

Ladrillo prefabricado con plástico y vidrio reciclado apto para la construcción de viviendas económicas y sociales

Prefabricated Brick with Recycled Plastic and Glass Suitable for the Construction of Affordable and Social Housing

Nury Cedillo Alvarado
Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
ncedilloa@ulvr.edu.ec

Eddie Echeverría Maggi
Carrera de Arquitectura
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
echeverriam@ulvr.edu.ec

INFORME TÉCNICO

Resumen

Ecuador se adapta a la evolución arquitectónica universal de los últimos años, mediante la ejecución de proyectos de investigación en reciclaje de desechos sólidos no renovables y desechos orgánicos para la elaboración de elementos arquitectónicos sostenibles que colaboren con el medio ambiente.

El presente reporte técnico muestra los resultados de un estudio que consiste en la reutilización de desechos de plástico PET y vidrio, los cuales, mediante un proceso técnico, podrán ser utilizados como elementos constructivos, con el objetivo de mitigar la contaminación ambiental.

Palabras claves: ladrillo, adobe, plástico, vidrio

Abstract

Ecuador has adapted to developments in international architecture in recent years, implementing research projects for the recycling of solid waste and non-renewable organic waste to develop sustainable architectural elements that work with the environment.

This technical report shows the results of a study that consists of reusing pet and glass waste, which, through a technical process, can be used as a construction material, thus mitigating environmental pollution.

Keywords: brick, adobe, plastic, glass

Fecha de recepción: 04 de febrero de 2021
Fecha de aceptación: 14 de junio de 2021

<https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2021.23.80170>

Introducción

Durante los últimos años han evolucionado los criterios de la arquitectura universal con accesos a nuevas técnicas con ayuda de la tecnología que permite realizar imponentes proyectos.¹ Existe un aumento de material que se derrocha en todas las construcciones, las fábricas y el consumo en los hogares, que representa un problema tanto para el medio ambiente como pérdidas para la empresa privada y pública, al elevarse los costos en la recolección, la selección del desperdicio que puede ser reutilizable frente al que es considerado basura en su totalidad, así como la destrucción de estos desechos.²

En la actualidad se están utilizando productos ecológicos y se están realizando múltiples actividades en cuanto al reciclaje de desechos inorgánicos, especialmente de materia prima como el papel, el plástico, el cartón, el vidrio, entre otros, con el objetivo de darles un nuevo uso, inclusive integrando estos a la elaboración de nuevos materiales de construcción ecológicos.³

Algunos trabajos de investigación han estudiado productos ecológicos, como los residuos de vidrio o plástico, para elaborar ladrillos modificados que conserven propiedades mecánicas similares o superiores al tradicional, además de generar un abanico de posibilidades para hacer frente a los desechos producidos por diferentes industrias.⁴ La ventaja de esta elaboración es que es un producto de impacto ambiental menor es un producto de construcción liviano y de resistencia mecánica suficiente para cumplir con las demandas de calidad, además de producir materiales útiles con menor costo unitario.

El reciclaje y la reutilización es una opción viable para evitar la contaminación ambiental; por ello el plástico y el vidrio son productos que permiten la construcción de ladrillos ecológicos, con beneficios como el ser sismoresistentes, tener resistencia a la compresión, mejorar la manejabilidad del mortero fresco para la fabricación de ladrillos y mejorar su absorción. El plástico también ayuda a aislar la electricidad, aguanta muy bien los estiramientos, los golpes, los retorcimientos y las presiones;

- 1 I. Navarro Delgado, *Nuevas tecnologías de visualización para la mejora de la representación arquitectónica en educación*, tesis de doctorado en Xarxa, Universitat Ramon Llull, 2017, <http://www.tdx.cat/handle/10803/403374>
- 2 M. de los A. López Gómez, *Manejo adecuado de los residuos sólidos inorgánicos, como medida de protección y mejoramiento del Medio Ambiente* (Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015), disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_6143.pdf
- 3 Guillermo Gómez, *Diagnóstico del impacto del plástico - botellas sobre el medio ambiente: Un estado del arte. Universidad Santo Tomas* (Colombia: Universidad de Santo Tomás, 2016), disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1#:~:text=Dentro%20de%20los%20impactos%20causados,cumplen%20los%20humedales%20tales%20como>.
- 4 F.S. Cardona Howard, L.A. Rengifo Rojas, J.F. Guarín Martínez, D.G. Mazo Castro, y O.F. Arbeláez Pérez, *Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. Análisis de las emisiones de dióxido de carbono* (Colombia: Lámpsakos, 2001), <https://doi.org/10.21501/21454086.3725>

