



Determinación de la conductividad térmica y resistencia mecánica de placas conformadas de cemento y polietileno teraftalato (pet), como una alternativa de cuidado al medio ambiente

Determination of the thermal conductivity and mechanical resistance of plates formed of cement and polyethylene teraphthalate (pet), as an alternative of environmental care

Determinação da condutividade térmica e resistência mecânica de chapas formadas por terapêuticas de cimento e polietileno (pet), como alternativa de cuidado ambiental

Diego Fernando Mayorga-Pérez ^I
dmayorga@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2727-942X>

Beatriz Estefanía Pérez-Peñañiel ^{IV}
estefania.perezp@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9470-6885>

Lidia del Rocío Castro-Cepeda ^{II}
lidia.castro@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-0471-2879>

Carolina Estefanía Morales-Avilés ^V
karolestefy22@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4791-4470>

Natalia Patricia Layedra-Larrea ^{III}
nlayedra@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1017-1746>

Correspondencia: dmayorga@esPOCH.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas
Artículo de investigación

***Recibido:** 31 de enero de 2020 ***Aceptado:** 27 febrero de 2020 * **Publicado:** 25 de marzo de 2020

- I. Magíster en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, Ingeniero Mecánico, Docente de Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Máster Universitario en Ingeniería de la Energía, Ingeniera Industrial, Docente de Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- III.
- IV. Magíster en Informática Educativa, Docente de Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- V. Ingeniera Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.
- VI. Ingeniera Mecánica, Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador.

Resumen

A nivel mundial existe una tendencia ambientalista enfocada en la reducción, la reutilización de los desechos plásticos y el reciclaje de los mismos. Esta tendencia poco a poco ha tomado impulso en Latinoamérica orientada a la confección de mampostería con los residuos de PET, debido a la abundancia del mismo, es evidente el bajo impacto ambiental que los ladrillos de cemento y PET tienen, evitando el uso de suelo cultivable, reutilizando desechos sólidos (PET) y sin emisiones de CO₂ a la atmósfera. Sin embargo, en los países latinoamericanos existe poco conocimiento y conciencia sobre el reciclaje y sus beneficios. La educación ambiental es un paso muy importante en la concientización ya que la acelerada demanda y producción de envases de PET hace que se incremente la contaminación y el impacto ambiental, ya que estos envases se tardan hasta 500 años en degradarse. La presente investigación tiene como propósito la fabricación de una placa prototipo conformadas de cemento y PET (reciclado) y determinar la conductividad térmica y resistencia mecánica de las mismas. Este tipo de residuos presenta bajo coeficiente de conductividad térmica, proveen una excelente aislación térmica, con una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados en las construcciones civiles. Económicamente, son una opción de bajo costo en relación a los beneficios aislamiento térmico. Mediante los experimentación y eliminación se seleccionó la dosificación final se sustituyó en porcentaje de arena por el 40% PET triturado en su fabricación para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y térmicas, tanto en las placas como en los ladrillos.

Palabras claves: Tecnología y ciencias de la ingeniería, placas, polietileno tereftalato (pet), reciclaje, conductividad térmica, resistencia mecánica, absorción en mampostería.

Abstract

At the global level there is an environmental trend focused on the reduction, reuse of plastic waste and recycling. This trend has gradually gained momentum in Latin America oriented to the manufacture of masonry of PET waste, due to the abundance of it, it is evident the low environmental impact that the bricks of cement and PET have, avoiding the use of arable land, reusing solid waste (PET) and without CO₂ emissions into the atmosphere. However, in Latin American countries there is a little knowledge and awareness about recycling and its benefits.

Environmental education is a very important step in raising awareness as the accelerated demand and production of PET containers increases pollution and the environmental impact, since these packages take up to 500 years to degrade. The purpose of this research is to manufacture a prototype plate made of cement and PET (recycled) and determine their thermal conductivity and mechanical resistance. This type of waste has a low coefficient of thermal conductivity, proof of excellent thermal insulation, with a lower resistance than other traditional construction elements, but sufficient to be used in civil constructions. Economically, they are a low cost option in relation to the benefits of thermal insulation. Through the experimentation and elimination, the final dosage was selected and replaced in percentage of sand by 40% PET crushed in its manufacture to improve its physical, mechanical and thermal properties.

Keywords: Technology and engineering sciences, plates, polyethylene terephthalate (pet), recycling, thermal conductivity, mechanical resistance, absorption in masonry.

Resumo

Em todo o mundo, há uma tendência ambiental focada na redução, reutilização de resíduos plásticos e sua reciclagem. Essa tendência vem ganhando força na América Latina, visando a alvenaria com resíduos de PET, devido à sua abundância, é evidente o baixo impacto ambiental que os cimentos e tijolos de PET têm, evitando o uso de terras aráveis, reutilizando resíduos sólidos (PET) e sem emissões de CO₂ na atmosfera. No entanto, nos países da América Latina, há pouco conhecimento e conscientização sobre a reciclagem e seus benefícios. A educação ambiental é um passo muito importante para aumentar a conscientização, pois a demanda e a produção aceleradas de recipientes de PET aumentam a poluição e o impacto ambiental, uma vez que esses pacotes levam até 500 anos para se degradarem. O objetivo desta pesquisa é fabricar uma placa protótipo de cimento e PET (reciclado) e determinar sua condutividade térmica e resistência mecânica. Esse tipo de resíduo apresenta baixo coeficiente de condutividade térmica, proporciona excelente isolamento térmico, com menor resistência a outros elementos tradicionais da construção, mas suficiente para ser utilizado em construções civis. Economicamente, são uma opção de baixo custo em relação aos benefícios do isolamento térmico. Através da experimentação e eliminação, a dosagem final foi selecionada, 40% de PET triturado em sua fabricação foi substituído em porcentagem de areia para melhorar suas propriedades físicas, mecânicas e térmicas, tanto nas placas quanto nos tijolos.

