

Construction of a floor tile prototype using recycled PET plastic and rice husk, an innovation Ecuador

María E. Dueñas, MS¹ y Angelo I. Vera, MS¹

¹Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador, mduenasb@ulvr.edu.ec, averari@ulvr.edu.ec

Abstract– This article presents the manufacturing process of a floor tile prototype using recycled PET plastic and pretreated rice husk. Both elements are used in specific proportions in a mixture of setting and strength. The result of the experiment is a tile prototype that is environmentally friendly, has optimal construction characteristics, and is designed to meet the flooring demand in the low-income segment.

Keywords– Prototype, tile, PET plastic, rice husk.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2017.1.1.120>

ISBN: 978-0-9993443-0-9

ISSN: 2414-6390

Construcción de un Prototipo de Baldosa para Piso Usando Plástico PET Reciclado y Cascarilla de Arroz, una Innovación en Ecuador

María E. Dueñas, MS¹ y Angelo I. Vera, MS¹

¹Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador, mduenasb@ulvr.edu.ec, averari@ulvr.edu.ec

Resumen- Este artículo presenta el proceso de fabricación de un prototipo de baldosa para piso usando PET reciclado y cascarilla de arroz pre-tratada. Ambos elementos son usados en proporciones específicas en una mezcla de elementos para lograr un comportamiento ideal en términos de fraguado y resistencia. El resultado del experimento es un prototipo de baldosa con óptimas características de construcción, amigable con el medio ambiente y pensado para suplir la demanda de revestimiento de pisos en el segmento social de bajos ingresos.

Palabras clave—prototipo, baldosa, plástico PET, cascarilla de arroz.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta el proceso de fabricación de un prototipo de baldosa para piso usando plástico PET reciclado y cascarilla de arroz en el contexto del proyecto “Diseño y desarrollo de un prototipo de baldosa para piso a partir de plástico PET reciclado y cascarilla de arroz para una vivienda de interés social IC-ULVR-13-27”. El proyecto es financiado por la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y ejecutado por su Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. La iniciativa plantea la utilización de dos desechos en el proceso de fabricación de baldosas para recubrimiento de piso. El primero es Polietileno Tereftalato (PET) reciclado proveniente de botellas gaseosas descartables y el segundo es cascarilla de arroz procedente del grano de arroz. Estos materiales son usados en un proceso de fabricación totalmente artesanal. El proceso consiste en mezclar un mortero básico (cemento, arena y piedra) con PET reciclado y cascarilla de arroz en porciones específicas para lograr un comportamiento ideal de la baldosa en términos de aspecto, fraguado y resistencia. El resultado del experimento es un prototipo de baldosa de bajo costo y características ecológicas pensado para suplir la demanda de revestimiento de pisos en el segmento social de bajos ingresos.

En la actualidad, la producción de residuos y su gestión es un tema de mucha relevancia en el planeta (Ortega, 2011). Los gobiernos de países, la industria y la academia están empujando políticas, programas e iniciativas para la gestión integral de los desechos. La Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil entendió esta realidad y a través de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción impulsa una iniciativa con el objetivo de traducir la conciencia colectiva generada alrededor de la conservación de nuestros ecosistemas en acciones concretas, viables y alineadas con las políticas de uso sostenible y aprovechamiento adecuado de recursos promovida

por el Gobierno de Ecuador en los últimos años (Plan Nacional Del Buen Vivir, 2013).

Actualmente, existen en el mercado objetos compuestos totalmente o en parte de materiales reciclados. Cajas, láminas de cartón, papel, algunos tipos de plástico, tubos, llantas de caucho, empaques, discos compactos, etc. La iniciativa de este proyecto esta direccionada a utilizar PET y cascarilla de arroz, que son desechos agroindustriales comunes en Ecuador, como fuente de materia prima de materiales de construcción, el experimento piloto consiste en utilizar estos desechos para fabricar un prototipo de baldosa.

La primera sección del documento muestra una revisión de los elementos usados para la fabricación de la baldosa, sus características y la justificación de la elección de estos materiales para el experimento. En la segunda sección se encuentra la metodología de construcción de la baldosa y a continuación se muestran los resultados de los experimentos junto con pruebas de calidad pertinentes. Finalmente, algunas conclusiones y recomendaciones son presentadas.

