

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACION

**Influencia de las propiedades físicas de ladrillos
elaborados con materiales reciclados**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE BACHILLER EN
INGENIERIA CIVIL**

Autores:

Cabrejos Nuñez Oscar Daniel

<https://orcid.org/0009-0007-0943-236X>

Guevara Llatas Luis Enrique

<https://orcid.org/0000-0003-3606-9301>

Asesora

PhD. Heredia Llatas Flor Delicia

<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

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 Ciencia de los Materiales, Diseño e
Infraestructura**

Pimentel – Perú

2024



Universidad
Señor de Sipán

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos estudiante (s) del Programa de Estudios de **la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

Influencia de las propiedades físicas de ladrillos elaborados con materiales reciclados

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 con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Cabrejos Nuñez Oscar Daniel	73144184	
Guevara Llatas Luis Enrique	73527632	

Pimentel, 26 de Agosto de 2024

PAPER NAME

**Trabajo de investigacion para grado de b
achiller. - copia**

AUTHOR

-

WORD COUNT

8145 Words

CHARACTER COUNT

44119 Characters

PAGE COUNT

38 Pages

FILE SIZE

52.2KB

SUBMISSION DATE

Aug 26, 2024 9:52 PM GMT-5

REPORT DATE

Aug 26, 2024 9:52 PM GMT-5**● 8% Overall Similarity**

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

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

Dedicatoria

A nuestros padres, por su amor incondicional y apoyo constante a lo largo de nuestras vidas. Su sacrificio y dedicación han sido la base de nuestro éxito. Gracias por estar siempre ahí, por animarnos a seguir adelante en los momentos más difíciles y por creer en nosotros.

A nosotros mismos por el esfuerzo y la perseverancia y dedicación. Ha sido un camino largo y difícil, pero finalmente lo logramos. Estamos orgullosos de nosotros por haber superado los obstáculos y alcanzado nuestras metas.

Agradecimiento

Con profunda estima y reconocimiento, extiendo mi más sincera gratitud a Dios por permitirnos culminar una etapa de nuestras vidas profesional, por tener y disfrutar de nuestra familia, quien, con su apoyo incondicional constante en nuestras vidas, hemos podido lograr nuestro éxito. Este proyecto también va dedicado a nuestros padres, con sus enseñanzas y apoyo incondicional fue nuestra base para poder seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION.....	1
1.1.	Realidad Problemática.....	1
1.2.	Formulacion del Problema.....	6
1.3.	Hipótesis	11
1.4.	Objetivos	11
1.5.	Teorías relacionadas al tema.....	20
II.	METODO DE INVESTIGACION.....	31
III.	RESULTADOS.....	40
IV.	DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	42
V.	Referencias	44

ANEXOS

RESUMEN

La presente revisión aborda la rápida evolución del sector de la construcción y las crecientes demandas de recursos en este ámbito, con un enfoque particular en la problemática de los desechos biodegradables en la ciudad de Chiclayo. Estos desechos, incluyendo vidrio y plástico, se han convertido en una preocupación ambiental significativa, afectando la salud pública y la biodiversidad local. En respuesta a este desafío, la reutilización de materiales reciclados en la producción de ladrillos ha emergido como una estrategia prometedora para reducir costos y mitigar el impacto ambiental. Diversos estudios han demostrado que integrar materiales reciclados puede disminuir los costos de producción en hasta un 20% y reducir la huella de carbono en un 30% en comparación con los métodos tradicionales. Esta revisión examina específicamente la influencia de incorporar hasta un 15% de vidrio reciclado y de plástico reciclado en la fabricación de ladrillos macizos artesanales, analizando la viabilidad técnica, económica y ambiental de esta práctica. Los hallazgos sugieren que el uso de estos materiales reciclados no solo es viable, sino que también contribuye significativamente a la reducción de residuos y a la promoción de prácticas sostenibles en la construcción, ofreciendo un enfoque innovador para enfrentar la problemática de la contaminación en Chiclayo.

Palabras Clave: Físicas, ladrillo, reciclado, vidrio, plástico.

ABSTRACT

This review addresses the rapid evolution of the construction sector and the growing demands for resources in this area, with a particular focus on the problem of biodegradable waste in the city of Chiclayo. This waste, including glass and plastic, has become a significant environmental concern, affecting public health and local biodiversity. In response to this challenge, the reuse of recycled materials in brick production has emerged as a promising strategy to reduce costs and mitigate environmental impact. Various studies have shown that integrating recycled materials can reduce production costs by up to 20% and reduce the carbon footprint by 30% compared to traditional methods. This review specifically examines the influence of incorporating up to 15% recycled glass and 10% recycled plastic in the manufacture of artisanal solid bricks, analyzing the technical, economic and environmental feasibility of this practice. The findings suggest that the use of these recycled materials is not only viable, but also contributes significantly to the reduction of waste and the promotion of sustainable practices in construction, offering an innovative approach to face the problem of pollution in Chiclayo.

Keywords: Physics, brick, recycled, glass, plastic.

INTRODUCCION.

1.1. Realidad Problemática.

El uso de vidrio y plástico va en aumento en la industria de la construcción, últimamente estos desechos biodegradables se han tomado en cuenta para realizar trabajos y estudios de sus propiedades físico y mecánico en el ámbito de la construcción de obras civiles, y de esa manera también poder ayudar a mantener un medio ambiente agradable.

Internacional

En Estados Unidos, según Cardona, et.al. (2020), se ha reportado que anualmente se producen decenas de toneladas de desechos de vidrio y plástico; solo el 60% va los sanitarios, lo cual está afectando gravemente a al medio ambiente, por ello, realizando diversas investigaciones se optó tomar como un componente principal para la elaboración de ladrillos de construcción y así obtener una mejora respecto a los ladrillos tradicionales y también de esa manera contribuir con eliminación de contaminación de nuestro ecosistema.

En Colombia, según Villaquirán, et.al. (2021), debido a los diversos problemas de acciones térmicas y corrosivas en los ladrillos tradicionales, se tomó como medida realizar mezclas con residuos de vidrios (componente de mullita), para así obtener un producto que tenga un blindaje y también sea resistente al desgaste o algún otro problema de acciones mecánicas graves; además en cuanto a la producción, la inclusión de esta hará que el producto se obtenga en bajos presupuestos.

En Turquía, según Gencil, et.al. (2021), al contener millones de desecho de vidrio día a día y con el problema de reciclaje, la mejor forma de eliminar este problema fue darle uso como elemento para realizar ladrillos, al hacer diversos estudios se especifica que solo se añade de 0 a 15% de los residuos, la cual generaron mayor durabilidad y resistencia térmica. También al someterse a más

pruebas generaron una absorción de agua de entre 5.3 a 12.6% la cual clasifica como un ladrillo de primera clase y más sofisticado según las normas ASTM.

En Australia, según Saleem, et.al. (2018), en el país se genera aproximadamente 3 millones de toneladas de desecho de vidrio, esto conlleva a reutilizar estos materiales como implemento para la producción de ladrillos; al realizar diversos estudios se incorporó residuos de vidrio en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, las propiedades física-mecánicas y térmicas fueron muy diferentes a comparación de los ladrillos comunes, también se observó un incremento de 37% a la resistencia, una reducción a la porosidad y mayor absorción al agua.

En Nigeria, según Akinyele & Oyelakin (2022), de acuerdo a las condiciones que se encuentra actualmente el medio ambiente y también la necesidad de preferir el uso de otras materias para la construcción, se ha tomado los desechos biodegradables de plástico como como materia prima en remplazo del cemento arcilla y arena para la elaboración de ladrillos. Se realizaron estudios de estos productos, también se sometieron a pruebas mecánicas y de absorción, las cuales arrojaron resultados positivos y que eran buenos para su uso.

En India, según Bhat, et.al. (2020), se realizaron hallazgos de grandes cantidades de desechos de residuos sólidos, el principal material que se ha presentado en gran porcentaje son los residuos de plástico, la cual se han tomado medidas para la eliminación; también se optó por la utilización como materia prima para realizar la producción de ladrillos; cuyo objetivo era realizar comparaciones acerca de sus propiedades mecánicas y también verificar si era más eficiente respecto a los ladrillos comunes.

En Malasia, según Uvarajan, et.al. (2021), los residuos plásticos (PW) están incrementando considerablemente y han generado una alarma para el medio ambiente, por ende, se ha previsto utilizar estos residuos de plástico como material para la construcción. Los materiales convencionales para la producción de ladrillos y adoquines generan mucho gasto de energía, la cual también genera impacto en la contaminación ambiental, por ello se ha propuesto la reutilización de las grandes cantidades de residuos plásticos como materia prima para la fabricación de ladrillos. Durante las pruebas de resistencia a la comprensión y

absorción se obtuvo resultados efectivos, la cual se afirma que estas fuentes de PW serán material sostenible para el futuro.

En Colombia, según Mozo, et.al. (2019), al realizar los tratamientos de vertederos se presentaron problemas de exceso de residuos sólidos que generaban la lixiviación de nitrógeno y gran contaminación ambiental. Los desechos contenían materiales como el vidrio en gran magnitud por ello se tomó como alternativa para la producción ladrillos; se realizó estos estudios para reemplazar los materiales convencionales como la arcilla por el vidrio reciclado. Los resultados obtenidos en cuanto a la resistencia a la compresión y absorción de agua cumplieron con el código técnico colombiano y pueden utilizarse como ladrillos estructurales y no estructurales, por otra parte, también reducirá el impacto ambiental de los desechos de vidrio en el ecosistema al ser reutilizados.

Nacional

En Lima, según Aduato, et.al. (2021), para generar una mejora en las construcciones del país y también colaborar con el apoyo para un buen fin ambiental, se realizó estudios para utilizar los desechos biodegradables como el vidrio y también el tereftalato de polietileno (PET), al realizar el uso de estos para hacer ladrillos se connoto que trabajaban de manera , ya que brindaban los siguientes resultados, el uso de PET incrementa la absorción pero el vidrio actuaba de manera contraria, en cuanto a la resistencia, los residuos de vidrio hacia aumento y el PET lo disminuye.

