



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Residuos sintéticos como agregado fino para la mejora de las  
propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Rodríguez Prado, Yanela Nadir (ORCID: 0000-0003-2903-4100)  
Villanueva Ramos, Martha Yajhaira (ORCID: 0000-0003-3221-4233)

**ASESOR:**

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**TRUJILLO - PERÚ**

**2020**

## DEDICATORIA

Queremos agradecer a Jehová, por darnos la fuerza para seguir cada día y no detenernos ante los momentos más difíciles de la vida y seguir luchando para cumplir nuestras metas.

A nuestros amados padres por la dedicación, el esfuerzo, orientación y apoyo incondicional en nuestra formación a lo largo de la vida; a nuestros hermanos siendo el motor que nos inspira a ser mejor cada día y a nuestros tíos que siempre han confiado en nosotros y nos han brindado su apoyo.

Las autoras.

## AGRADECIMIENTO

A Dios: Por permitirnos tener la fuerza, la delicadez y perseverancia.

A Nuestros padres: Por su esfuerzo en concedernos la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de nuestras vidas como estudiantes.

A Nuestro docente: Dr. Cruz Monzón, José Alfredo por su dedicación, su esfuerzo y su pasión por enseñar, orientar y motivar.

Las autoras.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| Carátula.....   | i    |
| Dedicatoria.....  | ii   |
| Agradecimiento.....                                       | iii  |
| Índice de contenidos.....                                 | iv   |
| Índice de tablas.....                                     | v    |
| Índice de figuras.....                                    | vi   |
| Resumen.....  | vii  |
| Abstract.....   | viii |
| I.    INTRODUCCIÓN.....                                   | 1    |
| II.   MARCO TEÓRICO.....                                  | 3    |
| III.  METODOLOGÍA.....                                    | 10   |
| 3.1. Tipo y Diseño de investigación .....                 | 10   |
| 3.2. Escenario de estudio.....                            | 10   |
| 3.3. Participantes.....                                   | 10   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 10   |
| 3.5. Procedimiento.....                                   | 10   |
| 3.6. Rigor científico.....                                | 11   |
| 3.7. Método de análisis de datos.....                     | 12   |
| 3.8. Aspectos éticos.....                                 | 14   |
| IV.  RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                          | 15   |
| V.   CONCLUSIONES.....                                    | 21   |
| VI.  RECOMENDACIONES.....                                 | 22   |
| REFERENCIAS.....  | 23   |
| ANEXOS.....   | 36   |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Artículos identificados en búsqueda con palabras claves .....               | 11 |
| Tabla 2. Criterios de inclusión .....  | 11 |
| Tabla 3. Base de datos de los artículos seleccionados para la revisión sistemática.. | 12 |

## Índice de figuras

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 1</b> Artículos, tipo de residuo y año de publicación según base de datos indexad    | 15  |
| <b>Figura 2</b> Artículos identificados en la base de datos según el tipo de residuo sintético | .16 |
| <b>Figura 3</b> Fuentes donde se obtuvieron los materiales de reciclado .....                  | 17  |

## Resumen

El desarrollo industrial y el crecimiento poblacional están generando la sobreproducción de residuos sintéticos no biodegradables, siendo uno de los problemas más perjudiciales y difíciles de controlar en la actualidad, causando así un gran peligro para el medio ambiente. La finalidad de la investigación fue reutilizar estos residuos sintéticos como agregado fino en la elaboración de ladrillos de concreto. La metodología utilizada corresponde a una revisión sistemática de la literatura de bases indexadas de acceso libre EBSCOhost, ScienceDirect, IOPscience, SCIELO y Redalyc donde se consideraron como criterios de búsqueda primaria, el uso de palabras clave para posteriormente aplicar criterios de inclusión previamente establecidos, después de lo cual se retuvieron 17 artículos con los cuales se desarrolló la presente investigación. El análisis de la información permite afirmar que el vidrio es un material que puede ser utilizado como agregado fino pues mejora las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de concreto, como son absorción de humedad y resistencia a la compresión, resultando ser una solución viable en el reemplazo del agregado fino tradicional, favoreciendo la reutilización de materiales y con ello aportar en la conservación de los distintos entornos ambientales.

