ilustración 60: Ensayo de Permeabilidad..... | 73 |
| Ilustración 61: Ensayo de Impacto..... | 74 |
| Ilustración 62: Ensayo de Resistencia a la Flexión..... | 74 |

| INDICE DE TABLAS | Pág. |
|-------------------------|-------------|
| Tabla 1: | 20 |
| Tabla 2: | 21 |
| Tabla 3: | 26 |
| Tabla 4: | 49 |
| Tabla 5: | 50 |
| Tabla 6: | 51 |
| Tabla 7: | 52 |
| Tabla 8: | 53 |
| Tabla 9: | 54 |
| Tabla 10: | 55 |
| Tabla 11: | 56 |
| Tabla 12: | 57 |
| Tabla 13: | 58 |
| Tabla 14: | 62 |
| Tabla 15: | 64 |
| Tabla 16: | 65 |
| Tabla 17: | 66 |
| Tabla 18: | 67 |
| Tabla 19: | 69 |
| Tabla 20: | 76 |
| Tabla 21: | 77 |

| | |
|------------------------|----|
| Tabla 22: | 78 |
|------------------------|----|

| INDICE DE GRÁFICOS | Pág. |
|--|-------------|
| Gráfico 1: Tabulación 1. | 49 |
| Gráfico 2: Tabulación 2 | 50 |
| Gráfico 3: Tabulación 3. | 51 |
| Gráfico 4: Tabulación 4. | 52 |
| Gráfico 5: Tabulación 5. | 53 |
| Gráfico 6: Tabulación 6. | 54 |
| Gráfico 7: Tabulación 7. | 55 |
| Gráfico 8: Tabulación 8. | 56 |
| Gráfico 9: Tabulación 9. | 57 |
| Gráfico 10: Tabulación 10. | 58 |

INTRODUCCIÓN

La población mundial está creciendo a un ritmo acelerado, y con ellos la contaminación ambiental; en este punto el ser humano está preocupado por darles un mejor uso a estos residuos por medio del proceso de reciclaje, el cual consiste en aplicarle un proceso al material para que así este pueda ser reutilizado. La problemática de este proyecto consiste en la elaboración de un producto utilizado en la construcción y que a la vez sea amigable con el medio ambiente y que esté al alcance del público en general.

En la actualidad hay variedades de productos que pueden ser reutilizados y que presentan características físicas y mecánicas que pueden ser aprovechadas en el área de la construcción. Para el presente proyecto se va utilizar dos de estos desechos los mismos que a su vez se encuentran en grandes cantidades y son de fácil acceso, estos son la cáscara de arroz (tamo), y el segundo el PET (Tereftalato de polietileno).

En la costa ecuatoriana hay varios cantones arroceros por excelencia tal es el caso de Samborondón y Daule los cuales generan una gran cantidad de desperdicios en lo que se refiere a la cáscara del arroz. De la misma forma, a nivel local se puede conseguir el PET, material utilizado en la elaboración de botellas para bebidas y textiles. De acuerdo a cifras reportadas por diversas fuentes, se estima que la recaudación del PET es de 1.136 millones de botellas de PET.

Es por ello, que este proyecto está encaminado al aprovechamiento de estos residuos y contribuir con la reutilización de la cáscara de arroz desechada por las piladoras que generan un gran impacto de contaminación ambiental, por el inadecuado tratamiento y disposición final del mismo.

Es así, que en el presente proyecto se desea desarrollar una alternativa eficaz y eficiente la cual consiste en elaborar tejas utilizando como materia prima material reciclado como el PET en estado de escamas y la cáscara de arroz en su estado original; respetando las normas técnicas nacionales e internacionales.

En el Capítulo I, se genera el planteamiento del problema basándose en el reciclaje de la cáscara del arroz y el Pet. Dentro de los objetivos de la investigación se tiene tanto el general como los específicos los cuales se deben desarrollar y demostrar a lo largo de la investigación. Como hipótesis de la investigación se debe demostrar los resultados que se logra obtener justificando la utilización de los materiales dentro de los procesos de elaboración de una teja.

En el Capítulo II, se mencionan dentro del Marco teórico los trabajos de investigación existentes que se pueden tomar como referencias para analizarlos ya que en ellos utilizan la cáscara de arroz y el PET, para fabricar nuevos productos ecológicos y elaborar teja con materiales reciclados, además se mencionan las normas técnicas que se deben tomar en cuenta para cumplir con lo establecido dentro del proceso de elaboración.

En el Capítulo III, la Metodología de la Investigación tendrá un enfoque mixto ya que la recolección de datos y el análisis de resultado se realizan de manera cuantitativa y cualitativa. Se utiliza los tipos de metodología experimental, exploratoria y descriptiva ya que se experimenta, se explora y se describe cada uno de los procesos de elaboración y ensayos dentro de la elaboración del producto.

Para terminar en el Capítulo IV, se detallara la propuesta donde se realiza los procesos de elaboración y los ensayos para fabricar un prototipo de teja a base de la cáscara de arroz y el PET (Tereftalato De Polietileno). En el proceso de elaboración se busca la dosificación idónea de los materiales para incorporarlos en la fabricación de los prototipos, mediante la mezcla de materiales y los curados para luego realizarle los ensayos de control de calidad.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

“Tejas reutilizando materiales y elaboración de prototipo en base de cáscara de arroz y PET (tereftalato de polietileno).”

1.2. Planteamiento del Problema.

En la actualidad muchos son los países con tendencias por la innovación de materiales de construcción, en base a una serie de reciclados, lo que se busca con esto es demostrar que un elemento elaborado con este tipo de materiales pueda tener las características similares o mejores que los tradicionales del comercio y que sea más económico y sostenible.

Se puede acotar que dentro de la costa ecuatoriana, existen grandes extensiones de tierra dedicadas a la siembra del arroz, tal es el caso del Cantón Samborondón. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, indica que anualmente se siembra alrededor de 40 mil hectáreas de arroz, las mismas que en un 90% de la producción agrícola es comercializada en regiones tales como la sierra ecuatoriana.

La cáscara del arroz se encuentra en grandes volúmenes en las piladoras ya que este residuo agroindustrial, es de baja densidad y ocasiona un gran problema al momento de hacer su depósito final, contiene una pelusa que provoca picazón al contacto con la piel, en la mayoría de los casos es quemada y es fuente de contaminación, en otras piladoras optan por tirarla al río, lo que causa contaminación de estas aguas, convirtiéndose en un grave problema llegando incluso a bloquear el ingreso del agua a los canales de riego y por la gran cantidad de químicos y fertilizantes que contiene tampoco se puede utilizar en los cultivos porque los perjudicaría.

Por otro lado, el PET (Tereftalato de Polietileno) es un producto industrial de gran demanda a nivel mundial, se lo encuentra más como envases de diferentes tipos de bebidas, en todas partes del mundo, en las calles, en los mares, en las vías, el PET maneja como característica que la degradación demora unos 700 años, por eso es considerado como uno de los más altos contaminantes.

En los últimos tiempos se han fabricado productos para la construcción tanto para paredes y cubiertas a base productos químicos como el Polietileno, Poliuretano, Corcho, fibra de vidrio, espumas y otros. Los mismos que no consideran o implementan una iniciativa ecológica habiendo muchos productos de muy buena manejabilidad, reciclados, altamente resistentes y de alta durabilidad como ya se ha mencionado al PET.

1.3. Formulación del Problema.

¿De qué manera beneficiará al área de la construcción elaborar una teja en base a cascarilla de arroz y PET reciclado?

1.4. Sistematización del Problema.

- ¿Cuáles son los problemas que provocan el desperdicio del PET y la cáscara arroz?
- ¿Es factible elaborar un prototipo de teja con materiales reciclados tales como el PET y la cáscara de arroz?
- ¿Qué costo debería tener una teja ecológica a base de PET y cáscara de arroz en el mercado de la construcción?

1.5. Objetivos de la Investigación.

1.6. Objetivo General.

Elaborar un prototipo de tejas a base de cáscara de arroz y plástico PET (Tereftalato de polietileno) reciclados para la construcción.

1.6.1. Objetivos específicos

- Definir las características de los materiales reciclados.
- Experimentar diferentes prototipos de tejas a partir de dosificaciones de mezclas.
- Demostrar el comportamiento mecánico y físico del prototipo de tejas a base de cáscara de arroz y PET.
- Determinar el costo de producción del prototipo de teja ecológica.

1.7. Justificación de la Investigación.

La finalidad de este proyecto es brindar una alternativa viable dentro del área de la construcción, mediante la elaboración de tejas ecológicas a base de cáscara de arroz y PET, debido a que ayuda a reducir la contaminación ambiental al ser utilizados como materia prima en el proceso de la fabricación de un nuevo producto en el mercado de la construcción como será la teja ecológica.

Con el fin de aplacar un poco todo lo que ocasiona tener residuos o desechos causados como resultados de un producto de consumo, el reciclaje es ventajoso en este caso que se reutilizan los residuos y se crean nuevos elementos que tendrán características similares o mejores que los convencionales y favorecerán a diferentes grupos de personas dando soluciones a problemáticas de viviendas.

La importancia de la elaboración de dichos productos se destaca por el consumo ecológico en cuanto a un prototipo de tejas con materiales reciclables, ya que los diferentes tipos de cubiertas de viviendas son unos de los productos más comercializados a nivel mundial en lo que a la construcción se refiere, teniendo como propósito satisfacer

las necesidades de usuarios por medio de la producción de tejas ecológicas de consumo masivo.

Al trabajar en este proyecto de investigación con materiales reciclados, se estará ayudando aunque sea en un pequeño porcentaje a reducir la contaminación ambiental que aqueja al mundo; es por ello que para aplicar esta técnica será necesario adquirir los conocimientos necesarios a lo largo de esta investigación, dado que la creación del prototipo de tejas ecológicas a base de cáscara de arroz combinado con PET, tendrá la concientización de las poblaciones.

De acuerdo a las prácticas constructivas que se han venido realizando en los últimos años, se ha logrado desarrollar con gran importancia las aportaciones por medio de análisis teóricos, social y ambiental, a los sistemas de elaboración de tejas a base de cáscara de arroz y PET, la cual está caracterizado a la contribución de valiosos diseñadores que desarrollan una técnica que logra obtener como base de sustentación teórico-práctico en tono al rehusó de botellas PET y así determinar la viabilidad del mismo en las construcciones.

1.8. Delimitación de la Investigación.

| | |
|-------------------------------|--|
| Campo | Educación Superior. Pregrado. |
| Área: | Ingeniería civil |
| Aspecto: | Investigación experimental |
| Tema: | Tejas reutilizando materiales y elaboración de prototipo en base de cáscara de arroz y PET (tereftalato de polietileno). |
| Delimitación espacial: | Provincia del Guayas |
| Delimitación temporal: | 2018 - 2019 |

1.9. Hipótesis.

A partir de la cáscara de arroz y el plástico PET reciclados se obtendrá una teja que contribuya al buen comportamiento permeable.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico.

(Méndez J. , 2019), en su trabajo de investigación “Elaboración de moldes de tejas, para techos con caucho reciclado para viviendas de interés social”, planteó como objetivo general elaborar tejas para techos con caucho reciclado, donde llegó a la conclusión que después cumplir con los respectivos ensayos técnicos, logró confirmar que de la mezcla de los materiales con la materia prima se consiguió elaborar un producto liviano y resistente para poder utilizarlos como cubiertas en viviendas.



Ilustración 1: Teja De Caucho Reciclado.

Fuente: Méndez, J. (2019)

(Delgado, 2019) en su proyecto “Comportamiento mecánico de una teja tipo elaborado con mortero hidráulico y prototipo con adición de fibra del tallo de banano” determinó que al incorporar la fibra triturada y lavada del tallo del banano se puede elaborar un prototipo de teja liviana y resistente cumpliendo con lo establecido tanto en los procesos de elaboración como en los ensayos de calidad.



Ilustración 2: Teja con fibra de tallo de banano.

Fuente: Delgado, N. (2019)

(Hidalgo, 2019), en su trabajo “Elaboración de Teja utilizando como materia prima caucho reciclado” desarrolla y analiza dentro de la investigación el objetivo general, que plantea elaborar tejas utilizando como materia prima polvo de caucho reciclado proveniente de neumáticos fuera de uso, donde concluyó que el material adicionado demostró excelente comportamiento de adherencia con el mortero, reduciendo el peso de masa y aumentando la resistencia a la flexión del producto terminado.



Ilustración 3: Teja de caucho reciclado.

Fuente: Hidalgo,P. (2019)

(Coyasamin, 2016), manifiesta en su trabajo “Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)”, concluyó que al realizar una mezcla por separado con las cantidades a utilizar, entre el cemento y cada una de las cenizas para que tenga una buena adherencia, de acuerdo a la

dosificación antes de realizar los dos hormigones porque el comportamiento y el trabajo de ambos materiales son los mismos.



Ilustración 4: Resistencia del hormigón con adición de CCA y CBC
Fuente: Coyasamin, O. (2016)

(Sierra J. , 2014) , expresa en su proyecto “Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia”, como objetivo general determinar los productos para ser reutilizados o transformados en otro producto, reincorporándose al ciclo económico y con valor comercial. Llegando a la conclusión, de que la cascarilla de arroz ligado con otros elementos naturales y subproductos agrícolas se logra alcanzar valores competitivos de conductividad térmica.



Ilustración 5: Cascarilla de arroz briqueteada.
Fuente: Sierra, J. (2014)

Manifiesta (Lalaleo E. , 2016), en su investigación “Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con cascarilla de arroz para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales”, planteó como objetivo general caracterizar automáticamente el material mezclado de poliéster reforzado con cascarilla de arroz para comprobar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales. Llegando a recalcar que la materia prima puede mejorarse, para que soporte la máxima carga en el ensayo de flexión.



Ilustración 6: Estratificación A Compresión Del Material Compuesto.
Fuente: Lalaleo, E. (2016)

(Ruiz & López, 2012), investigadores del proyecto “Nuevas alternativas en la construcción: PET con relleno” indican que el sistema de botellas con relleno de escombros para los muros y tanques de almacenamiento de agua, poseen características de estabilidad y resistencia para ser utilizados en construcciones de bajo costo y de desastres; además de mostrar versatilidad en sus formas ya que se puede utilizar en diferentes diseños y formas.



Ilustración 7: Construcción de muros con botellas llenas de escombros.
Fuente:, Ruiz & López (2012)

2.2. Marco Conceptual.

2.2.1. Teja.

Son elementos utilizados en la construcción desde los antiguos tiempos, ya que han servido para impedir que el agua de las lluvias ingrese a las viviendas. Según la norma INEN 986 “Son piezas acanaladas o planas, de poco espesor, hechas de arcilla Cemento y metálicas, tienen la función principal de recibir y canalizar el agua de las lluvias”, además son elementos decorativos en las edificaciones.

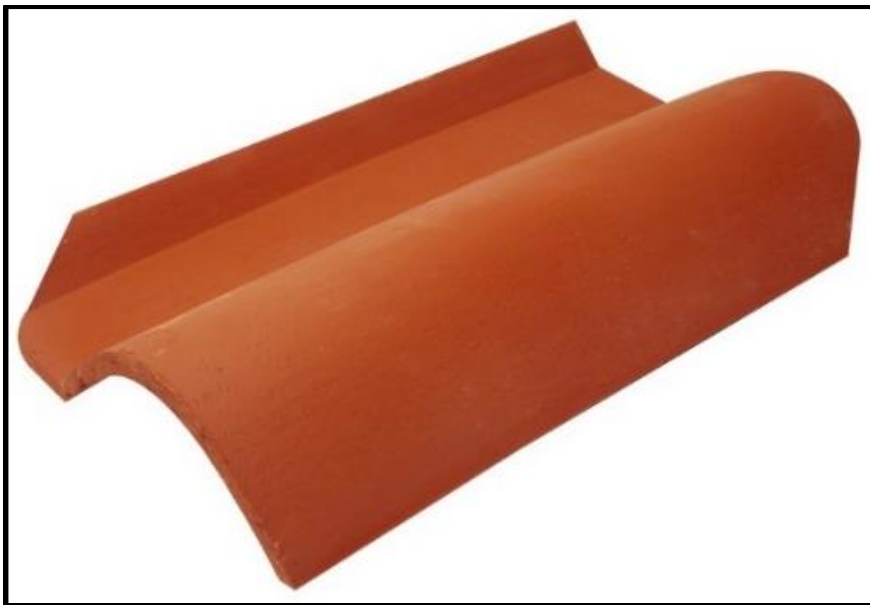


Ilustración 8: Teja.
Fuente: Lalaleo, E. (2016)

Características.

Las tejas son elementos de cubiertas que se caracterizan ya que protegen las edificaciones de las condiciones climáticas como la lluvia, el viento y el sol, a más de cumplir la función principal de aislar el calor excesivo, el frío intenso en las viviendas manteniendo estable la temperatura al interior de la misma. Tienen excelentes propiedades térmicas, acústicas y son de alta durabilidad, además de dar una apariencia estética agradable.

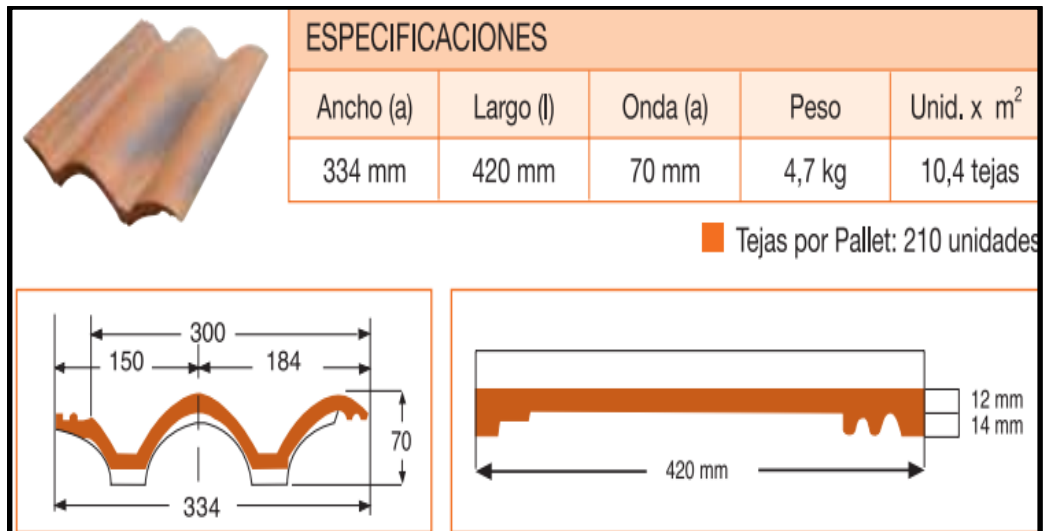


Ilustración 9: Ficha Técnica.

Fuente: <http://www.tejasdechena.cl/> Recuperado el 20/marzo/2019.

Clasificación.

Existen en el campo de la construcción gran variedad de tejas para instalar en las viviendas. De acuerdo a la norma INEN 986, las tejas se clasifican según su forma, estilo y el material de elaboración. Según su forma o geometría pueden ser planas, curvas y mixtas. Según su estilo estas pueden ser coloniales, Portugal, y normanda. Según su material de elaboración pueden ser de arcilla, cerámica, cemento o mortero y de microconcreto. (Construmática, 2019)



Ilustración 10: Tipos de tejas.

Fuente: Dejtiar, F. (2018)

Según su forma.

Planas.- son piezas acanaladas de poco espesor, que están conformadas con superficies planas o con molduras. Presentan en su cara interior y a los bordes superiores dos dientes de apoyo para que se solapan entre sí, además pueden ser confeccionadas de arcilla, cerámica y hormigón. Para ser utilizadas como cubiertas no deben de presentar ni deformaciones ni encochados. (Construmática, 2019)



Ilustración 11: Teja Plana.
Fuente: Construmática. (2019)

Curvas.- Son coberturas clásicas en cubiertas inclinadas también llamadas tejas árabes, tiene forma cilíndrica o cónica, curvada, además se la elabora con material cerámico o de cemento. Este tipo de cubierta se fabrica en una amplia gama de colores como el rojo y marrón, son de fácil instalación ya que los distintos tamaños de los solapes se acoplan sin ningún inconveniente entre pieza y pieza. Se caracterizan por tener alta resistencia a la flexión.



Ilustración 12: Teja Curva.
Fuente: Construmática. (2019)

Mixtas.-También se las conoce con el nombre de belga, son más fáciles de colocar ya que disponen de talones para los apoyos. Tiene un perfil mixto, donde se aprecia su forma que combina líneas curvas y rectas. Su forma curva tiene aspecto de cobija mientras que su forma plana actúa como canal de desagüe, ayudando a evitar posibles filtraciones de agua.



Ilustración 13: Teja Mixta.
Fuente: Construmática. (2019)

Según su estilo.

Coloniales.-Este tipo de tejas son las más cotizadas por los proyectos de cubiertas, por su apariencia rústica, a más de su alta resistencia posee valor estético. Se caracteriza porque es impermeable debido a la dosificación en la mezcla de los materiales, son resistentes a la corrosión, son de fácil instalación y son resistentes al fuego. Pueden ser fabricadas de arcilla, hormigón y acero.



Ilustración 14: Teja Colonial.
Fuente: Construmática. (2019)

Portugal.- Este modelo es también llamada portuguesa, posee características similares a la teja mixta; además es fácil de colocar ya que se adapta a cualquier tipo de arquitectura moderna o tradicional, debido a sus elevados niveles de estancación en las cubiertas. Tiene la ventaja de poseer refuerzos transversales superiores, al mismo tiempo es resistente y se elaboran en varios tonos y dimensiones.