En Lima, según Aguirre & Ubillús (2020), con el objetivo reciclar y ayudar combatir la contaminación ambiental, se desarrolló una planta piloto trituradora de plástico, que será de uso para proveer material para la producción de ladrillos ecológicos. Se plantearon ciertos parámetros como cumplir con las dimensiones y capacidades adecuadas para así obtener resultados positivos, con el propósito de tener un producto con material biodegradable, a bajo costo y también que impulsa a las personas a optar por nuevas fuentes de materia prima para el ámbito de la construcción.

En Lima, según Felix & Sanchez (2020), se tomó el vidrio reciclado como material de investigación para ser utilizado como agregado para la producción de ladrillos; cuyo objetivo es verificar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos a base de materiales biodegradables, por el cual los resultados fueron efectivos ya que las propiedades mecánicas y físicas cumplieron con todos los parámetros planteados y también se concluyó que la utilización de estos materiales biodegradables genera gran aporte para el cuidado del medio ambiente.

En Cusco, según Torres & Luza (2019), con la necesidad de combatir la contaminación ambiental por los desechos de plástico y producción de CO₂ por parte de las fábricas de ladrillo, se propuso la utilización de plástico reciclado como materia prima para la elaboración de ladrillos. Se realizaron estudios de las propiedades físicas y mecánicas con la incorporación de 5%, 10%, 15% y 20% de fragmentos de plástico para así compararlos con los ladrillos comunes. Los resultados obtenidos cumplen con los parámetros que plantean las normas E070 de albañilería, cabe destacar que la resistencia de cortante axial fue 5% mayor que los ladrillos convencionales.

En Lima, según Alvarado & Terán (2021), se propuso realizar un proceso de reciclaje ya que se contaba con muchos materiales desechables en el distrito de San Juan de Miraflores y Santa Anita – Lima; para llevar a cabo una investigación el material principal de reciclaje era el vidrio, se contó con la participación de tiendas, vecinos y distribuidoras para el reciclaje de esta materia, la cual se percibió el material en botellas de gaseosas, bebidas alcohólicas, vidrios oscuros, entre otros. Se realizó un diseño experimental y aplicada; realizando un análisis granulométrico se determinó que el material cumplía con los requisitos para ser utilizado como material para elaborar ladrillos y que generaba un impacto positivo ya que se buscaba erradicar la contaminación con la reutilización de estos materiales como opción de materia prima.

En Lima, según Flores (2018), de acuerdo a la excesiva producción de plástico desechables en la ciudad, como alternativa de solución se optó utilizar estas como materia prima para la producción de ladrillos, cuyo objetivo es determinar dimensiones, masa y resistencia a la compresión. Se tomaron dos tipos

de muestras la cual arrojó el siguiente resultado promedio de 287.65 gr de masa, 23.35 cm de longitud x 12.75 cm de ancho x 8.5 cm de alto y resistencia a la compresión de muestra 1 de 104 kg/cm², Muestra 2 de 53.1 kg/cm². La dosificación fue de 70% de PET y 30% PEAD, concluyéndose así que las propiedades mecánicas y físicas fueron influenciados por las dosificaciones y que el producto obtenido está calificado para el uso en la construcción.

En Lima, según Calderón & Rodríguez (2018), se estimó realizar ladrillos ecológicos utilizando material de reciclaje que involucra netamente al plástico. Esta investigación tiene como objetivo evaluar la influencia del uso de ladrillos ecológicos en 4 puntos específicos: Científicos, Ecológicos, Económico y Social. En lo científico se buscaría construir edificaciones más livianas, buena aislación térmica y buena resistencia mecánica. En lo ecológico, erradicaría la contaminación y proceso de secado sería mucho más efectivo. En lo económico, para la fabricación el costo sería menor y por último en lo social, a los constructores les facilitarías en diversos ámbitos constructivos. En conclusión, el uso de materiales reciclables genera gran aporte en el rubro de la construcción, ya que se puede utilizar como una opción de materia prima para la fabricación de ladrillos ecológicos y también busca erradicar la contaminación ambiental.

En Lima, según Tineo (2018), se ejecutó la producción de ladrillo aprovechando los desechos de residuos plásticos que se generan en la empresa PLM Inversiones inmobiliarias S.A.C, se realizó gestiones para su disposición de residuos de plásticos y así tener la materia suficiente, por la cual también se analizó en base a las normas estipuladas del DL 1278-2017, respecto a las gestiones planteadas para llevar a cabo la presente investigación. Por ello se concluye, que las empresas con la adecuada gestión y bajo normas estipuladas puede llevar a cabo la producción de residuos plásticos como materia prima para la fabricación de ladrillos, que generaran beneficios tanto sociales y económicos.

Local

Chiclayo, según Peña (2018), para reducir el gran impacto ambiental y erradicar los desechos de plástico en la ciudad, se propuso utilizar nuevos componentes para la fabricación de ladrillos, la cual se realizarán en dos nuevas combinaciones; para el primero se realizarán con arena, cemento y plástico

triturado y para el segundo se realizarán con arcillas y arcilla/plástico, se variaron las proporciones y la cual el plástico triturado se colocó de manera mínima. Los resultados obtenidos de la producción fueron optimas ya que los ladrillos ecológicos tenían una mejor apariencia que a los ladrillos convencionales y además se requiere poca energía para su fabricación ya que se omite el paso de cocción y de esa manera ayuda al medio ambiente al no generar gases tóxicos para su producción.

1.2. Trabajos previos.

Internacional

En Argentina, según Gitto, et.al. (2019), en su investigación, cuyo objetivo es verificar el aporte de ladrillo a base de plástico reciclado en el rubro de la construcción y ambiental. Este estudio se llevó acabo en la provincia de Mendoza, donde se dio el uso de una metodología de análisis de Ciclo de Vida normalizada con el ISO 14040 y 14044. De acuerdo a los resultados obtenidos se pudieron apreciar ciertos procesos como trituración, transporte y hormigonado, la cual se propone optimizar ciertos parámetros para mejorar el desempeño ambiental y también a realizar un análisis más amplio acerca del ciclo de vida y de esa manera verificar las etapas tanto de uso y fin del ladrillo.

En Colombia, según Castillo (2018), en su investigación “Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir plástico reciclado como material de construcción”, su objetivo es el estudio ladrillos de plástico reciclable con el Sistema Brickarp. La investigación se realizará en viviendas unifamiliares en Colombia, la cual el estudio sometido es de tipo documental. Los resultados obtenidos destacan que los materiales de plástico son óptimos para fabricación de ladrillos, en especial el Tereftalato de Polietileno que pertenece a un grupo de termoplásticos, cuyas propiedades evaluadas son resistentes a la humedad, buen aislante térmico, acústico, bajo peso e ignifugo. En conclusión, el Sistema Brickarp permite que la relación costo-beneficio sea optima ya que ayuda a disminuir contaminación ambiental y permite el uso de estas como materia prima.

En Panamá, según Maure, et.al. (2018), en su investigación “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas”, tiene como objetivo

verificar la calidad de producto que se obtiene al realizar mezcla de plástico y viruta como material para la fabricación de ladrillos. Se realizó esta investigación en dos fases, en la primera se utilizó 720 gr de polímeros de PET Y 240 g de virutas a 126° C; y en la segunda se utilizaron componentes de 800 gr de plástico y 100 gr de viruta, 1000 gr de plástico y 125 gr de viruta y por último 800 gr de plástico y 200 gr de viruta a temperatura de 126° C; se realizó una recolección y fundición de materia prima, y su tipo de estudio es experimental. Con los resultados obtenidos de las pruebas se concluye que los ladrillos fabricados tienen mayor resistencia a la compresión y que además están hechos de materiales reciclables la cual ayuda erradicar la contaminación ambiental.

En Ecuador, según Flores (2019), en su investigación “Ladrillos de plásticos reciclado para mampostería no portante”, cuyo objetivo es verificar las propiedades de ladrillos con material reciclado. Se desarrolló el diseño de 2 prototipos de ladrillo a base de polietileno-tereftalato derretido; también se realizó un análisis crítico bibliográfico donde se hizo pruebas de flexión, compresión y absorción cumpliendo normas de ASTM D790, ASTM D695 y ISO 62. Con los resultados obtenidos se prevé que el producto obtenido sobrepasa los parámetros planteados según las normas, la cual también posee características que favorecen en el rubro de la construcción, ya que es más liviano, menor espesor y tamaño. En conclusión, el producto obtenido a base de material reciclado cumple con las características solicitadas según las normas.

En Bolivia, según Gareca, et.al. (2020), en su investigación “Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos”, cuyo objetivo es verificar características tanto físicas y mecánicas de los ladrillos a base de residuos inorgánicos, se realizó esta investigación en la ciudad de Sucre, la cual se utilizó una muestra de 78 probetas con diferentes dosificaciones. Se realizó un estudio cuantitativo, con un método experimental y de modelación. De acuerdo al estudio realizado las características del ladrillo ecológico cumplen con los parámetros planteados de las normas técnica peruana, colombiana y chilena; la cual también se verificó que el porcentaje de absorción fue de 22.6 % menor a los ladrillos convencionales, de esa manera se concluye que la producción de ladrillos a base de desechos inorgánicos posee propiedades óptimas para ser utilizados en la construcción.

En Colombia, según Arbeláez & Cardona (2020), en su investigación “Propiedades mecánicas y factor de emisión CO₂ de ladrillos preparados a partir de residuos plásticos, vidrio y agregados”, cuyo objetivo es evaluar la características físicas y esfuerzos máximos de ladrillos con incorporación de vidrio y plástico reciclado. Se utilizaron pallet de plástico reciclado con dimensión de 2 mm y 2.38 mm, con una densidad de 1360 kg/m³, y los residuos de vidrio con tamaños de 3/4" y 1/4", se clasificaron con un análisis granulométrico de acuerdo a la norma técnica colombiana NTC 77. Al evaluar las propiedades mecánicas y físicas se obtuvo como resultado que la densidad y resistencia a la compresión fueron elevadas de acuerdo a las proporciones agregadas de vidrio y plástico, la mayor resistencia a compresión obtenida es de 18MPa. En conclusión, el producto obtenido se desempeña de manera óptima en el ámbito de la construcción y genera menor contaminación ambiental para su fabricación.

