



Universidad
Señor de Sipán

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Utilización de ladrillos ecológicos compuestos por vidrio y
plástico reciclado para una construcción sostenible**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERÍA CIVIL**

Autores:

Gamonal Rimarachin Sarai Sofia
<https://orcid.org/0000-0002-7602-4151>

Garcia Velasquez Javier Eduardo
<https://orcid.org/0000-0002-9186-671X>

Asesor:

PhD. Marín Bardales Noé Humberto
<https://orcid.org/0000-0003-3423-1731>

Línea de Investigación

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y la
industria en un contexto de sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y tecnificación en la ciencia de los materiales, diseño e
infraestructura**

**Pimentel – Perú
2024**

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien(es) suscribe(imos) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) **estudiantes** del Programa de Estudios de **Ingeniería civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:

Utilización de ladrillos ecológicos compuestos por vidrio y plástico reciclado para una construcción sostenible

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

GAMONAL RIMARACHIN SARAI SOFIA	DNI: 73897987	
GARCIA VELASQUEZ JAVIER EDUARDO	DNI: 73485366	

Pimentel, 24 de agosto de 2024

PAPER NAME

4. TRABAJO DE INVESTIGACION GAMONAL Y GARCIA

AUTHOR

-

WORD COUNT

4341 Words

CHARACTER COUNT

23656 Characters

PAGE COUNT

25 Pages

FILE SIZE

28.0KB

SUBMISSION DATE

Sep 24, 2024 11:46 PM GMT-5

REPORT DATE

Sep 24, 2024 11:47 PM GMT-5**● 9% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 6% Internet database
- 4% Submitted Works database
- 0% Publications database

Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino académico. Su presencia constante me ha dado la sabiduría y el valor necesarios para superar los desafíos. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo y paciencia. Sus palabras de aliento y su fe en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta. A mi querido Tito huerequequito, mi fiel compañero, cuya compañía y alegría me han brindado consuelo y serenidad durante todo este proceso.

Gamonal Rimarachin Sarai Sofia

A Dios, porque él me ha ayudado a concluir mis estudios, seguidamente a mis padres y hermana, porque siempre están a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, así mismo a todas las personas que me han apoyado en el transcurso de la realización del trabajo.

Garcia Velasquez Javier Eduardo

Agradecimientos

A la Universidad Señor de Sipán, por brindarme una formación integral y un ambiente propicio para el crecimiento académico y personal, y por ofrecerme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas profesionales. A mi familia que ha sido el pilar sobre el cual he construido cada logro y también a Alex, cuyo apoyo y compañía han sido invaluableles en este viaje.

Gamonal Rimarachin Sarai Sofia

A la Universidad Señor de Sipán, por haberme abierto las puertas de su prestigiosa y honorable institución, para poder realizar mis estudios, dándome todos los recursos necesarios para obtener una educación de buena calidad. A mi familia, ya que debido a su apoyo incondicional he podido cumplir una de las metas planteadas en mi vida, y a mi hermana Brianna quien ha sido mi inspiración y motivación en el transcurso de este proceso.

Garcia Velasquez Javier Eduardo

INDICE

Dedicatoria	3
Agradecimientos	4
Resumen	6
Abstract	7
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática.	8
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Hipótesis	11
1.4. Objetivos	11
1.5. Teorías relacionadas al tema	12
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	13
III. RESULTADOS	15
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	22
V. REFERENCIAS	23

Resumen

La importancia de la construcción sostenible se ha vuelto una prioridad a nivel mundial debido a los desafíos ambientales que enfrentamos en la actualidad. En esta revisión exhaustiva, nos centramos en la innovadora tendencia de utilizar ladrillos ecológicos hechos a base de vidrio y plástico reciclado como una alternativa respetuosa ambientalmente, en lugar de los materiales convencionales de construcción. Con el propósito de impulsar su adopción, evaluamos la viabilidad y el potencial de estos ladrillos en la construcción. La incorporación de vidrio y plástico reciclado en la fabricación de ladrillos no solo reduce la cantidad de desechos en los vertederos, además, estos ladrillos ecológicos ofrecen ventajas notables en términos de aislamiento térmico y acústico, mejorando así la eficiencia energética de los edificios y brindando mayor comodidad a sus ocupantes. Nuestra investigación revela que los ladrillos ecológicos fabricados con vidrio y plástico reciclado representan una solución prometedora para la construcción sostenible, al mismo tiempo que ofrecen beneficios concretos en términos de eficiencia y confort en los edificios. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar esta alternativa ecológica en proyectos futuros de construcción.

Palabras Clave: construcción sostenible, ladrillos ecológicos, vidrio reciclado, plástico reciclado.

Abstract

The importance of sustainable construction has become a global priority due to the environmental challenges we face today. In this comprehensive review, we focus on the innovative trend of using eco-friendly bricks made from recycled glass and plastic as an environmentally responsible alternative to conventional construction materials. To promote their adoption, we evaluate the feasibility and potential of these bricks in construction. Incorporating recycled glass and plastic in brick manufacturing not only reduces the amount of waste in landfills but also offers notable advantages in terms of thermal and acoustic insulation, thus improving the energy efficiency of buildings and enhancing comfort for occupants. Our research reveals that eco-friendly bricks made from recycled glass and plastic represent a promising solution for sustainable construction while providing tangible benefits in terms of efficiency and comfort in buildings. These findings highlight the importance of considering this green alternative in future construction projects.

Keywords: Climate change, construction, influence, infrastructure, effects.

I.INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Actualmente en el mundo, se ha caracterizado por el aumento de conciencia sobre el medio ambiente y la urgencia de disminuir la contaminación, la industria de la construcción se encuentra en una encrucijada en donde la investigación de materiales de construcción más sostenibles se ha convertido en una prioridad innegable, y en este contexto, los ladrillos ecológicos con vidrio reciclado y plástico se alzan como una solución innovadora y prometedora que permitan desarrollar su potencial para transformar la manera que construimos nuestro entorno [1].

