

CAPÍTULO - 03

Implementación de vidrio reciclado en la fabricación de terrazo tipo cuarzo para elementos constructivos de interiores: evaluación preliminar técnica y ambiental

Implementation of recycled glass in the manufacturing of quartz-type terrazzo for interior construction elements: preliminary technical and environmental evaluation

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.c.04.03>

Hernán Hernández

 Universidad de Oriente, San Miguel - El Salvador

✉ hhernandez@univo.edu.sv

 <https://orcid.org/0000-0003-0344-9770>

Resumen

El sector de la construcción enfrenta el desafío de mitigar su impacto ambiental, lo que exige explorar alternativas para la gestión de residuos sólidos; entre estos, el vidrio representa un componente significativo, estimado entre el 2% y el 5% de los residuos urbanos en El Salvador. El presente artículo evalúa la viabilidad técnica y ambiental de elaborar terrazo tipo cuarzo utilizando vidrio reciclado como agregado constructivo. La investigación fue de tipo tecnológica y aplicada, ya que integró la recolección, limpieza y fragmentación controlada del material, así como la elaboración de mezclas con cemento blanco y marmolina en proporciones definidas (2:2:3). Los resultados fueron que, durante la observación cualitativa del fraguado y curado (7 días en agua), el terrazo con vidrio reciclado desarrolló una estructura compacta y uniforme, sin fisuras, y que, en la evaluación de las características estéticas, el producto final evidenciado tras el pulido en tres pasos mostró una textura superficial lisa y un brillo notable; además, los fragmentos de vidrio reciclado incrustados en la matriz de cemento blanco y marmolina aportaron un efecto visual agradable que imita la apariencia del cuarzo natural. Se concluye que es viable desarrollar terrazo utilizando vidrio reciclado como agregado, obteniéndose un material eficiente con potencial para diversas aplicaciones interiores, como losas de pantry de cocina, pisos en oficinas y productos de marmolería funeraria; no obstante, se sugiere realizar pruebas preliminares de abrasión, higiene, choque térmico y resistencia mecánica para ampliar su uso en otros campos de la construcción.

Palabras clave: conservación de recursos, economía verde, materiales de construcción, tratamiento de desechos, vidrio.



Abstract

The construction sector faces the challenge of mitigating its environmental impact, which requires exploring alternatives for solid waste management; among these, glass represents a significant component, estimated between 2% and 5% of urban waste in El Salvador. This article evaluates the technical and environmental feasibility of producing quartz-type terrazzo using recycled glass as a construction aggregate. The research was technological and applied in nature, as it integrated the collection, cleaning, and controlled fragmentation of the material, as well as the preparation of mixtures with white cement and marble dust in defined proportions (2:2:3). The results showed that, during qualitative observation of setting and curing (7 days in water), the terrazzo with recycled glass developed a compact and uniform structure without cracks, and that in the evaluation of aesthetic characteristics, the final product revealed after three-step polishing exhibited a smooth surface texture and remarkable shine; furthermore, the recycled glass fragments embedded in the white cement and marble dust matrix contributed a pleasant visual effect that imitates the appearance of natural quartz. It is concluded that it is feasible to develop terrazzo using recycled glass as an aggregate, obtaining an efficient material with potential for various interior applications, such as kitchen pantry slabs, office flooring, and funerary marble products; however, it is suggested to carry out preliminary tests of abrasion, hygiene, thermal shock, and mechanical resistance to expand its use in other construction fields.

Keywords: construction materials, conservation of resources, green economy, waste treatment, glass.

INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción contribuye significativamente a la degradación ecológica y a la generación de residuos (Fundación CONAMA, 2018). En El Salvador, la generación diaria de residuos sólidos supera las 4,000 toneladas, siendo el vidrio un componente inorgánico (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022; Díaz & Nájera, 2024). A pesar de ser un material 100% reciclable, con el potencial de sustituir 1.2 kg de materia prima virgen por cada kilogramo reciclado (Sociedad de Economía Mixta Manejo Integral de Desechos Sólidos [MIDES], 2021), su tasa de reciclaje en el país es baja; por ello, los esfuerzos de cada sector requieren ser integrados a través de una estrategia sólida.