Palavras chave: Ciências da tecnologia e engenharia, chapas, tereftalato de polietileno (animal de estimação), reciclagem, conductividade térmica, resistência mecânica, absorção de alvenaria.

Introducción

En nuestro país se ha dado un incremento notable en los desechos plásticos, debido al crecimiento de la población y el aumento de desechos producidos se han empezado a acumular debido a que el plástico es un material resiste a agentes corrosivos del ambiente no se degrada fácilmente ya que la descomposición de dichos plásticos oscila entre los 600-1000 años, y su generación se incrementa en un 4% cada año.

Ecuador consume en botellas y recipientes PET alrededor de 4.000 toneladas mensuales, es decir, 50.000 toneladas al año, En el país anualmente, se reciclan 670.000 toneladas de materiales reciclables entre los principales se encuentran el papel, cartón, metal, plástico y vidrio. El 53% corresponde a metales ferrosos como el cobre y tan solo el 20% representa a las resinas plásticas como por ejemplo el polietileno, polipropileno, PET, entre otras

Debido a la importancia que tiene la reutilización de productos de plástico PET, la universidad ecuatoriana, como la ESPOCH, se ha enfocado al estudio de la factibilidad de la elaboración de este tipo de placas ecológicas, en la tesis de grado publicada en el año 2013.

Con el estudio y la experimentación se propone incentivar un proyecto pionero en desarrollo de placas donde la materia prima principal está constituida por residuos plásticos reciclados así reducimos la contaminación por estos desechos.

Consideraciones teóricas

2.1 Reciclado del PET

Una gran barrera para la industria de reciclaje en América Latina es que no se cuenta con una cultura de reciclaje y separación de materiales no reciclables y reciclables. Aun así, las cifras de recuperación de material muestran un gran potencial en la actividad del reciclaje, uno de los países latinoamericanos que más incidencia tiene el reciclaje es Brasil ya que es uno de los mayores recicladores de PET en el mundo y se encarga de consumir internamente todo el material que recupera. (Ortega, 2011)

Se propone que mediante el reciclaje se disminuya la cantidad de desechos que van directo a los botaderos y rellenos sanitarios sino aprovecharlos como materia prima y se busca garantizar un

abasto permanente y confiable del material que permita el desarrollo de una industria recicladora para elaboración de otros elementos y darles una vida útil a estos desechos logrando bajar el impacto ambiental que generan estos desechos

El Ecuador, como país en vías de desarrollo, no cuenta en la actualidad con un parque importante de empresas recicladoras ya que no se le ha dado el apoyo suficiente para impulsar estas iniciativas, todavía existen productos que no se reciclan. (León Logroño, 2013)



Figura 1 Resina PET-PCR de Enkador se destina a la producción de hilo ecológico

PET como material de construcción

Los plásticos pueden ser empleados en la fabricación de una gran variedad de productos gracias a sus excelentes propiedades: baja densidad que permite la fabricación de objetos ligeros, fácil moldeo para adquirir formas variadas rígidas o flexibles, gran resistencia a la corrosión y degradación, reducción de conductividad térmica y eléctrica, entre otros. (García, S., Bracho, N., López, W., 2016)

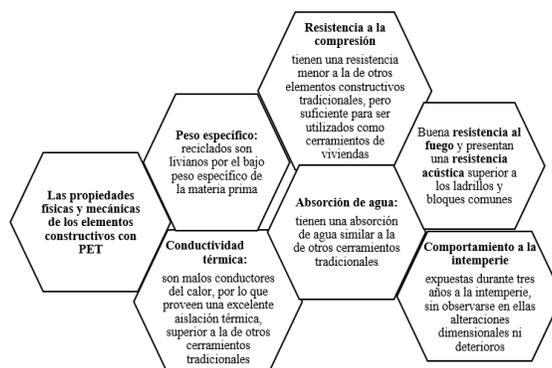


Figura 2 Propiedades físicas y mecánicas de los elementos constructivos con PET

Fuente: (Angumba Aguilar, 2016)

Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

2.2 Placas

Una placa debe ser cuadrada o casi cuadrada para asegurarse de que se comporte como una estructura de dos sentidos. Cuando una placa se hace más rectangular que cuadrada, disminuye la acción de dos sentidos y se desarrolla un sistema de un sentido que sigue la dirección más corta porque las franjas más cortas de la placa son más rígidas y sustentan una parte mayor de la carga. (Constructor Civil, 2013)

Las placas son elementos estructurales que geoméricamente se pueden considerar como una superficie bidimensional y que trabajan predominantemente a flexión y cuya superficie media es plana.

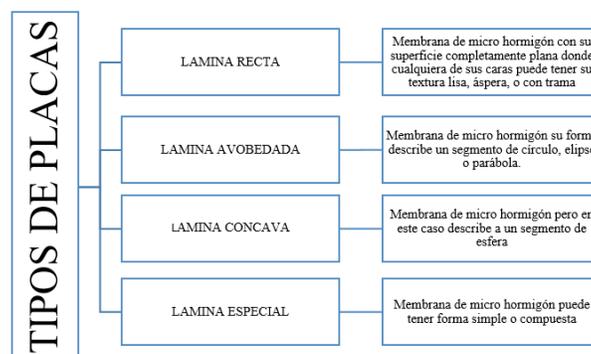


Figura 3 Esquema del tipo de Placas

Fuente: (HORMYPOL)

Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2018

2.2.1 Fabricación

Los materiales constitutivos para la fabricación de placas existentes en el mercado y las más comercializadas son elaborados de cemento y más aglomerantes que conforman una placa sólida y resistente.