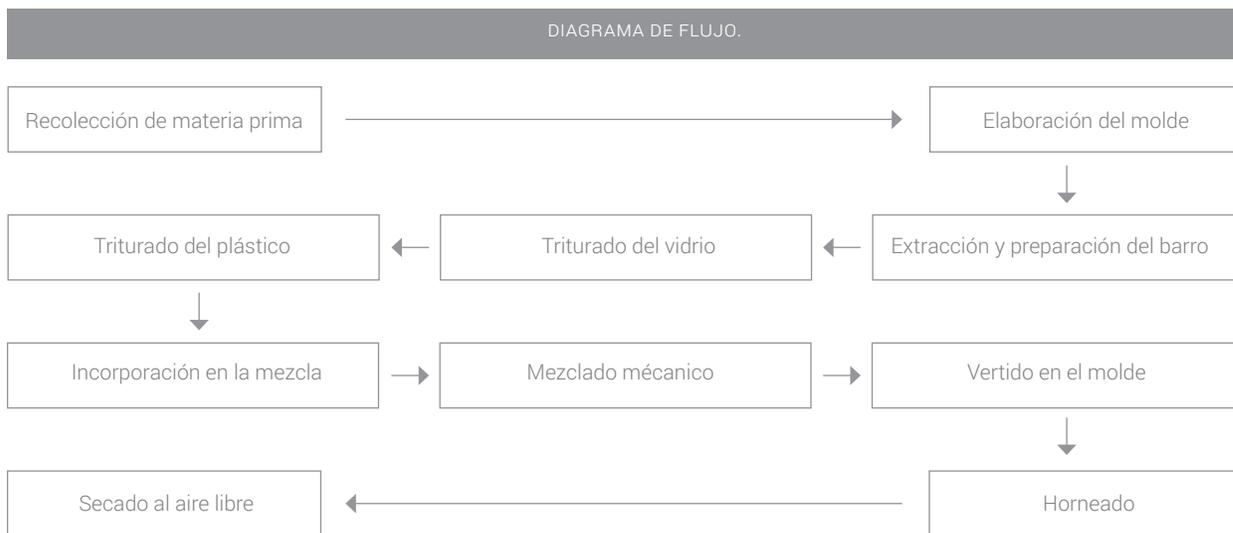
resisten muy bien a los agentes atmosféricos y corrosivos, entre más beneficios que se encuentran al elaborar ladrillos con residuos de plásticos y vidrios.⁵

Por eso este proyecto investigativo tiene como iniciativa respetar el medio ambiente, evitando más contaminación y aportando con un producto al que inclusive la población que tenga escasos recursos económicos pueda obtener para el mejoramiento de sus viviendas. Así, se está proyectado la reutilización del plástico en conjunto con el vidrio para elaborar un material que contribuya a la construcción de paredes económicas.

De esta manera se da a conocer una nueva alternativa sustentable para desarrollar y fomentar la elaboración de un nuevo ladrillo ecológico para la construcción de grupos de viviendas de alcance social, a partir del plástico PET y el vidrio reciclado con las mismas características de los ya existentes en el mercado, que cumpla los altos estándares de calidad y los lineamientos para la reducción del impacto medioambiental y, a su vez, a un menor costo.

Metodología

El trabajo se enfoca en aprovechar el plástico y el vidrio como materiales renovables y, al mismo tiempo, en la mitigación ambiental. La propuesta se genera a partir de una investigación experimental asentada a través de técnicas de documentación bibliográfica y de campo, y por medio de pruebas de laboratorio y encuestas a usuarios. Para la elaboración del ladrillo se cumple con el siguiente diagrama de flujo:



Elaboración: Nury Cedillo (NC), 2020.