En este contexto, para la elaboración de concreto es necesario un alto nivel de consumo de recursos naturales, como lo dice (Stabile et al., 2021) “el agregado reciclado, puede reemplazar parcial o totalmente los agregados naturales en la mezcla de concreto”. En esa línea, el concreto hidráulico se crea con la mezcla de cemento, arena y grava, y dependiendo de la resistencia que se desea obtener son necesarias diferentes dosificaciones; además, es posible reciclar diferentes residuos sólidos con el fin de optimizar la mezcla, como es el caso de la investigación de (Segura Terrones et al., 2022) en la que midieron los efectos del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. Asimismo, la investigación

consistió en la sustitución de los agregados naturales con vidrio, dando resultados favorables para la elaboración de baldosas de terrazo; a su vez, la investigación de (Ling et al., 2016) orientada al diseño de azulejos arquitectónicos prefabricados mediante el método de colada de doble capa, en el cual incorporaron vidrio reciclado en una mezcla de mortero, mostró resultados de resistencia a la flexión y a la extracción, demostrando que se pueden realizar baldosas de este material.

Por otra parte, el terrazo es un material compuesto decorativo que normalmente incluye fragmentos de mármol, granito o cuarzo aglutinados con cemento, y es valorado por su durabilidad y estética (KUNGFU Manufacture Quartz-Stone, s.f.). No obstante, su producción depende directamente de la extracción de recursos no renovables (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020). La implementación de vidrio reciclado como sustituto de agregados convencionales en el terrazo surge, por tanto, como una alternativa que se alinea con los principios de la economía circular (Velenturf & Purnell, 2021). Tomando esta idea como punto de partida, se buscó incorporar vidrio reciclado para la creación de terrazo, sustituyendo piedras, granito y mármol.

Ante estas dos problemáticas medioambientales, la extracción de material no renovable en la industria de la construcción y la contaminación de desecho sólido como es el vidrio que, aunque sí es reciclable, en El Salvador no se recicla al 100%, el objetivo general de la investigación es evaluar la viabilidad técnica y ambiental de la elaboración de terrazo utilizando vidrio reciclado como agregado para interiores de edificaciones.

MÉTODO

La investigación realizada fue de tipo aplicada, porque se orientó a la resolución de problemas técnicos mediante la utilización de descubrimientos previos para generar soluciones prácticas (Hernández-Sampieri, 2020). Su evaluación fue descriptiva y analítica, debido a que no se realizaron mediciones cuantitativas; por ello, se consideraron como criterios de observación la homogeneidad de la mezcla, la porosidad durante el pulido, la presencia de fisuras en las piezas de terrazo (importante para evitar que se quiebre con facilidad) y el acabado final tras el pulido, el cual debe ser brillante y completamente liso, sin dejar puntas del vidrio. Asimismo, se buscó especificar propiedades físicas como la densidad, además de características estéticas como el color, la textura y el acabado del nuevo material, e identificar las proporciones óptimas de sus componentes.

El proceso de la investigación se desarrolló durante un período de 11 meses, desde la descripción de la problemática, fundamentación teórica, metodología, la campaña de reciclaje, fase experimental elaborando con las muestras de terrazo en los laboratorios de suelos y materiales de la Universidad de Oriente y pulido en taller de marmolería de empresa local Marmolería Moge; finalizando con la discusión, conclusiones y recomendaciones.

La población objeto de estudio estuvo constituida por muestras de terrazo elaboradas con diferentes proporciones de cemento blanco, marmolina y agua

como materiales aglutinantes, combinados con vidrio reciclado recolectado mediante campañas de reciclaje dirigido. El vidrio fue seleccionado de acuerdo con criterios como su tonalidad, clasificándose en botellas transparentes, verdes y ámbar. Esta investigación no solo aborda una problemática ambiental específica, sino que promueve un cambio en los modelos tradicionales de construcción hacia prácticas más responsables, ofreciendo al sector una opción ecológica e innovadora

Para el desarrollo del procedimiento se utilizaron lentes de protección, guantes y martillo. Se emplearon moldes de acrílico de 30x30 cm fabricados con un CNC Router, una pileta con agua para el curado de las piezas y discos de diamante conocidos como pads de granulometría 100, 200 y 300.