Las dimensiones de las placas varían dependiendo su uso y los materiales con que fueron elaboradas buscando componentes de construcción livianos, de buena aislación térmica, y resistencia mecánica suficiente con la finalidad de cumplir requerimientos específicos para ser consideradas apropiadas para su uso en la construcción

Puede acoplarse a cualquier sistema constructivo existente, esto es madera, acero, hormigón, tapia, ladrillo, bloque, adobe, etc.

Las láminas son ideales para obtener elementos de una construcción donde los requerimientos estructurales los puede absorber un sistema muy simple de acero.

2.2.2 Ensayos

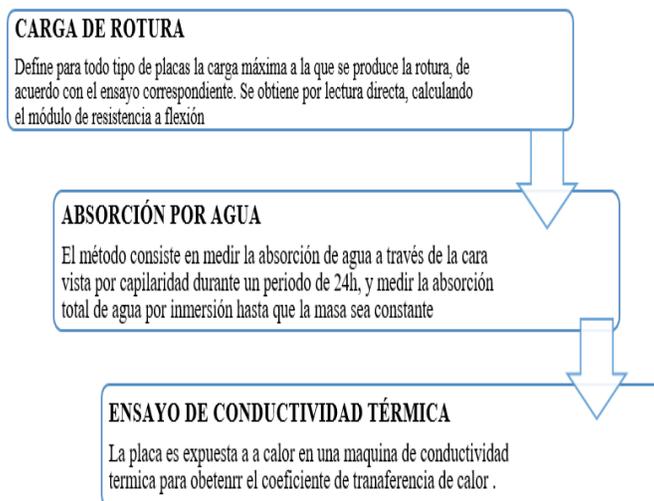


Figura 4 Ensayos en placas

Fuente: (Rivera L., 2015)

Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

2.3 Morteros

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y a veces adiciones de aditivos. Deducimos por mortero fresco el que se encuentra completamente mezclado y listo para su uso. La propiedad más interesante del mortero es su capacidad para aguantar la compresión (Rodríguez Mora, 2006 pág. 8)

Las características más sobresalientes que posee

Adaptabilidad formal. El mortero se puede adaptar a cualquier superficie y volumen, forma. Tampoco requiere tolerancias dimensionales.

Facilidad de aplicación. A diferencia de otros materiales utilizados en la construcción, los morteros no requieren especial sofisticación para su puesta en obra. Pueden ser aplicados manualmente o por proyección.

Prestaciones diseñables. El mortero ofrece la posibilidad de adaptar sus propiedades a las exigencias que se deseen conforme a la composición y dosificación precisas. (Rodríguez Mora, 2006)

2.4 Propiedades Físicas, Mecánicas y Térmicas.

Propiedades Físicas

Peso específico y absorción de agua

Las placas elaboradas con plásticos reciclados son livianas por el bajo peso específico de la materia prima. Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de los tradicionales (Angumba Aguilar, 2016)

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Flexión

En las placas conformadas por elementos reciclados como el plástico y fibras vegetales, el módulo de rotura alcanza valores superiores al ser sometidos a pruebas de flexión transversal en comparación a elementos tradicionales. (Rivera, 2012)

Propiedades Térmicas

Conductividad térmica

Constante proporcional del material, la cual es una medida de la capacidad del material para conducir calor. (Cengel, y otros, 2012 pág. 93)

Metodología

Elaboración de la placa prototipo

La recolección de información necesaria para la determinación experimental de la conductividad térmica y resistencia a la flexión en placas, de dimensión propias (30x30x2 cm) debido a que en el país no hay una norma detalla, la similitud de las características al utilizar diferentes proporciones de los materiales para su elaboración, de manera específica en placas de mortero con plástico PET triturado, y a su vez costos de fabricación, serán la base para el desarrollo de la presente investigación.

Descripción del proceso para la elaboración de placas conformados de cemento y plástico

PET

Para la realización de las placas de cemento-PET, se realiza de manera similar a la elaboración de los ladrillos de tierra cocida artesanales, con el uso de un mortero de relación de 1:4 (una unidad de cemento por cada 4 de arena), el plástico triturado PET, será reemplazado en distintos porcentajes del peso o volumen de la arena.



Figura 5 Proceso de elaboración de la placa prototipo
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Normas y metodología para los ensayos en los agregados

Polietileno Tereftalato (PET)

Cálculo granulométrico del PET (módulo de finura)

El material obtenido producto de la trituración de plástico PET tiene ciertas características semejantes al árido mediano y fino los cuales en la norma NTE INEN 872 se especifica los requisitos que debe tener un árido para ser considerado árido fino, es por este criterio que en primera instancia se definió de forma empírica el tamaño adecuado de la trituración, en la máquina se obtuvo dos medidas de plástico triturado.