En Argentina, según Giménez, et.al. (2018), en su investigación “Reutilización de botellas de plástico en la localidad de salas”, su objetivo es velar por el cuidado del medio ambiente con la participación de la población de la ciudad de Saladas fabricando botellas con incorporación de plástico reciclado, donde se utilizaron 250 ml de arena, 500 ml de cemento, 1000 ml de plástico, 500 ml de agua. Para llevar a cabo el trabajo primeramente se realizó un estudio sistemático e informativo, para luego realizar una recolección de plástico reciclable con el apoyo de la población y finalmente realizar el proceso de elaboración del ladrillo ecológico. Se concluye que la participación de estudiantes y población fue satisfactoria para llevar a cabo este estudio, los ladrillos ecológicos presentan propiedades efectivas para ser utilizados como una opción de elementos para la construcción; además el uso de material reciclable ayudo a erradicar la contaminación del medio ambiente.

En Colombia, según Urbano (2018), en su investigación “Sistemas de muros divisorios en seco, basados en ladrillos tipo lego hechos en plástico reciclado”, cuyo objetivo es promover al uso de plástico como material para la fabricación de ladrillos. Se trabajará con un porcentaje representativo de 50% más de material reciclado que material prima en el ámbito industrial, la cual se genera aproximadamente por 300.00 familias. La metodología aplica es científica ya que el tipo de estudio es investigativo. Se concluye que el uso de material

reciclado puede sustituir en un futuro a la materia prima convencional y puede beneficiar en gran magnitud, ya que puede ser utilizado en cualquier ámbito de la construcción, de esa manera también erradicar la contaminación que actualmente presenta la gran mayoría de los países por parte de los desechos plásticos.

Nacional

En Lima, según Álvarez (2019), en su investigación “Tratamiento plástico re aprovechable, para el diseño de elaboración de ladrillos artesanales, de la obra level, Jesús María, Lima”, cuyo objetivo es evaluar la relación entre el diseño de elaboración de ladrillos plásticos y la reutilización de plásticos de tratamiento. Se ha tomado como población y muestra un proyecto que posee 4 sótanos y 2 pisos de un área de 964.29 m² que pertenece a una obra de edificación de LEVEL. Con el fin de tener una base de datos asertivos, se realizó un proceso de recolección de residuos de plásticos para luego ser clasificado y registrados y tener una cantidad promedio de lo que se produce mensualmente. Con los resultados obtenidos se concluye que si existe una relación directa de la cantidad residuos que se puede obtener y la cantidad de producción de ladrillos que se puede obtener; de esa manera se aprovechara los desechos de plástico que están contaminando el medio ambiente y también brindar nuevas alternativas de materia prima para el rubro de la construcción.

En Lima, según Cuba & Pinto (2019), en su investigación “Estudio de la propiedades térmicas y acústica en ladrillos con plásticos PET, Lima 2019”, la cual tiene como objetivo el estudio de las propiedades térmicas y acústicas de los ladrillos compuesto a base de plástico que cumplan los parámetros requeridos para el ámbito de la construcción. La población y muestra se basa en un conjunto de 106 y 83 ladrillos realizados a base de plástico. El instrumento a utilizar es de tipo cuantitativa, descriptiva y experimental. De acuerdo a los resultados obtenidos con los instrumentos planteados, el estudio de las pruebas acústicas y térmicas se ha admitido de manera efectivas, por ello se consideró para el uso de fines constructivos ya que se comprobó que es un material de altas condiciones.

En Lima, según Dueñas & Coronel (2020), en su investigación “Evaluación de las propiedades de ladrillo de concreto con la sustentación parcial de la arena por plástico reciclado pet”, tiene como objetivo evaluar las propiedades del ladrillo, cuando se le añade el plástico reciclado. La población o masa es de tipo censal la cual lo conforma un grupo de 150 ladrillos con incorporaciones de plástico reciclado de 25%, 50% y 75%. Esta investigación es de tipo aplicada la cual se basa en un diseño experimental. De acuerdo los resultados obtenidos se concluyen que la incorporación de pet si modifica las propiedades de los ladrillos, ya que presentaron una resistencia a la compresión de 65 kg/cm², una absorción de 4.12% una densidad de 2.18 gr/cm³.

En Trujillo, según Quispe & Villarreal (2019), tuvo como objetivo principal fue determinar las propiedades que posee el ladrillo fabricado con mezcla de plástico tipo PEAD y arena. La muestra es de 16 unidades de ladrillo. Su investigación es descriptiva y de tipo experimental. De acuerdo a los estudios planteados se obtuvo los siguientes resultados, cuando se añadieron un 25% de PEAD a la mezcla, se obtuvo un 74.34 kg/cm² de resistencia, al añadir 50% se obtuvo 85.14 kg/cm² de resistencia y al añadir 75% se obtuvo 97.32 kg/cm² de resistencia, en conclusión el que posee más resistencia es el de 75% de arena gruesa añadida, la cual las dimensiones obtenidas son 9.91 cm de largo, 4.35 cm de ancho, 278.565 gr de peso, una carga máxima de 4205.35 kg y una resistencia de 97.32 kg/cm².

Local

En Chiclayo, según Risco (2018), es su investigación “Propiedades físico mecánico de ladrillos fabricados con residuos de plástico y material agregado, Chiclayo”, cuyo objetivo es verificar las características físicas y esfuerzos máximos, que poseen los ladrillos con incorporaciones de plástico tipo PET o PVC. La población y muestra se basaba en 12 ladrillos fabricados con incorporación de plástico en proporciones de 3% para 3 ladrillos, 5% para 3 ladrillos, 7% para 3 ladrillos; y también 3 ladrillos que no tenían ningún tipo de restos de plástico. El estudio se realizó a base de lineamientos, respetando la NTP.399.604. Los resultados obtenidos fueron comparados con la norma técnica de albañilería E.070, la cual se concluyó que mientras más plástico se

incorporaba a la mezcla, la resistencia a la compresión era mínima, pero respecto al peso se volvía más liviano.

Formulación del problema

¿Qué diferencias posee los ladrillos elaborados a base de materiales reciclados en comparación de ladrillos convencionales?

Hipótesis

El uso de vidrio y plástico triturado como material para la fabricación de ladrillos, se agregó cantidades de 15%, la cual generó características físicas similares.

Objetivos

Objetivos generales

Evaluar de qué manera influye el vidrio y plástico en las propiedades físicas del ladrillo.

Objetivos específicos

- Obtención de vidrio y plástico reciclado para ser procesado y empleado como adicción en la elaboración de muestras de ladrillos macizo
- Determinar las propiedades físicas de ladrillos a base de materiales reciclados

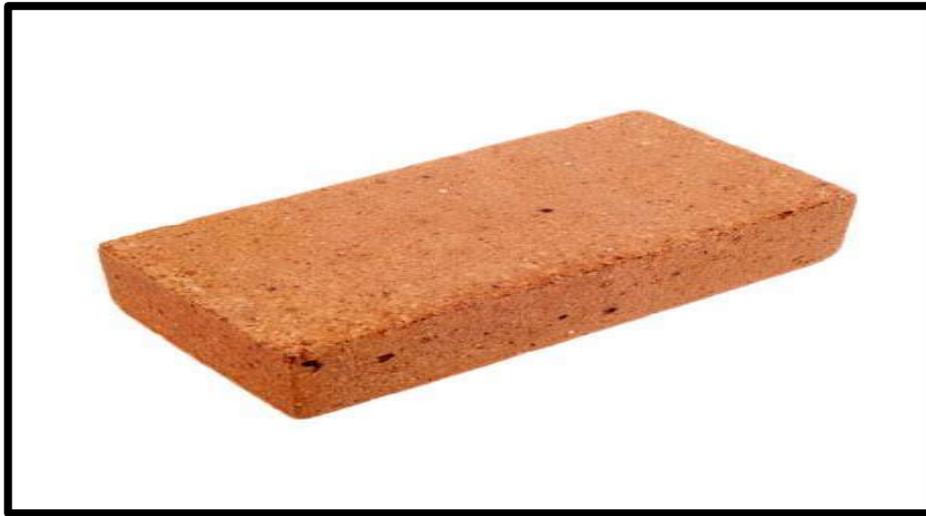
1.3. Teorías relacionadas al tema.

1.3.1. Ladrillos.

Es una pieza en forma de paralelepípedo, como componente principal posee arcilla, se diseñó para el uso en el ámbito de la construcción y de acuerdo a las dimensiones que posee permite una cómoda trabajabilidad, por ende, se puede utilizar en diversos rubros de la construcción como para muros, tabiques, escaleras, bóvedas y entre otras. (Polanco, et.al., 2015)

Figura 1.

El ladrillo



Nota. el ladrillo a base de arcilla (MN del Golfo, 2022).

1.3.1.1 Características del ladrillo

1.3.1.1.1 Partes del ladrillo

El ladrillo consta de las siguientes partes: los lados estas compuestos por: tabla testa y canto; las aristas están compuesta por: tizón, sogá y grueso. (Criado, 2022)

Tizón: compone a las aristas medianas. (Criado, 2022)

Soga: es lado mayor o la dimensión más amplia del ladrillo. (Criado, 2022)

Grueso: Es lado menor o la dimensión pequeña del ladrillo. (Criado, 2022)

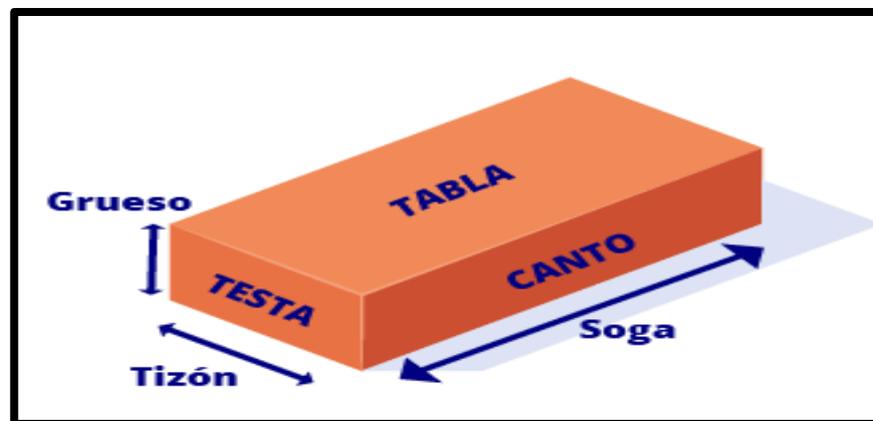
Tabla: se le conoce a las caras mayores, combina a la sogá por tizón. (Criado, 2022)

Canto: compuesta por las caras medianas, combinada sogá por grueso. (Criado, 2022)

Testa: conocida por las caras menores, la cual compone tizón por grueso. (Criado, 2022)

Figura 2.