La población aumenta la demanda de plástico en todos los sectores y el plástico de un solo uso aumenta rápidamente, pero todavía tiene una tasa de reciclaje baja. El uso de plástico en forma de ladrillos es un desafío y, en general, tiene un mayor impacto en el ecosistema, la economía y la revolución industrial [2].

En cuanto a los residuos de vidrio y plástico son dos de los principales tipos de todos. la mayoría de los desechos de vidrio en sí no son peligrosos. Los residuos plásticos, su ligereza y durabilidad les permiten viajar por el espacio generando problemas ecológicos en el planeta y afectando los entornos locales como la vida oceánica [3]. El hormigón con áridos reciclados es más sostenible, ecológico y rentable a comparación del hormigón con áridos naturales. Entre los agregados reciclados, el agregado para ladrillos de arcilla tiene el potencial de ser el más utilizado debido a la considerable cantidad de desechos de ladrillos de arcilla que se generan en muchos países [4].

El fuerte aumento de residuos sólidos ha aumentado las preocupaciones medioambientales en todo el mundo, optando por buscar posibles sustitutos para una construcción sostenible, los cuales se puede usar los desechos plásticos y vidrio en el reforzamiento de ladrillos [5]. La llegada de la pandemia ha aumentado la cantidad de residuos plásticos, por eso el reciclaje de residuos plásticos y su reutilización como material de construcción ecológico podría disminuir la tendencia a la contaminación ambiental [6].

El aumento de residuos plásticos ha llevado a muchos investigadores a buscar medios innovadores, para reutilizar dicha materia, los materiales de construcción modificados con residuos plásticos han llamado mucho la atención ya que se puede utilizar como árido, arena

y modificador en la fabricación de ladrillos, tejas, etc [7]. La utilización de desechos plásticos en aplicaciones de ingeniería civil tiene el máximo potencial para el consumo en grandes cantidades, lo que también puede ayudar a minimizar los problemas de contaminación [8].

Para obtener una construcción sostenible se puede reutilizar los desechos plásticos en materiales de construcción como ladrillos ecológicos, lo cual ayudaría en eliminar los plásticos en el ambiente abierto además en la reducción del calentamiento global y contaminación ambiental [9].

Actualmente las investigaciones sobre producción de materiales de construcciones sostenibles para fortalecer estructuras han ido en aumento, la reutilización de plásticos es una alternativa para reforzar ladrillos cocidos [10].

Además, el vidrio es un componente de muchos tipos diferentes de productos que la mayoría de la gente usa regularmente y a los que se ha acostumbrado. Es posible que tome la forma de un espejo, una botella de vidrio, la pantalla de un dispositivo móvil, la pantalla de una computadora, las ventanas o puertas de una casa o automóvil, o una mesa [11]. En la actualidad ha aumentado la demanda de vidrio tan en la industria farmacéutica, etc, entonces dicho material se puede reciclar para fabricar materiales de construcción sostenibles que ayuden en la reducción del calentamiento global [12].

Por otra parte, la consistencia característica de los desechos plásticos, como ductilidad, deformabilidad y propiedades hidrofóbicas, ha convertido a estos desechos en el material de desecho más atractivo para la construcción nueva. Además, la alta conductividad térmica frente a las altas temperaturas califica los desechos plásticos para la producción de ladrillos de mampostería [13]. El reciclaje de dichos desechos plásticos para utilizarlos como agregado sustituto en materiales de construcción como ladrillos, mortero y concreto se consideró como una de las soluciones factibles en la gestión de desechos plásticos. También ayuda a reducir la extracción de minerales para obtener materias primas en la industria de la construcción, lo que podría mejorar la sostenibilidad [14].

Asimismo, se utilizó gránulos de tereftalato de polietileno (PET) en ladrillos de tierra estabilizados con cemento, los resultados obtenidos fueron que un ladrillo de tierra estabilizado con cemento al 10 % funcionará bien cuando se agregue un 5 % de PET a los

ladrillos. Los resultados mostraron que los ladrillos mezclados con PET a más del 15% se disuelven durante el proceso de cocción, mientras que para la mezcla de 5% de PET en ladrillo cocido se obtuvo una resistencia a la compresión favorable recomendado por la Asociación de Desarrollo de Ladrillos [15]. Las corporaciones constructivas usan gran cantidad de materiales y la mayoría proviene de recursos naturales, esto causa grandes daños al ecosistema entonces se puede usar los desechos plásticos en los materiales de construcción, esto ayuda también a una forma eficaz de gestionar los desechos plásticos [16].

Hay un 95% de plástico de botellas por todo el mundo el cual no se llega a reciclar o reutilizar considerablemente, siendo la tasa de reciclaje global del 14 %, entonces surge un problema de dimensiones exorbitantes, hasta tal punto En la medida que para el año 2050 se estima que el 99 % de las aves marinas ingerirán este material, esto causara que en el océano la vida marina vaya desapareciendo [17].

Los ladrillos cocidos son otro campo importante para la reutilización de residuos de vidrio y plástico. Dado que la principal composición química de los residuos de vidrio es el dióxido de silicio, esto hace que los residuos de vidrio sean un material favorable para incorporar a los ladrillos cocidos. Algunos estudios han informado que la adición de finos de vidrio mejoró el rendimiento mecánico de los ladrillos y redujo su absorción de agua, Además, algunos investigadores descubrieron que los desechos de vidrio tenían el potencial de reducir la temperatura requerida para el proceso de sinterización debido a la presencia de óxido de sodio y calcio en el vidrio [18]

El uso alternativo de materiales para la construcción sostenible fomenta la estandarización de los residuos y promueve ganancias sociales, ambientales y económicas efectivas a nivel local y garantiza ahorros e ingresos para las comunidades [19]. La fabricación de ladrillos necesita utilizar productos de desecho para lograr el objetivo de aminorar la cantidad de basura producida en el medio ambiente [20].

La investigación del artículo es “Promover el uso de ladrillos ecológicos con vidrio reciclado y plástico como una viabilidad sostenible a los materiales de construcción tradicionales. y como objetivos específicos evaluar la viabilidad y el potencial de los ladrillos ecológicos con vidrio reciclado y plástico como una alternativa sostenible en la industria de la construcción y explorar las ventajas que favorecen en la construcción.