Ilustración 15: Teja Portugal.
Fuente: Construmática. (2019)

Normanda.- Es una teja que es de superficie plana que resalta la potencia del color negro.



Ilustración 16: Teja Normanda.
Fuente: Construmática. (2019)

Según el material de elaboración.

Arcilla.-según la norma española UNE EN 1304 “son piezas de barro cocido en forma de canal, para cubrir por fuera los techos y preservarlos del agua”. Se caracterizan por

que se elaboran de distintas formas ya sean planas, curvas y mixtas. Son resistentes, de bajo costo y de alta durabilidad.



Ilustración 17: Tejas de Arcilla.

Fuente: Construmática. (2019)

Cerámica.- Según la norma INEN 986, “son piezas acanaladas o plana de poco espesor, hechas de arcilla o tierra arcillosa adecuadamente quemada con suficiente plasticidad y consistencia”. Se clasifican en dos grupos: las tejas curvas y las tejas planas. Una vez fabricadas deben ser homogéneas de resistencia uniforme, además deben de ser de color rojizo y cuando se golpeen con algún material duro debe emitir un sonido metálico.

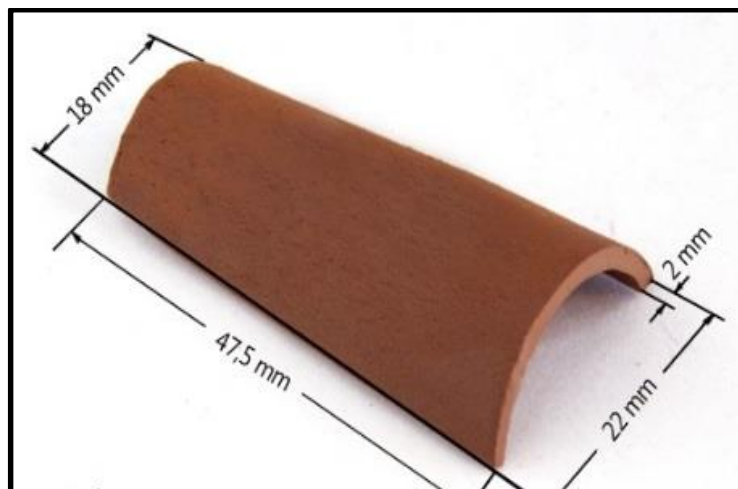


Ilustración 18: Teja de cerámica.

Fuente: Construmática. (2019)

Hormigón.- Según la norma NTE INEN 2 420:2005, “la teja de hormigón es un elemento estructural conformado habitualmente por sistema de extrusión, prensado o vibrado de un mortero con granulometría adecuada, compuesto básicamente de granos minerales, cemento y aditivos.” Además son resistentes a los golpes, a la flexión y al fuego. Son de fácil instalación, se fabrican en gran diversidad de acabados y texturas.



Ilustración 19: Teja de Hormigón.
Fuente: Construmática. (2019)

Microconcreto.- Según Ecosur “las tejas de micro concreto son elementos de cubierta realizada de forma semiartesanal con cemento, arena y agua” Se caracterizan por ser livianas y resistentes al impacto, resistente a la flexión y son impermeables.



Ilustración 20: Teja de Microconcreto.
Fuente: Construmática. (2019)

2.2.2. Cáscara de arroz.

La cáscara del arroz es simplemente una parte del arroz, existe en diversidad de subproductos al procesarlo como la semolina, que es un insumo proveniente de la fricción del grano de arroz y la puntilla que son granos quebrantados o dañados por la fermentación y los hongos, ambos son desechos agroindustriales y sirve como energía termoeléctrica por su porosidad, densidad, y a granel. Cuenta con propiedades químicas como humedad, carbono, cenizas, y calor, siendo un insumo importante para ser utilizado como biocombustibles, la combustión permitiría la potencia para abastecer a 800 viviendas en energía eléctrica.. (Alvarado, Vargas, & Vega-Baudrit, 2015)

En la actualidad se utilizan materiales alternativos en la construcción por motivo de ahorro en los costos, siendo el cemento y la arena los principales componentes dentro del proceso de elaboración. Se reutiliza la cáscara de arroz como materia prima, sin tratamiento alguno, para la producción de concretos y bloques; además, este residuo agroindustrial beneficia la resistencia y la conductividad térmica en los materiales de construcción.



Ilustración 21: Pila de cáscara de arroz.

Fuente: Vargas J. (2015)

En lo que a la cáscara o también pajilla se refiere durante el pilado se produce una gran cantidad de desperdicio, apareciendo grandes montañas de cáscara de arroz a un lado de los molinos, creándose un inconveniente por la gran cantidad de espacio que ocupa. En nuestro país, la tendencia es que la cáscara del arroz se quema contaminando el medio ambiente y produciendo un daño a quienes linderan alrededor de la comunidad, aun así, la ceniza que quedan posee sílice en un 90%, esto significa un gran contenido de potasio, calcio, magnesio y manganeso, además también contiene elementos secundarios como aluminio, boro, fósforo e hierro.

Tabla 1:
Propiedades de la Cáscara de Arroz

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Cenizas | 18,59% |
| Sílice (SiO ₂) | 94,50% |
| Oxido de calcio | (CaO) 0,25% |
| Oxido de magnesio | (MgO) 0,23% |
| Oxido de potasio | (K ₂ O) 1,10% |
| Oxido de Sodio | (Na ₂ O) 0,78% |
| Sulfatos | (SO ₃) 1,13% |

Fuente: Molina Salas, E. (2015)

Características Físicoquímicos de la cáscara de arroz.

La cáscara de arroz es un desperdicio agrícola que se produce en grandes cantidades donde se cultiva y se procesa. En la tabla 2 se menciona las características físicoquímicos que contiene este subproducto entre las que se encuentran como característica física el color, olor, ancho, espesor y peso específico: además se observan las características químicas y el porcentaje que contiene cada una de ellas como la fibra celulosa, proteína, grasas y los carbohidratos.

Tabla 2:

Características Físico Químicas de la Cáscara del Arroz.

| CARACTERISTICAS FÍSICAS | | CARACTERISTICAS QUIMICAS | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|---------|
| Estado físico | Sólido granulado | Humedad | 7.14 % |
| Color | Beige | Ceniza | 19.37 % |
| Olor | Olor característico | Material volátil | 57.09 % |
| Longitud | 4 – 14 mm | Carbon fijo | 16.11 % |
| Ancho | 2 – 4 mm | Carbohidratos | 69.23 % |
| Espesor promedio | 50 um | Fibra celulosa | 45.38 % |
| Peso específico | 2.944 – 3.564 mg | Proteína | 3.59 % |
| Solubilidad en el agua | Insoluble | Grasa | 0.4 % |

Fuente: Echeverría López. (2015)

Usos de la cáscara de arroz.

El uso de la cáscara de arroz en la producción de electricidad, se realiza por el poder calórico de combustión que posee la materia prima, además permite la producción de electricidad, existen proyectos de investigación y desarrollo cuya finalidad es producir una planta energética que permita procesar varios kilovatios de energía y así atender a las empresas en el futuro, la idea nace de una piladora de arroz en el estado Louisiana en los Estados Unidos. (MOLINA, 2015)

En el uso de la cáscara de arroz para realizar tejas para techos se realiza a partir de la combustión de la materia prima, considerando el silicio como su principal componente, que normalmente al ser quemada su ceniza es utilizada para la elaboración de esta cubierta, mediante un proceso complejo de elaboración como la molienda, el tamizado y la mezcla de materiales en el cual se obtiene el producto final con excelentes características mecánicas, térmicas y de resistencia a la abrasión. (MOLINA, 2015)

El uso de la cáscara de arroz como sustituto de la madera, debido a la tala de árboles es un problema mundial en el cuidado del medio ambiente por lo que el desarrollo de la humanidad utiliza la madera como materia prima para la elaboración de múltiples productos como muebles, aparadores, viviendas, entre otros. Para evitar el uso indiscriminado de la tala de árboles, aparecen nuevos productos sustitutos como polímeros sintéticos, siendo la cáscara de arroz el principal elemento con que cuenta para ser una propiedad hidrofóbico, al no penetrarle la humedad y tener resistencia.

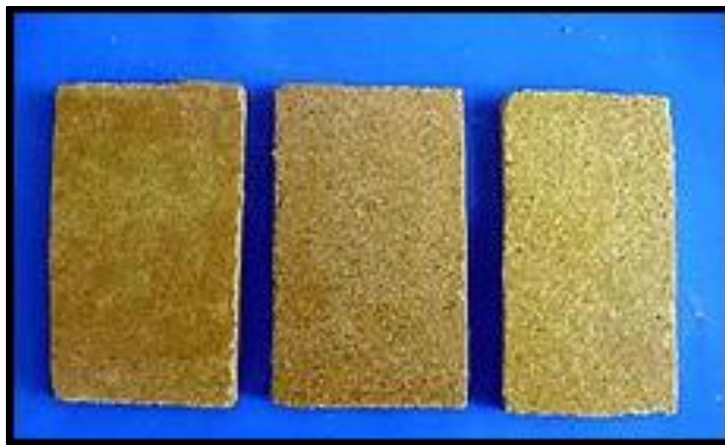


Ilustración 22: Producto Elaborado Con Cáscara De Arroz.
Fuente: Universia.net (2013)

El uso de la cáscara de arroz para la elaboración de mobiliarios se desarrolla de un material aglomerado que sirve para fabricar muebles, esto debido a que es un material resistente al calor y a diferentes temperaturas, una vez transformado con sustancias químicas pueden tomar texturas y colores diferentes. La cáscara de arroz es un desperdicio por lo que no tiene costo, sin embargo puede ser convertido en un mueble con técnicas innovadoras en el mercado internacional.

Para elaborar bloques de concreto ligero con el uso de la cáscara de arroz, las constructoras en la actualidad buscan realizar viviendas reduciendo los costos en la elaboración de productos de construcción, utilizando el desecho de la cáscara de arroz como materia prima para mezclarlos con diferentes químicos como el cemento y los

áridos, ya que es excelente aislantes de ruido, bajo costo, fácil manejo, bajo peso, y viable para cortar. (MOLINA, 2015)



Ilustración 23: Casa Construida con bloques de cáscara de arroz.
Fuente: Molina Salas, E. (2015)

Otros usos de la cáscara de arroz son:

- Combustible para generación de energía eléctrica
- Combustible para generación de vapor
- Combustible para generación de calor
- Conversión en productos químicos
- Conversión en alimento para animales
- Complemento en la fabricación de ladrillos
- Rellenos varios

2.2.3. Tereftalato De Polietileno (PET).

El tereftalato de polietileno, conocido como PET, poliéster termoplástico, que tiene ventajas industriales en la fabricación de piezas, fibras de poliéster y envases, es un material ligero y resistente con transparencia y brillo. El plástico posee alta rigidez y dureza, resistencia a los agentes químicos, estabilidad a la intemperie y poca absorción de humedad. Motivo por lo que es utilizado para diferentes productos necesarios para la

vida como son los cepillos, botellas de plástico, materiales de construcción, entre otros. (Cardenas, 2016, págs. 35-36)



Ilustración 24: PET (Tereftalato de Polietileno)

Fuente: <https://historiasdeempaques.wordpress.com/Recuperado el 25/marzo/2019>.

El reciclaje del plástico es una lucha constante para atacar la contaminación ambiental y lo que concierne al calentamiento global, siendo partícipe todas aquellas industrias que de una u otra manera procesan el plástico sin importar el retorno o ubicación del mismo luego del consumo. El plástico ubicado en los diferentes envases o botellas en el componente más reciclado en el mundo, debido a que el producto es liviano, económico, irrompible y reciclable, siendo el elemento con mayor característica para la reutilización.

El tiempo que tarda un plástico en degradarse totalmente es de 700 años, por lo que ocasiona un impacto ambiental considerable, normalmente su deterioro se encuentra en las calles, ríos, mares, áreas desalojadas, entre otros; provocando el procesamiento de petróleo en grandes cantidades, uso de metales pesados, sustancias tóxicas y químicos que perjudican la salud tanto de animales como de seres humanos.

Con todo lo manifestado se debe considerar al plástico como un elemento negativo para la salud, siendo necesario reciclar los recipiente y las tapas para de esa manera triturarlos y que dichos componentes serán utilizados o procesados en elaboración de nuevos productos en beneficio de la comunidad, solucionando un problema ambiental al

momento de que se utiliza el plástico elaborado en materiales para la construcción. (Negocio Verde, 2016)

Propiedades de los plásticos PET.

El PET presenta propiedades importantes con muchas características relevantes como:

- Alta transparencia y brillo admitiendo cargas de colorante.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Excelentes propiedades químicas y mecánicas.
- 100% reciclable, aunque tiende a reducir su densidad térmica.
- De bajo costo.
- Liviano y resistente.

Datos técnicos del PET.

El plástico, en una materia prima sintética proveniente del petróleo, utilizado en la fabricación de textiles, envases, muebles, materiales de construcción, entre otras. Es resistente a la humedad, al agua y es muy ligero. Además de ser un componente con resistencia, densidad, aislador térmico, aislador eléctrico y no se endurece en ningún momento por el calor, es utilizado para la fabricación de variedades de productos terminados para luego pasar a ser residuos sólidos.

El Polietileno Tereftalato es el nombre científico de las siglas PET, una materia prima perteneciente al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres y procedentes, del petróleo. Sus propiedades físicas y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que ha alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y de gran cantidad de envases. (Agrupación Nacional de la Recuperación, 2013, págs. 6-10)

Los plásticos se caracterizan por su alta relación entre resistencia y densidad, aisladores térmicos y eléctricos. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas es decir estas se ablandan al calor, mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles, esto quiere decir que se endurece con calor, además de ser aprobado para ser utilizado cuando tiene contacto con los alimento. (Hachi, 2015, págs. 21-24)

Tabla 3:
Datos Técnicos PET

| DATOS TECNICOS | OBSERVACIONES |
|---|------------------------------|
| Resistencia a Hidrocarburos | Buena. |
| Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente. | Buena. |
| Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente. | Buena. |
| Resistencia a productos químicos definidos. | Consulta. |
| Efecto de los rayos solares. | Algo lo afecta. |
| Aprobado para contacto con alimentos. | Si. |
| Comportamiento a la combustión | Arde con mediana dificultad. |
| Propagación de llama | Mantiene la llama. |
| Comportamiento al quemarlo. | Gotea. |
| Color de la llama. | Amarillo anaranjado tiznado. |
| Olor al quemarlo. | Aromático dulce. |

Fuente: Richadson&Lokensgard. (2015)

Usos de los plásticos PET.

El PET es una materia prima que proviene del petróleo, los primeros usos se realizaron para la industria textil y luego se la empleo en la industria del plástico, además de poseer un alto grado de cristalinidad y se procesa mediante extrusión, inyección y soplado de preforma y termoformado. Por ser impermeable a los gases abarca casi el 100% en la elaboración de envases y empaques como botellas retornables y no retornables.



Ilustración 25: Envases de plásticos.

Fuente: <https://historiasdeempaques.wordpress.com/> Recuperado el 25/marzo/2019.

El uso del PET dentro de la industria textil, sirve como fibra de poliéster para fabricar variedades de telas, las prendas de vestir elaboradas con la fibra del Pet son resistentes y no se arrugan con facilidad. Se las conoce mayormente como Dacrón y Fortrel, además se las emplea para elaborar cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas debido a su gran firmeza y resistencia. El poliéster también se lo aplica en la medicina, ya que es manipulado en intervenciones de reconstrucción de tejidos dañados.

| ¿CÓMO SE USA EL PET? | |
|----------------------|---|
| FIBRA | ALFOMBRA ROPA TELAS PARA DECORACIÓN (CORTINADOS, ROPA DE CAMA, TAPICERÍA, ETC) |
| PACKAGING | BEBIDAS (GASEOSAS, AGUA MINERAL, JUGOS, ETC.) COMIDAS PERFUMERÍA Y COSMÉTICOS PRODUCTOS PARA EL HOGAR LICORES PRODUCTOS FARMACÉUTICOS |
| FILM | RADIOGRAFÍAS, TAPES DE VIDEO Y AUDIO |

Ilustración 26: Usos del plástico.

Fuente: Industria del Plástico, Plástico Industrial.

Proceso de reciclaje del plástico.

El reciclaje es un proceso cuya finalidad es cambiar desechos en materia prima para luego utilizarlos en nuevos productos. Debido a sus componentes, los desechos plásticos no son fáciles de degradarse en la naturaleza es por ello que se los recolecta, se los limpia, los selecciona según el tipo de material, y se los funde para usarlos como materia prima para fabricar nuevos productos.

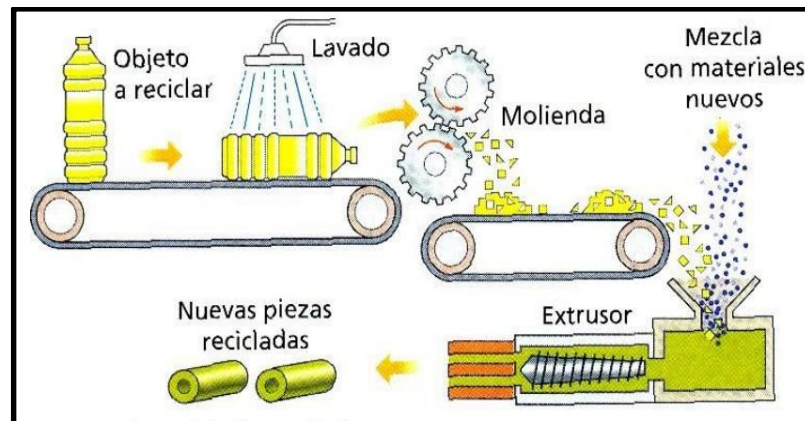


Ilustración 27: Proceso de Reciclado Mecánico.

Fuente: <http://www.edu.xunta.gal/Recuperado> el 27/marzo/2019.

El reciclado mecánico es un proceso sencillo que consiste en conseguir escamas limpias de PET que se utilizan mezcladas con polímeros para la obtención de distintos productos finales. (Es reciclado comienza con la separación de los plásticos por clase, luego se los lava posteriormente se los tritura hasta convertirlos en trozos pequeños y al final se funden convirtiéndose en nuevos productos según sea el caso. CIBR Medio Ambiente, 2015).

El reciclado químico consiste básicamente en degradar los componentes químicos que forman el plástico mediante calor o con catalizadores utilizando agentes químicos que separan las moléculas. Los principales procesos son el Pirólisis, Hidrogenación, Gasificación, Chemólisis y Metanólisis. La Pirólisis es el craqueo de las moléculas por calentamiento vacío. En la Hidrogenación, los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. En la Gasificación los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Chemólisis,

se aplica poliésteres en alta cantidad de resina. y Metanólisis, consisten en aplicar metanol.

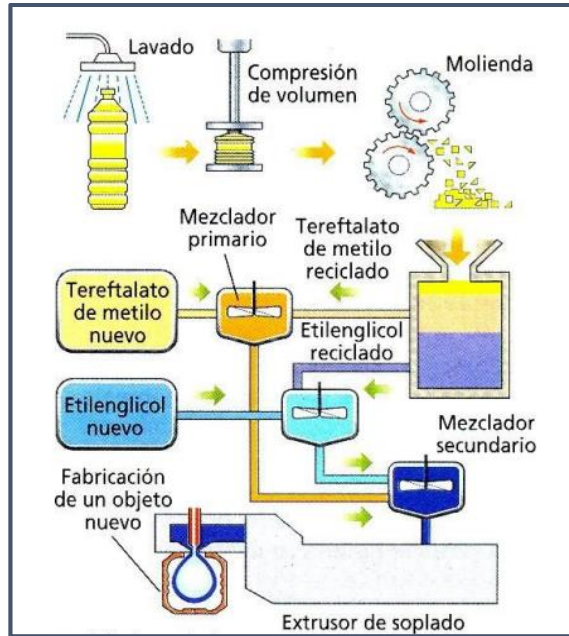


Ilustración 28: Proceso de Reciclado Químico.

Fuente: <http://www.edu.xunta.gal/Recuperado> el 27/marzo/2019.

El reciclado energético consiste en convertir el plástico en combustible que genere energía alterna. Es por ello que durante la fabricación de este material no se emplean aditivos ni modificadores ya que posee poder calorífico de 6.3 Kcal/kg., y hace que la emisión de la combustión a la atmósfera no sea tóxica.

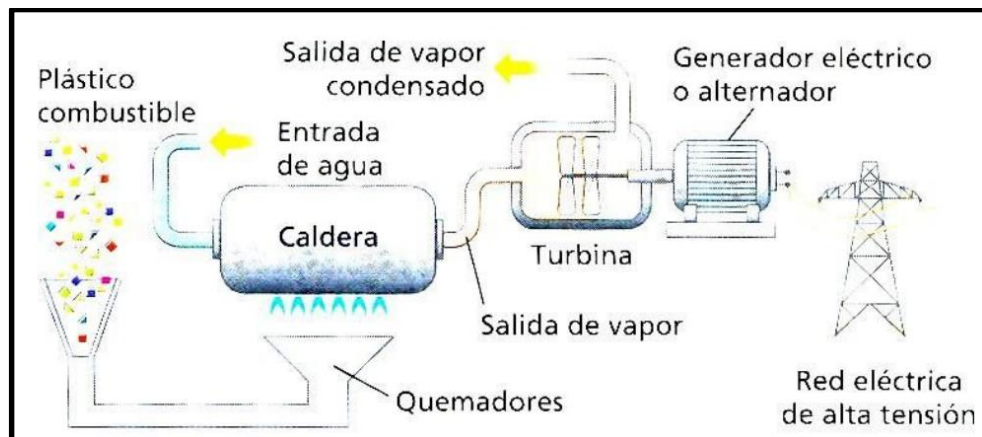


Ilustración 29: Proceso de Reciclaje Energético.