Partes del ladrillo



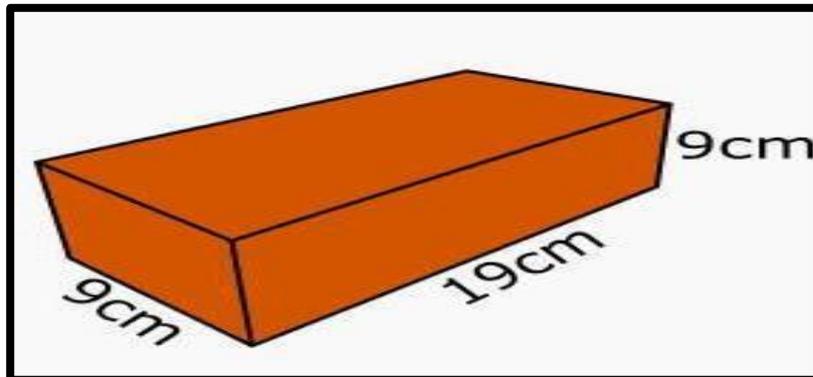
Nota. Determinadas partes del ladrillo según su cara y arista (Criado, 2022).

1.3.1.1.2 Medidas de un ladrillo

Las dimensiones dadas de manera conceptual, se representaría que la longitud es el doble del ancho de ladrillo, la altura y el ancho son iguales. Por ello la medida estándar es de 19 x 9 x 9 cm, y al llevarlo a campo y utilizar en mampostería sus medidas aumentan ya que se le añade mortero, por el cual sus dimensiones serían de 20 x 10 x 10 cm. (Maldonado, 2022)

Figura 3.

Medidas del ladrillo



Nota. Medidas estándar de un ladrillo (Maldonado, 2022)

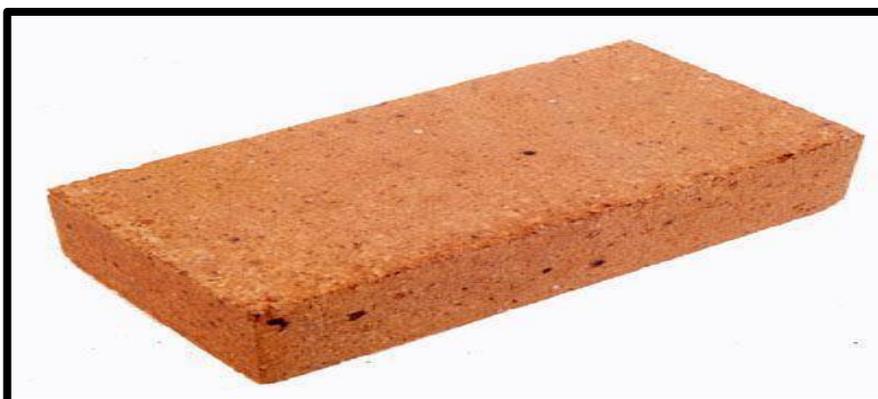
1.3.1.2 Tipos de ladrillos

Actualmente podemos encontrar diversos tipos de ladrillos, cada uno se realizó con un fin en particular. Según Criado (2022), “podemos encontrar tres tipos de ladrillos según su forma y dimensión, conocidos con las letras M, P, H; la cual hace referencia a los ladrillos macizos, perforados y huecos respectivamente”.

Ladrillo macizo: representado por la letra M, la cual para adquirir se trabaja netamente con la arcilla y es obtenida a través de una boquilla hacia un molde en particular. Brinda una mayor adherencia, mayor resistencia e impide problemas de estanqueidad. (Díaz, 2018)

Figura 4.

Ladrillo macizo

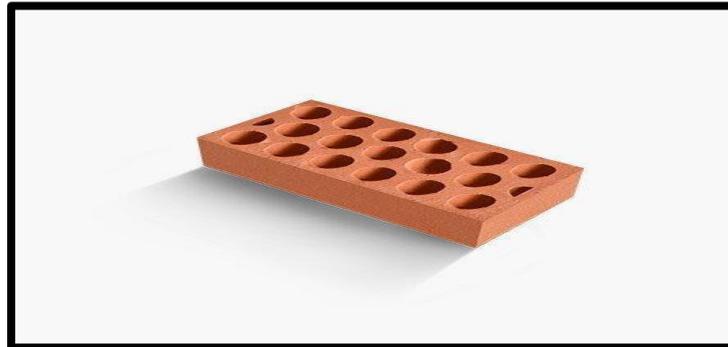


Nota. Ladrillo macizo convencional (Portal de arquitectura Arqhys.com, 2022).

Ladrillo perforado: representado con la letra P, se obtiene a desde la arcilla instruyéndolo a través de una boquilla, al trabajar en conjunto con el mortero brinda una mayor adherencia y estanqueidad, por ello que existe una perfecta trabajabilidad entre ambos materiales. (Díaz, 2018)

Figura 5.

Ladrillo perforado



Nota. Ladrillo perforado a base de arcilla (Distribuciones Dias Ramos construmole.com, 2021)

Ladrillo hueco: Conocidos con la letra H, poseen una dimensión superior a 16 cm², dentro de ello posee perforaciones que atraviesa a nivel longitudinal y también están representados con un 10% de volumen de la pieza. (Díaz, 2018)

Figura 6.

Ladrillo hueco



Nota. Ladrillo hueco a base de arcilla (Diseño Web D&M Soluciones, 2021)

1.3.1.3. Propiedades del ladrillo

Según (Maldonado, 2022), para que un ladrillo sea apto y se desempeñe de manera efectiva, debe tener las siguientes propiedades:

Solidez: al ser golpeado debe emitir un sonido metálico

Dureza: no debe dañarse al ser manipulado

Resistencia: no debe romperse al ser lanzado de una altura de 0.9 m y 1.0 m, la cual debe expresar una resistencia que no sobrepase de 3,5 N/mm².

Absorción de agua: al experimentar exponiendo dentro del agua durante un día, la absorción presentada debe ser menor a 20% en peso.

Conductividad técnica: debe representar una baja conductividad térmica para brindar un ambiente óptimo de acuerdo a las estaciones necesitadas.

Aislamiento acústico: de acuerdo a la proporciones y dimensiones diseñadas generan la calidad de aislamiento acústico.

Resistencia al fuego: La resistencia a fuegos siempre es óptima, generalmente se usan para proteger los aceros que se presentan en las edificaciones.

1.3.1.4 Componentes de ladrillos

El ladrillo está compuesto netamente de la arcilla, se realiza procesos la cual se llega a materia necesitada, también se puede agregar otros componentes principales como la sílice, alúmina, entre otras. La cual se presenta las siguientes proporciones:

Tabla 1.

<i>Componentes de ladrillo</i>	
Sílice	50 a 60%
Alúmina	20 a 30%
Cal	10%
Magnesio	<1%
Óxido férrico	<7%
Álcalis	<10%
Dióxido de carbono	Pequeños porcentajes
Trióxido de azufre	Pequeños porcentajes
Agua	Pequeños porcentajes

Nota. Proporción de cada uno de ellos componentes del ladrillo (Maldonado, 2022)

1.3.1.5 Usos de ladrillos en la arquitectura e interiorismo

El uso de ladrillos puede variar en diversos ámbitos, principalmente se usan en muros, tabiques, arcos, techos, escaleras, bóvedas y entre otras obras de ingeniería. (Mantilla & Mantilla, 2020)

Figura 7.

Bóvedas



Nota. Bóvedas a base de ladrillo (Sarkao, 2022)

1.3.2 Plástico.

Se le atribuye el nombre de plástico debido a su plasticidad como material, la cual ayuda que se asimile a formas distintas, su composición es molecular y también presenta sustancias físicas y químicas, por ende, la contaminación que genera en el medio ambiente es riguroso, pero es un material trabajable y reutilizable que genera grandes beneficios para diversos ámbitos de la producción. (Ondarse, 2021)

Figura 8.

El plástico



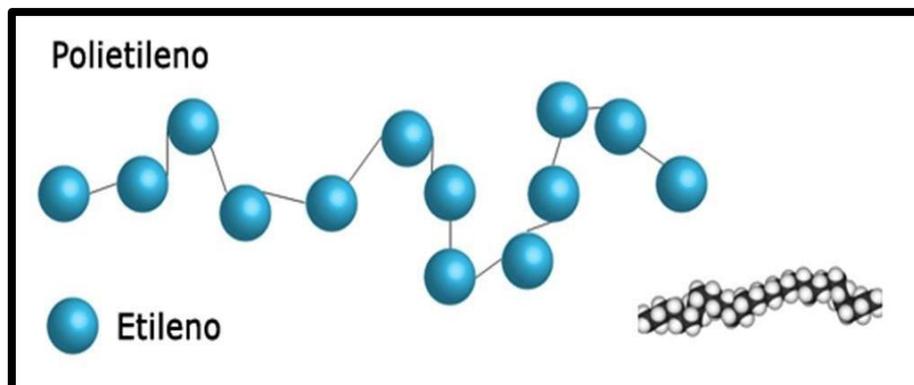
Nota. Plástico como material de reciclaje (Revistamp, 2019)

1.3.2.1. Composición del plástico

La composición del plástico cumple un rol fundamental, ya que el uso que se le dará dependerá netamente de ello. Generalmente es un material que está formado por millones de átomos que en consiguiente esta forma moléculas de gran intensidad conocidos como macromoléculas; estas composiciones son integrados por carbono, hidrogeno, nitrógeno, azufre, silicio y fosforo. Existe dos tipos de composición, aquellos que poseen un polímero y aquellos que poseen 2 a más polímeros, de eso dependerá el desempeño que se le otorgue, puede usarse en el área de materiales de cocina, neumáticos, etc. (Santillán, 2018)

Figura 9.