El presente estudio se justifica en base a dos enfoques: práctico y social. La construcción es famosa por su gran necesidad de recursos naturales y por su gran contribución a la emisión de gases generadas por el efecto invernadero. En este contexto, la adopción de ladrillos ecológicos con vidrio reciclado y plástico representa una oportunidad única para abordar la problemática que presenta la gestión de residuos como el de la eficiencia energética en la construcción. Al utilizar materiales reciclados en la fabricación de estos ladrillos, se reducen los desechos plásticos y de vidrio, y se disminuye la huella de carbono de la industria. Además, los ladrillos ecológicos ofrecen ventajas prácticas en la construcción, como un mejor aislamiento y durabilidad, lo que puede contribuir a edificios más eficientes y resistentes.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la utilización de ladrillos ecológicos compuestos por vidrio y plástico reciclados en el contexto actual?

1.3. Hipótesis

El uso de ladrillos ecológicos compuesto por vidrio y plástico reciclado tiene un impacto significativo en la construcción sostenible.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Promover el uso de ladrillos ecológicos con vidrio y plástico reciclado como una viabilidad sostenible a los materiales de construcción tradicionales

Objetivos específicos

- Evaluar la viabilidad y el potencial de los ladrillos ecológicos con vidrio y plástico reciclado como una alternativa sostenible en la industria de la construcción
- Explorar las ventajas que favorecen en la construcción.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Ladrillos Ecológicos

El ladrillo ecológico es un material de construcción fabricado a partir de residuos reciclados o naturales, como plásticos, caucho, residuos de construcción y demolición, tierra comprimida o cenizas volantes. Su fabricación utiliza menos energía y genera menos emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en comparación con los ladrillos tradicionales de arcilla cocida [21].

Vidrio y Plástico Reciclado

El vidrio reciclado es un material de construcción o manufactura obtenido al procesar residuos de vidrio post-consumo o post-industrial. Este material se funde y se reutiliza para fabricar nuevos productos de vidrio, como botellas, envases y materiales de construcción [22].

El plástico reciclado es un material reutilizado obtenido del procesamiento de residuos plásticos, que se reprocessan para fabricar nuevos productos. Este proceso puede involucrar el reciclaje mecánico (triturado y reextrusión) o químico (descomposición de polímeros) [23].

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En la búsqueda de soluciones para abordar los crecientes desafíos ambientales y la necesidad de construir un futuro sostenible, el uso de materiales de construcción ecológica se ha convertido en un tema crucial. Entre estos materiales, los ladrillos elaborados a partir de vidrio reciclado y plástico han emergido como una posible alternativa con un potencial significativo para aminorar la huella ambiental de esta industria. En esta revisión sistemática se investigó la evidencia científica actual sobre la viabilidad, la eficacia y las implicaciones medioambientales de los ladrillos ecológicos fabricados con vidrio reciclado y plástico, proporcionando una visión integral de su estado actual de desarrollo y aplicabilidad en la construcción sostenible.

En primer lugar, se establecerán los objetivos específicos de la revisión. Estos incluyen la identificación y revisión de estudios relacionados con ladrillos ecológicos con vidrio reciclado y plástico, la evaluación de su viabilidad técnica y económica, la evaluación de su impacto ambiental y la identificación de las limitaciones y desafíos en su implementación en la construcción sostenible.

La clasificación de los estudios se llevará a cabo teniendo en cuenta los criterios de selección predefinidos. Se incluyen estudios publicados hasta los últimos 5 años, investigación original y revisiones de literatura pertinentes, y se evaluarán aspectos técnicos, económicos y medioambientales.

Para llevar a cabo la búsqueda de literatura, se utilizará una búsqueda estratégica exhaustiva en bases de datos científicas reconocidas, Scopus, Scielo y WOW - ISI. Se utilizarán términos clave relevantes, como "ladrillos ecológicos", "vidrio reciclado", "plástico reciclado" y "construcción sostenible".

Tabla 1. Distribución de artículos referenciados de acuerdo al año de publicación y base de datos. Fuente: Elaborado por los autores.

Base de datos	Año de publicación					Total
	2019	2020	2021	2022	2023	
Scopus	3	4	4	11	28	50
Scielo	0	1	0	0	0	1
Total	3	5	4	11	28	51

Tabla 2. Resumen, criterios, y resultados de búsqueda en la base de datos Scopus.

Fuente: Elaborado por los autores.

Base de datos	Palabras claves con operadores booleanos	Documentos encontrados	Años de búsqueda	Documentos seleccionados
	(brick AND glass) AND (brick AND plastic)	80	2019-2023	15
Scopus	(ecological-brick AND glass) OR (sustainable-construction AND plastic)	69	2019-2023	11
	(sustainable-construction AND bricks) AND NOT (concrete AND materials)	120	2019-2023	24

III. RESULTADOS

La revisión sistemática ha examinado exhaustivamente una variedad de estudios centrados en el desarrollo y la aplicabilidad de ladrillos ecológicos elaborados a partir de vidrio reciclado y plástico. Los resultados revelan una tendencia prometedora en el uso de dichos materiales en la construcción sostenible, con una creciente cantidad de investigaciones enfocadas en esta área en los últimos años.

Al momento de implementar vidrio en ladrillos mejoraron las rigideces en muros, soportando también más cargas que el muro tradicional, obteniendo fallas mínimas en sus propiedades mecánicas [24].

La resistencia a la compresión a la que se intentó llegar fue a la de 100 Kg/cm² como parámetro, La resistencia de la mezcla 1 es de 128,10 kg/cm², sustituyendo el 2% de arena por PET. Sin embargo, al considerar el propósito de producir ladrillos de carga, la Mezcla 2 que contiene 3,5% de PET es adecuada porque su resistencia alcanza los 109,6 Kg/cm², lo que lo hace competitivo con los ladrillos tradicionales y facilita el reciclaje de mayores cantidades de PET [25].