Fuente: <http://www.edu.xunta.gal/Recuperado> el 27/marzo/2019.

2.2.4. Materiales.

Cemento puzolánico.- EL tipo de cemento puzolánico que se utiliza en este proyecto es el cemento Portland Tipo 1, distribuido por varias empresas a nivel nacional, además de que deben responder a las características definidas en la Norma NTE INEN 152. Se caracteriza por ser el aglomerante más utilizado en la industria de la construcción por el tamaño de sus partículas y el tiempo de fraguado, además posee propiedades físicas y mecánicas como resistencia a compresión y resistencia a la flexión.



*Ilustración 30: Cemento.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Arena.- Los áridos utilizados deben responder a las especificaciones de la NTE INEN 872. Es un tipo de agregado fino o grueso que se utiliza para elaborar hormigón, concreto y morteros; conformados por rocas fragmentadas de varios tamaños esta pueden ser grandes, finas y muy pequeñas. Existen cuatro tipos de arena: naturales, las cuales se obtiene de ríos y de cantos rodados. De mina, se las encuentra en el interior de la tierra; de playa, requiere proceso de lavado con agua dulce y por último volcánicas se encuentran cercas de los conos volcánicos y son de color negro.



*Ilustración 31: Arena.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Agua.- Para el proceso de elaboración de los prototipos las características del agua debe ser limpia, pura y potable libre de sales, ya que de la calidad de esta depende el fraguado y endurecimiento del mortero. Es necesario mencionar que al utilizar agua con impurezas durante la mezcla de materiales ocasiona efectos negativos durante el transcurso de la producción del producto.



Ilustración 32: Agua.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Cáscara de arroz.- Es importante agregar que en este proyecto se utiliza este tipo de fibra vegetal en el proceso de elaboración de los prototipos de tejas. Luego de que la materia prima es recolectada en las piladoras, estas se pueden colocar en la intemperie ya que por ser un material de desecho posee características donde los agentes climáticos como el sol y la lluvia no influyen directamente en las propiedades.



Ilustración 33: Cáscara de arroz.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Cáscara de arroz molida.- Después de obtener la cáscara de arroz este subproducto es molido y transformado en polvo, el cual se utiliza dentro de la elaboración de los prototipos. Es importante mencionar que esta materia prima se debe colocar en un lugar donde no estén expuestos a las lluvias ya que al contacto con el agua se convierte en una masa blanda.



*Ilustración 34: Polvo de la Cáscara de Arroz.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

PET. (Tereftalato De Polietileno).- Se utilizó el plástico reciclado en los hogares, escuelas, colegios, y centros de acopios, antes de incorporarlo en la mezcla de materiales este es clasificado, y se le retiran las etiquetas para luego ser lavado y triturado en partículas pequeñas tipo hojuelas, luego de esto se lo utiliza en el proceso de elaboración de los prototipos.



*Ilustración 35: Plástico.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

2.2.5. Equipo.

Máquina Vibradora.- Esta máquina tiene la función principal de vibrar, extender y compactar el mortero sobre todo el área del perfil metálico, para darle la forma y espesor requerido a la teja. Es aconsejable seguir ciertas recomendaciones tales como el tiempo de frecuencia de la vibración y el lugar donde estará ubicada el cual debe estar totalmente nivelado, siguiendo estas sugerencias la teja no sufrirá de deformaciones o fisuras.



*Ilustración 36: Máquina Vibradora
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Lámina Plástica.- Esta lámina tiene la función principal de aislar el mortero de la máquina vibradora para que no la ensucie; además es la encargada de transportar el mortero hacia los moldes plásticos. Se recomienda que después de utilizar las láminas sean lavadas con abundante agua y se las seque con un trapo limpio cuidando que no se dañen o se deformen.



*Ilustración 37: Lámina Plástica.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Moldes Plásticos.- Son los encargados de darle la forma definitiva a la teja, están elaborados de polietileno con un marco de madera, se caracterizan por ser liviano y resistente, además siempre deben estar limpios. Una vez que se coloquen en los moldes la lámina plástica con el mortero estos se deben colocarse en un lugar totalmente nivelado para que la teja no se deforme y puede recibir el curado en molde.



*Ilustración 38: Moldes Plásticos.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Tanques de Curado.- Son cisternas en la cual las tejas reciben el curado húmedo. Estos tanques se construyen cerca del lugar donde se elaboran las tejas para facilitar el traslado de un lugar a otro. Además deben de contar con un sistema de drenaje que facilite la limpieza de los residuos de cal y al mismo tiempo deben estar totalmente nivelado.



*Ilustración 39: Tanques de Curado.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

2.2.6. Ensayos de Calidad

Ensayo de Porosidad y Fisuración.- Es un proceso de control visual en el cual se determina que las tejas no tengan una cantidad excesivas de porosidades ni fisuras. Al presentar fisuras el prototipo pierde resistencia; además esta anomalía puede ocasionar filtraciones causando que pierda la durabilidad con el pasar del tiempo. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014) (Ecuatoriana, 2005)

Ensayo de sonido.- Prueba de calidad que nos permite saber si la teja elaborada mediante cáscara de arroz y PET (Tereftalato de Polietileno) tiene fisuras u otros puntos débiles que reduzcan su durabilidad y resistencia. Esta prueba consiste en golpear levemente la teja con una piedra; si como resultado se obtiene un sonido vacío es porque contiene huecos en su interior, producto de una mala vibración; mientras que, si se obtiene un sonido compacto se determina que la teja cumple con este ensayo. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014)

Ensayo de Peso.- Este ensayo consiste en comprobar de acuerdo al espesor el peso de la teja utilizando una balanza; es decir, que si el prototipo tiene un espesor de 8 mm el peso indicado establecido por la norma es de 2.5 kg. mientras que para una teja de 10 mm de espesor debe pesar 3.0 kg. con una tolerancia de $\pm 10 \%$. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014)

Ensayo de Permeabilidad.- Es la prueba de calidad que se le realizan a los prototipos para observar si existen o no filtraciones, el agua no debe pasar a la cara posterior de la teja. Este procedimiento se realiza durante 24 horas y consiste en colocar dos tapones de mortero en los extremos de la misma, luego se procede a colocar agua evitando sobrepasar los niveles de los bordes cuidando que no existan fugas de líquidos. El área humedecida no debe sobrepasar el 50% del área total del prototipo. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014) (Ecuatoriana, 2005)



Ilustración 40: Ensayo de Permeabilidad.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Ensayo de Impacto a la Rotura.- Este ensayo consiste en dejar caer una bola de acero con un peso de 220 g, desde una altura de 30 cm hacia el centro de la teja, con el cual no deben existir fisuras, resquebrajamiento o enconchabados. Esta es la prueba de calidad que permite saber la resistencia de carga de impacto que soporta la teja. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014) (Ecuatoriana, 2005)



Ilustración 41: Ensayo de Impacto a la Rotura.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Resistencia a la Flexión.- Esta prueba de calidad permite saber que carga soporta la teja antes de que sufra fisuras o rotura. Consiste en colocar el prototipo sobre la Máquina

Universal, apoyada sobre dos listones de madera, separadas a 35 cm la una de la otra; luego se le coloca la carga a una velocidad uniforme hasta que presente rotura. Siendo el peso mínimo establecido por la Norma Teja de Hormigón NTE INEN 2 420:2005 de 60 kg. (Meléndez, Espinoza, & Noboa, 2014) (Ecuatoriana, 2005)



Ilustración 42: Ensayo de Resistencia a la Flexión.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

2.2.7. Proceso de elaboración de los prototipos.

Mezcla de materiales.

La mezcla de materiales consiste en incorporar las materias primas mezclándolas de manera envolvente hasta conseguir una pasta homogénea, moldeable y manejable, luego se ubica la lámina plástica sobre la máquina vibradora y se la asegura con el perfil; posteriormente se vierte el mortero en la lámina plástica para después encender la vibración hasta que el mortero se expanda sobre todo el área del perfil homogéneamente, con la finalidad de evitar porosidades y fisuras.

Una vez apagada la vibración se procede a retirar los excesos en el caso de ser necesario; luego se quitan los seguros y se procede a colocar un molde plástico en la parte superior de la máquina vibradora; posterior a esto se levanta el perfil y se traslada la

lámina plástica con el mortero hacia los moldes para que así el mortero cumpla el curado primario.

Curado Primario.

El curado primario o también llamado curado en molde, es un proceso que consiste en trasladar desde la máquina vibradora la lámina plástica con el mortero hacia los moldes plásticos durante 24 horas. Una vez que el mortero fragüe durante el tiempo ya indicado, se realiza el desmolde el cual consiste en retirar el mortero ya fraguado de los moldes para que el prototipo continúe con el curado secundario.

Curado Secundario.

Una vez terminado el curado primario se realiza el curado secundario o también llamado curado húmedo. Este curado es el proceso en el cual la teja ya desmoldada es trasladada hacia los tanques de curado por 7 días sumergidas en agua de manera vertical. Se recomienda que estén sumergidos en agua a 5 y 10 cm por encima de las tejas, se recomienda que el agua de las cisternas se cambien por lo menos una vez al mes.

Curado Final.

También llamado curado a la sombra, este se realiza una vez culminado el curado secundario. Consiste en trasladar las tejas hacia un lugar cubierto y se lo tapas con un plástico negro bajo sombra en un lugar totalmente nivelado, hasta que cumpla los 28 días de fabricada para que así alcance la resistencia final. Se debe cuidar que jamás se sequen directamente con el sol ya que se pueden presentar grietas y fisuras afectando la resistencia de los mismos.

2.3. Marco Legal.

2.3.1. Normas Nacionales.

Constitución de la República de Ecuador.

Título II “Derechos”, Capítulo Segundo.-“Derecho del Buen Vivir”, Sección segunda.- “Ambiente Sano”, Art. 14 dice “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 kaqwsay*”.

Título II “Derechos”, Capítulo Segundo.-“Derechos del Buen Vivir”.- Sección Segunda.- “Ambiente Sano”. 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.

Título VII “Régimen del Buen Vivir”, Capítulo primero “Inclusión y equidad”, sección octava “ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales” Art. 385 literal 3 dice “desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad y contribuyan a la realización del buen vivir”.

Título VII “Régimen del Buen Vivir”, Capítulo Tercero.- Derechos de las personas y grupos de atención prioritaria. Sección Novena- Personas usuarias y consumidoras. Art.

52.- Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características. La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de los servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor.

Título V “Organización Territorial del Estado”, Capítulo cuarto “Régimen de Competencia” Art. 264 numeral 12 dice “Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras” (Constituyente, 2008).

Norma Técnica Ecuatoriana: Teja de Hormigón (NTE INEN 2 420:2005).

6.5 “Características físicas”.

6.5.1 “Compacidad”. (Compactibilidad) Es una cualidad de la teja que es función de la dosificación del mortero y de la buena ejecución del proceso de conformación. A efectos de esta norma técnica la compacidad, se determinará a través de la relación masa/espesor y de la absorción de agua.

a) Relación masa /espesor. Es el número que se obtiene al dividir la masa de la teja en gramos por el espesor en milímetros. En las condiciones definidas en el ensayo 7.5.1, deberán alcanzarse como mínimo los valores indicados en la tabla, según el tipo de teja de que se trate y su altura de onda.

b) Absorción. En las condiciones de ensayo como se indica en 7.5.2 la absorción de agua será como máximo del 10 %.

6.5.2 Permeabilidad. En las condiciones como se indica en 7.5.3, no deben apreciarse en la cara inferior de las tejas ensayadas, gotas de agua que caigan antes de 24 h. Las

manchas de humedad están permitidas siempre que afecten a menos del 20 % de la superficie de la teja.

6.6 “Características mecánicas”.

6.6.1 “Carga de rotura a la flexión”. El ensayo se realizará como se indica en 7.6.1. La carga de rotura a flexión es función de las siguientes variables:

- a) Tipo de teja.
- b) Altura de onda
- c) Longitud.

Los valores medio y mínimo de la carga de rotura a flexión que deben alcanzar las tejas de hormigón, son los de la tabla 1, para una distancia entre apoyos igual a la menor de las siguientes magnitudes:

- a) 280 mm.
- b) La longitud en milímetros menos 140 mm: $L \text{ (mm)} - 140$

En cualquier caso, la teja de hormigón debe resistir una carga de 100 daN situada en la posición más desfavorable para la distancia entre apoyos del caso b).

Protección del Medio Ambiente.

Capítulo II “Evaluación de impacto ambiental y del control ambiental” Art. 23 literal A, comprenderá “la estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada”.

Capítulo V “Instrumentos de aplicación de normas ambientales” Art. 33 establece como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio

ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

Capítulo III “La naturaleza sujeto de derecho(s).” Art. 83 dice “son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la constitución y la ley: respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible”.

Registró Oficial No. 387 – 4 Noviembre del 2015. Expedir los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Artículo 1.- Expídase el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua. (Constitución, 2008) DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:

RECURSO AGUA La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. (Constitución, 2008). La presente norma técnica determina o establece:

1. Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; 63
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
5. Permisos de descarga;

6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;

7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

2.3.2. Normas Internacionales.

La norma internacional NTE INEN-ISO 14001:2015. SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL. Requisitos con orientación para su uso. Ayuda a una organización a lograr los resultados previstos de su sistema de gestión ambiental, con lo que aporta valor al medio ambiente, a la propia organización y a sus partes interesadas. En coherencia con la política ambiental de la organización, los resultados previstos de un sistema ambiental incluyen:

- La mejora del desempeño ambiental
- El cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.
- El logro de los objetivos ambientales.

| MARCA AENOR PARA TEJAS DE HORMIGÓN | | | | | | | | | |
|---|--------|---------------------------|--|-------------------|--|---|--------------------|-------|-------|
| FICHA TÉCNICA | | Nº de Referencia: 0080104 | | Fecha: 1-09-2.009 | |  AENOR Producto Certificado | | | |
| FABRICANTE: Tejas Cobert, S.A. | | | | | | | | | |
| LUGAR DE FABRICACIÓN: Carretera N-VI, km. 128 05200 - Arévalo (Avila) | | | | | | | | | |
| DESIGNACIÓN DEL PRODUCTO: T-EN 490 IL-90-RF-185-6-6-392-4,3 | | | | | | | | | |
| NOMBRE COMERCIAL: ALMANZOR | | | MARCA COMERCIAL: COBERT | | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS: | | | Valores exigidos por la NORMA UNE EN 490 | | | | | | |
| Dimensiones nominales (mm) | | | Longitud de cuelgue | | ± 4 mm | UNE EN 491 | | | |
| - Longitud: 420 | | | Descuadre | | + 4 mm | UNE EN 491 | | | |
| - Anchura: 257 | | | Planeidad | | No aplica | | | | |
| - Altura de onda: 90 | | | Anchura efectiva | | ± 5 mm | UNE EN 491 | | | |
| - Anchura efectiva: 185 | | | Masa | | ± 10 % | UNE EN 491 | | | |
| - Longitud de cuelgue: 392 | | | Permeabilidad | | No caída de gota en 20 h | UNE EN 491 | | | |
| - Holguras: ± 6 (-6, +20 en ensayo) | | | Resistencia a la helada | | 25 ciclos | UNE EN 491 | | | |
| Orificios bajo pedido. | | | Soporte por el Tacón | | 1 minuto sin caída | UNE EN 491 | | | |
| Masa unitaria (kg): 4,3 | | | Resistencia a la flexión | | | UNE EN 491 | | | |
| Conductividad térmica λ: 1,2 Kcal / m h °C | | | | | | | | | |
| Reacción al fuego: A1 (antes MO) | | | | | | | | | |
| Comport. fuego exterior: B _{900r} (t1/t2/t3) | | | | | | | | | |
|  | | | Tejas con ensamble | | | | Tejas sin ensamble | | |
| | | | Perfiladas | | Planas | | | | |
| | | | Altura Onda | | 20 mm ≥ d ≥ 5 mm | | d < 5 mm | | |
| | | | C _w mm | | ≥ 300 | ≤ 200 | ≥ 300 | ≤ 200 | - |
| | | | F _{flex} (N) | | 2.000 | 1.400 | 1.400 | 1.000 | 1.200 |
| Montaje: según norma UNE 127100:1999 | | | | | | | | | |
| Acabado | Frente | L. Cuelgue | Masa | Denominación | COLORES | | | | |
| Gránulo | RF | 392 | 4,3 | Almanzor | Musgo | | | | |
| Masa | RF | 392 | 4,3 | Almanzor | Siena, Rojo Rustico, Basalto | | | | |
| Slurry | RF | 392 | 4,3 | Almanzor | Rojo Medieval, Terracota | | | | |
| Otros colores y acabados: Ver catalogo actualizado del fabricante o bajo pedido | | | | | | | | | |
| Accesorios y piezas especiales: Sin ensamble de disposición lineal: Cumbre Con ensamble y especiales: Teja de ventilación, Teja de salida, Teja de alero cobija, Teja de alero canal, Teja de esquina cobija alero lateral derecho, Teja de esquina cobija alero lateral izquierdo, Teja de esquina canal alero lateral derecho, Teja de esquina canal alero lateral izquierdo, Teja remate lateral derecho, Teja remate lateral izquierdo, Remate lateral derecho, Remate lateral izquierdo, Media teja, Principio de cumbre, Final de cumbre, Cumbres ornamentales (valle, sierra, pináculo, tótem diversos, etc.), Cierre de cumbre, Limatesa, Remate de limatesa, Encuentros a 3 y 4 aguas | | | | | | | | | |
| INFORMACIÓN ADICIONAL APORTADA POR EL FABRICANTE (*) | | | | | | | | | |
| - Nº de tejas/m ² (expresadas con un decimal): 16,9 Nominal (Máximo 17,4 – Mínimo 16,4) | | | | | | | | | |
| - Distancia recomendada entre rastreles: 32 cm | | | | | | | | | |
| (*) AENOR no ejerce ningún control sobre la información contenida en este apartado, por lo que no se responsabiliza de la veracidad de la misma que es competencia única y exclusiva del fabricante. | | | | | | | | | |
| El representante de la Empresa:  TEJAS COBERT S.A. | | | Visto bueno de la Secretaría del AENOR 045  | | Añala y sustituye a la ficha nº 0080104 de fecha 2-07-2007 | | | | |

Ilustración 43: Norma Internacional.

Fuente: <https://www.tejacorbet.com>. Recuperado 25/marzo/2018.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.

Una vez estudiado sobre la utilización del PET, la cáscara del arroz y de la teja, se procede a establecer la metodología de la investigación que se utiliza. De acuerdo al modelo del proyecto de investigación los métodos que se utilizarán son el inductivo y deductivo ya que se extraen hipótesis mediante los hechos creados y observados para ser comprobados o negados luego del proceso de experimentación en cada uno de los prototipos de tejas.

Es decir, se empieza seleccionando las diferentes dosificaciones que se utilizan, para después continuar con el procedimiento respectivo para la producción de la teja de hormigón hidráulico con adición del PET con la cáscara del arroz, según indica la Norma Técnica Ecuatoriana NTE UNEN 2 420:2005, se verifica la viabilidad del experimento y se selecciona la muestra idónea.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Investigación Experimental.

Mediante la experimentación, se observa las variables del estudio de este proyecto con el propósito de analizar sus propiedades, características y comportamiento mecánico, mediante los ensayos de calidad en la cual se manipulan de manera intencional para dar a conocer si el prototipo terminado ha logrado cumplir con los objetivos de la investigación en el cual se menciona obtener un producto resistente y liviano.

3.2.2. Investigación Exploratoria.

Este tipo de investigación busca examinar y analizar un tema que no ha sido estudiado, permitiendo determinar con mayor claridad investigaciones posteriores (Hernández, 2012). Es decir, este proyecto de investigación deja abierta la posibilidad de que otro

investigador genere y compare nuevas hipótesis de elaboración de los procesos de elaboración y ensayos donde impulsen nuevas técnicas que proporcionen nuevos resultados y conclusiones.

3.2.3. Investigación Descriptiva.

La investigación descriptiva se refiere a la etapa preparatoria del trabajo científico que permite ordenar el resultado de las observaciones de las conductas, las características, los factores, los procedimientos y otras variables de fenómenos y hechos. Además permite observar y describir cada uno de los procesos de elaboración (mezcla de materiales y curados), y ensayos de calidad (peso, permeabilidad, impacto a la rotura y resistencia a la flexión).

3.3. Enfoque de la investigación.

La presente investigación pertenece al enfoque mixto dado que se muestran las características de los materiales reciclados junto con materiales tradicionales y se analiza de manera cualitativa y cuantitativa los resultados de la recolección y análisis de datos ya que a través de información específica buscará cuantificar, reportar y medir las características y necesidades las cuales se podrá recopilar mediante estadísticas por medio de gráficos. (Hernández, 2012).

3.4. Población.

Según Hernández (2016), una población es el conjunto de individuos que poseen características similares; por lo tanto, en este proyecto de investigación se escogerá como población a todos aquellos profesionales de la construcción y usuarios con disponibilidad de innovar con materiales ecológicos, como la cáscara del arroz y el PET. Se propone analizar como población, según censo del INEC 2017, el total de ciudadanas que habitan en la costa ecuatoriana es de 8 303 168 pobladores.