Estructura de polímero



Nota. Estructura de polímero con polietileno y etileno (Ecoplas, 2020)

1.3.2.2. Propiedades del plástico

Los plásticos son fáciles de trabajar y moldear ya que poseen origen sintético; son impermeables, generan beneficio acústico, térmico y son anticorrosivos, pero en altas temperaturas pueden ser dañados severamente. (Ondarse, 2021). Las propiedades pueden ser muchas, pero se presentarán las más importantes:

Conductividad eléctrica. - Los plásticos no permiten el paso de la conductividad eléctrica, por ello que generalmente son empleados como envolventes de cables. (Ensinger, 2022)

Conductividad térmica. - Trasmite el calor de manera flemática, por lo que la conductividad térmica es lenta. (Ensinger, 2022)

Resistencia mecánica. - A pesar de que su composición sea liviana, presentan una alta resistencia dependiendo de la proporcionalidad. (Ensinger, 2022)

Resistencia química: poseen una gran resistencia frente a agentes químicos, ácidos, entre otros. (Ensinger, 2022)

Combustibilidad: Es una de las propiedades a tomar en cuenta, ya que no benefician, porque son muy vulnerables al fuego, por el tipo de composición que poseen. (Ensinger, 2022)

Plasticidad: Al actuar frente al calor, son fáciles de manipular a la forma necesaria por lo que se usan para diseñar cosas de mucha irregularidad. (Ensinger, 2022)

Tenacidad: tiene la capacidad de asimilar energía si percibe algún impacto. (Ensinger, 2022)

1.3.2.3. Tipos de plástico

Tabla 2.

tipos de plásticos

SIMBOLO	DESCIPCION	APLICACIONES
PET	Identificar plásticos de polietileno tereftalato	Envases de frugos, gaseosas, fibras textiles.
PEAD	Identificar plásticos polietileno de alta densidad	Envase de yogurt, bolsas de basura y detergentes.
PVC	Identificar plásticos de cloruro de polivinilo	Tubos, recubrimientos eléctricos.
PEBD	Identificar plásticos de polietileno de baja densidad	Bolsas plásticas, pajitas para gaseosa
PP	Identificar plásticos de polipropileno	Pañales, bolsas en microondas.
PS	Identificar plásticos poliestireno	Cubiertos en general, envases, paneles.
OTROS	Identificar cualquier otro plástico	Diversos

Nota. Tipos de plástico, símbolo, descripción y aplicaciones (Gobiernodecanarias, 2014)

1.3.2.4. Clasificación de plástico

Para su estudio se clasificará en tres grupos:

Termoplásticos: Se caracterizan porque permiten moldearse progresivamente, al exponerse al fuego son muy blandos, pero al enfriarse recuperan su forma natural, pueden estar expuestos hasta 150° C; y estas se pueden obtenerse de la celulosa vegetal o derivados del petróleo. (Infinitiaresearch, 2021)

Termoestables: A comparación e los termoplásticos, estos se pueden moldear solo una vez, ósea si llega a enfriar el molde quedara con esa forma, generan una reacción química denominada fraguado, y eso hace que se comporte de esa manera. En esta clasificación los plásticos más importantes que se encuentran son los fenoplastos, aminoplastos, resina de poliéster y resinas de exposi. (Infinitiaresearch, 2021)

Elastómeros: Los efectos del calor lo dañan de manera permanente, pero pueden estirarse 8 veces su forma natural, entre ellos destacan los cauchos, neopreno, poliuretano y silicona. (Infinitiaresearch, 2021)

1.3.2.5. Reciclado de plástico

Figura 10.

Reciclaje



Nota. Reciclaje de botella de plástico (Sánchez, 2019)

Los pasos para el proceso de reciclado serán los siguientes:

a). Recepción de materia prima: Las materias primas que componen los plásticos pueden ser cualquiera de los tipos, ya sea PEAD, PP, PET, PS, entre otros. Generalmente deben estar preclasificados de acuerdo a la calidad en que se encuentren para luego incorporarse en vasijas, cajas, sacos y contenedores. (Arcos, 2016)

b). Proceso de selección: Este proceso se trabajará en dos fases; primero se realizará la separación de materia prima no apta para su tipología, ósea que poseen en su estructura etiquetas, o cualquier otro material no beneficioso. Luego se realizará la separación de la materia de acuerdo a su coloración. (Arcos, 2016)

c). Triturado: En esta etapa se hace el uso de una trituradora que posee una gran capacidad para trabajar con grandes cantidades de materia, acompañado por unas cuchillas giratorias, la cual hace el trabajo de convertirlas en pequeños trozos para así poder manipularlas o trabajar de manera eficaz. (Arcos, 2016)

d). Lavado: En este proceso se realiza el lavado de los plásticos ya triturados con la finalidad de que este no esté acompañado de impurezas, tierra, metal u otro cualquier material. (Arcos, 2016)

e). Secado y centrifugado: Aquí el material pasa por las centrifugadoras, para que inmediatamente pase a ser secado, cuyo proceso se realiza para evitar impurezas y corroborar que en los procesos de lavado algún material haya pasado desapercibido. (Arcos, 2016)

f). Homogenización: Luego de pasar por los procesos de triturado, lavado y secado, el material se acaparará en un silo, donde se llevará a cabo el proceso de homogenización y conseguir un material con color y textura apropiado. (Arcos, 2016)

g). Extrusionado: En esta etapa se hace el uso de un cañón largo la cual hace fricción y calor para incorporar color al material de acuerdo a lo que se necesita. (Arcos, 2016)

h). Filtrado: para verificar que el material no contenga impurezas se realiza la filtración en un conjunto de mallas muy finas. (Arcos, 2016)

i). Granceado: En este ámbito implica a la maquina extrusionadora la cual expulsa por la cabeza al material trabajado, pasa a ser cortado por una maquina giratoria y obtener el material en forma de granos. (Arcos, 2016)

j). Analítica y control de calidad: El material se separa en lotes, la cual se evalúa que cumplan con las características de fluidez, densidad entre otros. (Arcos, 2016)

k). Envasado: Con ayuda de un electroventilador es depositados en silos, eliminando restos de humedad, y envasado de acuerdo a lo solicitado. (Arcos, 2016)

l). Almacenamiento: es fundamental el buen almacenamiento del material para así evitar daños climatológicos, golpes y degradaciones. (Arcos, 2016)

1.3.2.6. Uso de plástico en la arquitectura e interiorismo

La confrontación con el plástico viene de los siglos XIX, el uso y la particularidad de desecharlo generan una gran controversia, contaminan el medio ambiente pero la reutilización ha sido fijada por alguno investigadores, se puede aprovechar utilizándolo para la fabricación de láminas flexibles finas, esculturas entre otros; porque presentan una apariencia elegante y futurista. (Arkiplus, 2022)

Figura 11.

Flos con plásticos biodegradables



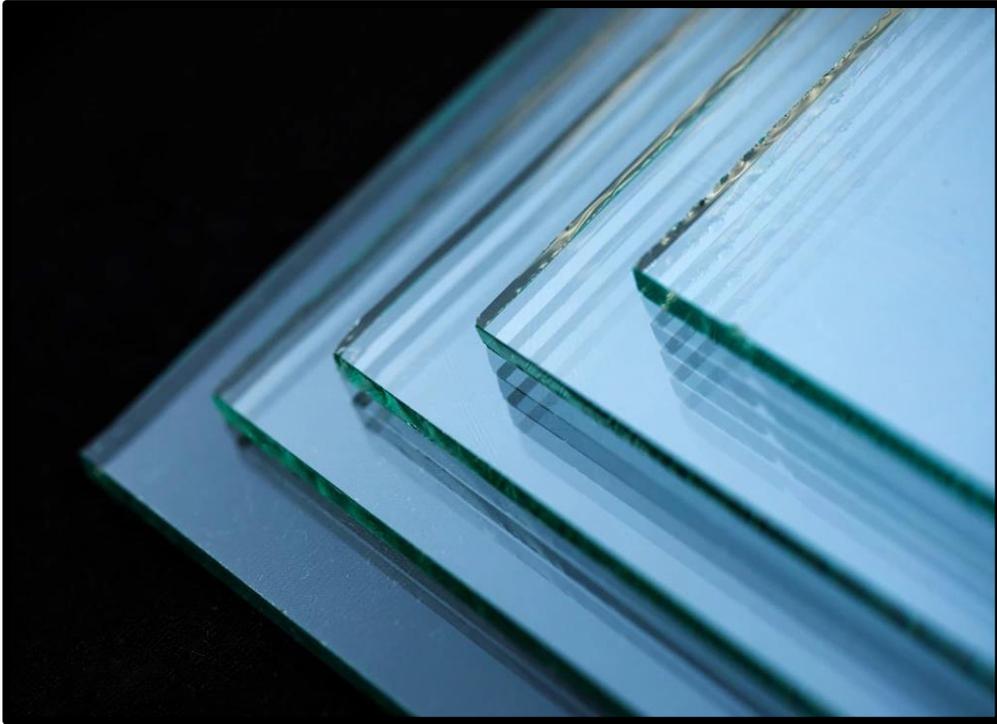
Nota. Utilización de plástico reciclado para la elaboración flos (Sánchez, 2020)

1.3.3 Vidrio.

Desde la antigüedad los seres humanos vienen familiarizados con el vidrio, lo utilizaban para diversos aspectos de la vida cotidiana, ya sea como herramienta para la caza, para la protección contra enemigos o algún otro trabajo de campo. En la actualidad el uso que se le da comúnmente es para realizar ventanas y botellas; por ello connota que se puede elaborar de manera natural o artificial. (ConceptoDefinición, 2021)

Figura 12.