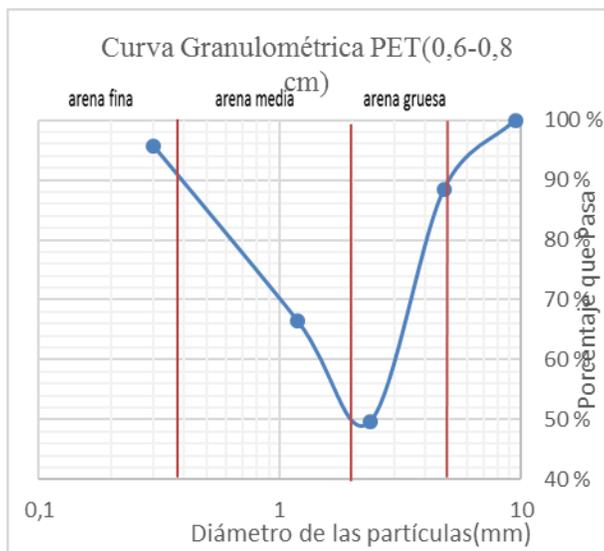


Figura 6 Curva Granulométrica del PET (0,6 - 0,8 cm)
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017



Figura 7 Ensayo de Granulometría PET (0,6 - 0,8 cm)
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Módulo de finura

Se define como la suma de los pesos retenidos acumulados en los tamices # 100, 50, 30, 16, 8, 4 y 3/8 μ , 3/4 μ , 1-1/2 μ , 3 μ y 6 μ) dividido entre 100. El módulo de finura debe estar entre 2.3 y 3.1 en el agregado fino y medio.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado } (6'' + 3'' + 1\frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$
$$MF = \frac{11,600 + 62,000 + 95,600 + 100,000}{100} = \frac{269,200}{100}$$
$$MF = 2,692$$

Arena

Los áridos se dividen en arenas (árido fino) y gravas (árido grueso). La diferencia entre unos y otros está únicamente en su tamaño. Se denomina arena al material granular que pasa por un tamiz de 4 mm de luz de malla.

La arena se la considera como agregado fino, este material debe ser inerte y libre de impurezas orgánicas para que afecten en la resistencia del mortero.

Pese a que la arena fina incorpora plasticidad al mortero, es conveniente controlar su contenido en el mismo, ya que un exceso de esta puede provocar un aumento de la relación agua/cemento, con la consiguiente disminución de la resistencia mecánica de dicho mortero. Por otra parte, el exceso de finos puede favorecer a la aparición de fisuras por retracciones en el mortero.

Cálculo granulométrico de la arena (módulo de finura)

Se indica que el agregado fino (arena) está dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 696, basándose en el análisis granulométrico del mismo

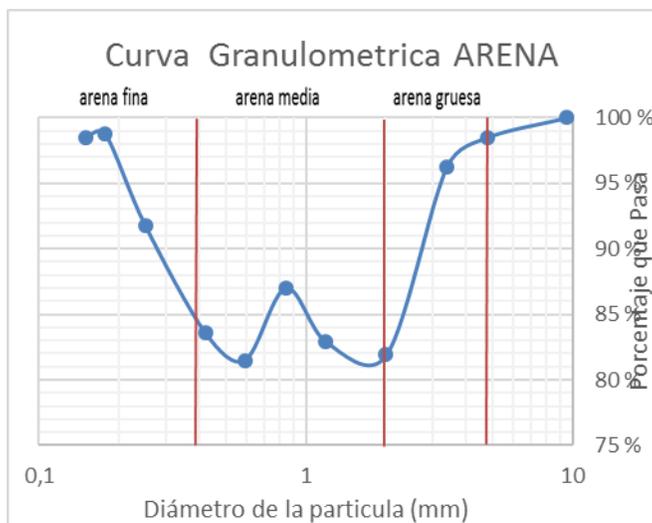


Figura 8 Curva Granulométrica del Arena
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado } (6'' + 3'' + 1\frac{1}{2}'' + \frac{3}{4}'' + \frac{3}{8}'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = \frac{1.5 + 24.1 + 41.2 + 72.7 + 100}{100} = \frac{239.5}{100}$$

$$MF = 2.395 \approx 2.4$$

Preparación de la materia prima

Recolección y triturado de PET

Una vez obtenidas las dimensiones adecuadas del PET, se llevó a cabo el proceso de trituración para poder obtener la cantidad de producto necesario y con dimensiones ya establecidas (0.6-0.8 cm), mediante el uso un molino de uso exclusivo para trituración de PET.

Recolección y limpieza de botellas, la selección de material y la trituración tomando en cuenta el peso de cada tamaño de botella y el material que se obtenía cuando se realizaba la trituración, el volumen varía de acuerdo con el tamaño de las hojuelas trituradas.

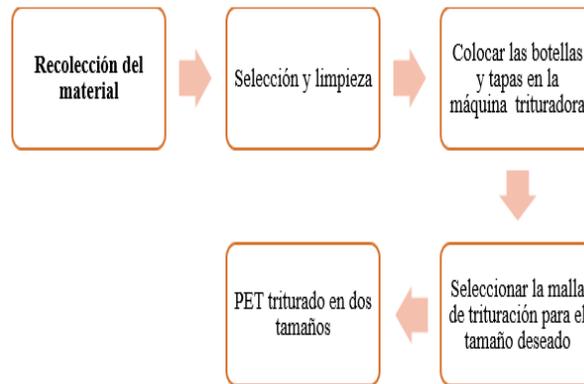


Figura 9 Proceso gráfico de la fabricación de placa prototipo
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Preparación del mortero

Para la dosificación del mortero que servirá como base para la elaboración de las placas prototipo de mortero y PET (probetas cúbicas de 30x30x2 cm), se utiliza un mortero diseñado y un mortero de receta en el que se establece la proporción de cemento-arena y de este modo empezar a sustituir el peso de la arena con distintos porcentajes de PET hasta encontrar el que brinde mejor resistencia a su propio peso.