1. **Preparación de materia prima:** El vidrio se lavó con detergente para eliminar impurezas y etiquetas, procediéndose luego a su trituración manual controlada con martillo para evitar fragmentos de tamaños grandes.
2. **Dosificación de mezclas:** Se evaluaron dos proporciones. Se elaboraron 3 piezas de cada mezcla, esto para comparar los resultados y la reproducción de este material con las dosificaciones evaluadas. La Mezcla 1 (1:2:3) consistió en 1 parte de cemento, 2 de marmolina y 3 de vidrio. La Mezcla 2 (2:2:3) incluyó 2 partes de cemento, 2 de marmolina y 3 de vidrio.
3. **Encofrado y compactación:** La mezcla se vertió en moldes previamente engrasados para facilitar el desmolde y se compactó manualmente para eliminar burbujas de aire.
4. **Fraguado y curado:** Se respetó un tiempo de fraguado de 24 horas, luego de lo cual las piezas se sumergieron en una pileta de agua durante 7 días para garantizar la hidratación del cemento.
5. **Acabado (lijado en 3 pasos):** Se utilizó una pulidora de baja velocidad. Un primer paso niveló la superficie; los pasos segundo y tercero generaron el brillo final. Se aplicó un sellador intermedio para poros superficiales y se finalizó con una pasta protectora hidrófuga.

El proyecto se alineó con las normativas de seguridad industrial mediante el uso de equipo de protección personal y con los principios de sostenibilidad ambiental establecidos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN, 2022).

Figura 1

Procedimiento de investigación



1a: Marmolina, cemento blanco y vidrio triturado.



2b: Elaboración de mezcla de cemento, marmolina y vidrio.



1c: Pulida inicial, en esta se elimina la capa superficial del cemento y las puntas al vidrio.



1d: Colocación de aceite y mezcla en el encofrado.



1e: Desencofrado y curado.



1f: Segundo pulido del terrazo con vidrio.



1g: Pasteado y pulido final.



1h: Pieza de terrazo con vidrio terminada.

RESULTADOS

El principal aporte de la investigación fue el desarrollo del terrazo utilizando vidrio reciclado como agregado, demostrando un material eficiente con potencial para diversas aplicaciones interiores, como losas de pantry de cocina, pisos en oficinas y productos de marmolería funeraria.

Con relación con el objetivo de determinar las propiedades físicas, no se realizaron mediciones cuantitativas estandarizadas, el proceso de fabricación proporcionó indicios valiosos. La observación cualitativa del fraguado y curado, que se extendió por 7 días en agua, indicó que el terrazo con vidrio reciclado desarrolló una estructura compacta y uniforme, sin fisuras. El uso de vidrio, el cual es un material impermeable, mostró un indicio observacional de una baja absorción de agua, porosidad reducida en comparación con agregados naturales como lo es la roca, cuarzo y granito, lo cual es fundamental para la durabilidad y funcionalidad en entornos de alto tráfico o humedad como cocinas.

Respecto a la evaluación de las características estéticas, el producto final, evidenciado tras el pulido en tres pasos, mostró una textura superficial lisa y un brillo notable. Los fragmentos de vidrio reciclado incrustados en la matriz de cemento blanco y marmolina aportan un efecto visual agradable a la vista, que imita la apariencia del cuarzo natural. Esta estética moderna y personalizada permite que el material compita con acabados premium como el mármol o granito.

Se tomaron como criterios para identificar la mejor proporción de materiales, la falta de fisuras, baja porosidad y trabajabilidad en la preparación y al realizar el pulido de las piezas de terrazo identificándose la proporción 2:2:3 (cemento: marmolina: vidrio) ofreciendo un balance adecuado entre elaboración, funcionalidad y estética.

A continuación, se presentan aplicaciones para la utilización del terrazo, utilizándolos en encimeras o pantry de cocina, pisos y en marmolería, es necesario la realización de futuras pruebas preliminares como abrasión, higiene

choque térmico y resistencia mecánica para poder ser utilizados en otros campos de la construcción.

Figura 2

Propuestas de uso del terrazo



2a: Propuesta de utilización del material en losa de pantry de cocina



2b: Propuesta de utilización del material en pisos.



2c: Propuesta de utilización del material en marmolería funeraria

DISCUSIÓN

La literatura refiere que el vidrio se ha convertido en una proporción sustancial de residuos sólidos, y la eliminación de este en un problema global (Nghia et al., 2024), autores como Salahaddin et al. (2022) consideran que estos residuos representan una gran amenaza para el medio ambiente de acuerdo con su largo periodo de degradación. En El Salvador, el vidrio se considera un material presente en los desechos sólidos, los cuales requieren atención, ya que, a pesar de ser reciclable, solo se recupera en un pequeño porcentaje estimado entre el 2% y el 5% (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2022).