3.5. Muestra y resultado.

Para calcular la muestra finita se utiliza la fórmula elaborada por Murray y Larry en el 2005.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{e^2(N - 1) + z^2 pq}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población.

Z= Número de unidades de desviación estándar.

p= proporción de la población que posee la característica de interés.

e=margen de error.

q= (1 - p).

| | |
|---|-----------|
| N | 8 303 168 |
| Z | 1,96 |
| p | 0,5 |
| e | 0,05 |

$$n = \frac{1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5) \times 8\,303\,168}{0,05^2(8\,303\,168 - 1) + 1,96^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}$$

$$n = \frac{16\,112\,608}{41\,943} = 384 \approx 385$$

3.6. Técnica e Instrumento.

La técnica por el cual se hará la recolección de datos será mediante una encuesta dirigida a profesionales de la construcción y usuarios de cubiertas tipo teja. La información de los resultados se obtendrá de manera rápida y eficaz mediante un cuestionario diseñado por 10 preguntas sistematizadas y aplicadas con respuestas cerradas tipo Likert, tomándose en cuenta los siguientes parámetros establecidos:

- Totalmente de acuerdo.
- De acuerdo
- Ni de acuerdo, ni en desacuerdo.
- En desacuerdo.
- Total desacuerdo.

3.7. Análisis de resultados

ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESIONALES DE LA CONSTRUCCIÓN Y A USUARIOS.

PREGUNTA 1.

¿Considera usted que el uso de materiales reciclados ayuda a disminuir la contaminación ambiental?

Tabla 4.

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 154 | 40% |
| De acuerdo | 101 | 26% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 65 | 17% |
| En desacuerdo | 43 | 11% |
| Totalmente en desacuerdo | 22 | 6% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

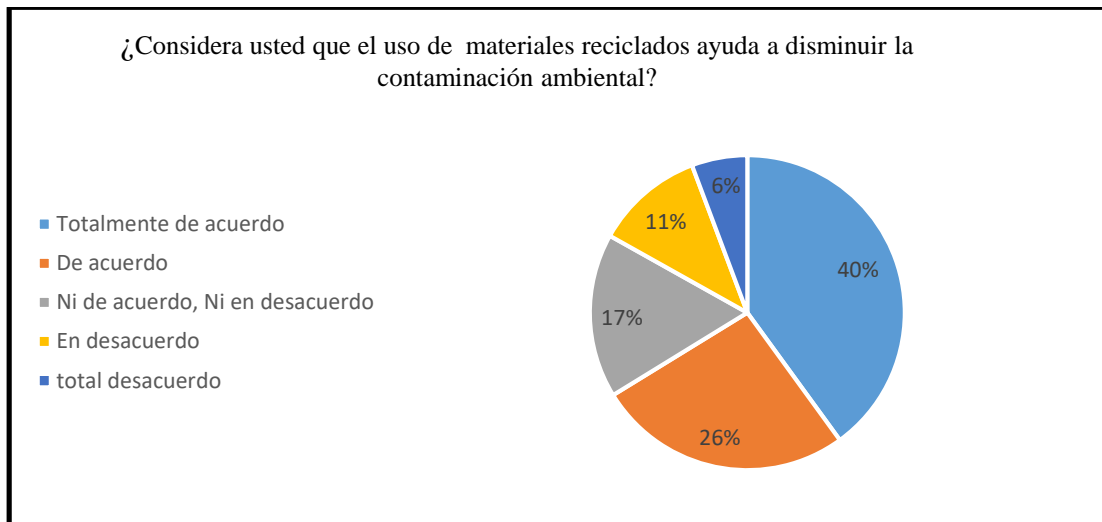


Gráfico 1: Tabulación 1.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Análisis:

De la información recolectada, del 100%, el 40% está Totalmente de acuerdo, el 26% están De acuerdo, el 17% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 11% están en Desacuerdo y el 6% están Totalmente en desacuerdo.

PREGUNTA 2.

¿Cree usted que se debería implementar materiales reciclados en la construcción?

Tabla 5

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 225 | 58% |
| De acuerdo | 103 | 27% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 25 | 6% |
| En desacuerdo | 17 | 4% |
| total desacuerdo | 15 | 4% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

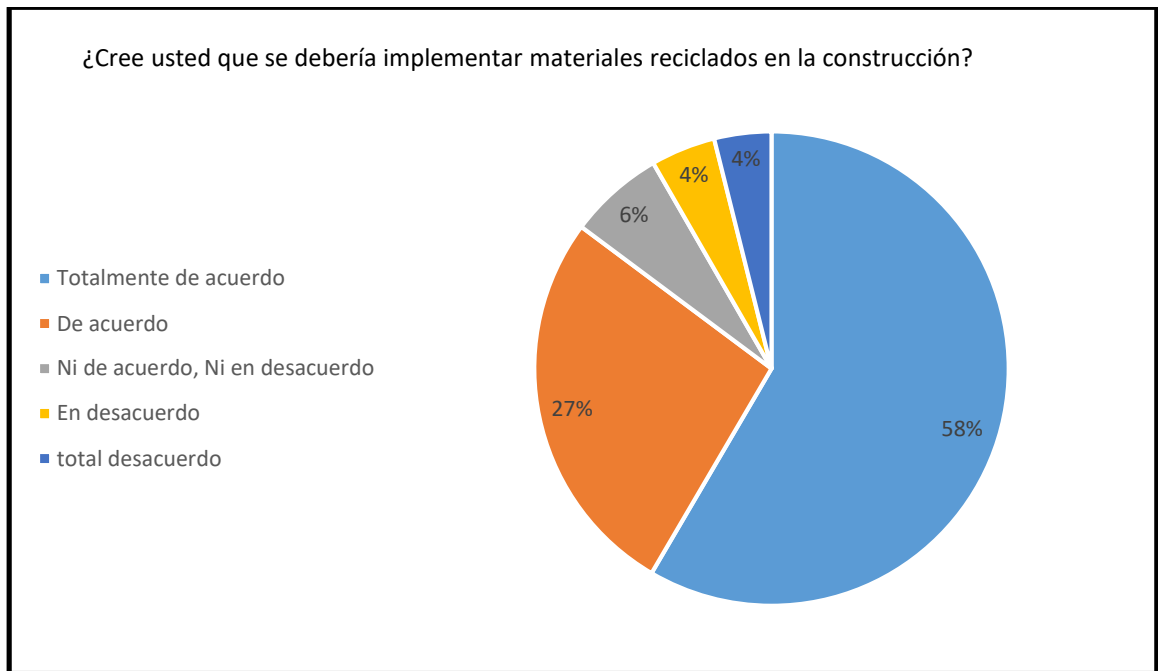


Gráfico 2: Tabulación 2

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

En la recolección de datos del 100 % de los encuestados el 58% de los profesionales de la construcción y los usuarios están Totalmente de acuerdo, el 27% están De acuerdo, el 6% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 4% están En desacuerdo y el 4% están en Total desacuerdo.

PREGUNTA 3.

¿Utilizaría el PET como materia prima para elaborar nuevos productos?

Tabla 6

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 136 | 35% |
| De acuerdo | 198 | 51% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 25 | 6% |
| En desacuerdo | 21 | 5% |
| total desacuerdo | 5 | 1% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

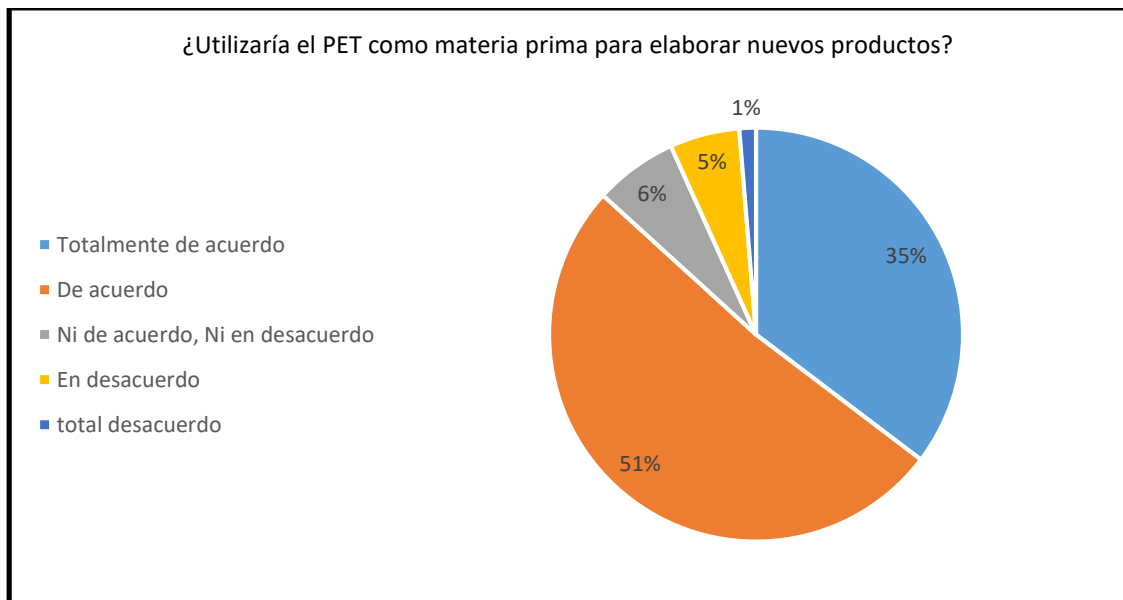


Gráfico 3: Tabulación 3.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

De acuerdo con los resultados realizados a 385 personas sobre la pregunta 3, indica que del 100% de los encuestados el 51% están Totalmente de acuerdo, el 35% están De acuerdo, el 6% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 5% están En desacuerdo y el 1% en Total desacuerdo.

PREGUNTA 4.

¿Utilizaría la Cáscara de arroz como materia prima para elaborar nuevos productos?

Tabla 7

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 175 | 45% |
| De acuerdo | 99 | 26% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 53 | 14% |
| En desacuerdo | 33 | 9% |
| total desacuerdo | 25 | 6% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

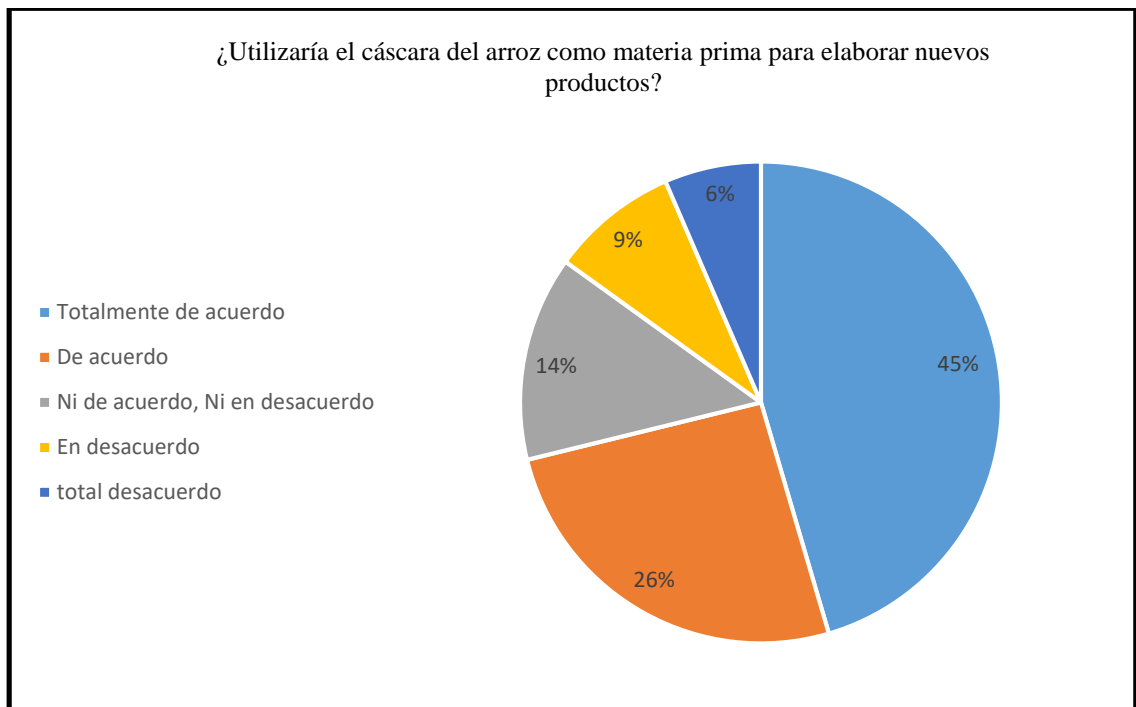


Gráfico 4: Tabulación 4.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

Analizando las respuestas de las personas encuestadas, se puede evidenciar que del 100%, el 45% de los profesionales y usuarios están Totalmente de acuerdo, el 26% están De acuerdo, el 14% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 9% están En desacuerdo mientras que el 6% están en Total desacuerdo.

PREGUNTA 5.

¿Considera usted la posibilidad de unir la Cáscara de arroz con el PET para elaborar materiales para la construcción?

Tabla 8:

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 101 | 26% |
| De acuerdo | 125 | 32% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 55 | 14% |
| En desacuerdo | 59 | 15% |
| total desacuerdo | 45 | 12% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

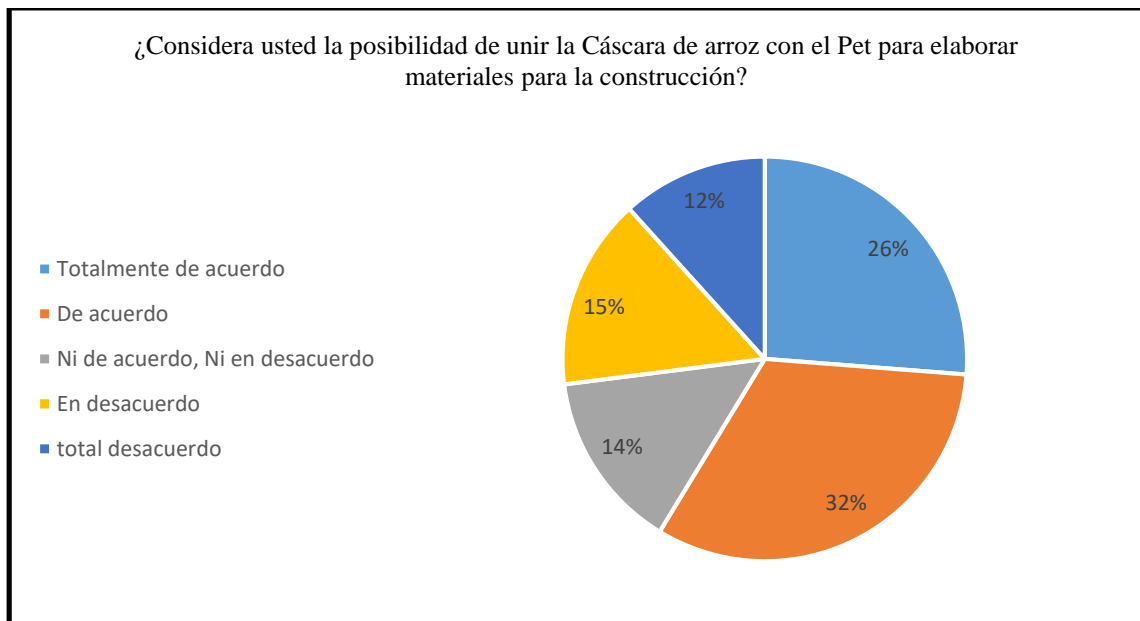


Gráfico 5: Tabulación 5.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

El resultado de la encuesta proporciono que del 100% el 32% de las personas encuestadas están Totalmente de acuerdo, el 26 % están De acuerdo, el 14% están Ni acuerdo ni en desacuerdo, el 15% están En desacuerdo y 12% están en Total desacuerdo.

PREGUNTA 6.

¿Es importante desarrollar técnicas de innovación para la elaboración de cubiertas con eco-materiales?

Tabla 9

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 188 | 49% |
| De acuerdo | 76 | 20% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 45 | 12% |
| En desacuerdo | 31 | 8% |
| total desacuerdo | 45 | 12% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

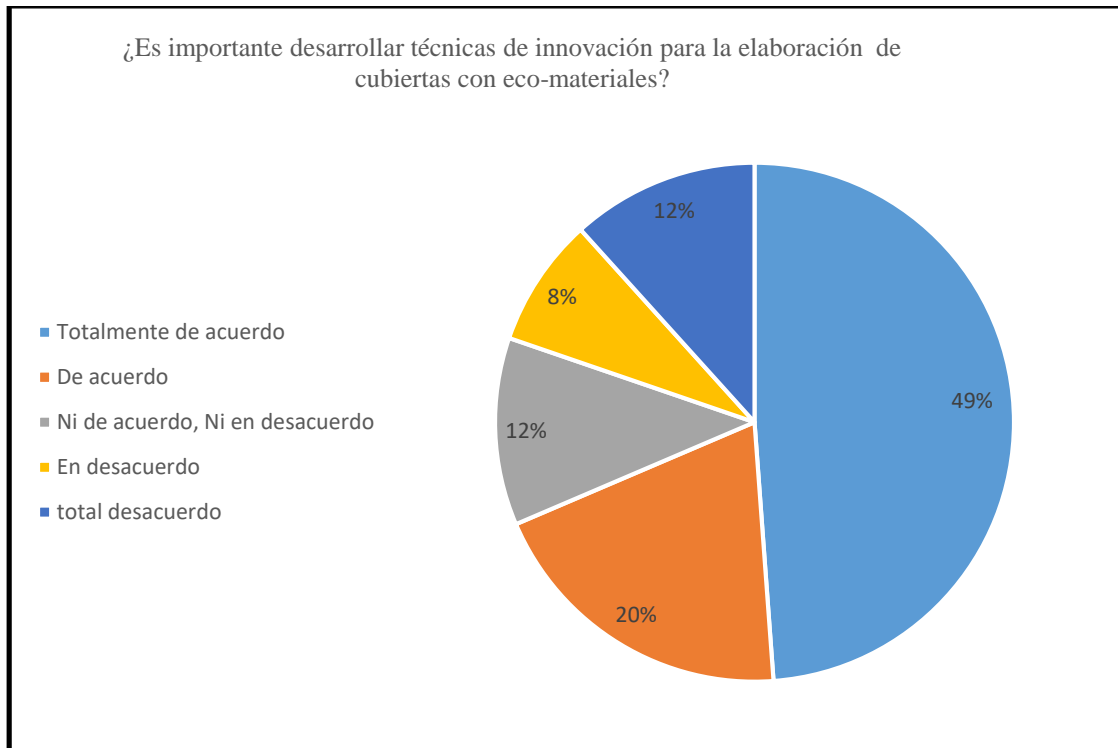


Gráfico 6: Tabulación 6.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

En la pregunta 6 se tiene como resultado que del 100% de las personas encuestadas, el 49% están Totalmente de acuerdo, el 20% están De acuerdo, el 12% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 8% están En desacuerdo mientras que el 12% en Total desacuerdo.

PREGUNTA 7.

¿Considera que una teja ecológica se puede utilizar como cubierta en viviendas?

Tabla 10

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 171 | 44% |
| De acuerdo | 89 | 23% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 80 | 21% |
| En desacuerdo | 20 | 5% |
| total desacuerdo | 25 | 6% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

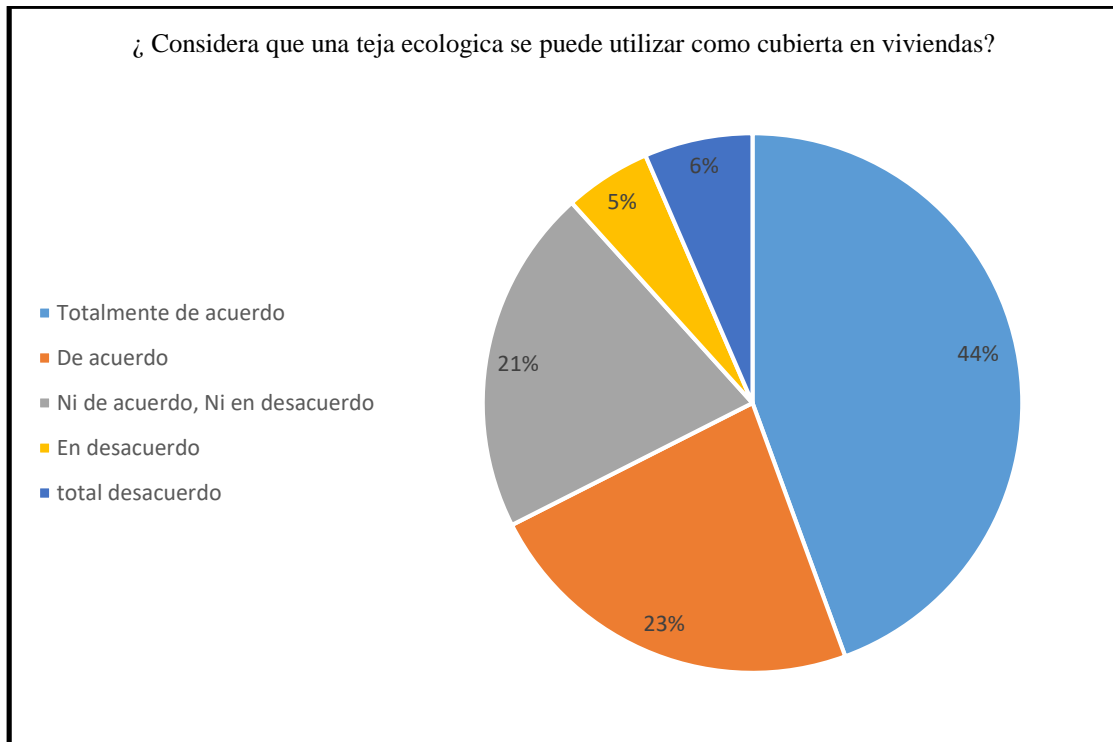


Gráfico 7: Tabulación 7.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

La presente tabla nos indica que del 100% de los encuestados el 44% están Totalmete de acuerdo, el 23% están De acuerdo, el 21% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 5% están En desacuerdo mientras que el 6% esta en Total desacuerdo.