De la cantidad de arena necesaria se establece los porcentajes para la dosificación del mortero 1:4 con una resistencia a la compresión de 240 kg/cm² o 23 MPa, que corresponde a un M5 el cual se usa principalmente en mampostería de ladrillos o bloques de hormigón de menos de 10 cm de espesor.

Dosificación 1:4

El procedimiento que se realizará a continuación será constante en las dosificaciones 1:4 se realizó el análisis granulométrico de la arena donde se obtuvieron los siguientes datos

Tabla 1 Propiedades Físicas de la arena

Propiedades físicas de la Arena	
Peso específico de la arena	1.293 g/cm ³
Porcentaje de absorción	4%
Relación de agua cemento a/c	0.48 Kg/dm ³
Módulo de finura	2.4mm

Después de la realización de los respectivos ensayos se obtiene una materia prima óptima para realizar las probetas ya que se cuenta con una granulometría variada de arena y según el porcentaje de arena retenida en el tamiz se logra obtener una dosificación adecuada para la elaboración de los morteros

Cálculo para morteros:

$$\text{Volumen} = \text{largo} * \text{ancho} * \text{profundidad}$$

$$\text{Volumen} = 30 \text{ cm} * 30 \text{ cm} * 2 \text{ cm}$$

Se realizó 8 probetas se debe multiplicar por 8

$$\text{Volumen} = 1800 \text{ cm}^3 * 8 \text{ probetas} = 14400 \text{ cm}^3$$

Fórmula:

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{P}{V} = \frac{\text{Peso arena}}{\text{Volumen}}$$

Despejando:

$$\text{Peso arena} = \text{Peso Volumetrico} * \text{Volumen}$$

$$\text{Peso arena} = 1.293 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 14400 \text{ cm}^3$$

$$\text{Peso arena} = 18619.2 \text{ gr} \approx 18619 \text{ gr}$$

Tabla 2 Datos de las proporciones de materiales a usar

DOSIFICACION	CEMENTO (gr)	ARENA (gr)	AGUA (cm ³)
1:4	4654.8	18619	2234.3

Luego se precede a realizar el reemplazo de cantidad de plástico en este caso fue 40% de plástico PET en la cantidad de arena obtenida anteriormente. Con dicha variación de proporciones los valores de los agregados cambian.

Tabla 3 Datos para el reemplazo del porcentaje de PET dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN	CEMENTO (gr)	ARENA (gr)	AGUA (cm ³)	PET 40 %
1:4	2792.8	11171.4	1340.6	7447.6

Corrección por humedad:

Fórmula:

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Dónde:

% W Porcentaje de humedad

Ww Peso del agua

Ws Peso de la arena

Despejando:

$$W_w = \frac{\%W \times W_s}{100}$$

Reemplazado:

$$W_w = \frac{4 \times 18619 \text{ gr}}{100}$$

$$W_w = 744.8 \text{ cm}^3$$

$$\text{Agua agregar} = 1340.6 + 744.8 = 2085.4 \text{ cm}^3 \approx 2085 \text{ cm}^3$$

Tabla 4 Datos para el reemplazo del porcentaje de PET dosificación final

DOSIFICACIÓN	CEMENTO (gr)	ARENA (gr)	AGUA cm ³	PET 40 %
1:4	2792.8	11171.4	2085	7447.6

Resultados

Interpretación y discusión de resultados

Ensayos en placas

Ensayos mecánicos

Flexión

El ensayo de compresión en placas se realizó con la finalidad de determinar el módulo de rotura en la flexión que es el esfuerzo máximo en la placa cuando se produce el fallo o rotura, aplicando

una carga de rotura, centrada que varía con el tiempo y bajo la norma INEN-NTE-295 en la cara superior de la placa conformada por Mortero/PET.

Tabla 5 Ensayo de flexión

ENSAYO DE FLEXIÓN
PLACA
[MPA]
0,4625

Ensayos físicos

Absorción

En el ensayo de absorción se realizó bajo la norma INEN-NTE-296, en las placas conformadas de Mortero/ PET.

En el presente ensayo de absorción varía en un 10% hasta 12% en 24 horas de inmersión en agua, se logró valores positivos para la placa prototipo ya que se encuentra en valores promedio teniendo una baja saturación de agua.

Tabla 6 Ensayo de absorción

ENSAYO DE ABSORCIÓN
PLACA [%]
10,51

Ensayo térmico

Conductividad térmica

Los datos obtenidos en el ensayo de conductividad térmica arrojaron valores positivos para el coeficiente de conductividad en la placa prototipo ya que este cuenta con una baja conductividad lo cual lo cataloga con un elemento aislante.

Tabla 7 ensayo de conductividad térmica

ENSAYO CONDUCTIVIDAD TERMICA
PLACAS [W/m. °C]
0,16

Ansys Placas

Se realizó el análisis en las placas del perfil de temperatura mediante el software ANSYS. Se selecciona el modelo de estudio en nuestro caso será Steady State Thermo el cual se utiliza para generar el perfil de temperatura

Con la geometría necesaria, se procede a asignar el material y a la vez el coeficiente de la placa de cemento y PET es de $0,16 \text{ W/}^\circ\text{K.m}$. Para conseguir un mejor resultado en la presentación de resultados en el análisis se realizó un mallado fino para una mejor caracterización del fenómeno