II. ANTECEDENTES

Todo esfuerzo para reciclar genera beneficio para el planeta, el reciclaje es un acto útil y sencillo que tiene un impacto gigante en la conservación del medio ambiente. En ese contexto, la generación de nuevas materias primas utilizando residuos para crear productos es en efecto una forma de reciclaje que ahorra el impacto de extracción, transporte, procesamiento y gasto energético asociado a materias primas crudas que de otra manera serían extraídas del medio ambiente en forma virgen. Por otro lado, existe una preocupación planetaria relacionada con la cantidad creciente de residuos que la sociedad genera, el desafío se encuentra en figurar cómo estos residuos pueden ser rescatados y formulados a través de procesos artesanales o industriales para ser finalmente reutilizados. El proyecto “Diseño y desarrollo de un prototipo de baldosa para piso a partir de plástico PET reciclado y cascarilla de arroz para una vivienda de interés social IC-ULVR-13-27” se encuentra caminando en esa dirección e intenta crear una metodología de procesamiento de materiales reciclados para obtener un prototipo de baldosa con óptimas características que pueda ser usado en la construcción.

A. Experiencias de aplicación de materiales reciclados en la arquitectura y construcción

En el campo de la arquitectura y la construcción el uso de materiales reciclados es muy reciente, sobre todo aquellos procedentes de otras industrias, sin embargo, hay ejemplos

interesantes que vale la pena mencionar. En España, los juegos de jardín en parques de ciudades y señales viales son fabricados con plásticos reciclados procedentes de embalajes, la iniciativa fue desarrollada por la empresa Innovaciones Plásticas de Madrid. En Suiza, existen materiales de construcción fabricados con fibras de madera ligados con polímeros fundidos, ambos elementos son desechos industriales, la iniciativa fue desarrollada por la Escuela Federal de Lausana. Finalmente, la Universidad Nacional de Buenos Aires en Argentina elaboró prototipos de viguetas y bloques compuestos de arena y PET reciclado proveniente de envases descartables. Es cierto que aún no existe uso masivo de reciclados en la industria de la construcción, pero ya existen esfuerzos interesantes en esta dirección de la empresa privada y la comunidad académica en algunos lugares del mundo.

B. ¿Por qué plástico PET y cascarilla de arroz?

Los plásticos son, en esencia, sustancias químicas denominadas polímeros de estructura molecular que pueden ser moldeadas con aplicación de calor o presión y cuyo componente principal es el carbono. Estos proporcionan el balance necesario de propiedades que no pueden obtenerse con otros materiales como color, peso, suave tacto y resistencia a la degradación ambiental. Técnicamente, el plástico PET es un polímero que resulta de la reacción de un termoplástico tomando el nombre de tereftalato de polietileno (*polyethylene terephthalate*) o PET por sus siglas en inglés (Ortega, 2011).

En la actualidad, los plásticos PET se utilizan en aplicaciones industriales especialmente para envasar, conservar y distribuir alimentos, medicamentos, bebidas, artículos de limpieza, tocador, cosmetología y gran número de otros productos. Sin embargo, su uso creciente es un problema debido a la cantidad de desechos que genera. Algunas estimaciones muestran que a nivel mundial 25 millones de toneladas de plástico son acumuladas en el medio ambiente cada año y pueden permanecer inalterables durante algunos cientos de años más debido a su alta resistencia a la degradación ambiental (Vaca Diez, 2013). Es frecuente observar paisajes rurales, ciudades, caminos, ríos y mares inundados de desechos plásticos, esta imagen es tan común que de a poco los plásticos se han normalizado en el imaginario social como una parte más del entorno. En Ecuador, el Ministerio de Ambiente estima que el país recicla apenas 39 % del total de PET que usa anualmente, esto significa que la mayoría de este material se encuentra convertido en desecho no usado apropiadamente y en consecuencia contaminando nuestro medio ambiente (ministerio del Medio Ambiente, 2012).

Por otro lado, el arroz es uno de los cereales de mayor producción en el mundo. Sus tallos, hojas y cáscaras son considerados residuos y debido a los grandes volúmenes de producción representan un problema para su almacenamiento, manipulación y destrucción. La cascarilla de arroz o pajilla se obtiene del proceso de separación de la cáscara de arroz y el germen o grano. Posee una superficie áspera y abrasiva que es muy resistente a la degradación natural y debido a su bajo contenido de proteínas no es apropiada para forraje de animales.

Estas razones hacen que su aprovechamiento económico sea complicado cuando el material se encuentra en forma primaria.