PREGUNTA 8.

¿Está dispuesto a utilizar un prototipo de teja ecológica a base de cáscara de arroz y PET?

Tabla 11

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 196 | 51% |
| De acuerdo | 56 | 15% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 78 | 20% |
| En desacuerdo | 30 | 8% |
| total desacuerdo | 25 | 6% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

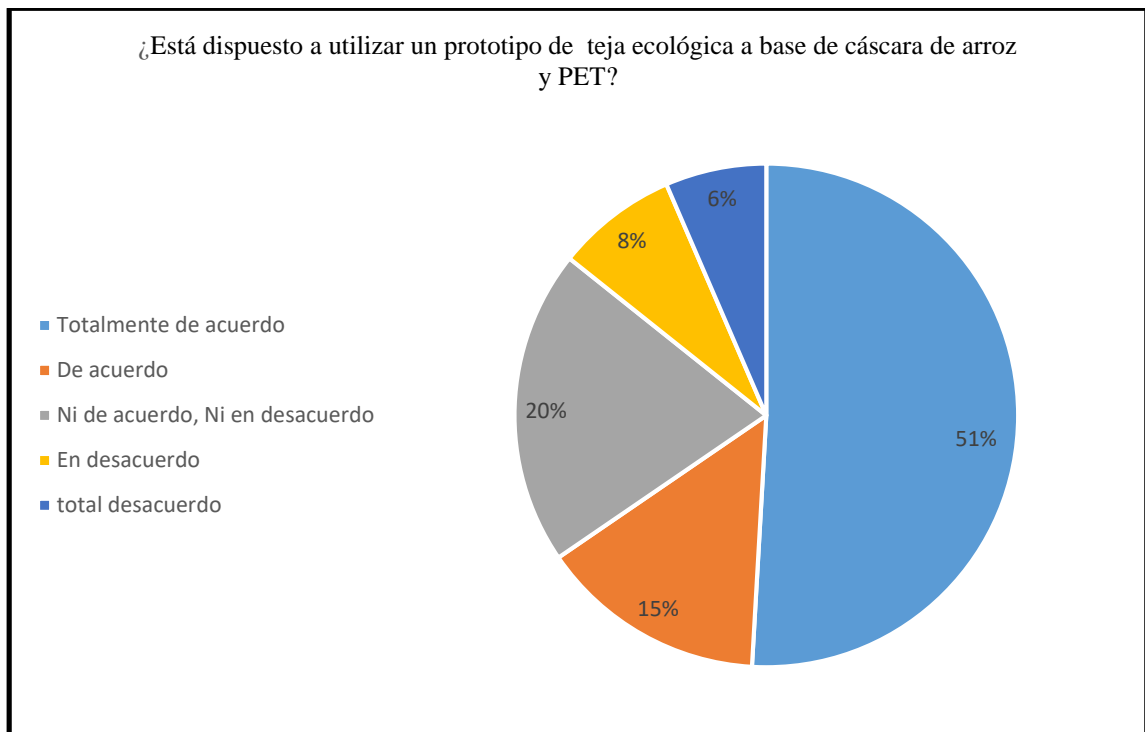


Gráfico 8: Tabulación 8.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

De acuerdo al gráfico 8, indica que del 100% el 51% de los encuestados expresan que están Totalmente de acuerdo, el 15% están De acuerdo, el 20% Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 8% están En desacuerdo mientras que el 6% están en Totan desacuerdo.

PREGUNTA 9.

¿Cambiaría el techo de su vivienda por los prototipos de tejas en base de cáscara de arroz y PET?

Tabla 12

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|------------|-------------|
| Totalmente de acuerdo | 196 | 51% |
| De acuerdo | 84 | 22% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 46 | 12% |
| En desacuerdo | 27 | 7% |
| total desacuerdo | 32 | 8% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).



Gráfico 9: Tabulación 9.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

Los resultados que se obtuvieron de la población fueron positivos ya que del 100% de los encuestados el 51% están Totalmente de acuerdo, el 22% están De acuerdo, el 12% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 7% están En desacuerdo y el 7% están en Total desacuerdo.

PREGUNTA 10.

¿Invitaría a otros profesionales de la construcción que utilicen el prototipo de teja en base de cáscara de arroz y PET como cubiertas en las viviendas?

Tabla 13

| OPCIONES | RESPUESTAS | PORCENTAJES |
|---------------------------------|-------------------|--------------------|
| Totalmente de acuerdo | 156 | 41% |
| De acuerdo | 142 | 37% |
| Ni de acuerdo, Ni en desacuerdo | 32 | 8% |
| En desacuerdo | 30 | 8% |
| total desacuerdo | 25 | 6% |
| TOTAL | 385 | 100% |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

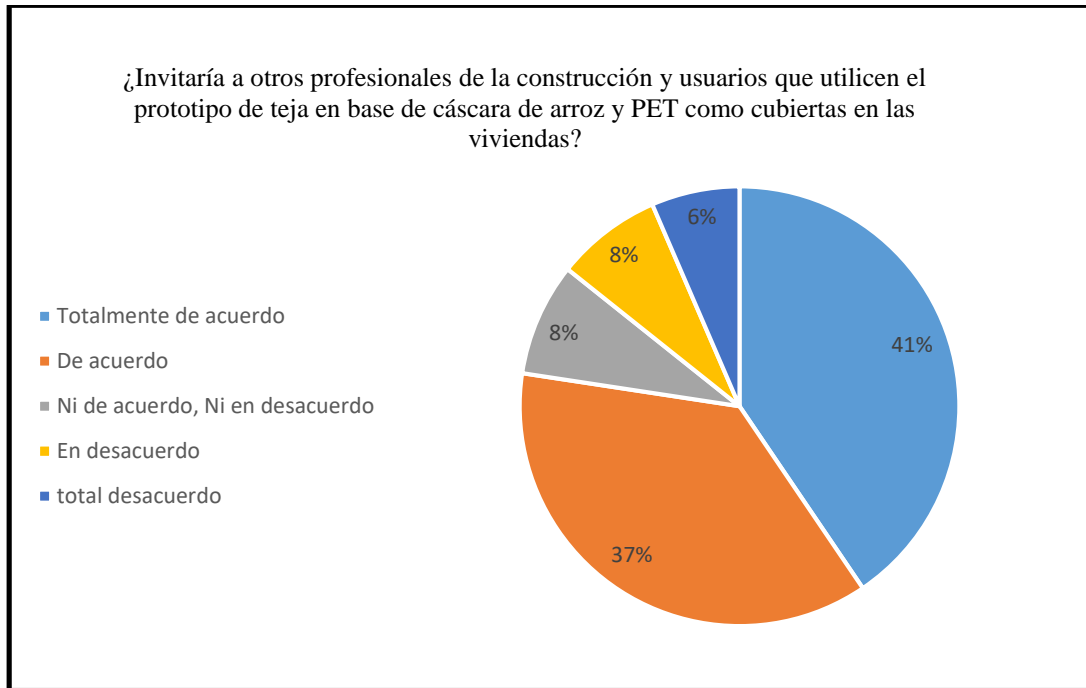


Gráfico 10: Tabulación 10.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

ANÁLISIS:

Como resultado en la encuesta podemos constatar que del 100% de los encuestados el 41% están Totalmente de acuerdo, el 37 % están De acuerdo, el 8% están Ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 8% están En desacuerdo y el 6% están en Total desacuerdo.

CAPITULO IV

PROPUESTA

4.1. Diagrama de Flujo de una Teja de Hormigón a Base de Cáscara de Arroz y PET.

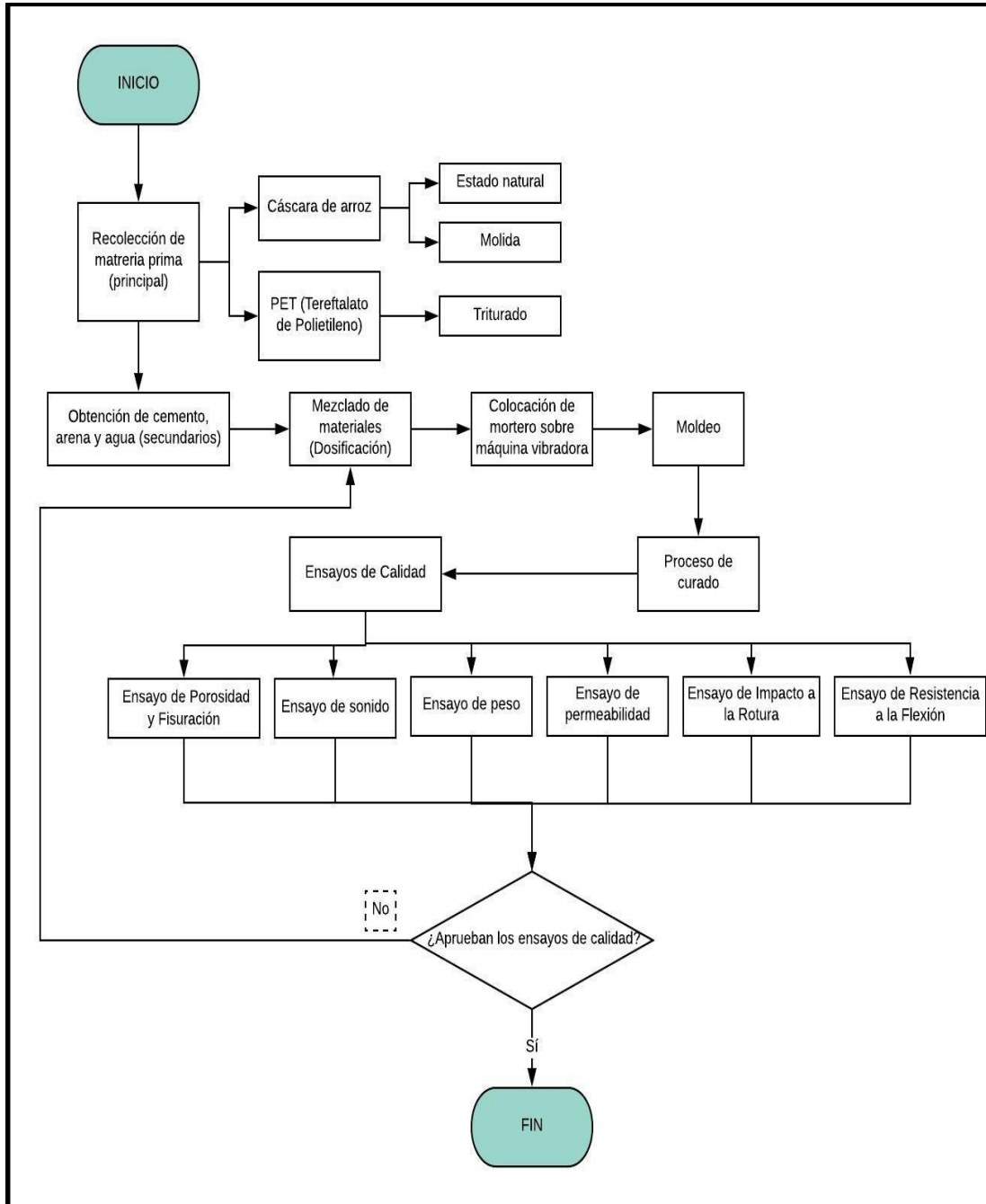


Gráfico 11: Diagrama de Flujo.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

4.2. Recolección de la materia prima.

4.2.1. Cáscara de arroz.

La Recolección de este subproducto es gracias a la colaboración de la piladora Santa Marianita ubicada en la parroquia Tarifa del Cantón Samborondón. Cabe recalcar que esta materia prima no tuvo costo alguno ya que es un producto desechado. Por lo tanto un porcentaje es utilizado para el proceso de secado del arroz, mediante incineración convirtiéndose en cenizas que posteriormente son colocadas como material de relleno; mientras que la otra parte la vierten alrededor de los muros de los canales de riego.



Ilustración 44: Recolección de la Cáscara de arroz.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

4.2.2. Tereftalato De Polietileno (PET).

La recolección del PET, se realizó mediante un proceso de reciclado mecánico el cual consiste en realizar primero la recolección desde hogares, colegios, escuelas, y centros

de acopio; una vez terminado este proceso se los clasifica, se retiran las etiquetas, y se los limpia con abundante agua y se procede a seleccionar según el tipo de material, para luego triturarlos en pequeños trozos.



Ilustración 45: Recolección del PET.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

4.3. Elaboración de los prototipos.

Los prototipos de teja de hormigón a base de cáscara de arroz y Pet se realizan siguiendo las normas y especificaciones técnicas de la Norma Teja de Hormigón NTE INEN 2 420:2005. Durante el proceso de elaboración y producción, el material de cubierta fue expuesto a 6 prototipos con diferentes dosificaciones. Donde, los materiales presentaron distintos comportamiento de adherencia las cuales se detallan a continuación. Cabe mencionar que por cada prototipo se realizaron **5** muestras, dando un total de 30 tejas fabricadas las cuales fueron utilizadas en los ensayos correspondientes.

4.3.1. Prototipo utilizando Cáscara de Arroz Molida y PET.

Prototipo 1.

Tabla 14:

Dosificación Prototipo 1.

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|-------------------------|--------|----------|------------|------|
| CEMENTO | g. | 530 | 1:1:1:1 | 1.26 |
| ARENA | g. | 600 | | |
| AGUA | ml. | 660 | | |
| PET | g. | 230 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ MOLIDA | g. | 200 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Para preparar el mortero se utilizó cemento, arena, agua, PET y la cáscara de arroz molida con sus respectivas dosificaciones especificadas en la tabla 14; durante la incorporación de los materiales se observó que la mezcla presentó problemas de manejabilidad y de adherencia, ya que la pasta tenía un aspecto pastoso similar a la arcilla, sin embargo al colocar la mezcla en la maquina vibradora se compacto de forma homogénea.



Ilustración 46: Mezcla con PET y cáscara de arroz molida.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Completado el proceso de elaboración y mezclado de materiales, este prototipo no cumplió con lo establecido ya que el mortero no fraguó a pesar de que permaneció durante 9 días en los moldes plásticos. Este prototipo no presentó señales de fraguado tal como se muestra en la Ilustración 47, por este motivo se considera descartado ya que no cumple con lo estipulado en la norma mencionada anteriormente.



Ilustración 47: Curado primario.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Prototipo 2.

Tabla 15:

Dosificación del prototipo 2

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|-------------------------|--------|----------|-----------------|------|
| CEMENTO | g. | 780 | 1.5:0.5:0.5:0.5 | 0.84 |
| ARENA | g. | 300 | | |
| AGUA | ml. | 660 | | |
| PET | g. | 120 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ MOLIDA | g. | 100 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Para preparar el mortero de este prototipo, se mezclaron de manera envolvente los materiales con las materias primas de acuerdo a las dosificaciones mencionadas en la tabla 15. El mortero no presentó problema alguno en la trabajabilidad ni durante el proceso de elaboración de los prototipos; se consiguió que la mezcla tenga buena consistencia tanto en su aspecto como en su composición.

Se colocó el mortero en el molde y tardó 9 días en fraguar. Transcurrido este tiempo se procede a realizar el desmolde, en el cual la teja presentó inconvenientes porque observó desprendimiento de partículas con la fricción manual o el contacto con otro producto, motivo por el cual este prototipo queda totalmente descartado para continuar con los demás procesos y ensayos.



Ilustración 48: Curado primario.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Prototipo 3.

Tabla 16:

Dosificación Prototipo 3.

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|-------------------------|--------|----------|-------------|------|
| CEMENTO | g. | 790 | 1.5 :1 :1:1 | 0.84 |
| ARENA | g. | 600 | | |
| AGUA | ml. | 660 | | |
| PET | g. | 230 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ MOLIDA | g. | 200 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

La mezcla de materiales con incorporación de la cáscara de arroz molida el mortero no presentó problemas en cuanto a su textura, aspecto y consistencia. Durante la incorporación de la mezcla dentro del proceso de fabricación y moldeo de las tejas no se presentó inconveniente alguno logrando continuar con el curado primario.

Durante el proceso de fraguado en los moldes plásticos, el mortero tomó la forma definitiva de la teja sin ninguna anomalía; sin embargo durante el proceso de desmolde se observó que el PET quedó visible y expuesto a corrientes de aire, por este motivo este prototipo no es viable utilizarlo como cubierta ya que se descarta puesto que con el pasar del tiempo este inconveniente puede causar desgaste de material.



Ilustración 49: PET visible.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

4.3.2. Prototipo utilizando cáscara de arroz en estado natural y PET.

Una vez comprobado que la cáscara molida en diferentes dosificaciones no funcionó durante el proceso de producción de los prototipos, se procede a experimentar entre varias dosificaciones con la cáscara de arroz en su estado natural, dentro del proceso de elaboración y mezclado se logró obtener un mortero de buena calidad tanto en su aspecto, textura y consistencia.



Ilustración 50: Mezcla con PET y cáscara de arroz.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Prototipo 4.

Tabla 17:
Dosificación prototipo 4

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|------------------------------------|--------|----------|------------|------|
| CEMENTO | g. | 530 | 1:1:1:1 | 1.25 |
| ARENA | g. | 600 | | |
| AGUA | ml. | 660 | | |
| PET | g. | 230 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ ESTADO NATURAL | g. | 200 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Al preparar la mezcla, se observó que la arena al no estar bien gradada y al colocarse en un porcentaje alto no mostró las características necesarias dentro del proceso de moldeo. Se puede señalar que al rellenar el perfil de la máquina presentó problemas de manejabilidad y resequedad; así mismo, durante el moldeo en el mortero se observaron grietas y fisuras en la curvas de la teja, ya que la conformación del árido no fue el adecuado dando por descartado este prototipo.



Ilustración 51: Moldeo.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Prototipo 5.

Tabla 18:

Dosificación prototipo 5.

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|------------------------------------|---------------|-----------------|-------------------|------------|
| CEMENTO | g. | 530 | 1:0.75:0.75:0.75 | 0.95 |
| ARENA | g. | 450 | | |
| AGUA | ml. | 660 | | |
| PET | g. | 180 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ ESTADO NATURAL | g. | 150 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Se puede decir que para la elaboración de estos prototipos con adición de PET con cáscara de arroz estado natural con sus respectivas dosificaciones mencionadas en la tabla 18, los materiales se mezclaron de manera envolvente, logrando conseguir que sea la pasta idónea para incorporarla sobre la máquina vibradora, la cual al tener buena consistencia logró compactarse dentro del área del perfil sin ningún inconveniente.

Terminada la mezcla de materiales, procedemos a realizar el primer proceso de curado en los moldes plásticos, los cuales le dan la forma definitiva a la teja durante 7 días, una vez fraguada la teja se realiza el desmolde. Finalizado el curado, se comprueba que los prototipos no presentan fisuras ni grietas. Por esta razón la teja está en óptimas condiciones para que pueda realizar el curado secundario.

La teja es trasladada hacia los tanques o cisternas de curado con la finalidad que reciba el curado húmedo durante 13 días, el cual consiste en sumergirlas en agua de manera vertical. Finalizado este proceso se observó que el prototipo presentó pequeñas manchas de humedad. Teniendo en cuenta esta anomalía el producto continuó con el curado a sombra.

Concluido el curado húmedo y teniendo en cuenta la anomalía se procede a realizar el curado a sombra, el cual se realiza por 21 días, se evitó el contacto con el sol y el aire para que no afecte la resistencia final de prototipo. Finalizado el proceso de elaboración se puntualiza que los prototipos con esta dosificación continuaron con pequeñas manchas de humedad.



*Ilustración 52: Prototipo 6 con manchas de humedad..
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).*

Prototipo 6.

Tabla 19:

Dosificación Prototipo 6.

| MATERIALES | UNIDAD | CANTIDAD | PROPORCIÓN | A/C |
|---------------------------------|--------|----------|-----------------|------|
| CEMENTO | g. | 840 | 1.6:0.5:0.5:0.5 | 0.60 |
| ARENA | g. | 300 | | |
| AGUA | ml. | 500 | | |
| PET | g. | 120 | | |
| CÁSCARA DE ARROZ ESTADO NATURAL | g. | 100 | | |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Se puede señalar que al momento de mezclar las materias primas detalladas en la Tabla 19, se logró que el mortero sea idóneo tanto en su composición como en su consistencia. Paralelamente, el mortero se vibra sobre la lámina que se coloca encima la máquina vibradora, la cual permite que la mezcla no contenga oquedades ni se produzcan fisuras, una vez terminado este proceso el mortero se coloca en los moldes plásticos los cuales le dan la forma definitiva a la teja.



Ilustración 53: Mezcla de materiales

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Colocado en los moldes plásticos la lámina con el mortero se procede a realizar el curado en molde, este tipo de teja tardó en fraguar por el lapso de 7 días, cabe mencionar que la teja ecológica permaneció 6 días más de lo que demora una teja tradicional. Sin embargo esto no fue impedimento para que el prototipo continúe con el curado secundario.