5 F.S. Cardona Howard, L.A. Rengifo Rojas, J.F. Guarín Martínez et al., *Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. Análisis de las emisiones de dióxido de carbono.*



1. Recolección de la materia prima.



2. Elaboración del molde.



3. Triturado manual del plástico.



4. Triturado manual del vidrio.



5. Extracción y preparación manual del barro.



6. Incorporación en la mezcla.



7. Mezclado manual.



8. Vertido en el molde.



9. Secado al aire libre.



10. Horneado. Fotografías: NC, 2020.

Se realizaron tres lotes de producción de ladrillos, en cada uno de los cuales se elaboraron los tres prototipos con la cantidad necesaria para cumplir con las normativas correspondientes, como se detalla en las tablas 1, 2 y 3.

TABLA 1. RESULTADOS DEL PRIMER LOTE DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS

| LOTE | TIPO | CANTIDAD |
|------|-------------|----------|
| 1 | Prototipo 1 | 4 |
| | Prototipo 2 | 4 |
| | Prototipo 3 | 4 |

| PRUEBA | | DETALLE | OBSERVACIÓN |
|---------------|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------------|
| Mezcla | Masa | Blanda | Se debe utilizar guantes por los materiales agregados |
| | Humedad | Fluida | |
| Moldeado | | Normal | Con molde húmedo |
| Secado al sol | Superficie | Plástica | |
| | Tiempo | 2 días | |
| Horneado | Tipo | Casero | El calor derrite el plástico PET y comienza la emisión de humo negro |
| | Temperatura | 150°C | |
| | Tiempo | 6 horas | |
| Pruebas | Resistencia | No aplica | Los ladrillos mal cocidos se descomponen |

TABLA 2. RESULTADOS DEL SEGUNDO LOTE DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS

| LOTE | TIPO | CANTIDAD |
|------|-------------|----------|
| 2 | Prototipo 1 | 4 |
| | Prototipo 2 | 4 |
| | Prototipo 3 | 4 |

| PRUEBA | | DETALLE | OBSERVACION |
|---------------|-------------|----------|----------------------------------------------------------------------|
| Mezcla | Masa | Seca | Se debe utilizar guantes por los materiales agregados |
| | Humedad | Líquida | |
| Moldeado | | Normal | Con molde húmedo |
| Secado al sol | Superficie | hormigón | |
| | Tiempo | 6 días | |
| Horneado | Tipo | Casero | El calor derrite el plástico PET y comienza la emisión de humo negro |
| | Temperatura | 280°C | |
| | Tiempo | 24 horas | |

Elaboración: NC, 2020.

| TABLA 3. RESULTADOS DEL TERCER LOTE DE PRUEBAS DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS | | |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|
| LOTE | TIPO | CANTIDAD |
| 3 | Prototipo 1 | 6 |
| | Prototipo 2 | 6 |
| | Prototipo 3 | 6 |

| PRUEBA | | DETALLE | OBSERVACION |
|---------------|-------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Mezcla | Masa | Fluida | Se debe utilizar guantes por los materiales agregados |
| | Humedad | Líquida | |
| Moldeado | | Normal | Con molde húmedo |
| Secado al sol | Superficie | Arena y arcilla | |
| | Tiempo | 4 días | |
| Horneado | Tipo | Artesanal | El ladrillo toma consistencia, pero se deforma por pérdidas de materiales reciclados |
| | Temperatura | 850°C | |
| | Tiempo | 8 días | |
| Pruebas | Resistencia | No aplica | Los ladrillos pierden su forma y no cumplen para aplicar Normas INEN 294-295-296 |

Elaboración: NC, 2020.