En la prueba de durabilidad, todos los tratamientos difirieron estadísticamente del tratamiento control, especialmente los tratamientos adicionados con 1.5% y 3.0% PET que mostraron los valores de resistencia más altos. En cuanto a la prueba de compresión los valores más altos fueron con 1,5% de PET antes de los 28 días y para ladrillos con 1,5 y 3,0% de PET después de los 28 días de secado. Sólo el tratamiento agregado con 1,5% PET antes de la prueba de durabilidad y los con 1,5% y 3,0% PET después de los 28 días, cumplieron con las normas ABCP (1989) y NBR 10834 (ABCP 2013), que fijaron 2,0 MPa como mínimo de compresión. [26].

La resistencia a la compresión aumenta a medida que aumenta el nivel de reemplazo de polvo de vidrio por arcilla según muestras con el 05/15 % P/G tener un 30% pérdida de fuerza; adicionalmente la caída es del 90% para el ladrillo de arcilla con el 20/00% P/G [27].

El uso de vidrio en los ladrillos es muy efectivo y tanto la tensión última como las deformaciones de las muestras confinadas son mayores que las de las muestras de control o no reforzadas, además la rigidez de las muestras reforzadas es mayor que las muestras de control [28].

La resistencia a la compresión de la muestra M2 es sólo el 70% de la muestra M1. Esto se debe a que esa muestra M2 es más propensa a la inestabilidad debido a la existencia de grietas. La resistencia a la compresión del espécimen M3 aumenta en un 25,17% a comparación de la del espécimen M2, lo que indica que el método reforzado puede mejorar efectivamente la resistencia a la compresión de la mampostería de ladrillo tradicional [29].

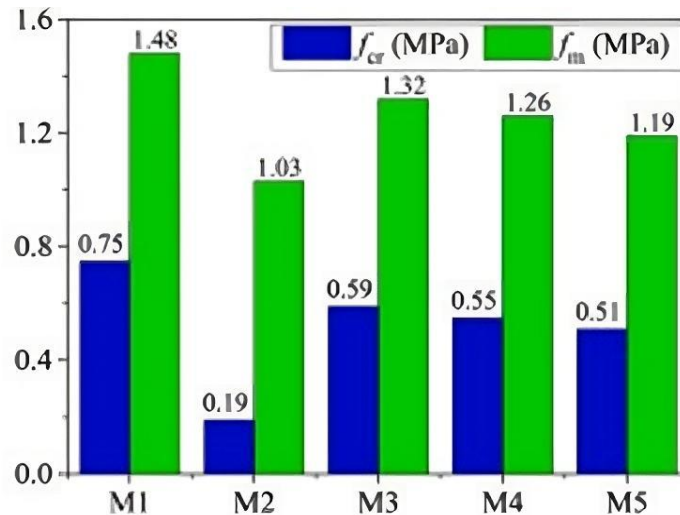


Figura 1. Resultados de las pruebas de las muestras. Fuente: [29].

Los ladrillos con una proporción de plástico a arena de 3:2 produjeron los mejores resultados entre todos los demás ladrillos, y cada ladrillo tenía una resistencia a la compresión que era casi mayor que la de otros ladrillos, El valor de la resistencia a la compresión era de 22,7 MPa si no se aplica betún y se utilizaba solo plástico, entonces se llegó al resultado que usando un 60% de plástico y 40% de arena se puede llegar a una resistencia máxima de 37.5 MPa, siendo así óptimo y mejor que las demás muestras de ladrillo [30].

El valor promedio de conductividad térmica fue de $0,99 \pm 0,05$ W/mK y de calor específico de $1,64 \pm 0,01$ MJ/m³ K. Las muestras de CGM analizadas también se caracterizan por una baja difusividad térmica, que fue de $0,61 \pm 0,03$ $\mu\text{m}^2/\text{s}$. Entonces para [31] demostró que se obtienen mejores resultados en propiedades térmicas como difusividad térmica 8% y disminución de calor específico 10%.

La densidad de los ladrillos experimenta una disminución gradual a medida que se incrementa la proporción de polvo plástico en su composición. La reducción en la densidad alcanza un 21,5 % cuando los ladrillos contienen un 15 % de polvo plástico. Cada aumento del 1 % en la sustitución del polímero se traduce en una disminución de aproximadamente el 1,7 % en la densidad de los ladrillos. De acuerdo con las pautas de IS-875, la densidad

óptima para los ladrillos debería oscilar entre 1600 kg/m³ y 1900 kg/m³. Los ladrillos producidos presentan una densidad por debajo de este rango, lo que los clasifica como ladrillos livianos [32].

Para desarrollar modelos empíricos para pronosticar la resistencia a la compresión de bloques de adoquines de arena de plástico, los valores de R de 0,87 para GEP y 0,91 para MEP para resistencia a la compresión revelan una relación relativamente significativa entre los valores previstos y reales, se estimó que el plástico aporta casi el 50% del total [33].

En cuanto a la resistencia a la flexión, agregar 15 % de vidrio triturado y 10 % de plástico produjo una mejora significativa del 56 % (de 3,4 a 5,3 kN/m²) para las muestras endurecidas durante 90 días. proporcionando una estrategia prometedora para crear materiales de construcción sostenibles y de alto rendimiento [34].