Ilustración 54: Curado Primario.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Terminado el proceso de desmolde, estos prototipos son trasladados hacia los tanques de curados sumergidas totalmente en agua en posición vertical durante 13 días, 6 días más de lo establecido en el proceso de elaboración, esto se debe al tiempo que demoró en fraguar. Es necesario mencionar que se debe controlar el nivel del agua, que debe estar por encima de las tejas a 5 cm mínimo para lograr que el curado sea completo.



Ilustración 55: Curado Secundario.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

Finalizado el curado húmedo de los prototipos se observa que no presentaron ninguna anomalía, posteriormente, es necesario que permanezcan 21 días en un lugar

completamente nivelado bajo sombra, tapados con un plástico negro. Cabe mencionar, que por ningún motivo deben estar en contacto con corrientes de aire, lluvia o sol; ya que esto afecta directamente la resistencia final de la teja. Cabe recalcar que se obtuvieron 8 muestras por cada proporción.



Ilustración 56: Curado Final.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2018).

4.4. Resultado de Ensayos de Calidad

Terminado el proceso de elaboración, se realizaron los ensayos de calidad. Es preciso mencionar que durante el proceso de elaboración de los prototipos se descartaron 4 de 6 dosificaciones (prototipo 1,2,3 y 4) ya que no cumplían con los requisitos de fraguado; mientras que las 2 dosificaciones restantes (protitipo 5 y 6) cumplieron con su correcto fraguado y posteriormente curado.

En el ensayo de porosidad y fisura se comprobó mediante observación directa que las tejas correspondientes a los prototipos 5 y 6 no presentaron fisuras o porosidades; por lo tanto se concluye que aprobó el primer ensayo de calidad.



Ilustración 57: Ensayo de Porosidad y Fisuración.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

En el ensayo de sonido que se aplicó al prototipo 5 dio como resultado un sonido vacío en varios puntos, ya que contiene huecos y fisuras, esto nos indica que no es el prototipo adecuado para ser utilizado en las viviendas y por lo tanto se descarta el prototipo; mientras que, el prototipo 6 no presentaba fisuras ni puntos débiles en su interior; el sonido fue compacto en varios puntos de la teja.



Ilustración 58: Ensayo de Sonido.
Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Dentro de ensayo de peso se verificó que el espesor obtenido del prototipo 6 fue de 8 mm, es preciso mencionar que durante la prueba se logró conseguir un peso aproximado de 2 kg. Dicho peso está dentro del rango de peso máximo permisible para este tipo de teja según la norma debe ser de 2.5 kg. Se debe recomendar que este ensayo se debe realizar una vez finalizado el curado final.



Ilustración 59: Ensayo de Peso.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

En el ensayo de permeabilidad, se esperó un lapso de 24 horas para determinar el resultado de este ensayo. Una vez terminado el tiempo de la prueba, se pudo constatar que las tejas no tenían filtraciones en la cara inferior y que el área total humedecida no excedió el 50% del área total. Dando como resultado una teja óptima para ser utilizada en viviendas.



Ilustración 60: Ensayo de Permeabilidad.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Durante el ensayo de impacto a la rotura se colocó el prototipo sobre dos listones de madera separados a 35 cm el uno del otro, procurando que la estructura y la teja queden totalmente horizontales. Se utilizó un flexómetro como elemento de medición de la altura de impacto. Una vez realizado el ensayo, se observó que el prototipo no presentó fisuras, hendiduras ni roturas. Por lo tanto se considera que el espécimen aprueba el ensayo de calidad.



Ilustración 61: Ensayo de Impacto.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Durante el ensayo de Resistencia a la Flexión se observó que la teja ensayada soportó una carga constante con apoyos repartidos de 62 kg. antes de presentar fisuras y rotura, cumpliendo con las condiciones adecuadas especificadas en las norma NTE INEN 2 420:2005. Es necesario mencionar que, se fabricó un molde con el perfil transversal de la teja para la realización de este ensayo.



Ilustración 62: Ensayo de Resistencia a la Flexión.

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

En la siguiente tabla se puede observar el cuadro comparativo de los prototipos en función a los resultados obtenidos durante el proceso de elaboración y dentro de los ensayos respectivos.

Tabla 20:

Cuadro de Resultado de los Prototipos.

| PROTOTIPO | RESULTADOS |
|------------------|--|
| 1 | Durante en proceso de elaboración no logró fraguar. |
| 2 | En el proceso de desmolde se observó desprendimiento de partículas con la fricción manual o el contacto con otro producto. |
| 3 | Durante el proceso de desmolde se observó que el PET quedó visible y expuesto a corrientes de aire. |
| 4 | Presentó problemas de manejabilidad y resequedad además se observa grietas y fisuras en la curvas de la teja |
| 5 | Dio como resultado un sonido vacío en varios puntos. |
| 6 | Optimas Condiciones |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

4.5. Análisis de Costo.

Análisis de Costo Unitario.

Determinado y establecido la dosificación idónea de los materiales que se utilizaron dentro del proceso de elaboración de la teja de hormigón a base de PET y cáscara de arroz en su estado natural, se procede a elaborar un análisis comparativo de las características principales de las cubiertas tipos teja que existen en el mercado de la construcción y que se comercializan en el campo constructivo ecuatoriano.

Como se puede observar en la tabla 22 se detallan las características que poseen las tejas de hormigón, cerámica, microconcreto y la teja ecológica a base de cáscara de arroz estado natural y el PET, demostrando las significativas diferencias que existen entre cada una de ellas como es el precio unitario y por metro cuadrado y además se indica el número de tejas por metro cuadrado.

Tabla 21:

Datos Comparativos.

| DATOS TECNICOS | HORMIGÓN | CERÁMICA | MICRO CONCRETO | TEJA CON PET Y CASCARA DE ARROZ |
|---------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|--|
| ÁREA TOTAL | 420 X 330 mm | 500 X 300 mm | 500 X 250 mm | 500 X 250 mm |
| NÚMERO DE TEJAS POR M2 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| PRECIO UNITARIO | 0.66 ctvs. | 0.74 ctvs. | 0.63 ctvs. | 0.56 ctvs. |
| PRECIO POR M2 | \$ 4.62 | \$ 5.18 | \$ 5.04 | \$ 4.48 |
| PESO UNITARIO | 4.2 Kg. | 3.5 Kg. | 2.5 Kg. | 2 Kg. |
| PESO POR M2 | 42 Kg. | 38.5 Kg. | 30 Kg. | 24 Kg. |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Análisis Comparativo de Costo Unitario.

Una vez determinado entre varios tipos de tejas, las cuales se mencionan en la tabla anterior, se puede decir que la teja de micro concreto es la más factible para hacer un análisis comparativo unitario con la teja ecológica a base de PET y cáscara de arroz ya que tienen similares características como dimensión, forma y cantidad de tejas por metros cuadrados.

En la siguiente tabla se realiza un análisis comparativo de costos unitario, donde se mencionan las cantidades de los materiales, equipos, mano de obra, precios de cada uno y el valor total de una teja de microconcreto y una a base de PET y cáscara de arroz estado natural. Cabe recalcar que dentro de este análisis se incluye el costo del proceso del reciclaje de las materias primas que se lo incluye dentro del costo de los materiales. Dando como resultado que es posible elaborar y fabricar una teja de excelente calidad y bajo precio.

Tabla 22:

Análisis De Precios Unitarios Teja de hormigón A Base De Pet Y Cáscara de Arroz Estado natural

| UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL | | | | | |
|---|---|--------|------------|-------------|--------------------------|
| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
| PROYECTO: | TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACIÓN DE PROTOTIPO EN BASE DE CÁSCARA DE ARROZ Y PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)". | | | | |
| | | | | | UNIDAD : U |
| RUBRO: | TEJA A BASE DE PET Y CÁSCARA DE ARROZ ESTADO NATURAL | | | | RENDIMIENTO: 0,08 |
| EQUIPOS | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | REDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O | | | | | 0,006 |
| Máquina Vibratoria | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,080 |
| Molde de plástico | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,080 |
| Lámina de plástico | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,080 |
| SUBTOTAL (M) | | | | | 0,246 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | REDIMIENTO | COSTO |
| Operador | 1 | 1,54 | 1,54 | 0,08 | 0,123 |
| SUBTOTAL (N) | | | | | 0,123 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| Cemento | | gr. | 840 | 0,00015 | 0,126 |
| Arena | | gr. | 300 | 0,00007 | 0,021 |
| Agua | | ml. | 500 | 0,00007 | 0,035 |
| PET | | gr. | 120 | 0,00004 | 0,005 |
| Cáscara de arroz estado natural | | gr. | 100 | 0,00001 | 0,001 |
| SUBTOTAL (O) | | | | | 0,188 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| SUBTOTAL (P) | | | | | |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 0,56 |
| INDIRECTO Y UTILIDADES | | | | | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 0,56 |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Tabla 23:

Análisis De Precios Unitarios Teja de Microconcreto.

| UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL | | | | | |
|--|---|---------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | | | | | |
| PROYECTO: | TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACIÓN DE PROTOTIPO EN BASE DE CÁSCARA DE ARROZ Y PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)". | | | | |
| | | | | | UNIDAD : U |
| RUBRO: | TEJA DE MICROCONCRETO | | | | RENDIMIENTO: 0,08 |
| EQUIPOS | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | REDIMIENTO | COSTO |
| Herramienta menor 5% M/O | | | | | 0,01 |
| Máquina Vibratoria | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,08 |
| Molde de plástico | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,08 |
| Lámina de plástico | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,08 | 0,08 |
| SUBTOTAL (M) | | | | | 0,25 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | TARIFA | COSTO HORA | REDIMIENTO | COSTO |
| Operador | 1 | 1,54 | 1,54 | 0,08 | 0,12 |
| SUBTOTAL (N) | | | | | 0,12 |
| MATERIALES | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNITARIO | COSTO |
| Cemento | | gr. | 500,00 | 0,00015 | 0,08 |
| Arena | | gr. | 2200,00 | 0,00007 | 0,15 |
| Agua | | ml. | 500,00 | 0,00007 | 0,04 |
| SUBTOTAL (O) | | | | | 0,26 |
| TRANSPORTE | | | | | |
| DESCRIPCIÓN | | UNIDAD | CANTIDAD | TARIFA | COSTO |
| | | | | | |
| SUBTOTAL (P) | | | | | |
| COSTO DIRECTO (M+N+O+P) | | | | | 0,63 |
| INDIRECTO Y UTILIDADES | | | | | |
| COSTO TOTAL DEL RUBRO | | | | | 0,63 |

Elaborado por: Lopez Arana, V & Muquinche Supe, L (2019).

Conclusiones.

Durante la investigación de este proyecto se dieron a conocer dentro del proceso de elaboración las las características que tienen cada una de los materiales reciclados, tanto de la cáscara de arroz como del PET; donde se indica que se caracterizan por su alta resistencia y la relación entre resistencia, densidad y peso ligero.

Se experimento con diferentes dosificaciones hasta encontrar la adecuada que cumpla con todos los parámetros, cáscara de arroz estado natural en 100 gr., PET(tereftalato de polietileno) en 120 gr, cemento 840gr, arena en 300 gr, y agua en 500 ml, estos materiales en la mezcla para la fabricación de la teja ecológica demostró buen comportamiento de adherencia. Logrando obtener un producto terminado de peso ligero, alta resistencia al impacto y a la flexión.

Según los resultados obtenidos durante el proceso de elaboración se establece como conclusión que al mezclar la cáscara de arroz molida y transformada en polvo con los materiales, no es factible utilizar dentro del proceso ya que al realizar este procedimiento la materia prima pierde las propiedades físico-químico de adherencia motivo por el cual el mortero no fraguó.

Dentro del proceso de elaboración la implementación de las materias primas con sus respectivas dosificaciones tanto de la cáscara de arroz como el PET, influyeron de manera positiva en el comportamiento mecánico del producto terminado. Se puede decir que durante los ensayos de calidad la teja ecológica presentó mejoras que la de una teja tradicional.

El adicionar el PET (tereftalato de polietileno) y la cáscara de arroz estado natural en la mezcla del mortero para la fabricación, se puede agregar que durante el Ensayo de Permeabilidad se logró mejorar las propiedades del material de cubierta, logrando obtener resultados óptimos estipulados en la norma que se utilizó en todo el proceso de elaboración.

En el Ensayo de Impacto, se puede mencionar que la teja ecológica a base de PET (tereftalato de polietileno) y la cáscara de arroz en estado natural, al ser mezclada con el cemento, arena y agua, al momento de realizar las pruebas de caída libre de la bola de acero hacia el centro de la teja logró resistir un golpe.

El ensayo de Resistencia a la Flexión, el cual se realizó en el Laboratorio de Suelos y Resistencia de Materiales de la Universidad Estatal de Guayaquil, cabe mencionar que la realización de estas pruebas no tuvo costo alguno. El prototipo soportó 62 kg., dos kilos más de lo establecido en la norma INEN TEJA DE HORMIGON NTE INEN 2 420: 2005

Terminado el análisis comparativo entre una teja a base de la cáscara de arroz y PET con la de microconcreto, se demostró que una teja ecológica es más económica. Se puede añadir que es costo estimado con relación a la cantidad de materiales que se utilizo dentro del proceso de elaboración de una teja es de 0.56 ctvs. de dólar americano en el mercado constructivo ecuatoriano.

Como conclusión general se determina que es viable fabricar una teja ecológica a base de cáscara de arroz en estado natural y PET (tereftalato de polietileno) de excelente calidad y a menor precio, logrando ser asequible a los usuarios de bajos recursos económicos, asimismo contribuye a la disminución de la contaminación ambiental al utilizar materiales rechazados.

Recomendaciones.

Se recomienda que en los próximos proyectos de investigación, se incentive utilizar el PET (Tereftalato de Polietileno) en diferentes tipos de estado (forma), para que se reduzca el volumen del cemento y la arena dentro de la elaboración de nuevos productos, logrando así disminuir la contaminación ambiental al implementar nuevas técnicas de investigación.

Se sugiere que en futuras investigaciones se realice un análisis minucioso de los tiempos conseguidos durante el procesos de fraguado en el curado primario, ya que no se logró establecer el motivo por el cual el mortero dentro del proceso de elaboración de los prototipos demoraron en fraguar y en algunos casos no lograron cumplir este objetivo.

Adicionalmente se recomienda realizar estudios al costo de la materia prima dentro del sector arrocero ecuatoriano, para obtener como exactitud el precio de la cáscara de arroz donde se involucre el costo de transporte estableciendo si será favorable utilizar este desecho dentro del proceso de elaboración de una cubierta tipo teja.

Dentro del proceso de elaboración, se deja abierta la posibilidad de que otro investigador genere nuevas hipótesis; donde se incluya la pigmentación en los prototipos. Además demuestre de que manera influye dentro de los ensayos de calidad como el de permeabilidad, de impacto a la rotura y el de resistencia a la flexión y de la cantidad de materiales que se utilizan en el proceso de fabricación.

Finalmente, se recomienda que las cubiertas tipo teja a base de la cáscara de arroz estado natural y el PET (tereftalato de polietileno), sean destinadas a hogares de interés social que deseen construirse con materias primas ecológicas; además que ayuden a la sostenibilidad ambiental.

Referencias Bibliográficas

- Agrupación Nacional de la Recuperación. (2013). Características de los plásticos PET. *Revista del Gremi de Recuperación de Catalunya*, 6-10.
- Alvarado, p., Vargas, J., & Vega-Baudrit, J. (2015). *Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos* Vargas, JI ., Alvarado, P2 ., Vega-Baudrit ., Universidad de Costa Rica, San José: Laboratorio de Polímeros, Universidad. Obtenido de http://revistaiiqb.usac.edu.gt/index.php/revista_cientifica/article/viewFile/361/pdf_350
- Álvarez, M. K. (2014). *ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN A BASE DE LA CASCARILLA DE ARROZ Y SU INCIDENCIA EN EL FORTALECIMIENTO DE LA PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE*. GUAYAQUIL- ECUADOR : UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- ANDRADE, G. (2014). *“ESTUDIO, DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DEL ROL E IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA EN EL DESARROLLO ECONÓMICO LOCAL DEL CANTÓN YAGUACHI (2000 – 2012)”*. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.
- Avilés, G. (2013). *DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS DE BOTELLAS RECICLADAS PET* . México DF: Universidad Autónoma de México.
- Avilés, H. G. (2013). *Diseño conceptual de un sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET* (<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6825/Tesis.pdf?sequence=1> ed.). México D.F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO.

- Cabo, L. M. (2012). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción* (<https://es.slideshare.net/nancyarenasmacias/ladriile> ed.). Ekaina: Universidad Pública de Navarra.
- Cardenas, G. t. (2016). *Acopio logístico inteligente de envases de plásticos PET, para su trituración esbelta y marketing* (<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/18013/Tesis%20equipo%20PET%2023-02-16.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ed.). Mexico: Instituto Tecnico Nacional.
- Constituyente, A. (2008). *CONSTITUCION DEL ECUADOR*. <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/ec/ec030es.pdf>.
- Construmática*. (28 de marzo de 2019). Obtenido de <https://www.construmatica.com/index.php/>
- Coyasamin, O. (2016). “*ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN TRADICIONAL, CON HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA) Y HORMIGÓN ADICIONADO CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR (CBC)*.”. Ambato: Universidad Técnica de Ambato .
- De Rogatis, L., & Levratto, L. (2017). *Propuesta para fomentar el uso no tradicional del material en Uruguay*. Uruguay: Universidad de la Republica de Uruguay.
- Delgado, N. (2019). *COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA TEJA TIPO ELABORADA CON MORTERO HIDRÁULICO Y PROTOTIPO CON ADICIÓN DE FIBRA DE TALLO DE BANANO*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL.
- Echeverria, C. M., & Lopez, M. O. (2015). *Caracterización energética de la cascarilla de arroz para su aplicación en la generación de energía termoeléctrica*.
- Ecuatoriana, N. T. (2005). *Teja de Hormigón (NTE INEN 2 420)*.

- Fuente, N. M., & Vizcaíno, L. M. (2015). *Residuos Agroindustriales en la elaboración de bloques de concreto*.
- Fuentes, N. M. (2015). *Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural*. Ciencia Neogranadina ISSN.e 0124-8170.
- Hachi, J. y. (2015). *Estudio de factibilidad para reciclar envase plástico de polietileno tereftalato (PET)* (<http://dspace.ups.edu.ec/>). Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana.
- Hernández, D. R. (2012). Mexico: McGraw Hill Interamericana.
- Hidalgo, P. (2019). *ELABORACIÓN DE TEJA UTILIZANDO COMO MATERIA PRIMA EL CAUCHO RECICLADO*. Quito: Universidad De Las Américas.
- Lalaleo, E. (2016). “*CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES*”. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Lalaleo, G. E. (2016). *Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster reforzada con cascarilla de arroz para determinar las propiedades mecánicas en aplicaciones industriales*. AMBATO-ECUADOR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Leal, S. (16 de Noviembre de 2015). *Ladrillos a base de cascarilla de arroz y PET*. Recuperado el 9 de Agosto de 2018, de <https://prezi.com/hcuufvtdvrlo/ladrillos-a-base-de-cascarilla-de-arroz-y-pet/>
- Mafla, A. B. (2015). *USO DE LA CASCARILLA DE ARROZ COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN*. <http://biblioteca.uniminuto.edu/ojs/index.php/Inventum/article/view/47>.
- Martínez, T. (2010). *CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL AHIJADO DEL ARROZ EN EL DELTA DEL EBRO*. Universidad Politécnica Valencia .



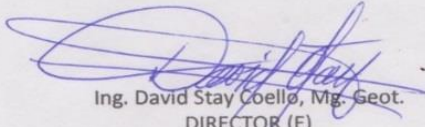
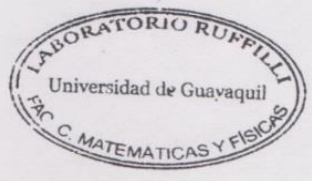
- MEDINA, M. (2010). *Evaluación de tres niveles de Zinc (Zn) como complemento en un Programa de Fertilización para el Cultivo de Arroz de Siembra por Transplante, Variedad Iniap 12, en la Zona de Yaguachi*". Guayaquil-Ecuador : ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.
- Meléndez, M., Espinoza, O., & Noboa, M. (2014). *ecosur.com*. Riobamba: ecosur.com.
- Méndez, J. (2019). *ELABORACIÓN DE MOLDES PARA TEJAS PARA TECHOS CON CAUCHO RECICLADO PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Méndez, R. (2011). Mezclas cal-puzolana destinadas a la construcción de materiales prefabricados no convencionales. *Valencia* .
- MOLINA, S. E. (2015). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la realizaicon de bloques*. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6262/evaluaciondelusodela-cascarilladearrozenlafabricacion.pdf?sequence=1>
- Navarro, P. C., & Coyasamin, M. O. (2016). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión del hormigón tradicional, con hormigón adicionado con cenizas de cáscara de arroz (CCA) y hormigón adicionado con cenizas de bagazo de caña de azúcar (CBC)*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Negocio Verde. (2016). *PET un plástico amigable pero no inofensivo*. Semana Sostenible. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/negocios-verdes/articulo/plastico-pet-un-amigable-pero-no-inofensivo/36282>
- Pachón, B. Y., & Archila, M. J. (2017). *PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA EMPRESA RECICLADORA DE PLÁSTICO PET, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.* Bogota: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA.