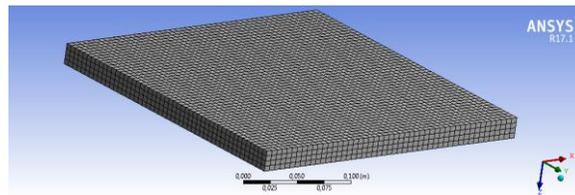


Figura 10 Mallado de la placa
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Se obtuvo el análisis del perfil de temperaturas

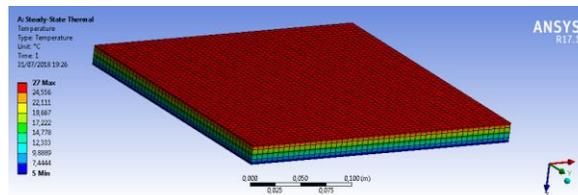


Figura 11 Perfil de temperatura de la placa de Cemento –PET
Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2017

Al someter la placa a esta simulación del perfil de temperaturas se llegó a la conclusión que gracias a su bajo coeficiente de conductividad térmica se lo considera con un buen material aislante es decir actúa como una barrera al paso del calor entre dos medios.

Análisis de costos de fabricación por cada de placa

Tabla 8 Análisis por unidad - Placas

Placas (30*30*2 cm)				
Descripción	Unidad	Costo (USD)	Cantidad	Total
Cemento	Kg	0,1500	0,0350	0,0052
Arena	m3	0,0080	0,1398	0,0011
PET Triturado	Kg	0,2500	0,0932	0,0233
Agua	m3	1,2500	0,0002	0,0002
Mano de Obra (peón)	Hora	3,5100	0,0150	0,0527
Moldes	U	0,0125	1,0000	0,0125
Total USD.				0,0950
				0,10

Realizado por: Morales Carolina, Pérez Beatriz. 2018

Los costos de elaboración de las placas no pueden ser comparados al no existir un producto de este tipo en el mercado previamente, no obstante, al tener en cuenta las dimensiones es un producto rentable para recubrimiento.

Conclusión

En base a la información recolectada en varias de las fuentes citadas en la presente investigación, existen estudios e investigaciones previas orientadas al uso del PET, lo que ha generado una pauta para reutilizarlo como reemplazo parcial o total de los conglomerantes de los morteros presentes en la fabricación en ladrillos, placas, adoquines, etc.

El presente trabajo de investigación de la placa prototipo se determinó que el tiempo de elaboración de las placas prototipo es de 28 días, al considerar la edad donde los concretos y morteros obtienen su mayor resistencia.

Considerando una de las características que la placa prototipo posee el volumen constante al inicio y final del proceso de fabricación. Las placas presentan un acabado superficial liso, las medidas son constantes de 300x300x20mm.

El peso promedio de las placas prototipo es de 0,750 Kg, con un porcentaje de absorción del 8% de su peso total en seco.

Las placas no fueron sometidas a ensayos de resistencia a la compresión debido a su espesor, por lo que la norma NTE INEN 294 no es aplicable.

El módulo de rotura en placas al analizar la resistencia la flexión se un valor promedio de 0,46 MPa, bajo las especificaciones de la norma NTE INEN 295.

Por metro cuadrado se utiliza aproximadamente 10 placas, el costo de las placas prototipo es de \$ 0.10 USD, por unidad, que es realmente económico, sin embargo, estas no se tiene un elemento de comparación en el mercado.

Finalmente, en cuanto tiene que ver con la conductividad térmica de las placas prototipo es de 0.16 W/m² C, valor que permite considerarlas como buenos aislantes térmicos. Las placas prototipo presentan valores muy bajos de conducción térmica, por lo cual su uso como aislantes térmicos es aceptable.

La simulación en el Software ANSYS, es una excelente herramienta para realizar simulaciones que involucren fenómenos de transferencia de calor ya que muestra el comportamiento del perfil de temperatura observando, así como decrece la temperatura, pero no existe una notable pérdida de calor la ambiente.

Para dicha modelación en el software se utilizaron datos de la temperatura las cuales nos sirvieron para identificar como es el flujo de calor que atraviesa por la placa prototipo, el cual nos permite evidenciar el comportamiento del perfil de calor como este cambia en cuanto se varia la temperatura a la cual está sometido.

Recomendaciones

Se recomienda utilizar una maquina compactadora para evitar el uso de moldes y grandes cantidades de espacio, y aumentar la producción.

Realizar ensayos a los agregados para tener una granulometría más fina la que asegura una mejor compactación. Mejorar los parámetros de dosificación al ser un trabajo experimental se logró conseguir la adecuad para alcanzar la resistencia deseada.

Realizar ladrillos huecos, de este modo se disminuirá los costos de fabricación y el peso de los mismos, llegando a ser más competitivos en el mercado para una futura aplicación.

La construcción o adquisición de una máquina trituradora de PET de mayor capacidad de molienda que la empleada y distintos tamaños de malla.

Evitar el uso de las tapas en el proceso de fabricación debido a que este tipo de material no presenta buena adherencia o a su vez someterlas a trituración con un molido más fino para evitar agrietamiento.

Para mejorar las características del producto final, es preferible utilizar PET limpio, es decir libre de grasas, aceites o químicos.

Mediante prensado elaborar placas más delgadas, que comprima el material hasta una altura menor o igual a un cm.