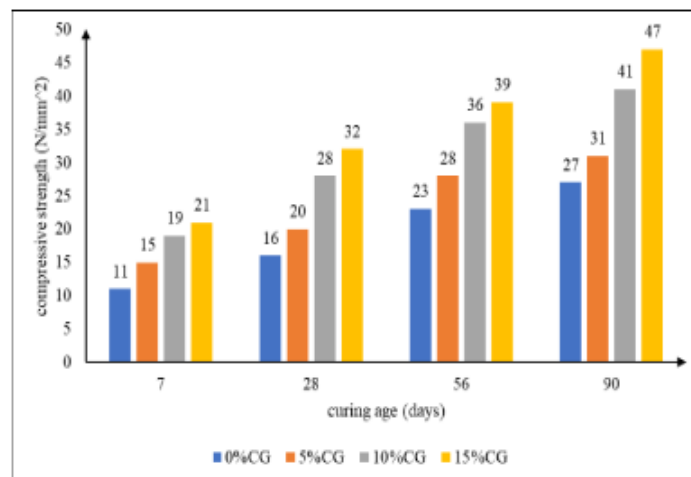


Figura 2. Resultados de resistencia a la compresión para % diferente adicional de vidrio triturado (CG). Fuente: [34]

Los hallazgos experimentales actuales están en línea con las conclusiones previamente establecidas por [35], quien observó que la inclusión de PET en la composición de los bloques de ladrillo generó una reducción en la resistencia del hormigón en comparación con el hormigón convencional a lo largo de distintas fases de curado. Esta disminución en la resistencia se atribuye al hecho de que el PET reciclado, al igual que otros tipos de agregados plásticos, exhibe una resistencia a la compresión más baja en comparación con los agregados finos de origen natural.

La resistencia a la compresión en ladrillos se encuentra fuertemente influenciada por factores como el grado de compactación, el proceso de cocción y la ausencia de impurezas. Los

resultados obtenidos en las pruebas revelaron que la resistencia a la compresión varió notablemente, con valores que oscilaron entre 5,15 N/mm² como el más alto y 0,85 N/mm² como el más bajo. Los datos obtenidos sugieren que la incorporación de desechos plásticos tuvo un impacto positivo en la disminución de la resistencia de los ladrillos. [36].

Se llevó a cabo una evaluación comparativa de la resistencia a la compresión entre el PET-Cemento, el PET-Arcilla, la botella de PET y la resina PET-epoxi. Los resultados de esta comparación se encuentran representados en la Figura 3. Se observa que los ladrillos ecológicos elaborados mediante la combinación de resina epoxi y PET exhiben una resistencia a la compresión superior en contraste con las otras mezclas [37]

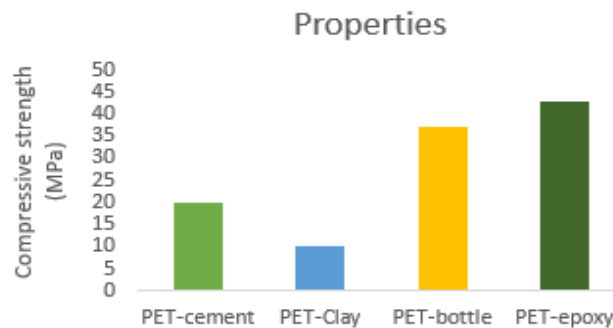


Figura 3. Comparación de la resistencia a la compresión de los ecoladrillos. Fuente: [37]

La resistencia a la compresión aumenta gradualmente y alcanza su máximo con una sustitución del 5% de los agregados gruesos por plástico reciclado, registrando 27,6 MPa el día 28, un 17% más que la muestra de referencia (23,5 MPa). Además, se propone que se utilice de un 5% a 7.5% de plástico reciclado en ladrillos de cemento ya que en su comprobación tiene mejores resultados que el convencional.

Los resultados del estudio evidenciaron de manera concluyente que los ladrillos elaborados a partir de materiales de desecho exhiben un impacto ambiental significativamente reducido en comparación con los ladrillos convencionales. Este hallazgo subraya la valiosa contribución de la reutilización de materiales en la construcción sostenible, reduciendo la demanda de recursos naturales. [38].

Por lo tanto, la conformidad con los estándares de resistencia a la compresión demuestra la capacidad de estos ladrillos para soportar las cargas requeridas en proyectos de construcción convencionales, garantizando la seguridad estructural. Además, la satisfactoria reducción en la absorción de agua resalta su durabilidad y resistencia a factores climáticos y ambientales,

asegurando su calidad a lo largo del tiempo. [39].

La adición de las fibras de plástico y vidrio al mortero se obtuvieron mejores resultados en cuanto a la muestra de control (sin fibras). Mientras se aumenta hasta 1.5% de fibras se obtiene un aumento en la resistencia a la compresión [40].

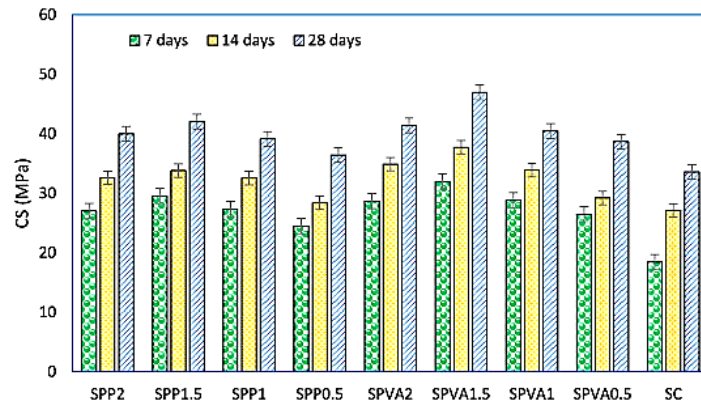


Figura 4. Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Fuente: [40]

Los ladrillos para techo reforzados con yeso y desechos plásticos muestran resultados contrarios a los autores anteriormente mencionados puesto que la densidad, la resistencia a compresión y flexión disminuyen en un 26% a la muestra de control, pero aun así cumplen con el límite aceptable [41].

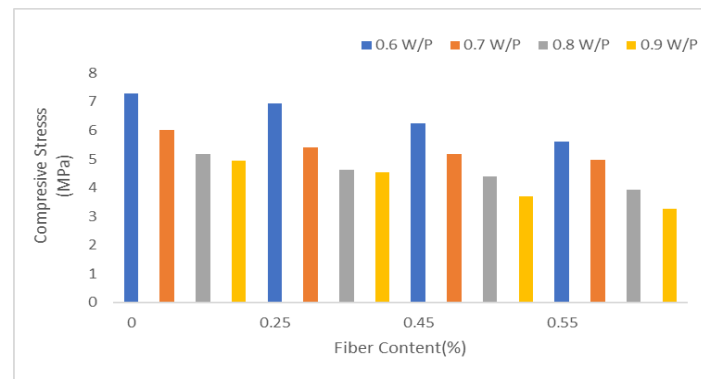


Figura 5. Efecto de diferentes contenidos de fibra con una relación a/p variable sobre la resistencia a la compresión de compuestos de yeso. Fuente: [41]

Al agregar 5% de plástico reciclado y 0.5% de polipropileno en la mezcla de concreto para ladrillos, se alcanza una mejor resistencia a compresión que la muestra de control, se observa en la siguiente figura [42].