En Ecuador, la tendencia es la misma, el país produce 800000 toneladas de cascarilla de arroz que son desechadas y aún no existen iniciativas potentes que permitan utilizarlas de manera óptima. Actualmente, la cascarilla se incinera, proceso que genera cantidades muy grandes de humo y gases contaminantes además de ceniza con alto contenido de sílice.

El proyecto ofrece la oportunidad para cambiar la realidad de los residuos PET y cascarilla de arroz, explorando la posibilidad de convertirlos en una nueva materia prima que sirve para la fabricación de materiales de construcción, entre ellos baldosas para recubrimientos de pisos.

III. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE BALDOSA

Los materiales novedad usados en el experimento de construcción del prototipo de baldosa son:

- 1) *Plástico PET reciclado*
- 2) *Cascarilla de arroz*

Adicionalmente, el experimento usa los siguientes materiales de construcción comunes:

- 3) *Mortero básico*
- 4) *Calcio*
- 5) *Detergente industrial*
- 6) *Aceite quemado*
- 7) *Molde de metal para secado*
- 8) *Herramientas de construcción varias*
- 9) *Prensa hidráulica*

El plástico PET es obtenido gracias a un convenio interinstitucional entre la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y la empresa Reciplasticos SA de Guayaquil. La universidad lanzó una campaña de reciclaje en su campus principal con el objetivo de conseguir 12000 botellas plásticas que luego fueron canjeadas por 600 libras de PET en hojuelas con la empresa mencionada. La cascarilla de arroz fue obtenida de una finca productora de arroz en el cantón Daule ubicado a 40 kilómetros de Guayaquil. El resto de materiales fueron encontrados en el mercado de materiales de construcción local.

A. Mezcla de materiales

El primer paso para la construcción del prototipo de baldosa es la mezcla de materiales. En este punto, los materiales son previamente molidos y atomizados son pesados de acuerdo a la fórmula de fabricación. En ese escenario, cuatro mezclas fueron generadas y sus condiciones se encuentran detalladas en la tabla 1.

TABLA I
MEZCLA DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BALDOSA

Exp.	PET	Cascarilla de arroz	Pre lavado?	Mortero básico
M1	Si	No	No	Si
M2	Si	Si	No	Si
M3	Si	Si	Detergente industrial	Si
M4	Si	Si	Hidróxido de calcio	Si

La mezcla del experimento M1 se compone de plástico PET y mortero básico solamente. La mezcla del experimento M2 es agregada cascarilla de arroz a la mezcla original de PET y mortero básico. La mezcla del experimento M3 se compone de los mismos elementos del experimento M2 con una diferencia: la cascarilla de arroz fue pre lavada con detergente industrial antes de ser agregada a la mezcla. La mezcla M4 se compone de los mismos elementos del experimento M3 con una diferencia: la cascarilla de arroz fue pre lavada con solución hidróxido de calcio (agua y cal). La figura 1 muestra una imagen del proceso de mezcla.



Fig. 1 Mezcla de materiales para la construcción de la baldosa

B. Secado

Luego de la mezcla de materiales, el segundo paso en el proceso de construcción es la fase de secado. Típicamente, la industria realiza este proceso usando un horno que toma aproximadamente 1 hora para terminar el secado. Sin embargo, el proyecto no cuenta con un horno disponible. En consecuencia, los prototipos de baldosa son secadas al aire libre por un período de tiempo de 24 horas aproximadamente. El secado es realizado en moldes metálicos que acomodan el material en un volumen de 250x250x30 milímetros cúbicos. El secado se realiza en un período de 24 horas en todos los experimentos. La figura 2 muestra el proceso de secado.



Fig. 2 Proceso de secado

C. Prensa y prototipo final

Luego del proceso de secado, la baldosa aún en molde es sometida una etapa de compactación y forma por aplicación de presión en una prensa hidráulica. Además de la compactación,

la etapa de prensa normalmente retira cualquier rastro de humedad remanente que podría aún existir en la baldosa como paso previo al desmolde. Las figuras 3, 4 y 5 muestran el proceso de prensa, desmolde y prototipo final.



Fig. 3 Prensa hidráulica aplicando presión en la baldosa prototipo



Fig. 4 Proceso de desmolde de baldosa



Fig. 5 Prototipo final

IV. RESULTADOS

Los cuatro experimentos M1, M2, M3 y M4 descritos en la tabla 1 de la sección III, generaron cuatro prototipos con diferentes características. Estas características fueron compiladas en tres categorías: aspecto, fraguado y resistencia a la flexión.