Esas cifras motivaron la realización de la investigación de incorporación de vidrio reciclado con cemento y marmolina para la creación de un nuevo material, alineándose con los principios de la economía circular, el cual representa un enfoque transformador de la sostenibilidad global, en la maximización de recursos y minimizar residuos (Alnafrah y otros, 2025) transformándolos en un insumo adecuado para ser reutilizados. Este enfoque ayuda a reducir la

dependencia de materias primas vírgenes, mitigando la huella ecológica asociada a la extracción de agregados naturales como el cuarzo que requiere minería a cielo abierto y procesos intensivos (Fernandez Parra et al., 2020). Por su parte, el terrazo tradicional, inventado a mediados del siglo XV en Venecia, Italia, ya era considerado uno de los primeros materiales ecológicos por reciclar restos de mármol (Realho Stone, 2022). Cada sector lleva a cabo esfuerzos que requieren ser integrados a través de un modelo económico sólido.

A diferencia de la economía lineal tradicional, orientada a tomar, hacer, desechar, la economía circular se basa en un enfoque cíclico que prolonga el ciclo de vida de los recursos, manteniéndolos en uso el mayor tiempo posible y reduciendo el impacto ambiental (Fundación Ellen Macarthur, s.f.). Este modelo fomenta la creación de sistemas cerrados donde los residuos de un proceso se convierten en insumos para otro, como algo novedoso que debe consolidarse en la industria.

Los resultados de la presente investigación son coherentes con lo expuesto por la Sociedad de Economía Mixta Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDES, 2021), ya que el uso de vidrio reciclado sustituye efectivamente 1.2 kg de materia prima virgen por cada kilogramo procesado, reduciendo la presión sobre la explotación de canteras. La durabilidad y el método observados coinciden con la historia del terrazo documentada por Realho Stone (2022), confirmando que la técnica de incrustar fragmentos reciclados en un aglutinante es un método probado desde hace siglos. Finalmente, el acabado estético superior concuerda con las tendencias actuales que posicionan al terrazo como un material de alto diseño por su versatilidad (Ceramoteca, 2023).

A diferencia del terrazo tradicional que utiliza únicamente piedra natural, esta variante con vidrio reciclado aporta beneficios ambientales cuantificables (Almendo-Candel & Jordán Vidal, 2024). No obstante, se identifica un desafío en la homogeneidad de la materia prima, dado que la calidad del vidrio recolectado en El Salvador puede variar, lo que podría afectar la estandarización industrial si no se establecen protocolos estrictos de control.

Autores como Feras et al. (2022) evaluaron la incorporación de vidrio reciclado usado en hormigón, con el fin de mejorar su rendimiento mecánico y si era compatible la combinación de estos, sus resultados fueron favorables, el proceso de incorporación del vidrio y de esta manera dar una segunda vida útil a este residuo el cual coinciden en su investigación que, aunque si es reciclable es poco reutilizado.

Una limitación identificada en esta investigación es la ausencia de pruebas mecánicas estandarizadas de resistencia a la compresión bajo normas técnicas internacionales. Por lo tanto, se propone como investigación futura la validación estructural completa del material para ampliar su uso a aplicaciones en exteriores. Su aplicación inmediata se considera viable en elementos de interiorismo, como encimeras, pisos y elementos decorativos, donde las propiedades estéticas, la higiene y la baja porosidad son prioritarias.

CONCLUSIÓN

La elaboración de terrazo tipo cuarzo incorporando vidrio reciclado ha demostrado ser una alternativa viable y sostenible para elementos constructivos para interiores, alcanzando el objetivo general de evaluar su factibilidad técnica y ambiental. Esto debido que se comprobó que es compatible la incorporación de vidrio reciclado en una mezcla de concreto con la relación 2:2:3 (cemento: marmolina: vidrio), con una baja porosidad y trabajabilidad en el pulido, además de la calidad de acabado final, que en comparación con la mezcla 1:2:3 aunque si es posible la elaboración de terrazo, posee mayor porosidad y la trabajabilidad en el pulido el material se desgasta con mayor facilidad, siendo esto un problema porque a mayor porosidad hay mayor probabilidad que la pieza se quiebre en el proceso de fabricación de la pieza .