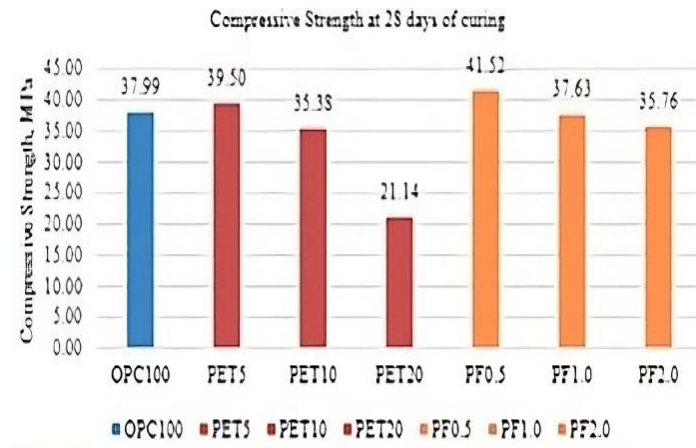


Figura 6. Resistencia a la compresión promedio de todas las muestras a los 28 días de curado. Fuente: [42]

La adición de plástico a los ladrillos sin cocer mejoró la durabilidad, pero redujo la resistencia y permeabilidad al vapor [43]

En cuanto a la utilización de plástico triturado, se obtuvo la mayor resistencia cuando se aplica el 1% de estos residuos en ladrillos de tierra, alcanzando una mayor resistencia a la compresión de 244.4% esto se debe a que sus partículas son inferiores a 6.3mm [44].

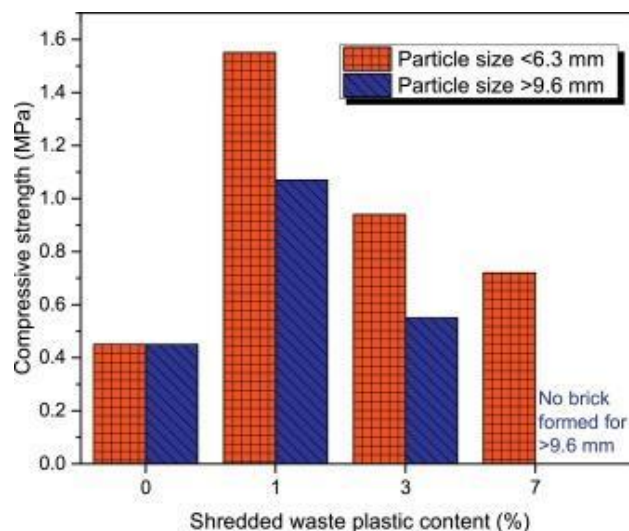


Figura 7. Variación de la resistencia a la compresión con residuos de plástico triturados. Fuente: [44]

La resistencia a compresión de ladrillos plásticos con relación a 1:4 – plástico:arena, es el que presta mayor resistencia a la compresión, alcanzando una resistencia de 209.06 kN, además superando al ladrillo de arcilla roja [45].

El uso de fibras plásticas y telas de poliestireno en muestras de ladrillos de adobe tuvieron

un mejor rendimiento que los ladrillos de adobe tradicionales y cumplieron con los requisitos de resistencia a la compresión de ASTM y las normas turcas [46].

Los residuos de plástico PET derretido se mezclaron con arena en tres composiciones diferentes: 1:1, 1:2 y 1:3. La resistencia a la compresión más alta de 11,5 N/mm² se obtuvo con una proporción de mezcla de 1:2 [47].

Se ensayaron muestras de ladrillo plásticos y ladrillo convencional, donde se obtuvieron resultados como el ladrillo plástico su resistencia fue de 191.35 kN, mientras que el convencional fue de 178.95 kN [48]

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

El efecto positivo del uso de vidrio y cemento en cada prueba de ladrillos es óptimo, porque la resistencia a la compresión alcanzada de ladrillo mejorado con cemento y vidrio es de 25.5 MPa en comparación con el ladrillo simple [36].

Varios investigadores han incorporado el plástico en sus estudios con el propósito de mitigar la generación de desechos de plástico PET, lo que conlleva a una disminución en la incidencia de fracturas debidas a la contracción. Sin embargo, su eficacia se ve reflejada en la resistencia a la tracción la cual es relativamente limitada [41]

Estas consideraciones subrayan la complejidad de la transición hacia la construcción sostenible, que requiere un enfoque multidimensional y la colaboración de múltiples partes interesadas para alcanzar un equilibrio óptimo entre la ecoeficiencia y la viabilidad en el mercado [28].

Algunos investigadores se centran únicamente en el desarrollo productivo de materias primas y en la producción de ecoladrillos, ignorando deliberadamente el posible impacto ambiental durante las fases de transporte y disposición final [37].

El uso de fibras plásticas y telas de poliestireno en muestras de ladrillos de adobe tuvieron un mejor rendimiento que los ladrillos de adobe tradicionales y cumplieron con los requisitos de resistencia a la compresión de ASTM y las normas turcas [40].

CONCLUSIONES

En conclusión, los ladrillos ecológicos con vidrio y plástico reciclados emergen como una solución efectiva para abordar la problemática de la acumulación de residuos y reducir la huella ecológica en la industria de la construcción. Representan un enfoque prometedor para transformar desechos en recursos valiosos.

La revisión ha demostrado que estos ladrillos poseen propiedades mecánicas y físicas adecuadas, lo que los hace aptos para diferentes aplicaciones dentro de la construcción. Su resistencia, durabilidad y capacidad de aislamiento térmico se traducen en un alto potencial para su uso en proyectos sostenibles.