A. Aspecto

El prototipo M1, correspondiente a PET y mortero tiene color gris y textura lisa en la cara superior, pero textura no lisa con hojuelas de PET vistas en la cara posterior. De forma general tiene aspecto firme.

El prototipo M2, correspondiente a PET, cascarilla de arroz no lavada y mortero tiene color gris y textura no lisa en ambas caras. De forma general tiene aspecto poco firme y se destruye con facilidad.

El prototipo M3, correspondiente a PET, cascarilla de arroz pre lavada con detergente industrial y mortero tiene color gris y textura lisa en ambas caras. Tiene aspecto más firme que M1 y M2.

El prototipo M4, correspondiente a PET, cascarilla de arroz pre lavada con hidróxido de calcio y mortero tiene color gris y textura lisa en ambas caras. Es el prototipo más firme de entre las cuatro mezclas.

B. Fraguado

El fraguado de M1 fue óptimo, luego de 24 horas de secado el prototipo de baldosa no tiene rastro de humedad. El fraguado de M2 fue muy deficiente, luego de 24 horas de secado el prototipo de baldosa se encontraba visiblemente húmedo. El fraguado de M3 fue óptimo, luego de 24 horas de secado el prototipo de baldosa no tiene rastros de humedad. Finalmente, el fraguado de M4 fue óptimo también, luego de 24 horas de secado el prototipo de baldosa no tiene rastros de humedad.

C. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del hormigón. La resistencia a la flexión se expresa como el módulo de rotura en unidades libras por pulgada cuadrada (Mpa) y es determinada mediante los métodos de ensayo de la norma INEN 658. Este ensayo toma siete unidades de la baldosa del experimento M4 que resultó ser más firme que los demás y tiene como objetivo determinar su resistencia a la flexión. Los resultados son mostrados en la figura 6, figura 7 y figura 8.

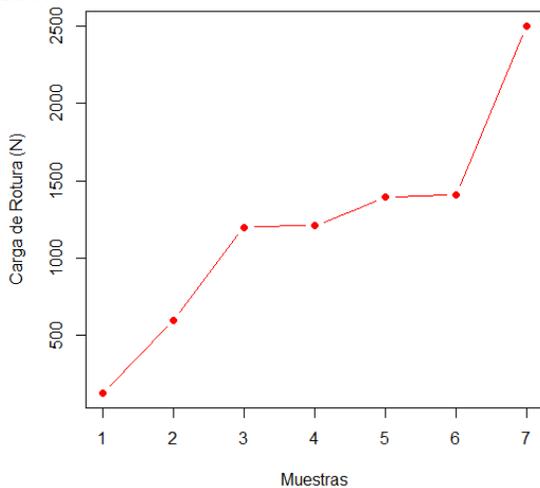


Fig. 6 Muestras M4 versus carga de rotura sometida a cada una

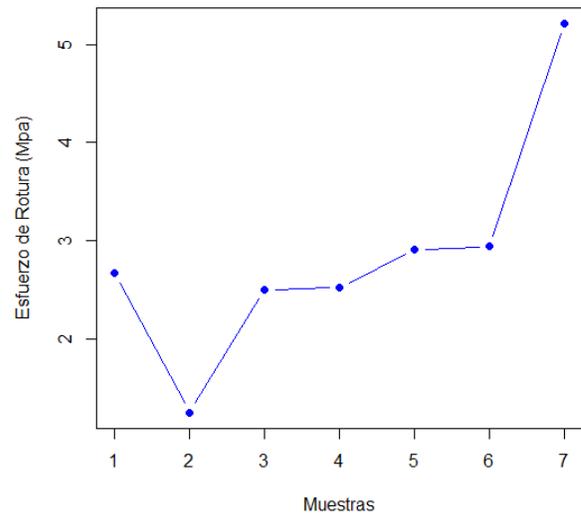
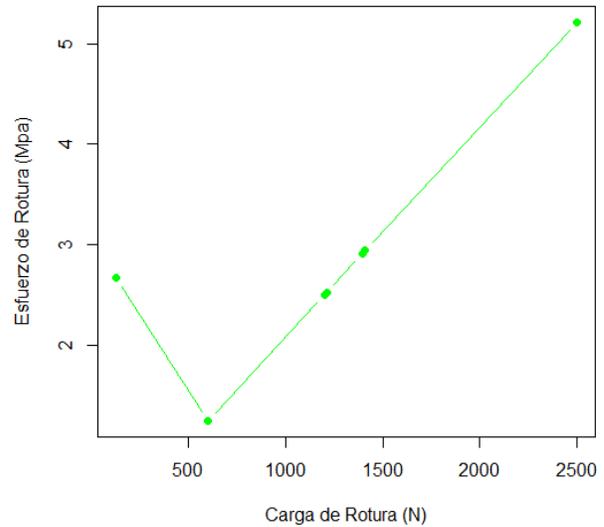