**Palabras claves:** Tereftalato de polietileno, vidrio, caucho, agregado fino, ladrillos

## **Abstract**

Industrial development and population growth are generating the overproduction of non-biodegradable synthetic waste, being one of the most damaging and difficult problems to control today, thus causing a great danger to the environment. The purpose of the research was to reuse these synthetic wastes as a fine aggregate in the manufacture of concrete bricks. The methodology used corresponds to a systematic review of the literature of free access indexed databases EBSCOhost, ScienceDirect, IOPscience, SCIELO and Redalyc, where the use of keywords for the application of prior inclusion criteria will be considered as primary search criteria. of which 17 articles were retained with which the present investigation was considered. The analysis of the information allows us to affirm that glass is a material that can be used as a fine aggregate since it improves the physical-mechanical properties of concrete bricks, such as moisture absorption and compressive strength, resulting in a solution viable the replacement of the traditional fine aggregate, favoring the reuse of materials and thereby contribute to the conservation of different environmental environments.

**Keywords:** Polyethylene terephthalate, glass, rubber, fine aggregate, bricks



## I. INTRODUCCIÓN

En pleno siglo XXI se genera grandes cantidades de residuos sólidos debido al incremento de la población y el desarrollo de las grandes industrias(Hamsa y Abbas, 2020,p.1) uno de los mayores generadores de  $CO_2$  (Acevedo y Posada, 2018,p.3) emitiendo grandes cantidades de gases de efecto invernadero (Metha y Kumar, 2020, p.1), trayendo como consecuencia una crisis ambiental en los diferentes países(Jiménez, 2017,p.1) por el consumo desigual y desmedido de los recursos (Molano,2019,p.2); la generación y transformación de residuos sólidos es uno de los problemas a nivel mundial más perjudiciales y difícil de controlar (García *et al* , 2018, p.2), se utilizó áreas abandonadas como vertedero de desechos sólidos (Dissanayake, Hettiarachchi y Siriwardana, 2018,p.1), eliminándolos en estas áreas sin controles operativos ni las precauciones debidas(Sharma, Kumar y Ganguly,2018,p.1) generando un problema colectivo(Doyle,2018,p.1) reportándose un incremento en las enfermedades respiratorias ( Martin y Sánchez, 2018 ,p.1), la población más afectada fueron niños y personas mayores de edad, Ubilla y Yohannessen (2017, p.1)

La demanda de plástico ha crecido con los años (Hahladakis *et al.*,2018,p.1) generándose 23 millones de toneladas de residuos en un año dificultando el proceso de descomposición, Islam *et al.*( 2016, p.1) , solo en el 2017 se generó 8.300 millones de toneladas de plástico, terminado en vertederos el 80% de estos, Arulrajah *et al.*(2019,p.1), una de las grandes empresas como Coca-Cola reutiliza 70 millones de botellas en Brasil al año, sin embargo, el 79.8% botellas (vidrio, PET, lata) no finalizan su ciclo (Morini *et al.*,2019.p.2);solo en la costa del Mar Caspio 155 Kilotones de desechos plásticos terminan en el ecosistema marino (Ghayebzadeh *et al.*,2020,p.1) asimismo ; se estima que para el 2024 el consumo de caucho aumentara en un 3,1% con respecto al promedio anual, generando mundialmente 28,9 millones de toneladas anualmente (Pelaez *et al.* ,2017,p.1) siendo más difícil eliminar los neumáticos de desecho (Arroyo *et al.* ,2018,p.1) estos se depositan a cielo abierto(Serrano *et al.*,2017,p1) permitiendo su quema donde liberan dióxido de carbono y sustancias toxicas(Salinas *et al.*,2019,p.1). Ghosh y Bera (2016) nos menciona el caucho de llantas desechadas es contaminante para el suelo (p.1). Para Thomas y Gupta (2015, p.1) este material de desecho sintético

es perjudicial a la salud y en grandes porcentajes puede llegar hasta ser tóxico. El vidrio es un desecho insostenible, el ambiente no es capaz de descomponerlo, Pengwei *et al.* (2020, p.2) se mezcla muy fácilmente en la arena donde son depositados (Sadiqul *et al.*, 2017, p1); se encontró indicios de este material en recurso agua (Usahanunth y Tuprakay, 2017, p.1), este residuo presenta un alto grado de recuperación y reutilización, así como muestra España desde el 2016 con un 70% del reciclaje del total. (Flores, Jiménez y Pérez, 2018, p.1)