El vidrio



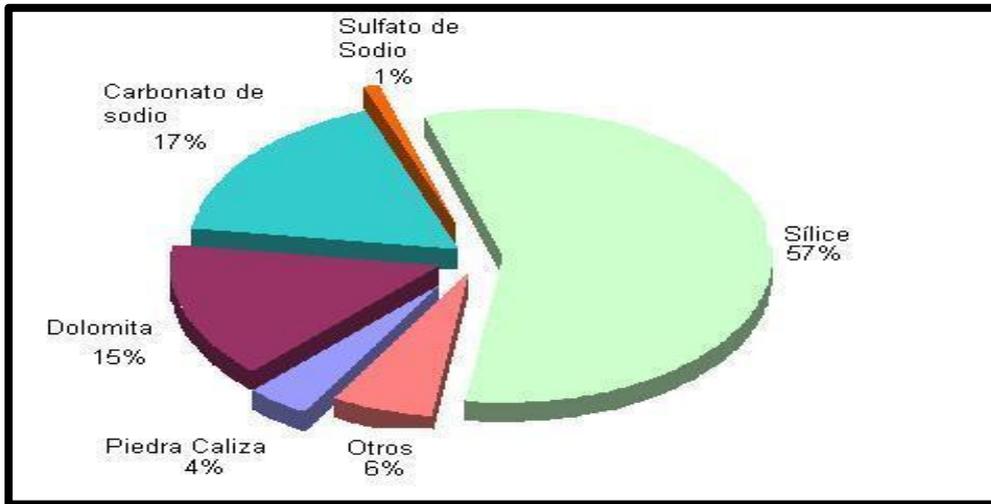
Nota. Vidrio para calidad de uso en arquitecturas (Yorglass, 2019)

1.3.3.1. Composición de vidrio

Al estar formado de moléculas, la composición física que presenta es de un material duro y frágil a la vez, por ello se percibe como un material amorfo, en cuanto a su composición química este presenta tres componentes principales, tenemos la sílice, carbonato de sodio y caliza. (Gonzalez, 2019)

Figura 13.

Composiciones del vidrio



Nota. Principales componentes del vidrio (Moreno, 2020)

1.3.3.2. Fabricación de vidrio

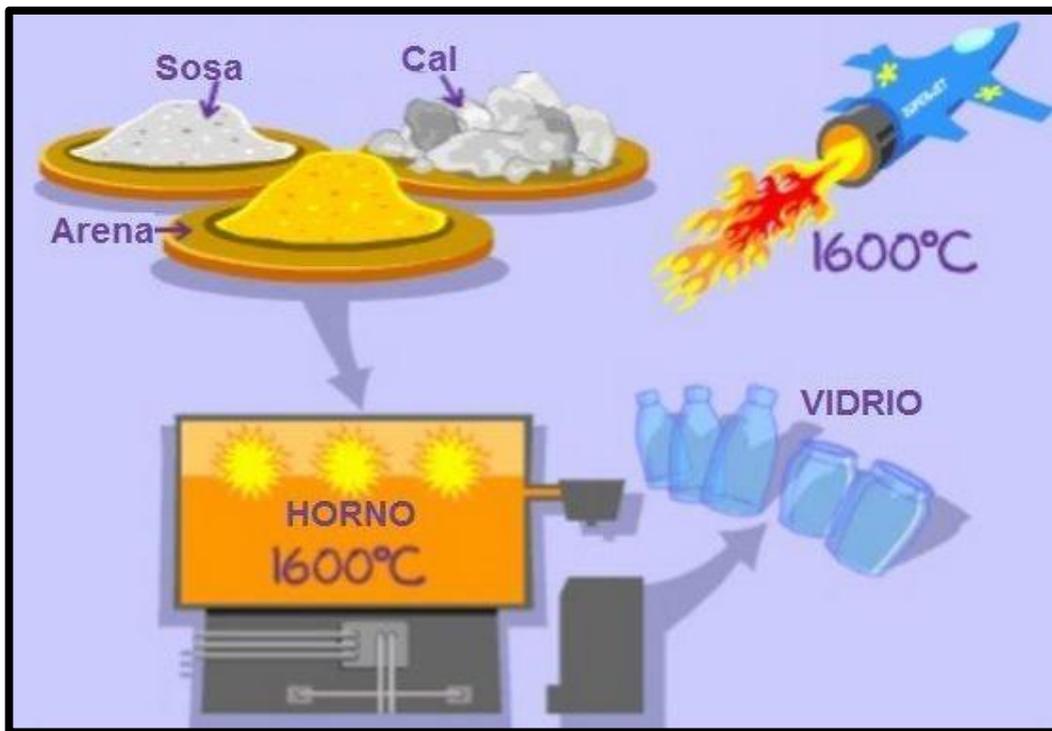
El proceso de fabricación de vidrio se basa en 6 etapas:

- 1).- **Materia prima:** En esta etapa se trata de buscar los principales materiales a utilizar, estas se encuentran en la naturaleza como lo es la caliza, carbonato de sodio y arena de sílice. (Vidrala, 2022)
- 2).- **Fusión:** En unos hornos que se encuentran a una temperatura 1.600°C se funde los materiales solicitados, la cual este se convierte en vidrio fundido para luego ser transportado en pequeñas cantidades con un peso específico y en forma de gotas. (Vidrala, 2022)
- 3).- **Moldear:** Las gotas de vidrios es transportada a un determinado molde, la cual al ser soplado este tomara la forma que se necesite. (Vidrala, 2022)
- 4).- **Arca de recocido:** Para verificar la contextura y solidez que presenta, se introducirán en una máquina de recocido para así controlar la velocidad que va enfriando. (Vidrala, 2022)
- 5).- **Control de calidad:** Aquí se verifica la calidad del producto de manera estricta, si en caso no cumpla los parámetros requeridos el producto nuevamente es fundido en el horno. (Vidrala, 2022)

6).- Paletizados y expedición: Es la parte final del proceso, son almacenados de manera cautelosa e infundidos herméticamente para así evitar daños en el producto. (Vidrala, 2022)

Figura 14.

Fabricación de vidrio



Nota. Proceso de fabricación del ladrillo (AREATECNOLOGIA, 2021)

1.3.3.3. Propiedades de vidrio

Las principales propiedades que destacan son:

a). Cualidades ópticas: La capacidad de transmisión de luz se basa en los componentes que posee, el hierro es una de la fuente que ayuda obtener un material de mucha pureza, la cual ayuda al espectro a ser más visible. (Uriarte, 2021)

b). Color: Para obtener un color específico es necesario la intervención de otros componentes a la hora de la fusión; se pueden obtener colores rojos, azulados, amarillos, etc. Los componentes agregados para obtener estos colores generalmente son los óxidos de cobalto, óxido férrico, entre otros. (Uriarte, 2021)

c). Textura: Es otra de las propiedades que dependerá de los componentes que lo acompañan y también por la intervención en el proceso de fundido, son fáciles de percibir ya sea con el tacto y a simple vista. (Uriarte, 2021)

d). Maleabilidad: En la etapa de fundición verificara el uso que se le va dar al producto ya sea para ventanas o botellas y para ello se aplicaran métodos como el espiralado, laminado, soplado, entre otros. (Uriarte, 2021)

e). Cualidades térmicas: Es la capacidad del vidrio para transmitir propiedades térmicas a otros cuerpos ya sea frio o caliente; al finalizar el proceso de fabricación este ya es un material difícil de ser ablandado. (Uriarte, 2021)

f). Densidad: Naturalmente depende de su composición y los matariles que se le añadieron, su densidad ronda los 2500 kg/m³. (Uriarte, 2021)

g). Corrosión: Esta propiedad depende de la composición química que contenga, está expuesta ser dañado por sustancia como el ácido fosfórico, ácido hidrociorhídrico y el agua a temperatura alta. (Uriarte, 2021)

1.3.3.4. Tipos de vidrio

Se presenta los principales tipos de vidrio:

1.- Vidrio templado: Este vidrio se obtiene realizando tratamientos químicos y térmicos; se expone a unas temperaturas de 575°C y 635°C para luego ser enfriado rápidamente, esta técnica se realiza con el fin de que el cuerpo obtenga más resistencia, por ello es empleado para usos de seguridad debido a su estructuración. (Gonzalez, 2019)

2.- Impreso templado: El proceso de fabricación se parece al del vidrio templado, con una diferencia que en esta se realiza impresiones con grandes rodillos, cuya finalidad son para uso de decoraciones. (Gonzalez, 2019)

3.- Antirreflejante: Conocido también como vidrio antirreflectante, se realiza trabajos de tratamiento la cual busca disminuir el paso de la luz sin distorsionar los colores, estas se utilizan para la protección de cuadros, entre otros. (Gonzalez, 2019)

4.- Doble acristalamiento: se realiza juntando 2 a 3 láminas de vidrio que están separas por una cámara de aire que ayuda evitar la propagación de humedad,

el propósito de su fabricación es disminuir sonidos, luminosidad y contacto térmico. (Gonzalez, 2019)

5.- Vidrio laminar: están compuesta por dos o más capas de vidrio, su función es evitar daños acústicos, radiación ultravioleta, ente otros. Están denominado de acuerdo a la cantidad de capa que posee, tenemos las simples: compuestas por 2 capas de 4mm, las fuertes: compuesta por 2 capas de 6mm, el antirrobo: compuesta por 3 capas de 6 mm y las antibala: compuestas por 4 capas de 6mm. (Gonzalez, 2019)

6.- Serigrafiado: es la técnica que se le asume a la cantidad de esmaltes que se le coloca a un vidrio templado, este puede realizarse de varias capas la cual ayudara brindando más consistencia a su estructura. (Gonzalez, 2019)

7.- Vidrio de reloj: es comparada con los vidrios de reloj antiguo, su capacidad de resistencia es muy efectiva, por ello es utilizada en laboratorios para realizar pruebas de sustancias muy nocivas. (Gonzalez, 2019)

8.- Vidrio fume: es muy parecido a los vidrios templados, posee un color negro-traslucido y se utiliza mayormente para decoraciones del hogar, incorporado en muebles, mesas, entre otros. (Gonzalez, 2019)