Referencias

1. León Logroño, Iván Javier. 2013. MECANISMOS DE ASOCIATIVIDAD AMBIENTALMENTE RENTABLES PARA LOS RECICLADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA. Repositorio Digital UNACH. [En línea] 2013. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/521>.
2. Rodríguez Mora, Oscar. 2006. Morteros Guía General. Morteros Guía General. [En línea] 2006. [Citado el: 12 de 9 de 2017.] <https://es.scribd.com/document/277798708/Afam-Morteros-Guia-General-01-2006>.
3. Angumba Aguilar, Pedro Javier. 2016. LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE. dspace.ucuenca.edu.ec. [En línea] Julio de 2016. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>.
4. Cengel, Yunus y Boles, Michael. 2012. TRANSFERENCIA DE CALOR. [trad.] Virgilio González y Pozo y Sergio Sarmiento Ort. SEPTIMA. México D.F. : McGraw-Hill, 2012. págs. 92-93. Vol. I.
5. Constructor Civil. 2013. PLACAS -Construcción de edificaciones. CONSTRUCTOR CIVIL. Tips para la construcción de edificaciones ,casas materiales y equipos de construcción. [En línea] 08 de 2013. [Citado el: 13 de 01 de 2018.] <http://www.elconstructorcivil.com/2013/08/placas-construccion-de-edificacions.html>.
6. Creus, M. 2011. Seguridad e higiene en el trabajo, un enfoque integral. Buenos Aires : Alfaomega, 2011.

7. El Telegrafo. 2013. El Telegrafo. [En línea] 10 de Agosto de 2013. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-reciclaje-reactiva-la-industria-de-plasticos>.
8. García, S., Bracho, N., López, W. 2016. ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICION DE RESIDUOS PLASTICOS EN LA FABRICACION DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO. Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales. [En línea] mayo de 2016. <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/888>.
9. Gonzalez T, Del Rio G, Tena J, torres B. 2011. CIRCUITOS DE FLUIDOS SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN. s.l. : Editex, 2011.
10. HORMYPOL. HORMYPOL alta resistencia a menor costo. <http://www.hormypol.com>. [En línea] [Citado el: 03 de 11 de 2017.] <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb=productos&p=2&t=Laminas>.
11. Instituto ecuatoriano de seguridad social. 2010. Guía básica de información de seguridad y salud en el trabajo. Quito : s.n., 2010.
12. Isan, Ana. 2016. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com>. [En línea] En Línea, 2016. <https://www.ecologiaverde.com/ladrillos-ecologicos-que-son-tipos-y-ventajas-456.html>.
13. Luque P, Alvarez D, Vera C. 2008. Ingeniería del automóvil: sistemas y comportamiento dinámico. Madrid : Paraninfo, 2008.
14. Ortega, María Natalia. 2011. Tecnología del plástico. <http://www.plastico.com/>. [En línea] Agosto de 2011. [Citado el: 23 de 10 de 2017.] <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>
15. Ramirez, R. 1992. Manual de seguridad industrial. México : Limusa, 1992.
16. Revista Vistazo. 2016. PRODUCCIÓN TEXTIL CON VISIÓN AMBIENTAL. Revista Vistazo. [En línea] 16 de 02 de 2016. <http://www.vistazo.com/seccion/ambiente/produccion-textil-con-vision-ambiental>.
17. Rivera, Raúl. 2012. PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN LA CIUDAD DE PIURA. Repositorio Institucional de la Universidad de Piura . [En línea] 23 de Diciembre de 2012. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING_418.pdf?sequence=1.

18. Robbins, H. 1993. Manual de seguridad y primeros auxilios. México : Alfaomega, 1993.

References

1. León Logroño, Iván Javier. 2013. ENVIRONMENTALLY PROFITABLE ASSOCIATIVITY MECHANISMS FOR SOLID WASTE RECYCLERS IN THE CITY OF RIOBAMBA. UNACH Digital Repository. [Online] 2013. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/521>.
2. Rodríguez Mora, Oscar. 2006. Mortars General Guide. Mortars General Guide. [Online] 2006. [Quoted on: 12 of 9 of 2017.] <https://es.scribd.com/document/277798708/Afam-Morteros-Guia-General-01-2006>.
3. Angumba Aguilar, Pedro Javier. 2016. BRICKS ELABORATED WITH RECYCLED PLASTIC (PET), FOR NON-SUPPORTING MAMPOSTERY. dspace.ucuenca.edu.ec. [Online] July 2016. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>.
4. Cengel, Yunus and Boles, Michael. 2012. HEAT TRANSFER. [trad.] Virgilio González y Pozo and Sergio Sarmiento Ort. SEVENTH. Mexico DF. : McGraw-Hill, 2012. pp. 92-93. Vol. I.
5. Civil Builder. 2013. PLATES -Construction of buildings. CIVIL CONSTRUCTOR.Tips for the construction of buildings, material houses and construction equipment. [Online] 08 of 2013. [Quoted on: 13 of 01 of 2018.] <http://www.elconstructorcivil.com/2013/08/placas-construccion-de-edificions.html>.
6. Creus, M. 2011. Occupational safety and health, a comprehensive approach. Buenos Aires: Alfaomega, 2011.
7. The Telegraph. 2013. The Telegraph. [Online] August 10, 2013. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-reciclaje-reactiva-la-industria-de-plasticos>.
8. García, S., Bracho, N., López, W. 2016. STUDY OF THE EFFECT OF THE ADDITION OF PLASTIC WASTE IN THE MANUFACTURE OF CONCRETE HOLLOW BLOCKS. Latin American Journal of Metallurgy and Materials. [Online] May 2016. <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/888>.
9. Gonzalez T, Del Rio G, Tena J, towers B. 2011. FLUID CIRCUITS SUSPENSION AND DIRECTION. s.l. : Editex, 2011.