- Prada, A. M., & Cortez, C. (2014). *La descomposición térmica de la cascarilla de arroz Una alternativa de aprovechamiento integral*. Orinoquia ISSN.e 0121-3709 vol 14 155-170.
- Rivero, N. V. (2016). *Análisis medioambiental de los aislamientos térmicos en la construcción* (file:///C:/Users/Jose%20Inca/Downloads/RiveroNogueiras_Veronica_TFG_2016.pdf ed.). España: Universidade da Coruña.
- ROQUE. (2008). *LA PRODUCCION ARROCERA EN EL ECUADOR*. UNIVERSIDAD ANDINA SIMON BOLIVAR.
- Ruiz, D., & López, C. (2012). *"NUEVAS ALTERNATIVAS EN LA CONSTRUCCIÓN: BOTELLAS PET CON RELLENO DE TIERRA"*. Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana.
- Sanchez, M. (2015). *Estudio de factibilidad para la comercializacion del tamo de arroz y propuesta de distribucion, dirigida a la coosntrucccion de viviendas de interes social de la cooperativa de valle hermoso de monte Sinai en Guayaquil* . Universidad Politecnica Salesiana .
- Servicio Ecuatoriano de Información. (2015). *Producción de arroz en cascara*. . Formato Html. Disponible en: <http://indestadistica.sni.gob.ec>.
- Sierra, A. J. (2013). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Sincelejo: Universidad de Sucre.
- Sierra, J. (2014). *"ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ EN COLOMBIA"*. Colombia: Universidad De Sucre .
- Valverde, A. (2014). *ANALISIS COMPARATIVO DE CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS DE LA CASCARILLA DE ARROZ*. PERERIRA : Universidad Tecnológica de Pereria.


Vargas, J., Alvarado, P., Vega, J., & Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Dialnet*, 23(28), 1-16.

ANEXOS.


Anexo 1: Certificado de Informes.

| | | |
|---|---|---|
|  Universidad de Guayaquil | <p>UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DR. ING. ARNALDO RUFFILLI</p> |  1953 |
| | | <p>SECRETARÍA Telf. 2281037</p> |
| <p><u>A QUIEN INTERESE</u></p> | | |
| <p>Certifico que los Sres. VICTOR EMILIO LOPEZ ARANA Y LUIS ENRIQUE MUQUINCHE SUPE, realizaron los ensayos y pruebas de laboratorio correspondientes al tema de tesis de grado "TEJAS REUTILIZANDO MATERIALES Y ELABORACION DE PROTOTIPO EN BASE DE CASCARA DE ARROZ Y PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO)" los días martes 19 y miércoles 20 de febrero del 2019 con la supervisión del laboratorista encargado.</p> | | |
| <p>Se hace constancia que los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli de la Universidad de Guayaquil no tuvo costo alguno</p> | | |
| <p>Guayaquil, 21 de febrero del 2019</p> | | |
| <p>Atentamente,</p> | | |
|  | | |
| <p>Ing. David Stay Coello, Mg. Geot. DIRECTOR (E)</p> | | |
|  | | |
| <p>Telf. 2281037 Av. Kenny S/N y Delta Frente al Colegio Las Mercedarias laboratorioruffilli@ug.edu.ec Guayaquil - Ecuador</p> | | |


Anexo 2: Ensayo de Resistencia al Impacto

| | | | | |
|--|--|---|-------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL | |  | | |
| Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas | | | | |
| Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI" | | | | |
| INFORME DE ENSAYO - RESISTENCIA AL IMPACTO | | | | |
| NORMA: NTE-INEN-2420-2005 | | Fecha de Elaboración: 19/2/2019 | | |
| Proyecto:: "Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno)." | | | | |
| Contratista: VICTOR LOPEZ ARANA Y LUIS MUQUINCHE SUPE | | | | |
| PROTOTIPOS # 6 | | | | |
| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| DESCRIPCIÓN | PET Y CASCARA DE ARROZ EN ESTADO NATURAL | | | |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 31/10/2018 | 31/10/2018 | 31/10/2018 | 31/10/2018 |
| FECHA DE ENSAYO | 19/02/2019 | 19/02/2019 | 19/02/2019 | 19/02/2019 |
| ALTURA DE CAIDA (mm) | 300 | 300 | 300 | 300 |
| LONGITUD (mm) | 500 | 500 | 500 | 500 |
| ANCHO (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| ESPESOR (mm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| LONGITUD APOYO (mm) | 350 | 350 | 350 | 350 |
| MASA (gr.) | 2100 | 2000 | 2050 | 2000 |
| FALLA | NO PRESENTÓ | NO PRESENTÓ | NO PRESENTÓ | NO PRESENTÓ |
| OBSERVACIONES: | | | | |
| NINGUNA DE LAS TEJAS ENSAYADAS PRESENTARON FALLA DURANTE LA PRUEBA. | | | | |
| Av. Kennedy S/N y Av. Delta -Frente al colegio las Mercedarias e-mail: laboratorioruffilli@ug.edu.ec - Telf: 04-2281037 | | | | |


Anexo 3: Ensayo de Resistencia al Impacto

| | | | |
|--|--|---|--|
| UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL | |  | |
| Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas | | | |
| Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI" | | | |
| INFORME DE ENSAYO - RESISTENCIA AL IMPACTO | | | |
| NORMA: NTE-INEN-2420-2005 | | Fecha de Elaboración: 19/2/2019 | |
| Proyecto: "Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno)." | | | |
| Contratista: VICTOR LOPEZ ARANA Y LUIS MUQUINCHE SUPE | | | |
| PROTOTIPOS # 6 | | | |
| MUESTRA No. | 5 | | |
| DESCRIPCIÓN | PET Y CASCARA DE ARROZ EN ESTADO NATURAL | | |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 31/10/2018 | | |
| FECHA DE ENSAYO | 19/02/2019 | | |
| ALTURA DE CAIDA (mm) | 300 | | |
| LONGITUD (mm) | 500 | | |
| ANCHO (mm) | 250 | | |
| ESPESOR (mm) | 8 | | |
| LONGITUD APOYO (mm) | 350 | | |
| MASA (gr.) | 2100 | | |
| FALLA | NO PRESENTÓ | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| LA TEJA ENSAYADA NO PRESENTÓ FALLA DURANTE LA PRUEBA. | | | |
| Av. Kennedy S/N y Av. Delta -Frente al colegio las Mercedarias e-mail: laboratorioruffilli@ug.edu.ec - Telf.: 04-2281037 | | | |

Anexo 4: Ensayo de Resistencia a la Flexión.

| | | | | |
|--|--|----------------------------------|------------|---|
| UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL | | | | |
| Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas | | | |  |
| Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI" | | | | |
| INFORME DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA FLEXIÓN | | | | |
| NORMA: NTE-INEN-2420-2005 | | Fecha de Elaboración: 20/02/2019 | | |
| Proyecto: "Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno)." | | | | |
| Contratista: VICTOR LOPEZ ARANA Y LUIS MUQUINCHE SUPE | | | | |
| PROTOTIPOS # 6 | | | | |
| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
| DESCRIPCIÓN | PET Y CASCARA DE ARROZ EN ESTADO NATURAL | | | |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 31/10/2018 | 31/10/2018 | 31/10/2018 | 31/10/2018 |
| FECHA DE ENSAYO | 20/02/2019 | 20/02/2019 | 20/02/2019 | 20/02/2019 |
| LONGITUD (mm) | 500 | 500 | 500 | 500 |
| ANCHO (mm) | 250 | 250 | 250 | 250 |
| ESPESOR (mm) | 8 | 8 | 8 | 8 |
| LONGITUD APOR (mm) | 350 | 350 | 350 | 350 |
| MASA (gr.) | 1950 | 2100 | 2150 | 2000 |
| CARGA DE ROTURA (gr.) | 62000 | 61500 | 62000 | 6200 |
| OBSERVACIONES: | | | | |
| Todas las muestras presentaron roturas superiores a los 60000 gr (valor mínimo establecido), siendo la muestra 2 la que alcanza un menor grado de rotura 61500 gr. | | | | |
| Av. Kennedy S/N y Av. Delta -Frente al colegio las Mercedarias e-mail: laboratorioruffilli@ug.edu.ec - Telf.: 04-2281037 | | | | |

Anexo 5: Ensayo de Resistencia a la flexion

| | | | |
|--|--|---|--|
| UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL | |  | |
| Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas | | | |
| Laboratorio de Suelos y Materiales "Dr. Ing. ARNALDO RUFFILLI" | | | |
| INFORME DE ENSAYO - RESISTENCIA A LA FLEXIÓN | | | |
| NORMA: NTE-INEN-2420-2005 | | Fecha de Elaboración: 20/02/2019 | |
| Proyecto: "Tejas Reutilizando Materiales Y Elaboración De Prototipo En Base De Cáscara De Arroz Y PET (Tereftalato De Polietileno)." | | | |
| Contratista: VICTOR LOPEZ ARANA Y LUIS MUQUINCHE SUPE | | | |
| PROTOTIPOS # 6 | | | |
| MUESTRA No. | 5 | | |
| DESCRIPCIÓN | PET Y CASCARA DE ARROZ EN ESTADO NATURAL | | |
| FECHA DE FABRICACIÓN | 31/12/2018 | | |
| FECHA DE ENSAYO | 20/02/2019 | | |
| LONGITUD (mm) | 500 | | |
| ANCHO (mm) | 250 | | |
| ESPELOR (mm) | 8 | | |
| LONGITUD APOR (mm) | 350 | | |
| MASA (gr.) | 1950 | | |
| CARGA DE ROTURA (gr.) | 61500 | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| La teja presenta rotura a los 61500 gr, cumple con los parámetros establecidos en la Norma. | | | |
| | | | |
| | | | |
| Av. Kennedy S/N y Av. Delta -Frente al colegio las Mercedarias e-mail: laboratorioruffilli@ug.edu.ec - Telf.: 04-2281037 | | | |



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 420:2005

TEJAS DE HORMIGÓN. REQUISITOS E INSPECCIÓN.

Primera Edición

CONCRETE ROOFING TILES. SPECIFICATIONS AND INSPECTION.

First Edition

DESCRIPTORES: Tejas de hormigón, requisitos, inspección.
CO 02.08-408
CDU: 666.74
CIU: 3699
ICS: 91.100.30

| | | |
|--|--|--|
| Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria | TEJAS DE HORMIGON. REQUISITOS E INSPECCION. | NTE INEN 2 420:2005 2005-09 |
| <p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las tejas de hormigón.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a todas las tejas de hormigón.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <i>Teja de hormigón.</i> Es un elemento conformado generalmente por sistemas de extrusión, prensado o vibrado de un mortero con granulometría adecuada, compuesto esencialmente de granos minerales, cemento y eventualmente aditivos (véase figura 1).</p> <p>3.2 Dimensiones</p> <p>3.2.1 <i>Longitud (L).</i> Es la dimensión total de la teja medida en el sentido de la línea de máxima pendiente de la cubierta.</p> <p>3.2.2 <i>Ancho (A).</i> Es la dimensión total de la teja medida en sentido perpendicular a la línea de máxima pendiente.</p> <p>3.2.3 <i>Ancho efectivo.</i> Es la dimensión convencional considerada para cubrir el tejado, habida cuenta de las tejas van ensambladas y cuyo valor se obtiene como se indica en el numeral 7.4.3.</p> <p>3.2.4 <i>Espesor (e).</i> Es la dimensión de la sección transversal de la teja, medida en las condiciones del numeral 7.4.2.</p> <p>3.3 Perfil. Vista transversal de la teja y que está constituido de los siguientes:</p> <p>3.3.1 <i>Ensamble o encaje longitudinal.</i> Es el sistema de nervaduras y acanaladuras (ensamble oculto y ensamble visto) que permiten la unión lateral de las dos tejas consecutivas de una misma fila horizontal.</p> <p>3.3.2 <i>Traslapo.</i> Es la parte de la teja que queda oculta por la inmediata superior, siendo variable en función de la pendiente de la cubierta.</p> <p>3.3.3 <i>Tacón.</i> Es un resalte en la parte reversa superior de la teja que permite un enganche sobre el soporte utilizado.</p> <p>3.3.4 <i>Goterones.</i> Son los sistemas de crestas y valles transversales en la parte reversa inferior de la teja, destinados a impedir la penetración de agua en sentido ascendente por efecto del viento.</p> <p>3.3.5 <i>Altura de onda.</i> Es la diferencia de cotas entre una cresta y un valle contiguos en la cara vista de la teja perfilada (véase figura 1 y numeral 3.4.1 b).</p> <p>3.3.6 <i>Flecha.</i> Es la desviación máxima de la cara vista de la teja plana respecto al plano teórico (véase figura 1 y numeral 3.4.1.a).</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <hr/> <p>DESCRIPTORES: Tejas de hormigón, requisitos, inspección.</p> | | |

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

3.4 Tipología de tejas y piezas especiales.

3.4.1 Tejas normales. Son las utilizadas corrientemente en la superficie de la cubierta. En función de sus características geométricas se clasifican en:

- a) *Teja plana.* Es aquella cuya cara superior es plana y en su cara inferior podrá presentar nervaduras de refuerzo.
- b) *Teja perfilada.* Es aquella cuya cara superior presenta crestas y valles para definir una o varias zonas de escurrimiento de agua (generalmente hay dos zonas de escurrimiento). Existen dos subtipos:

b.1.) *Teja curva.* Es la que no presenta zonas planas en su cara superior.

b.2.) *Teja plano-curva.* Es la que presenta zonas curvas y planas en su cara superior.

3.4.2 Tejas especiales. Son aquellas cuyas características de diseño y dimensiones están ligadas a las de las tejas normales y son destinadas a completar la superficie de la cubierta o a resolver los encuentros entre faldones, los posibles accidentes del tejado y la ventilación de la cubierta. Existen dos tipos:

- a) *teja especial de uso puntual.* Es la utilizada como unidad aislada o por unidades contiguas en número reducido.

Ejemplos:

Cumbreros: inicial o final
Tejas de ventilación
Media teja
Encuentro tres aguas

- b) *teja especial de uso lineal:* Es la utilizada por unidades contiguas realizando la totalidad de una línea particular (transversal, longitudinal u oblicua) de la cubierta.

Ejemplos:

Remate lateral
Cumbreras
Limatesas
Tejas aleros

3.5 Métodos de coloración.

3.5.1 Coloración en masa. Es el sistema de fabricación en que el color afecta a todo el material de la teja.

3.5.2 Coloración superficial. Es el sistema de fabricación en el que el material de la teja tiene el color natural del mortero de cemento, consiguiéndose la coloración de la superficie mediante técnicas especiales como acabado fresco (slurry), gránulos, pintura o la combinación de algunas de estas técnicas.

3.5.3 Coloración mixta. Combinación de coloración en masa y uno o varios sistemas de coloración superficial.

3.6 Aspecto y estructura.

3.6.1 Depósito. Es una acumulación de mortero u otros materiales adheridos a la superficie de la teja.

3.6.2 Rebaba. Es una acumulación de mortero u otros materiales en los bordes de la teja.

3.6.3 Desconchado. Es una discontinuidad en la superficie de la teja originada por un desprendimiento de material.

(Continúa)

3.6.4 Despostilladura. Es una discontinuidad en los bordes de la teja originada por un desprendimiento de material.

3.6.5 Eflorescencia. Es una mancha blanquecina que se presenta en la cara vista de la teja por el afloramiento a la superficie de sales solubles.

3.6.6 Fisura. Es una fina hendidura superficial en cualquiera de las caras de la teja.

3.6.7 Grieta. Es la hendidura que afecta a todo el espesor del cuerpo de la teja. Serán consideradas como tales también las eventualmente tapadas por un revestimiento aplicado en el proceso de fabricación de la misma.

3.6.8 Coquera. Es una falta localizada de material en el cuerpo de la teja.

4. CLASIFICACION

4.1 Las tejas de hormigón se clasifican en función de los valores mínimos que deben alcanzar la carga de rotura a flexión como se indica en la tabla 1.

TABLA 1. Clasificación de las Tejas de Hormigón

| Tipo de Teja | Altura de la Onda (mm) | Relación masa/espesor (1) | | Carga de rotura a Flexión (2) | |
|---------------|------------------------|---|----------------------------------|-------------------------------|------------|
| | | Tejas de 420x330 mm g/mm | L=longitud mm A=ancho mm g/mm | Minima da N | Media da N |
| Plana | – | $2,60 \times 10^{-3} \times L \times A$ | 360 | 100 | 120 |
| Curva | ≤ 36 | $2,24 \times 10^{-3} \times L \times A$ | 310 | 150 | 180 |
| | > 36 | $2,35 \times 10^{-3} \times L \times A$ | 325 | 220 | 270 |
| Plano – Curva | ≤ 36 | $2,35 \times 10^{-3} \times L \times A$ | 325 | 165 | 200 |
| | > 36 | $2,46 \times 10^{-3} \times L \times A$ | 340 | 2440 | 300 |

(1) En la primera columna se incluyen los valores mínimos que deben alcanzar la relación masa/espesor en función de la longitud (L) y el ancho (A). La segunda columna contiene esos mismos valores particularizados para las tejas de 420 x 330 mm, por ser estas las dimensiones más frecuentes.

(2) Los valores de la carga de rotura a flexión que figuran en esta tabla no excluyen la exigencia de soportar una carga de 100 da N en la posición más desfavorable para una distancia entre apoyos igual a la longitud de la teja menos 140 mm. Esta exigencia se cumple siempre que la carga de rotura a flexión, P, además de ser superior a los valores que figuran en la tabla, verifique la siguiente condición:

$$P \geq \frac{L - 140}{2,8} daN$$

En donde:

L = es la longitud de la teja en milímetros.

(Continúa)

5. DISPOSICIONES GENERALES

5.1 Las tejas de hormigón se designarán según el criterio siguiente en el orden que se indica:

- a) La mención "tejas de hormigón"
- b) Tipo de teja (plana, curva o plano-curva)
- c) Referencia al color
- d) Longitud en milímetros
- e) Anchura en milímetros
- f) Anchura efectiva en milímetros, entre paréntesis
- g) Altura de onda en milímetros
- h) Referencia a la presente norma técnica.

Ejemplo: Teja de hormigón, plano-curva, roja 420 x 330 (300) x 35 NTE INEN 2 420.

6. REQUISITOS

6.1 Materiales componentes.

6.1.1 Cemento. Los cementos utilizados deben responder a las características definidas en la NTE INEN 152.

6.1.2 Áridos. Los áridos utilizados deben responder a las especificaciones de la NTE INEN 872.

6.1.3 Aditivos. El fabricante de tejas de hormigón puede utilizar cualquier producto adecuado que mejore determinadas propiedades del hormigón y que no altere las demás características que especifica esta norma técnica para el producto acabado.

6.1.4 Pigmentos. Los pigmentos deben ser estables y compatibles con los materiales que intervienen en el proceso de fabricación de la teja de hormigón. Cuando se utilizan los pigmentos en forma de suspensión, los productos contenidos en la misma, no comprometerán la futura estabilidad del color.

Quedan excluidos del campo de aplicación de esta norma los pigmentos a base de carbono elemental, salvo que el fabricante, mediante suficientes datos experimentales, pueda garantizar el color de la teja sometida a las condiciones de uso previstas (ver Nota 1).

Están especialmente indicados los pigmentos a base de óxidos metálicos que cumplan las siguientes condiciones:

- a) Contenido en óxido metálico superior al 90 %
- b) Materiales volátiles inferior al 1 %
- c) Contenido en sales solubles de agua inferior al 1 %
- d) Residuo sobre el tamiz 0,063 NTE INEN 154..... inferior al 0,05 %
- e) Contenido en cloruros y sulfatos solubles en agua inferior al 0,1 %
- f) Contenido en óxido de calcio inferior al 5 %

6.1.5 Acabado fresco (Slurry). Preparación de arena de distinta granulometría, cemento y pigmentos, que es depositada en la parte superior de la teja, inmediatamente de ser fabricada, es decir cuando está fresca para conseguir un fraguado simultáneo de la teja con esta mezcla; y no se pueda producir desprendimiento de la arena durante el transporte, el almacenamiento o con el paso del tiempo. Sus componentes deben cumplir con las especificaciones de los materiales indicados anteriormente.

NOTA 1: El motivo de la anterior exclusión es la decoloración que se ha detectado en las tejas que incorporaban en su masa pigmentos a base de negro de humo, al estar expuestas a la intemperie, y la imposibilidad de prever su comportamiento mediante ensayos de envejecimiento acelerados. Sin embargo la existencia de negros de humo especialmente tratados, que han dado buenos resultados experimentales, aconseja no excluir del ámbito de aplicación de esta norma estos pigmentos, actualmente en fase de experimentación

(Continúa)

6.1.6 Gránulos. Son granos de color natural o arena de cuarzo previamente coloreada en un proceso de sinterización a elevada temperatura. Su tamaño guardará, con el espesor de la capa slurry, una relación tal, que asegure una buena adherencia. Al realizar el ensayo descrito en el numeral 7.2, no deberán aparecer discontinuidades de gránulo en la zona ensayada; son admisibles pequeñas pérdidas de gránulo, imputables al proceso de fabricación.

Tras el ensayo descrito en el Anexo A, no se producirá coloración en ninguna de las soluciones en que sobrenada el gránulo.

6.1.7 Pinturas. La pintura utilizada para colorear la teja de hormigón en las condiciones descritas en el numeral 4.2.2, debe satisfacer los criterios de estabilidad, homogeneidad y constancia de viscosidad que asegure como mínimo las condiciones previstas para los otros sistemas de coloración.

Se considera homogénea la pintura si muestras diferentes tomadas del recipiente de alimentación de la instalación de pintado, tienen pesos específicos y viscosidades semejantes.