Desde una perspectiva ambiental, la fabricación de ladrillos ecológicos contribuye a la

disminución de la contaminación ambiental, al disminuir la demanda de recursos naturales no renovables y al reducir la acumulación de desechos en vertederos. Esto respalda los objetivos de sostenibilidad a nivel global.

A pesar de sus ventajas, la falta de regulaciones y estándares claros en la producción y uso de ladrillos ecológicos plantea desafíos en términos de calidad y seguridad. Se requiere la implementación de normativas que garanticen la idoneidad de estos materiales en proyectos de construcción.

V. REFERENCIAS

- [1] Y. Arbi, N. Mahmoudi y A. Djebli, «Manufacturing and testing of waste PET reinforced with sand bricks,» *Journal of Composite Materials*, vol. 57, n° 16, pp. 2513-2526, 2023.
- [2] A. Singh, A. Srivastava, G. Singh, A. Singh, H. Singh, A. Kumar y G. Singh, «Utilization of plastic waste for developing composite bricks and enhancing mechanical properties,» *A review on Challenges and opportunities. Advances in Polymer Technology*, pp. 1-24, 2023.
- [3] Z. Zhang, Y. Wong, M. Sofi y P. Mendis, «Incorporation of glass and plastic waste into Alkali-Activated mill residue bricks,» *Sustainability*, vol. 14, n° 24, p. 16533, 2022.
- [4] K. Chaiyasarn, Q. Hussain, P. Joyklad y K. Rodsin, «New hybrid basalt/E-glass FRP jacketing for enhanced confinement of recycled aggregate concrete with clay brick aggregate,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 14, p. e00507, 2021.
- [5] Z. Tang, W. Li, V. Tam y C. Xue, «Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials,» *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 6, p. 100036, 2020.
- [6] O. Adiyanto, E. Mohamad y J. Razak, «Systematic Review of Plastic Waste as Eco-Friendly aggregate for Sustainable Construction,» *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, vol. 13, n° 2, 2022.
- [7] P. Lamba, D. Kaur, S. Raj y J. Sorout, «Recycling/reuse of plastic waste as construction material for sustainable development: a review,» *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, n° 57, 2021.

- [8] K. Meshram, A. Vidya y R. Mullapudi, «Review of the utilization of plastic wastes as a resource material in civil Engineering infrastructure applications,» *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, vol. 26, n° 4, 2022.
- [9] E. Atienza, R. De Jesus y J. Ongpeng, «Development of foam fly ash geopolymer with recycled High-Density Polyethylene (HDPE) plastics,» *Polymers*, vol. 15, n° 11, p. 2413, 2023.
- [10] I. Dollente, D. Valerio, P. Quiatchon, A. Abulencia, M. Villoria, L. Garciano, M. Promentilla, E. Guades y J. Ongpeng, «Enhancing the mechanical properties of historical masonry using Fiber-Reinforced geopolymers,» *Polymers*, vol. 15, n° 4, p. 1017, 2023.
- [11] C. Epure, C. Munteanu, B. Istrate, M. Harja y F. Buium, «Applications of Recycled and Crushed Glass (RCG) As a Substitute for Natural Materials In Various Fields— A Review,» *Materials*, vol. 16, n° 17, p. 5957, 2023.
- [12] G. Tameni, F. Cammelli, H. Elsayed, F. Stangherlin y E. Bernardo, «Upcycling of Boro-Alumino-Silicate pharmaceutical glass in sustainable construction materials,» *Detritus*, vol. 20, pp. 17-21, 2022.
- [13] A. Ikechukwu y C. Shabangu, «Strength and durability Performance of masonry bricks produced with crushed glass and melted PET plastics,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 14, p. e00542, 2021.
- [14] V. Athithan y L. Natarajan, «Reuse of plastic waste as building materials to Enhance sustainability in construction: A review,» *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 8, n° 8, 2023.
- [15] J. Akinyele, U. Igba y B. Adigun, «Effect of waste PET on the structural properties of burnt bricks,» *Scientific African*, vol. 7, p. e00301, 2020.
- [16] B. Jethy, S. Paul, S. Das, A. Adesina y S. Mustakim, «Critical review on the evolution, properties, and utilization of plasticwastes for construction applications,» *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 24, n° 2, pp. 435-451, 2022.
- [17] M. Małek, J. Kluczyński, W. Łasica, M. Jackowski, I. Szachogłuchowicz, J. Łuszczek, J. Torzewski y K. Grzelak, «Performance properties of Cement–Glass Composite bricks (CGCB) with additively manufactured (AM) polymeric scaffolding,» *Materials*, vol. 16, n° 5, p. 1909, 2023.
- [18] L. Sobhee y D. Kalumba, «Use of recycled waste plastic bottles in a ground engineering technology,» *Scientific African*, vol. 21, p. e01845, 2023.