1.3.3.5. Reciclaje de vidrio

El proceso de reciclaje es muy importante, ya que dependerá de ello para obtener resultados eficientes, puede haber materiales la cual vienen acompañados del vidrio que pueden perjudicar el proceso de reciclaje. Por ello se plantea que se debe tomar y que desechar, se debe tomar botellas de vidrio sin corcho, frascos de perfume, tarros sin tapas; y se debe desechar las cerámicas, porcelanas, vasos, bombillas y espejos. (Andrés, 2019)

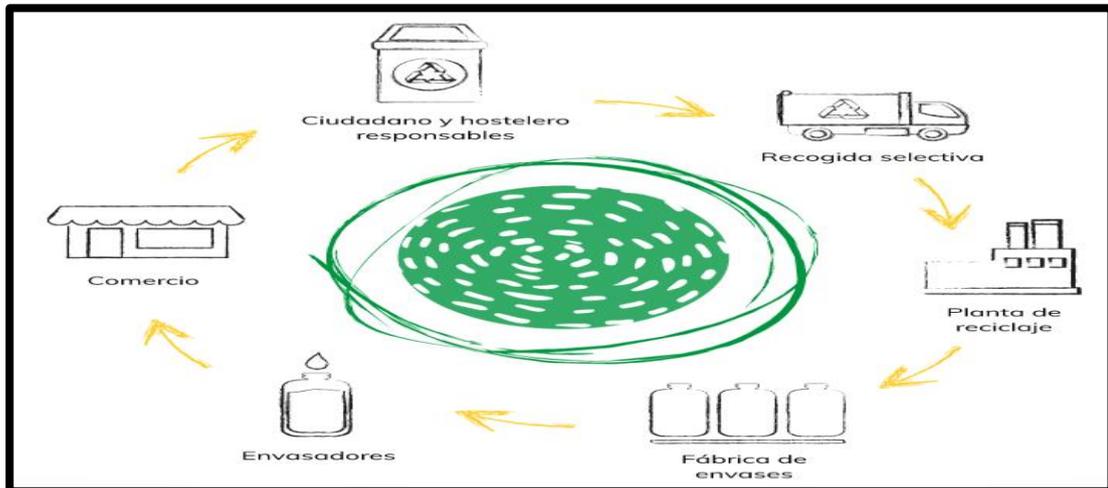
Según (Fernandez, 2019), el proceso de reciclaje se base en cuatro etapas:

- 1.- Se clasifica el vidrio de acuerdo al color y elementos
- 2.- Se separa los materiales dañinos del vidrio
- 3.- El vidrio es triturado

4.- El material obtenido se mezcla con arena, caliza, sodio y sílice, para así obtener nuevos productos.

Figura 15.

Reciclaje



Nota. Proceso de reciclaje (Quimitube, 2020)

1.3.3.6. Usos de vidrio en la arquitectura

En uso del vidrio puede variar en distintos ámbitos de la construcción, ya que posee propiedades que permita observarse de manera transparente, limpia y llamativa. Se puede utilizar en ventanas, espejos, mamparas, revestimientos, barandillas e iluminación en general. (Gonzalez, 2019)

Figura 16.

Uso de vidrio en la arquitectura



Nota. Últimas tendencias de uso de vidrio en la construcción (Lagunas, 2020)

I. METODO DE INVESTIGACION

2.1 Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es básica, la investigación básica se centra en el estudio y la explicación de fenómenos con el objetivo de generar conocimiento que permita crear nuevas teorías, así como de confirmar, refutar o ajustar teorías ya establecidas. Su propósito es ampliar el entendimiento científico o filosófico sin buscar aplicaciones prácticas inmediatas.

2.1.2. Diseño de investigación

El estudio en cuestión no adopta un enfoque experimental, ya que no involucra la manipulación de variables, y los datos se obtienen de manera observacional y natural. Se categoriza como un estudio transversal, dado que la recolección de datos para ambas variables ocurre en un solo momento en el tiempo. Además, se define como correlacional porque se investiga la relación estadística existente entre las variables.

Variables y operacionalización

Variables dependientes

Propiedades físicas del ladrillo.

Variable independiente

Materiales reciclados.

RESULTADOS

- Respecto al primer objetivo se presenta los siguientes resultados.

Según Cardona et al. (2020), en EE. UU. se generan enormes cantidades de desechos de vidrio y plástico cada año, con solo el 60% de estos residuos gestionados adecuadamente. La investigación indica que el uso de vidrio reciclado en ladrillos de construcción puede ofrecer una alternativa eficaz para reducir la cantidad de residuos que llegan a los vertederos. Los ladrillos fabricados con vidrio reciclado no solo presentan mejoras en comparación con los ladrillos tradicionales, sino que también contribuyen a la mitigación de impactos ambientales.

La investigación de Villaquirán et al. (2021) aborda el problema de la corrosión y el desgaste en ladrillos tradicionales mediante la incorporación de residuos de vidrio. Los resultados muestran que estos ladrillos reciclados tienen una mayor resistencia al desgaste y un costo de producción reducido. Complementariamente, Mozo et al. (2019) informan que los ladrillos de vidrio reciclado cumplen con los estándares técnicos colombianos y son adecuados tanto para aplicaciones estructurales como no estructurales, subrayando una mejora en la sostenibilidad y reducción del impacto ambiental.

En Turquía, Gencil et al. (2021) han demostrado que la adición de hasta un 15% de residuos de vidrio a los ladrillos puede incrementar su durabilidad y resistencia térmica. Los ladrillos con vidrio reciclado presentaron una absorción de agua dentro del rango de los ladrillos de primera clase según las normas ASTM, indicando su alta calidad y rendimiento.

Saleem et al. (2018) realizaron estudios en Australia, donde se encontró que la inclusión de residuos de vidrio en proporciones de 5% a 20% mejoraba significativamente la resistencia a la compresión, con un incremento del 37% en comparación con ladrillos convencionales. La investigación también destacó una reducción en la porosidad y una mayor absorción de agua, sugiriendo mejoras en las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos reciclados.

- **Respecto al segundo objetivo se presenta los siguientes resultados.**

El estudio de Risco [36] reveló que los ladrillos con diferentes proporciones de plástico PET o PVC (3%, 5%, y 7%) mostraron una densidad que no cumplió con la resistencia mínima obligatoria de 5 MPa, indicando una posible reducción en la densidad efectiva del material con el aumento del plástico. En la investigación de Hasan et al. [26], se observó que la adsorción de agua disminuyó significativamente en los ladrillos con un 40% de vidrio triturado, mostrando una reducción del 5.62% en comparación con los ladrillos sin adición. Esto indica una mejora en la capacidad del material para resistir la absorción de agua. De manera similar, Loryuenyong et al. [28] encontraron que los ladrillos con un 15% de vidrio triturado presentaron una adsorción muy baja, de solo 2 a 3%, en comparación con los ladrillos con mayores porcentajes de vidrio. El estudio de Risco [36] reveló que los ladrillos con diferentes proporciones de plástico PET o PVC (3%, 5%, y 7%) mostraron una densidad que no cumplió con la resistencia mínima obligatoria de 5 MPa, indicando una posible reducción en la densidad efectiva del material con el aumento del plástico.

DISCUCIONES

El estudio de Risco, muestra que la inclusión de plásticos PET o PVC en proporciones de 3%, 5% y 7% resulta en una reducción de la densidad de los ladrillos, la cual no cumple con la resistencia mínima obligatoria de 5 MPa. Este hallazgo sugiere que el aumento en la proporción de plástico puede comprometer la integridad estructural del ladrillo al disminuir su densidad efectiva. La reducción en la densidad puede ser atribuida a la menor densidad intrínseca de los plásticos en comparación con los materiales cerámicos tradicionales, lo que podría afectar negativamente las propiedades mecánicas del ladrillo. La resistencia insuficiente observada en estos ladrillos plantea preocupaciones sobre su aplicabilidad en construcciones que requieren altos estándares de resistencia.

En contraste, la investigación de Hasan et al. indica una mejora en la capacidad de los ladrillos para resistir la absorción de agua cuando se incorpora un 40% de vidrio triturado, con una reducción del 5.62% en la adsorción de agua en comparación con ladrillos sin adición. Esta disminución sugiere que el vidrio triturado puede actuar como un agente que reduce la permeabilidad del material, lo que mejora su resistencia a la absorción de agua. Este efecto es corroborado por los hallazgos de Loryuenyong et al. [28], quienes encontraron que los ladrillos con un 15% de vidrio triturado presentan una adsorción de agua significativamente baja, de solo 2 a 3%. La baja adsorción observada en estos ladrillos puede ser atribuida a la capacidad del vidrio para sellar las porosidades en la matriz del ladrillo, mejorando así su resistencia a la humedad.

La comparación entre los efectos de los plásticos y el vidrio triturado resalta la diferencia en cómo estos materiales reciclados afectan las propiedades de los ladrillos. Mientras que el aumento en la proporción de plástico PET o PVC tiende a disminuir la densidad y, por ende, la resistencia del ladrillo, la adición de vidrio triturado parece mejorar la capacidad del ladrillo para resistir la absorción de agua. Estos resultados subrayan la importancia de elegir los tipos adecuados y las proporciones de aditivos reciclados para optimizar las propiedades de los ladrillos y garantizar su desempeño en aplicaciones constructivas.

CONCLUSIONES

El análisis de la influencia de aditivos reciclados en la fabricación de ladrillos revela que la incorporación de plásticos PET o PVC en diferentes proporciones (3%, 5%, y 7%) tiende a disminuir la densidad de los ladrillos, lo que afecta negativamente su resistencia estructural y no cumple con la resistencia mínima obligatoria de 5 MPa. Esta disminución en la densidad puede deberse a la menor densidad intrínseca de los plásticos en comparación con los materiales cerámicos tradicionales. En contraste, la adición de vidrio triturado muestra resultados prometedores, ya que la presencia de hasta un 40% de vidrio triturado reduce significativamente la adsorción de agua, mejorando la capacidad del ladrillo para resistir la humedad. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar adecuadamente los materiales reciclados para optimizar las propiedades mecánicas y funcionales de los ladrillos, sugiriendo que el vidrio triturado puede ser una alternativa más eficaz en comparación con los plásticos para mejorar la resistencia al agua sin comprometer la densidad del material.