6.2 Coloración. La coloración de la teja será resistente a los agentes atmosféricos. Son admisibles pequeñas variaciones de tonalidad que están condicionadas por el sistema de fabricación. Existen dos tipos de coloración:

6.2.1 Coloración en masa.

6.2.1.1 Los pigmentos, cuyas características se han definido en el apartado 6.1.4, se adicionarán simultáneamente a las restantes materias primas al realizar el amasado del hormigón formando un todo homogéneo con las mismas.

6.2.2 Coloración superficial.

a) *Acabado Fresco (Slurry):* Se aplicará en una o varias capas que cubrirán como mínimo la totalidad de la superficie expuesta a la intemperie tras su colocación, con un espesor medio mínimo de 0,4 mm. La aplicación se hará inmediatamente después de la extrusión o, en cualquier caso, sobre el hormigón constituyente del cuerpo de la teja, antes del inicio del fraguado, de forma tal que el acabado fresco (slurry) y hormigón comiencen a fraguar simultáneamente.

b) *Gránulos:* Se aplicarán inmediatamente después del acabado fresco (slurry) en toda la superficie de la teja que quedará expuesta a la intemperie tras su colocación.

c) *Pintura:* Se aplicará a la teja en una o varias capas antes y/o después de fraguar produciendo una capa homogénea de 75 micrómetros (μ) de espesor como mínimo en húmedo.

La aplicación se da, de forma que la capa de pintura no se separe del cuerpo de la teja en ninguno de los casos prescritos en el capítulo 7.

6.3 Aspecto y estructura.

6.3.1 La cara superior de la teja de hormigón es plana o perfilada, pudiendo llevar orificios iniciados para ser clavadas. La cara inferior está provista de al menos un tacón y de resaltes de forma especial, destinados a asegurar la estanquidad de la unión en el solape, que podrá ser variable en función de la pendiente de la cubierta.

6.3.2 En un lateral longitudinal de la cara superior y en el otro lateral de la cara inferior, presentará un sistema de acanaladuras y nervios destinados a asegurar la estanquidad de la unión lateral, por ensamblado de dos tejas contiguas de la misma hilera.

6.3.3 Superficie. Las tejas de hormigón deben tener una superficie uniforme y cerrada. En su interior deben presentar estructura homogénea. Las tejas de hormigón no presentarán grietas ni agujeros. Pueden admitirse pequeñas fisuras, siempre que las tejas superen los ensayos de permeabilidad descritos en 7.5.2.

(Continúa)

6.3.4 Rebabas, depósitos y desconchados. Las tejas de hormigón no deben tener rebabas, depósitos o desconchados, que impidan el montaje, que perjudiquen la estanquidad o dificulten el desagüe normal de la cubierta.

6.3.5 Eflorescencias. En la cara vista de la teja únicamente se admitirá ligeras eflorescencias. Se consideran como tales aquellas que desaparecen momentáneamente después de pasar un paño húmedo; la experiencia demuestra que este fenómeno se atenúa con el tiempo.

6.4 Dimensiones. Las dimensiones nominales serán de libre elección por cada fabricante con las limitaciones siguientes:

6.4.1 Longitud y ancho. Las dimensiones serán las que fije el fabricante con una tolerancia sobre la dimensión nominal de $\pm 1\%$.

6.4.2 Espesor. El valor de esta dimensión, medido como se indica en 7.4.2 será el que fije el fabricante.

6.4.3 Ancho efectivo. Medida en las condiciones del ensayo como se indica en 7.4.3, la tolerancia sobre el valor nominal será de $\pm 1\%$.

6.4.4 Altura de onda. Se medirá en las condiciones como se indica en 7.4.4. Su valor no excederá en más de 3 mm del valor nominal.

6.4.5 Planeidad. Medida en las condiciones como se indica en 7.4.5. será menor o igual a 2 mm.

6.5 Características físicas.

6.5.1 Compacidad. (compactibilidad) Es una cualidad de la teja que es función de la dosificación del mortero y de la buena ejecución del proceso de conformación.

A efectos de esta norma técnica la compacidad, se determinará a través de la relación masa/espesor y de la absorción de agua.

a) **Relación masa /espesor.** Es el número que se obtiene al dividir la masa de la teja en gramos por el espesor en milímetros. En las condiciones definidas en el ensayo 7.5.1, deberán alcanzarse como mínimo los valores indicados en la tabla, según el tipo de teja de que se trate y su altura de onda.

b) **Absorción.** En las condiciones de ensayo como se indica en 7.5.2 la absorción de agua será como máximo del 10 %.

6.5.2 Permeabilidad. En las condiciones como se indica en 7.5.3, no deben apreciarse en la cara inferior de las tejas ensayadas, gotas de agua que caigan antes de 24 h. Las manchas de humedad están permitidas siempre que afecten a menos del 20 % de la superficie de la teja.

6.6 Características mecánicas.

6.6.1 Carga de rotura a la flexión. El ensayo se realizará como se indica en 7.6.1. La carga de rotura a flexión es función de las siguientes variables:

- a) Tipo de teja.
- b) Altura de onda
- c) Longitud.

Los valores medio y mínimo de la carga de rotura a flexión que deben alcanzar las tejas de hormigón, son los de la tabla 1, para una distancia entre apoyos igual a la menor de las siguientes magnitudes:

- a) 280 mm.
- b) La longitud en milímetros menos 140 mm : $L \text{ (mm)} - 140$

En cualquier caso, la teja de hormigón debe resistir una carga de 100 daN situada en la posición más desfavorable para la distancia entre apoyos del caso b).

(Continúa)

6.6.2 Resistencia al impacto. Las tejas resistirán el impacto de una bola de acero de 200 ± 2 g de masa cayendo desde 25 cm de altura sin que se produzca roturas ni desconchados. El ensayo se realizará como se indica en 7.6.2.

7. INSPECCIÓN Y ENSAYOS

7.1 Muestras para ensayo. La muestra para la realización de todos los ensayos de esta norma será de diez (10) tejas escogidas al azar entre las que componen el lote.

Sobre la totalidad de la muestra se realizarán los ensayos de adherencia de gránulo (ver 7.2) si, procede, aspecto y estructura (ver 7.3), anchura y longitud (ver 7.4.1), anchura efectiva (ver 7.4.3) y altura de onda o flecha (ver 7.4.4) y planeidad (ver 7.4.5).

Sobre cinco (5) tejas de la muestra se llevarán a cabo los ensayos de resistencia al impacto (ver 7.6.2), de rotura a flexión (ver 7.6.1), de espesor (ver 7.4.2), de absorción (ver 7.5.1).

Sobre cinco (5) tejas restantes, se realizarán los ensayos de permeabilidad (ver 7.5.2).

7.2 Adherencia de gránulo

7.2.1 Probetas. El ensayo se realiza sobre diez (10) tejas enteras.

7.2.2 Aparatos. Cepillo de púas de alambre.

7.2.3 Procedimiento. Cepillar enérgicamente en ambos sentidos la superficie de la teja durante un tiempo aproximado de 10 s.

7.3 Ensayos de aspecto y estructura. El control se efectúa mediante examen visual, sobre diez (10) tejas ensambladas. Se anotará en cada teja la presencia eventual de grietas, fisuras, coqueras, rebabas, depósitos, desconchados y eflorescencias, no admisibles de acuerdo con los criterios como se indican en 6.3.

7.4 Ensayos dimensionales

7.4.1 Anchura y longitud. Después de haber eliminado las rebabas eventuales, hacer las medidas en el centro de los lados opuestos de cada teja, con una precisión de 1 mm. Se realizará la medición sobre las 10 tejas utilizadas en el ensayo anterior, anotándose los valores individuales de cada una de ellas.

7.4.2 Espesor

7.4.2.1 Probetas. Se realizará el ensayo sobre cinco (5) tejas, pudiendo utilizar trozos procedentes del ensayo de rotura a flexión.

7.4.2.2 Procedimiento. Sobre una sección transversal se tomarán cuatro medidas por teja excluyendo cualquier resalte (dos en las crestas y dos en los valles en el caso de tejas perfiladas).

7.4.2.3 Resultados. Los resultados se expresan con precisión de 0,1 mm, anotándose por cada teja la media de los cuatro valores.

7.4.3 Anchura efectiva.

7.4.3.1 Probetas. El ensayo se realiza sobre tejas enteras.

7.4.3.2 Procedimiento. Tomar diez tejas y ensamblarlas. A continuación, estirarlas al máximo para eliminar las holguras y medir la anchura total de las diez tejas (L1) con una precisión de 1 mm. Posteriormente apretar las tejas al máximo para eliminar las holguras y medir la anchura total (L2) con una precisión de 1 mm. Mídase además el valor de la anchura del único ensamble visto (E).

(Continúa)

7.4.3.3 Resultados. El valor de la anchura efectiva se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Anchura efectiva} = \frac{L1 + L2 - 2E}{20}$$

7.4.4 Altura de onda y flecha.

7.4.4.1 Probetas. Se realizará el ensayo sobre diez (10) tejas de la muestra.

7.4.4.2 Procedimiento. En cada teja se efectúan mediciones en dos secciones transversales situadas a 10 cm de los extremos.

- a) *Teja perfilada.* Se coloca una regla apoyada en dos crestas midiéndose la distancia desde la parte inferior de la misma a los valles, con una precisión de 0,1 mm, anotándose todos los valores obtenidos.
- b) *Teja plana.* Se coloca la regla en posición horizontal sobre la cara vista de la teja: si la superficie es cóncava se efectúa la medición de la flecha máxima. Si la superficie es convexa se miden las flechas en los extremos anotando su media.

7.4.4.3 Resultados. El valor medio de las mediciones efectuadas en cada teja, dará su altura de onda o su flecha.

7.4.5 Planeidad. Se coloca la teja de hormigón sobre dos apoyos cilíndricos paralelos, de forma que el primer apoyo esté en el emplazamiento previsto para los rastreles y el segundo esté situado a una distancia del anterior igual al menor de los siguientes valores :

- La longitud en milímetros menos 140 mm : L (mm) – 140
- 28 cm.

Se mide con una galga la distancia máxima existente entre ambas líneas de apoyo y la superficie de la teja.

7.5 Ensayos físicos

7.5.1 Relación masa/espesor

7.5.1.1 Probetas. El ensayo se realiza sobre cinco tejas

7.5.1.2 Procedimiento operatorio. Se determinará la masa en gramos con una precisión de ± 10 g. Se tomará el espesor de la teja determinado en el ensayo 7.4.2.

7.5.1.3 Resultado. La relación masa/espesor se determinará como el resultado del cociente entre la masa en gramos y el espesor en milímetros redondeando los decimales hasta el número entero más próximo.

7.5.2 Absorción.

7.5.2.1 Probetas. El ensayo se realizará sobre cinco (5) fragmentos de masa no inferior a 1 kg, procedentes de cada una de las tejas sometidas al ensayo de flexión.

7.5.2.2 Procedimiento. Desecar en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 h y determinar la masa, los fragmentos expresando el resultado M1 en gramos.

Introducir los fragmentos en posición vertical en un recipiente y llenarlo lentamente de agua a $15^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Transcurridas las 24 h extraer los fragmentos, secar el exceso de agua superficial con un paño y determinar nuevamente la masa expresando el resultado M2 en gramos.

(Continúa)

7.5.2.3 Resultados. Se obtendrá aplicando la fórmula :

$$\text{Absorción} = \frac{M2 - M1}{M1} \times 100$$

7.5.3 Permeabilidad

7.5.3.1 Probetas. El ensayo se realiza sobre cinco (5) tejas enteras pudiendo utilizar las procedentes de los ensayos dimensionales.

7.5.3.2 Aparatos. Con ayuda de un marco apropiado colocado encima de la teja y sellado en forma conveniente, se construye un baño, cuyo fondo es la superficie vista de la teja, en el que el nivel de agua pueda alcanzar como mínimo 5 cm por encima de la parte más alta.

7.5.3.3 Procedimiento. Se coloca el conjunto teja – marco elaborado según lo dicho en posición horizontal y de forma que la cara inferior sea visible para el operador.

Se añade agua en el interior hasta alcanzar el mayor de los dos niveles siguientes :

- a) 5 cm por encima de la parte más baja;
- b) 1 cm por encima de la parte más alta.

Las condiciones del local donde se realice el trabajo deberán ser tales que se evite una posible desecación de la cara inferior.

7.5.3.4 Resultados. Durante el ensayo se observará la aparición de humedades, caída de gotas, etc., por la parte inferior de la teja.

7.6 Ensayos mecánicos

7.6.1 Rotura a flexión.

7.6.1.1 Probetas. El ensayo de resistencia a la rotura a flexión se efectúa sobre cinco (5) tejas enteras conservadas en laboratorio 24 h, pudiendo utilizar los procedentes de los ensayos dimensionales.

7.6.1.2 Aparatos

- a) Dispositivo de flexión consistente en:
 - Una cabeza de flexión con un solo apoyo articulado.
 - Dos apoyos inferiores, uno fijo y otro móvil.
 - Rodillos o fracciones de rodillos entre 20 y 40 mm como piezas de apoyo.

Se utilizarán exclusivamente prensas destinadas a ensayar elementos de pequeña deformación.

- b) Máquina de ensayo.

- La mayor escala que puede emplearse tendrá como carga máxima 1000 da N.
- Se considera como límite de la precisión en la lectura media división. Las divisiones serán como máximo de 10 da N.
- La zona de la escala comprometida entre el (0 – 10 %) y (90 – 100%) no se considera fiable.
- El error de la máquina será inferior al 5 %.

7.6.1.3 Procedimiento. Colocar la teja sobre los dos apoyos inferiores de forma que :

- El primer apoyo esté en el emplazamiento previsto para los rastreles.
- El segundo apoyo esté a una distancia del primero igual a la menor de las siguientes:

(Continúa)

- a) Longitud en milímetros menos 140 mm: L (mm) – 140
- b) 28 cm.

La carga de ensayo se aplicará a velocidad uniforme sin exceder de 11 da N/s, por medio de la pieza de apoyo, superior, de forma que el punto de aplicación de la carga está situado como se indica en la figura 2.

7.6.1.4 Resultados. Se anotarán las cargas que en cada ensayo producen la rotura.

7.6.2 Resistencia al impacto

7.6.2.1 Probetas. Se realiza el ensayo sobre cinco (5) tejas enteras conservadas en laboratorio 24 h, se pueden utilizar las mismas tejas del ensayo anterior antes de proceder a su rotura.

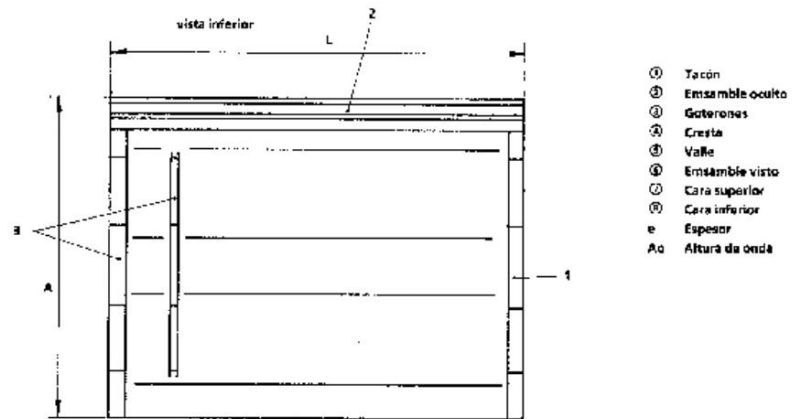
7.6.2.2 Aparatos. Bola de acero de 200 ± 2 g.

7.6.2.3 Procedimiento. Se colocan las tejas sobre apoyos en la misma posición del ensayo de rotura a flexión y se deja caer la bola desde 25 cm de altura en caída libre sobre el centro de la teja.

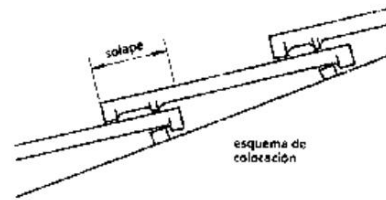
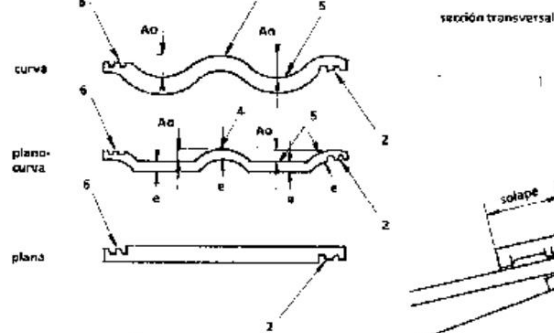
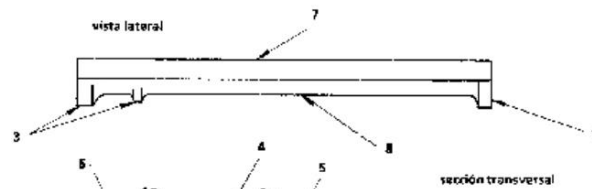
7.6.2.4 Resultados. Se anotará por cada teja los desconchados o roturas que se produzcan.

(Continúa)

FIGURA 1. Tejas de hormigón



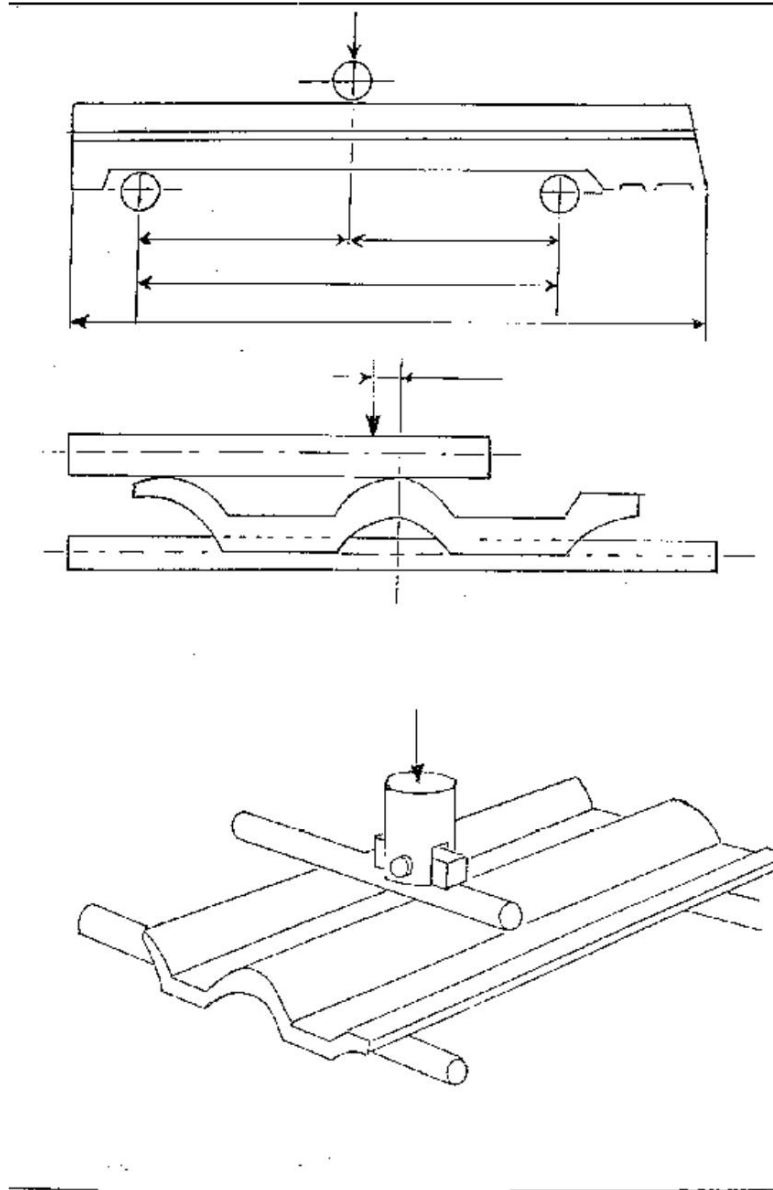
- ① Tazón
- ② Ensamble oculto
- ③ Góterones
- ④ Cresta
- ⑤ Valle
- ⑥ Ensamble visto
- ⑦ Cara superior
- ⑧ Cara inferior
- e Espesor
- Ao Altura de onda



NOTA.- La forma de los perfiles de las tejas se dan exclusivamente a título de ejemplo.

(Continúa)

FIGURA 2. Aplicación de carga para ensayo



(Continúa)

ANEXO A**ESTABILIDAD DEL COLOR DEL GRANULO**

(Este anexo forma parte de la norma)

A.1 Estabilidad del color del gránulo. El gránulo utilizado en la coloración superficial de las tejas de hormigón, deberá cumplir las condiciones de estabilidad de color que se especifican en el siguiente ensayo.

A.1.1 Material necesario

- Soluciones:
 - a) Solución al 1 % de ácido sulfúrico.
 - b) Solución al 1 % de hidróxido cálcico.
 - c) Agua destilada.
- Vasos de vidrio resistentes a la ebullición de 1000 cm³.
- Fuentes de calor.

A.1.2 Procedimiento operatorio. Se tomarán tres muestras de 10 g del gránulo empleado en la fabricación. Estas muestras se depositarán en tres vasos de vidrio y se completará hasta los 100 cm³ de cada vaso con una de las soluciones a), b) y c), dejándolas hervir durante un mínimo de 3 min.

A.1.3 Resultados Se observará si alguna de las soluciones que sobrenada el gránulo toma color proveniente de éste.

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 152:2005 *Cemento Portland. Requisitos.*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154:1987 *Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 872:1983 *Áridos para hormigón. Requisitos*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Española UNE 41-200-88. *Tejas de hormigón. Clasificación. Características y métodos de ensayo.* Madrid 1988.