10. HORMYPOL. HORMYPOL high resistance at lower cost. <http://www.hormypol.com> [Online] [Quoted on: 03 of 11 of 2017.] <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb = products & p = 2 & t = Sheets>.
11. Ecuadorian Social Security Institute. 2010. Basic guide to occupational safety and health information. Quito: s.n., 2010.
12. Isan, Ana. 2016. Green Ecology. <https://www.ecologiaverde.com>. [Online] Online, 2016. <https://www.ecologiaverde.com/ladrillos-ecologicos-que-son-tipos-y-ventajas-456.html>.
13. Luque P, Alvarez D, Vera C. 2008. Car engineering: systems and dynamic behavior. Madrid: Paraninfo, 2008.
14. Ortega, María Natalia. 2011. Plastic technology. <http://www.plastico.com/>. [Online] August 2011. [Quoted on: 23 of 10 of 2017.] <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>
15. Ramirez, R. 1992. Industrial safety manual. Mexico: Limusa, 1992.
16. Glance Magazine. 2016. TEXTILE PRODUCTION WITH ENVIRONMENTAL VISION. Glance Magazine. [Online] 16 of 02 of 2016. <http://www.vistazo.com/seccion/ambiente/produccion-textil-con-vision-ambiental>.
17. Rivera, Raul. 2012. PROPOSAL FOR MECHANICAL RECYCLING OF PLASTICS IN THE CITY OF PIURA. Institutional Repository of the University of Piura. [Online] December 23, 2012. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING_418.pdf?sequence=1.
18. Robbins, H. 1993. Safety and first aid manual. Mexico: Alfaomega, 1993.

Referências

1. Leon Logroño, Iván Javier. 2013. MECANISMOS DE ASSOCIATIVIDADE AMBIENTALMENTE RENTÁVEL PARA RECICLADORES DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE RIOBAMBA. Repositório Digital UNACH. [Online] 2013. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/521>.
2. Rodríguez Mora, Oscar. 2006. Guia Geral de Argamassas. Guia Geral de Argamassas. [Online] 2006. [Citado em: 12 de 9 de 2017.] <https://es.scribd.com/document/277798708/Afam-Morteros-Guia-General-01-2006>.

3. Angumba Aguilar, Pedro Javier. 2016. TIJOLOS ELABORADOS COM PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERIA NÃO SUPORTE. dspace.ucuenca.edu.ec. [Online] julho de 2016. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25297/1/tesis.pdf>.
4. Cengel, Yunus e Boles, Michael. 2012. TRANSFERÊNCIA DE CALOR. [trad.] Virgilio González e Pozo e Sergio Sarmiento Ort. SÉTIMA México DF. : McGraw-Hill, 2012. pp. 92-93. Vol. I.
5. Construtor civil. 2013. PLACAS -Construção de edifícios. CONSTRUTOR CIVIL. Dicas para a construção de edifícios, casas de material e equipamentos de construção. [Online] 08 de 2013. [Citado em: 13 de 01 de 2018.] <http://www.elconstrutorcivil.com/2013/08/placas-construccion-de-edificions.html>.
6. Creus, M. 2011. Segurança e saúde ocupacional, uma abordagem abrangente. Buenos Aires: Alfaomega, 2011.
7. O telégrafo. 2013. The Telegraph. [Online] 10 de agosto de 2013. <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/el-reciclaje-reactiva-la-industria-de-plasticos>.
8. García, S., Bracho, N., López, W. 2016. ESTUDO DO EFEITO DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE BETÃO OCULOS. Revista Latino-Americana de Metalurgia e Materiais. [Online] maio de 2016. <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/888>.
9. Gonzalez T, Del Rio G, Tena J, torres B. 2011. FLUID CIRCUITS SUSPENSION AND DIRECTION. s.l. : Editex, 2011.
10. HORMIPOL. HORMYPOL alta resistência a baixo custo. <http://www.hormypol.com> [Online] [Citado em: 03 de 11 de 2017.] <http://www.hormypol.com/catalogo-construccion-viviendas-infraestructura-hormigon-oficinas-fachadas-flotantes-muros-quito-ecuador.php?tablajb = produtos & p = 2 & t = Folhas>.
11. Instituto Equatoriano de Seguridad Social. 2010. Guia básico de informações sobre segurança e saúde ocupacional. Quito: s.n., 2010.
12. Isan, Ana. 2016. Ecologia Verde. <https://www.ecologiaverde.com>. [Online] Online, 2016. <https://www.ecologiaverde.com/ladrillos-ecologicos-que-son-tipos-y-ventajas-456.html>.

13. Luque P, Alvarez D, Vera C. 2008. Engenharia automobilística: sistemas e comportamento dinâmico. Madri: Paraninfo, 2008.
14. Ortega, Maria Natalia. 2011. Tecnologia de plásticos. <http://www.plastico.com/>. [Online] Agosto de 2011. [Citado em: 23 de 10 de 2017.] <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>
15. Ramirez, R. 1992. Manual de segurança industrial. México: Limusa, 1992.
16. Revista Glance. 2016. PRODUÇÃO TÊXTIL COM VISÃO AMBIENTAL. Revista Glance. [Online] 16 de 02 de 2016. <http://www.vistazo.com/seccion/ambiente/produccion-textil-con-vision-ambiental>.
17. Rivera, Raul. 2012. PROPOSTA DE RECICLAGEM MECÂNICA DE PLÁSTICOS NA CIDADE DE PIURA. Repositório Institucional da Universidade de Piura. [Online] 23 de dezembro de 2012. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1180/ING_418.pdf?sequence=1.
18. Robbins, H. 1993. Manual de segurança e primeiros socorros. México: Alfaomega, 1993.

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).