La investigación comparativa de ladrillos con aditivos reciclados, como plásticos PET o PVC y vidrio triturado, demuestra que los ladrillos con mayor proporción de plástico presentan una reducción en su densidad, lo que afecta su capacidad para cumplir con los requisitos de resistencia mínima. Por otro lado, los ladrillos que incorporan vidrio triturado muestran una notable mejora en la reducción de la adsorción de agua, con niveles de absorción significativamente bajos. Estos resultados indican que el vidrio triturado es más eficaz para mejorar la resistencia al agua en comparación con los plásticos, los cuales tienden a deteriorar la densidad del ladrillo. En conclusión, la elección de aditivos reciclados debe basarse en un equilibrio entre la mejora de propiedades específicas como la resistencia al agua y el mantenimiento de la resistencia estructural, siendo el vidrio triturado una opción más favorable para alcanzar estos objetivos en la fabricación de ladrillos.

Referencias

- [1] NTP 331.017, «Unidades de albañilería. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos,» 2015. [En línea]. Available: <https://salalecturavirtual.inacal.gob.pe:8098/detalle.aspx?id=22249&idtv=4298>.
- [2] s. Saleem, M. Junaid, Y. Wu, A. Hanif y I. Patnaikuni, «Thermal performance evaluation of eco-friendly bricks incorporating waste glass sludge,» *Cleaner Production*, vol. 172, pp. 1867-1880, 2018.
- [3] T. Uvarajan, P. Gani, N. Chuan y N. Zulkernain, «Reusing plastic waste in the production of bricks and paving blocks: a review,» *European Journal of Environmental & Civil Engineering*, pp. 1-34, 2021.
- [4] J. Arias y M. Covinos, *Diseño y metodología de la investigación*, Arequipa: Biblioteca Nacional del Perú, 2021.
- [5] R. Bhat, R. Kamath, N. Mohan, N. Naik, K. Fei y p. Mulimani, «Experimental Analysis of Mechanical Properties of the Unconventional Sand-Plastic Bricks Using Statistical Method,» *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 13, 2020.
- [6] A. S. Hassan, A. K. Rao y S. Sarmad, «Synthesis of recycled bricks containing mixed plastic waste and foundry sand: Physico-mechanical investigation,» *Construction and Building Materials*, vol. 416, p. 135197, 2024.
- [7] M. M. Vázquez-Vílchez, L. Crespo-López, S. Morales-Ruano y G. Cultrone, «Non-destructive techniques (NDT) and statistical analysis for the characterization of bricks made with added glass,» *Construction and Building Materials*, vol. Volume 408, p. 133583, 2023.
- [8] X. Y. M. A. K. H. y S. J. V. , «Possible Recycling of Waste Glass in Sustainable Fired Clay Bricks: A Review,» *GEOMATE*, vol. 20, pp. 57-64, 2021.
- [9] F. Aduato, J. Nieto, R. Cuicapuza, L. Isla, V. Valenzuela, J. Rivera, R. Salazar and N. Moggiano, "Physical properties of sustainable concrete bricks with glass and polyethylene terephthalate scales wastes as replacements for coarse aggregate," *Materials Science Forum*, vol. 1047, pp. 186-191, 2021.
- [10] J. D. Aguirre Cevallos y K. d. C. Ubillús Aranda, «Diseño e implementación de una planta piloto automatizada de trituración de plástico de polietileno de baja densidad para la generación de materia prima de ladrillos ecológicos,» Repositorio Institucional, 2020.
- [11] J. M. Felix Mescua y Y. Y. Sanchez Alfaro, «Influencia del vidrio crudo molido reciclado como agregado fino en las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto para muros portantes,» Repositorio Academico, Lima, 2020.
- [12] C. M. Torres Huayta y V. M. Luza Huallpa, «Determinación de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos ecológicos fabricados con plástico reciclado en la ciudad del Cusco-2017,» Repositorio Institucional, Cusco, 2019.

- [13] C. E. Alvarado Susaniibar y C. I. Terán Mejía, «Elaboración de ladrillos a base de vidrios desechables,» Repositorio Digital Institucional, Lima, 2021.
- [14] N. V. Flores Escapa, "Influencia de la dosificación en las características físico - mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados," Repositorio Digital Institucional, Lima, 2018.
- [15] Á. D. Calderón Paucar y J. K. Rodríguez Yauri, «Comportamiento estructural de muro utilizando ladrillos con agregados de plástico para viviendas en Campoy, San Juan de Lurigancho,» Repositorio Digital Institucional, Lima, 2018.
- [16] A. Gilardino, J. Rojas, H. Mattos, G. Larrea-Gallegos and I. Vazquez-Rowe, "Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru)," *Journal of Cleaner Production*, vol. 156, no. 589, p. 603, 2017.
- [17] C. Arteaga, J. Silva y C. Yarasca-Aybar, «Solid waste management and urban environmental quality of public space in Chiclayo, Peru,» *City and Environment Interactions*, vol. 20, nº 100112, 2023.
- [18] R. A. Diaz y S. Otoma, «Effect of informal recycling on waste collection,» *Material Cycles and Waste Management*, p. 341–350, 2012.
- [19] E. T. Peña Becerra, «EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL LADRILLO ECOLÓGICO PRENSADO MANUALMENTE DE ARCILLA Y ARCILLA/PLÁSTICO EN ALBAÑILERÍA CONFINADA, CHICLAYO, LAMBAYEQUE 2018,» Repositorio Institucional USS, chiclayo, 2019.
- [20] O. Gencil, S. M. Saleem Kazmi, . M. Junaid Munir, M. Sutcu, E. Erdogmus y A. Yaras, «Feasibility of using clay-free bricks manufactured from water treatment sludge, glass, and marble wastes: An exploratory study,» *Construction and Building Materials*, vol. Volume 298, p. 123843, 2021.
- [21] 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,» *Lámpsakos*, nº 24, pp. 60-73, 2020.
- [22] J. L. Maure, M. Candanedo, J. Madrid, M. Bolobosky y N. Marín, «abricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas,» *Revista de Iniciación Científica*, vol. 4, pp. 33-38, 2018.
- [23] M. Gareca, M. Andrade, D. Pool, F. Barrón y H. Villarpando, «NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS,» *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 18, nº 21, pp. 25-61, 2020.
- [24] F. S. Cardona Howard y O. F. Arbeláez Pérez, «PROPIEDADES MECANICAS Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO2 DE LADRILLOS PREPARADOS A PARTIR RESIDUOS DE PLASTICO, VIDRIO Y AGREGADOS,» *Revista Politécnica*, nº 10, pp. 20-20, 2010.

- [25] P. A. Risco Ruiz, «Propiedades físico mecánico de ladrillos fabricados con residuos plásticos y material agregado, Chiclayo,» Repositorio de la Universidad César Vallejo, Chiclayo, 2018.
- [26] J. C. Quispe Siccha y C. A. Villarreal León, «Propiedades mecánicas del ladrillo a escala 1/10 fabricado a base de plástico reciclado tipo PEAD (polietileno de alta densidad) y arena gruesa,» Trujillo, 2019.
- [27] O. . J. Coronel Castillo y J. E. Dueñas Arce, «Evaluación de las propiedades de ladrillo de concreto con la sustitución parcial de la arena por plástico reciclado pet,» Repositorio de la Universidad César Vallejo , Lima, 2020.
- [28] A. F. 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. Volume 14, p. e00542, 2021.
- [29] Y. Xin, D. R. b, A. Mohajerani, P. Tran y B. K. Pramanik, «Transformation of waste-contaminated glass dust in sustainable fired clay bricks,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 18, p. e01717, 2023.
- [30] P. Kulkarni, V. Ravekar, R. 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, p. 100113, 2022.
- [31] C. A. Álvarez Rivera, «Tratamiento del plástico re aprovechable, para el diseño de la elaboración de ladrillos, de la obra level, Jesús María, Lima,» Lima, 2019.
- [32] «República de Guatemala: proyecto y manejo de los recursos naturales renovables de la cuenca del rio Chixoy,» 9 2 2022. [En línea].
- [33] M. Mucteba, Y. Aygörmez, O. Canpolat, T. Cosgun y Ö. F. Kuranlı, «Investigation of using waste marble powder, brick powder, ceramic powder, glass powder, and rice husk ash as eco-friendly aggregate in sustainable red mud-metakaolin based geopolymer composites,» *Construction and Building Materials*, vol. 361, p. 129718, 2022.
- [34] N. Phonphuak, S. Kanyakam y P. Chindaprasirt, «Utilization of waste glass to enhance physicalemental properties of fired clay brick,» *Cleaner Production*, vol. Volumen 112, pp. 3057-3062, 2016.
- [35] P. Deepak y S. Pooja, «Pollution due to hazardous glass waste,» *Environmental Science and Pollution Research Publishing model*, vol. 2021, p. 2414–2436, 2014.
- [36] O. Adekomaya y T. Majozi , «Mitigating environmental impact of waste glass materials: review of the existing reclamation options and future outlook,» *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 28, p. 10488–10502, 2021.
- [37] H. Hamada, A. Alattar, B. Tayeh, F. Yahaya y B. Thomas, «Effect of recycled waste glass on the properties of high-performance concrete: A critical review,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 17, p. e01149, 2022.

- [38] T. S. y G. D. devi, «Mechanical behaviour of bricks from waste material,» *Materials Today: Proceedings*, 2023.
- [39] G. Kwon, D.-W. Cho, P. Juyeong , A. Bhatnagar y C. Hocheol, «A review of plastic pollution and their treatment technology: A circular economy platform by thermochemical pathway,» *Chemical Engineering Journal*, vol. 464, p. 142771, 2023.
- [40] A. Y. Díaz Romero y L. A. Sánchez Gonzales, «“INCORPORACIÓN DEL PLASTICO PET EN LA FABRICACION DE LADRILLOS ARTESANALES EN JAEN”,» JAEN, 2019.