Resultados

De acuerdo con el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN),⁶ se deben realizar y verificar los ladrillos bajo las siguientes especificaciones:

- La Norma NTE INEN 0294, que determina la resistencia a la compresión.⁷
- La Norma NTE INEN 0295, que determina la resistencia a la flexión.⁸
- La Norma NTE INEN 0296, que determina la absorción de la humedad.⁹

Prueba 1. Se suspende el periodo de cocción a temperatura aproximada de 150 °C, al derretirse el plástico causando humo dañino al medio ambiente en lugar urbano.

Prueba 2. Se suspende el periodo de cocción a temperatura aproximada de 250 °C; el vidrio comienza a desprenderse.

⁶ INEN, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1340:96 (Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/149/3/03%20AGP%2063%20NTE%20INEN%201340.pdf>

⁷ NTE INEN 0294, *Ladrillos cerámicos determinación de la resistencia a la compresión* (NTE INEN 294), Normativa Técnica Ecuatoriana, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1978. <https://ia601904.us.archive.org/21/items/ec.n.te.0294.1978/ec.n.te.0294.1978.pdf>

⁸ NTE INEN 0295, *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión* (NTE INEN 295), Normativa Técnica Ecuatoriana, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1977. <https://ia801904.us.archive.org/23/items/ec.n.te.0295.1978/ec.n.te.0295.1978.pdf>

⁹ NTE INEN 0296, *Ladrillos cerámicos determinación de absorción de humedad* (NTE INEN 296), Normativa Técnica Ecuatoriana, Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1978. <https://ia601602.us.archive.org/25/items/ec.n.te.0296.1978/ec.n.te.0296.1978.pdf>

Prueba 3. Se realiza la cocción en ladrillera aproximadamente a 850 °C; las pruebas se deformaron y el plástico PET y el vidrio triturado se derritieron.

Discusión

En general, se pide no considerar el uso de materiales reciclados como el vidrio y el plástico para la elaboración de ladrillos, porque se deforman y causan daño al medio ambiente durante el proceso de cocción u horneado debido al aumento de la temperatura.

Se deben implementar estos agregados reciclados en procesos de elaboración fríos o de compresión y secados al ambiente, como en los procesos de producción de bloques de concreto de vaciado directo o de compresión.

Conclusiones

Se buscó generar una alternativa para contribuir en la disminución de la contaminación medioambiental que nos aqueja hoy en día, reutilizando desechos inorgánicos como el plástico y el vidrio. Este ladrillo no alcanzó a ser expuesto a rigurosas pruebas de laboratorio físicas y mecánicas, debido a las propiedades no favorables que tienen el vidrio y el plástico al ser sometido a elevadas temperaturas.

Glosario de términos

Ladrillo. Pieza de arcilla moldeada y cocida para ser usada en la albañilería, cuya dimensión máxima es menor o igual a 29 cm, que permite levantar muros y otras estructuras.¹⁰

Adobe. Tierra a la que se arranca cuidadosamente todo tipo de impureza. Masa de barro moldeada en forma de ladrillo y secada al sol. Ladrillo formado por una masa de tierra arcillosa, agua y algún aditivo, secada al sol y al aire. El término “adobe” deriva del vocablo árabe *al-tub*, que se refiere a una especie de ladrillo elaborado con una masa de barro hecho de arena o arcilla, la cual es mezclada con paja para luego darle forma de ladrillo y, posteriormente, puesta a secar al sol; estos ladrillos hechos de adobe eran utilizados para la edificación de paredes y muros.¹¹



Resultado de prototipos. Fotografía: NC, 2020.

10 D. M. Ruiz Fernández, *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015*, disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10524?locale-attribute=en>

11 J.E. Gama Castro, T. Cruz y Cruz, T. Pi Puig, R. Alcalá Martínez, H. Cabadas Báez, S. Sánchez Pérez, F. López Aguilar, y R. Vilanova de Allende, “Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica”, *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 64 (2) (2012), <https://doi.org/10.18268/bsgm2012v64n2a3>

Plástico. Requiere de menos procedimiento de reciclado para su posterior reutilización cuando se trata como elemento constructivo; denomina plástico al material constituido por una variedad de compuestos orgánicos, sintéticos o semisintéticos, que son flexibles y, por tanto, pueden ser moldeados en objetos sólidos de distintas formas.¹²