Cada sector lleva a cabo esfuerzos que requieren ser integrados a través de una política sólida; por lo tanto, se recomienda a las empresas de construcción y marmolerías en El Salvador integrar el vidrio reciclado en la producción de terrazo, aplicándolo en elementos como encimeras, pisos de oficinas y productos de marmolería; asimismo, se insta a la ampliación de pruebas estandarizadas para garantizar la durabilidad a largo plazo y a colaborar con entidades como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales para la certificación del material, fomentando su inclusión en normativas; finalmente, se considera crucial la promoción de políticas públicas y la educación ambiental por parte de los actores involucrados (Estado, empresas y universidades) para aumentar la tasa de reciclaje de vidrio en el país, maximizando así el impacto de esta innovación.

Rol de contribución

No aplica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almendro-Candel, M., & Jordán Vidal, M. (2024). Glasses, frits and glass-ceramics: Processes and uses in the context of circular economy and waste vitrification. *Coatings*, 14(3), 346. <https://doi.org/10.3390/coatings14030346>
- Alnafrh, I., Alqararah, K., & AlJaradin, M. (2025). From linear to circular: Evaluating the effects of circular economy on sustainable development progress in the EU economies. *Journal of Environmental Management*, 382, Artículo 125383. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125383>
- Ceramoteca. (7 de diciembre de 2023). *Tendencia Terrazo*. <https://ceramoteca.com/tendencia-terrazo/>
- Díaz, C., & Nájera, J. (2024). *Necesidades y desafíos de los recicladores de base salvadoreños*. Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social - FUSADES. https://fusades.org/publicaciones/Analisis_recicladores_sept24.pdf

- Feras, W. A.-A., Mazen, J. A.-K., Yazeed, S. J., Husam, A.-H., & Seyed Hamidreza, G. (2022). Comprehensive investigation of recycled waste glass in concrete using silane treatment for performance improvement. *Results in Engineering*, 16, Artículo 100790. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100790>
- Fernandez Parra, B., Gutierrez Peñaloza, M., & Dirley Melany, R. (2020). *La huella de carbono del proceso de extracción de materia prima para la producción del cemento, ladrillo y acero* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://cutt.ly/EtW0dDVk>
- Fundación CONAMA. (2018). *Economía circular en el sector de la construcción*. Grupo de trabajo GT-6 - Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018. CONAMA. https://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf
- Fundación Ellen MacArthur. (s.f.). *Hacia una economía circular: Introducción y descripción general*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- KUNGFU Manufacture Quartz-Stone. (s.f.). *Página de inicio*. <https://www.kungfu-stone.com>
- Ling, T.-C., Kou, S.-C., & Poon, C. (2016). Precast architectural tiles produced by double-layer casting method. *Cement and Concrete Composites*, 66, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.11.006>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Programa de Incentivos y Desincentivos Ambientales*. <https://www.ambiente.gob.sv/programa-de-incentivos-y-desincentivos-ambientales/>
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (26 de septiembre de 2022). *Diagnóstico nacional de residuos*. Biblioteca Ambiental. <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/diagnostico-nacional-vf/>
- Nghia, P. T., Tianchun, W., Tuan, N. N., Hesong, J., & Tuan, D. N. (2024). High-volume recycled glass cementitious and geopolymer composites incorporating graphene oxide. *Construction and Building Materials*, 452(8). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138476>
- Realho Stone. (26 de octubre de 2022). *Terrazzo history*. <https://www.stonegallary.com/info/terrazzo-history-85858274.html>
- Salahaddin, S. D., Haido, J. H., & Wardeh, G. (2022). The behavior of UHPC containing recycled glass waste in place of cementitious materials: A comprehensive review. *Case Studies in Construction Materials*, 17, Artículo e01494. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01494>

- Segura Terrones, L., Sigüenza Abanto, R., Solar Jara, M., & Zamora Mondragón, J. (2022). Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 698-705.
- Sociedad de Economía Mixta Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDES). (21 de agosto de 2021). *¿Qué hacer cuando desechamos un vidrio quebrado?* <https://mides.com.sv/2021/08/21/que-hacer-cuando-desechamos-un-vidrio-quebrado/>
- Stabile, P., Radica, F., Ranza, L., Carroll, M., Santulli, C., & Paris, E. (2021). Dimensional, mechanical and LCA characterization of terrazzo tiles along with glass and construction and demolition waste (CDW). *Recent Progress in Materials*, 3(1). <https://doi.org/10.21926/rpm.2101006>
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1437-1457. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>