Fig. 7 Muestras M4 versus esfuerzo de rotura resultado de los esfuerzos de rotura correspondientes



8 Carga de rotura versus esfuerzo de rotura

Fig.

V. CONCLUSIONES

El mejor prototipo en términos de aspecto, fraguado y resistencia a la flexión es M4, la mezcla compuesta por PET, cascarilla de arroz pre lavada con hidróxido de calcio y mortero. A pesar que M4 tiene una resistencia a la flexión aceptable, aún no cumple la norma INEN 658, aspecto necesario para poder ser comercializada en el mercado de materiales de construcción en Ecuador.

Es necesario seguir experimentando con la mezcla M4 – PET, cascarilla de arroz pre lavada con hidróxido de calcio y mortero- y sus proporciones con el objetivo de obtener una fórmula adecuada que permita cumplir la norma INEN 658.

El segundo mejor prototipo es M3, la mezcla compuesta por PET, cascarilla de arroz pre lavada con detergente industrial y mortero. El pre lavado con detergente industrial es menos eficiente en evitar la absorción de humedad de la cascarilla de

arroz que el hidróxido de calcio; en consecuencia, el fraguado de M3 es menos óptimo que M4.

El prototipo con las peores características es M2, la mezcla compuesta por PET, cascarilla de arroz sin pre lavado y mortero. La cascarilla de arroz sin pre tratamiento hace que el prototipo almacene mucha humedad lo que resulta en fraguado y resistencia muy deficiente.

Las fórmulas de mezclas para la fabricación de los prototipos de baldosas no han sido reveladas en este documento debido a que éstas se encuentran en proceso de revisión por la oficina de patentes de Ecuador.

Aun cuando el potencial de las mezclas de PET y cascarilla de arroz no ha sido explorado en su totalidad, esta iniciativa demuestra que reutilizar desechos para construir baldosas de piso es posible.

VI. REFERENCIAS

- Arellano B., Albiño F, Mora Z., Mosguidt R., Sobenis H., Velasco S. (2016). "Elaboración de planchas celulásticas a través del reciclaje de celulosa residual y tereftalato de polietileno". *Universidad & Ciencia*, 1/8 ISSN:2227-2690 .
- Juárez, M., Santiago, M., Vera, J. (2011). "Estudio de factibilidad para la manufactura de empuñaduras de PET reciclado". *e-Gnosis (on line) Vol. 9 Art. 2 issn: 1665-5745*, 1/12.
- Laguna, M. (2011). *Ladrillo ecológico como materia sostenible para ñla construcción*. Obtenido de Universidad Pública de Navarra/academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1: academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1
- Ministerio del Medio ambiente. (2012). *www.ambiente.gob.ec/ecuador-incremento-la-recoleccion-de-botellas-pet-en-2012/*. Obtenido de *www.ambiente.gob.ec/ecuador-incremento-la-recoleccion-de-botellas-pet-en-2012/*
- Ortega, N. (2011). El Reciclaje del PET está en su mejor momento. *Tecnología del plástico*.
- Salas J., Castillo P., Sánchez I., Vera J. (2012). Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros. *CSIC - Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 21/39.
- Sierra, J. (2010). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Obtenido de *repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf*: *repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf*
- Vaca Diez, I. (05 de 07 de 2013). *Casa de botellas de PET*. Obtenido de *www.labioguia/notas/las-botellas-pet-para-la-construcción*: *www.labioguia/notas/las-botellas-pet-para-la-construcción*
- Vergara, P. (2012). *Briquetas de arroz*. Obtenido de *https://es.scrib.com/doc/78984496/BRIQUETAS DE CASCARILLA DE ARROZ*: *https://es.scrib.com/doc/78984496/BRIQUETAS DE CASCARILLA DE ARROZ*

AGRADECIMIENTO

Los autores de este artículo agradecen la colaboración de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y su Departamento de Investigación por el soporte brindado durante la producción del mismo.