Vidrio. Sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice; a los vidrios también se les conoce como “sólidos no cristalinos”.¹³

Referencias

- CARDONA Howard, F. S., Rengifo Rojas, L. A., Guarín Martínez, J. F., Mazo Castro, D. G., y Arbeláez Pérez, O. F. *Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. Análisis de las emisiones de dióxido de carbono*. Colombia: Lámpsakos, 2001. <https://doi.org/10.21501/21454086.3725>
- GAMA Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá Martínez, R., Cabadas Báez, H., Sánchez Pérez, S., López Aguilar, F., y Vilanova de Allende, R. “Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica”, *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 64 (2) (2012). <https://doi.org/10.18268/bsgm2012v64n2a3>
- GONZÁLEZ Sánchez, Jonatan. *Construcción con botellas de plástico*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2019. http://oa.upm.es/54207/1/TFG_Gonzalez_Sanchez_Jonatan.pdf
- GÓMEZ, Guillermo. *Diagnóstico del impacto del plástico - botellas sobre el medio ambiente: Un estado del arte*. Universidad Santo Tomas. Colombia: Universidad de Santo Tomás, 2016. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1#:~:text=Dentro%20de%20los%20impactos%20causados,cumplen%20los%20humedales%20tales%20como>.
- INEN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1340:96. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2006. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/149/3/03%20AGP%2063%20NTE%20INEN%201340.pdf>
- LÓPEZ Gómez, M. de los A. *Manejo adecuado de los residuos sólidos inorgánicos, como medida de protección y mejoramiento del Medio Ambiente*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_6143.pdf
- MORALES Ortega, L. *El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales*. Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya, 2017. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/116414>
- NAVARRO Delgado, I. *Nuevas tecnologías de visualización para la mejora de la representación arquitectónica en educación*. Tesis de doctorado en Xarxa, Universitat Ramon Llull, 2017. <http://www.tdx.cat/handle/10803/403374>

¹² Jonatan González Sánchez, *Construcción con botellas de plástico*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2019, disponible en: http://oa.upm.es/54207/1/TFG_Gonzalez_Sanchez_Jonatan.pdf

¹³ L. Morales Ortega, *El vidrio en la edificación. Propiedades, aplicaciones y estudios de fracturas en casos reales* (Cataluña: Universidad Politécnica de Catalunya, 2017), disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/116414>

NTE INEN 0294. *Ladrillos cerámicos determinación de la resistencia a la compresión* (NTE INEN 294). Normativa Técnica Ecuatoriana; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1978. <https://ia601904.us.archive.org/21/items/ec.n-te.0294.1978/ec.n-te.0294.1978.pdf>

NTE INEN 0295. NTE INEN 0295: *Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión* (NTE INEN 295). Normativa Técnica Ecuatoriana; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1977. <https://ia801904.us.archive.org/23/items/ec.n-te.0295.1978/ec.n-te.0295.1978.pdf>

NTE INEN 0296. *Ladrillos cerámicos determinación de absorción de humedad* (NTE INEN 296). Normativa Técnica Ecuatoriana; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1978. <https://ia601602.us.archive.org/25/items/ec.n-te.0296.1978/ec.n-te.0296.1978.pdf>

RUÍZ Fernández, D. M. *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca*, 2015. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10524?locale-attribute=en>

Nury Cedillo Alvarado

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Carrera de Arquitectura
ncedilloa@ulvr.edu.ec

Arquitecta por la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Ha participado en varios proyectos de construcción públicos y privados.

Eddie Echeverría Maggi

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, Ecuador
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Carrera de Arquitectura
eecheverriam@ulvr.edu.ec

Arquitecto por la Universidad de Guayaquil; magíster en Geomática con mención en Ordenamiento Territorial por la Universidad del Azuay. Ha trabajado en proyectos de estudios urbanos e investigación de materiales de construcción sostenibles. Actualmente se desempeña como docente investigador de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (Ecuador), en la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción, Carrera de Arquitectura.