- [19] T. Ferreira, G. Mendes, A. De Oliveira y C. Dias, «Manufacture and characterization of polypropylene (PP) and High-Density Polyethylene (HDPE) blocks for potential use as masonry component in civil construction,» *Polymers*, vol. 14, n° 12, p. 2463, 2022.
- [20] P. Padmalosan, S. Vanitha, V. Kumar, A. M. R. Tiwari, N. Dhapekar y A. Yadav, «An investigation on the use of waste materials from industrial processes in clay brick production,» *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [21] M. Martins, M. Ferreira, R. Ribeiro, D. Cruz y M. Gomes, «Ecological bricks from dimension stone waste and polyester resin,» *Construction and Building Materials*, 2020.
- [22] N. Thongyong, S. Siriroj, J. Padchasri, N. Chanlek, S. Kheawhom y P. Kidkhunthod, «Effect of recycled glass-V2O5 composite for stabilizing cathode capacity of lithium-ion batteries,» *Materialia*, 2024.
- [23] S. Bharadwaaj, M. Jaudan, P. Kushwaha, A. Saxena y B. Saha, «Exploring cutting-edge approaches in plastic recycling for a greener future,» *Results in Engineering*, 2024.
- [24] H. Kashani, M. Shakiba, M. Bazli, S. Hosseini y S. Mortazavi, «The structural response of masonry walls strengthened using prestressed near surface mounted GFRP bars under cyclic loading,» *Materials and Structures*, vol. 56, n° 6, 2023.
- [25] M. Gareca, «NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS a BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS,» *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, pp. 2225-8787, 2020.
- [26] S. Metzker, T. Sabino, J. Mendes, A. Ribeiro y R. Mendes, «Soil-Cement bricks development using polymeric waste,» *Research Square (Research Square)*, 2021.
- [27] R. Mohsin, H. Al-Khazraji, S. Zemam, T. Majeed y A. Abbood, «Investigation of wastes plastic and glass to enhance physical - mechanical properties of fired clay brick,» *Civil and Environmental Engineering*, vol. 19, n° 1, pp. 248-259, 2023.
- [28] K. Rodsin, «Confinement effects of glass FRP on circular concrete columns made with crushed fired clay bricks as coarse aggregates,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 15, p. e00609, 2021.
- [29] Q. Xie, W. Hao, Y. Zhang y D. Xu, «Compressive properties of traditional brick masonry with crack reinforced with GFRP bars embedded in the horizontal mortar joint,» *Journal of Building Engineering*, vol. 78, p. 107732, 2023.

- [30] N. Koppula, J. Schuster y Y. Shaik, «Fabrication and experimental analysis of bricks using recycled plastics and bitumen,» *Journal of composites science*, vol. 7, n° 3, p. 111, 2023.
- [31] M. Małek, K. Grzelak, W. Łasica, M. Jackowski, J. Kluczyński, I. Szachogłuchowicz, J. Torzewski y J. Łuszczek, vol. 52, p. 104429, 2022.
- [32] M. Idrees, A. Akbar, F. Saeed, M. Gull y S. Eldin, «Sustainable production of Low-Shrinkage fired clay bricks by utilizing waste plastic dust,» *Alexandria Engineering Journal*, vol. 68, pp. 405-416, 2023.
- [33] B. Iftikhar, S. Alih, M. Vafaei, M. Javed, M. Rehman, S. Abdullaev, N. Tamam, M. Khan y A. Hassan, «Predicting compressive strength of eco-friendly plastic sand paver blocks using gene expression and artificial intelligence programming,» *Scientific Reports*, vol. 13, n° 1, 2023.
- [34] A. Firoozi, A. Firoozi y D. Oyejobi, «ENHANCING CONCRETE PERFORMANCE BY UTILIZING CRUSHED GLASS AND WASTE BOTTLE PLASTIC FIBERS FOR IMPROVED STRENGTH AND FLEXURAL PROPERTIES,» *Jurnal teknologi*, vol. 85, n° 6, pp. 47-57, 2023.
- [35] S. Sarwar, M. Shaibur, M. Hossain, M. Hossain, I. Ahmmed, F. Ahmed, M. Sarker y A. Shamim, «Preparation of environmental friendly plastic brick from high-density polyethylene waste,» *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 7, p. 100291, 2023.
- [36] J. O. I. U. A. T. Akinyele y P. Jimoh, «Structural efficiency of burnt clay bricks containing waste crushed glass and polypropylene granules,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, p. e00404, 2020.
- [37] O. Adiyanto, E. Mohamad, R. Jaafar, M. Faishal y M. Rasyid, «Optimization of PET Particle-Reinforced epoxy resin composite for Eco-Brick application using the Response Surface methodology,» *Sustainability*, vol. 15, n° 5, p. 4271, 2023.
- [38] S. Intan y S. Santosa, «Life cycle assessment of bricks made from waste of building material and plastics (LDPE and PET),» *IOP conference series*, vol. 398, p. 012002, 2020.
- [39] M. Ñañez, L. Sánchez y E. Yactayo, «Valorization and reuse of construction and demolition waste for its transformation into ecological bricks,» *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, vol. 10, n° 6, pp. 150-157, 2023.
- [40] S. Y. J. Nazar, M. Amin, M. Husnain, F. Ahmad y H. Alabduljabbar, «Investigating

the influence of PVA and PP fibers on the mechanical, durability, and microstructural properties of one-part alkali-activated mortar: an experimental study,» *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 25, pp. 3482-3495, 2023.

- [41] R. Alyousef, W. Abbass, F. Aslam y M. Shah, «Potential of waste woven polypropylene fiber and textile mesh for production of gypsum-based composite,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e02099, 2023.
- [42] L. Chan, Z. Aziz y M. Ghazali, «The performance of lightweight concrete with recycled polyethylene terephthalate and polypropylene as demising wall,» *Environmental and Climate Technologies*, vol. 26, n° 1, pp. 1323-1336, 2022.
- [43] D. Muheise y S. Pavía, «Properties of unfired, illitic-clay bricks for sustainable construction,» *Construction and Building Materials*, vol. 268, n° 121118, 2021.
- [44] I. Akinwumi, A. Domo-Spiff y A. Salami, «Marine plastic pollution and Affordable Housing challenge: Shredded waste plastic stabilized soil for producing compressed earth bricks,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 11, p. e00241, 2020.
- [45] A. Solomon, J. Shelton y C. Daniel, «Turning low-density polyethylene plastic waste into plastics bricks for sustainable development,» *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [46] B. Messahel, N. Onyenokporo, E. Takyie, A. Beizae y M. Oyinlola, «Upcycling Agricultural and Plastic Waste for Sustainable Construction: A review,» *Environmental technology reviews*, vol. 26, n° 4, 2022.
- [47] Y. Babatunde, R. Ibrahim y D. Oguntayo, «Effect of mix proportion on the strength and durability of plastic and sand composite for construction applications,» *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 7, n° 6, 2022.
- [48] P. Kulkarni, V. Ravekar, P. Rao, S. Waigokar y S. Hingankar, «Recycling of waste HDPE and PP plastic in preparation of plastic brick and its mechanical properties,» *Cleaner materials*, vol. 5, 2022.