Con el paso del tiempo se busca tecnologías eficientes, ecológicas y sustentables. (Infante y Valderrama, 2019, p.1), buscando la opción de reaprovechar los residuos sintéticos, los ladrillos han jugado un papel muy importante en el sector de construcción (Zhang *et al.*, 2018, p.2); permite incorporar agregados de residuos en el proceso de elaboración (Farfán y Leonardo, 2018, p.1) de forma mecánica y artesanal (Pérez, 2019, p12).

Este trabajo proporciona una revisión sistemática que tuvo como base la siguiente interrogante: **¿Qué evidencia existe en la literatura científica de acceso libre sobre el uso de residuos sintéticos como agregado fino que permitan una mejora en las propiedades físico - mecánicas en los ladrillos de concreto y además sirvan para una posible propuesta alternativa de solución?** se planteó el objetivo principal realizar una revisión sistemática de la literatura de bases indexadas de acceso libre para identificar los principales residuos sintéticos que son utilizados como sustitutos del agregado fino y que han demostrado mejorar las propiedades físico - mecánicas de los ladrillos de concreto y a su vez como objetivos específicos tenemos, identificar las mejoras obtenidas en los ladrillos de concreto producidos según el tipo de material sintético utilizado, determinar que materiales se podrían utilizar para la optimización de las propiedades del ladrillo de concreto que reportan los mejores resultados; nuestro trabajo proporciona una exhaustiva revisión de los estudios actualizados en un periodo de tiempo entre 2014 al 2020, presentándose como una solución viable para el problema de residuos sólidos por esta razón se busca el equilibrio entre la población y medio ambiente, teniendo al sector de construcción como intermediario en el reemplazo del agregado fino por residuos sintéticos.

## II. MARCO TEÓRICO

Se conoce como agregado fino a la arena extraída naturalmente utilizada en el sector de la construcción (Kirthika, Singh y Chourasia, 2020) sin embargo el exceso de arcilla en el material se considera perjudicial para la fabricación de hormigón, cemento y moneros (Kirthika, Surya y Singh, 2020) el consumo de recursos naturales es el resultado de la modernización y la creciente urbanización en todo el mundo, la demanda de arena ha aumentado significativamente, es un recurso limitado y a su vez el mineral más extraído del mundo en términos de volumen (Mohamed et al.,2020) solo el transporte de este material al lugar in situ donde se desarrolla la obra es el 10% en el costo adicional del proyecto a ejecutar (Ajiboye y Damilola,2019), sin embargo, al ser utilizado en la construcción de ladrillos tienen a ser clasificados para que cumplan con las especificaciones requeridas impuestas por los investigadores (Fahim *et al.*, 2018).

En la elaboración de los bloques de cemento cabe resaltar la importancia que tiene las propiedades físico - mecánicas a través de ellas se evalúa la calidad del producto obtenido por esta razón el presente artículo se centró en dos propiedades importantes siendo: Absorción de humedad y resistencia a la compresión.

El aumento de la relación de absorción de agua es proporcional al porcentaje de agregado asimismo una elevada absorción se atribuye a la alta porosidad del agregado (Tareq, Subhi y Ahmed,2020) actualmente se lleva a cabo el proceso de desorción de materiales de construcción activos capilares (ladrillo) mediante experimentos de secado siendo un requisito previo para la planificación adecuada de los componentes de la edificación (Bianchi y Hans, 2020); se sabe que el contenido de humedad excesivo puede provocar la descomposición del material, el almacenamiento y transporte de humedad en los materiales en un medio liso compactado es continuo y en el medio poroso se considera homogéneo. (López et al., 2017); así mismo la absorción de humedad es una característica importante en la durabilidad de los bloques de concreto es decir es la capacidad del sistema constructivo y sus materiales de no exhibir deterioros significativos que impliquen la pérdida de funcionalidad para la cual fueron diseñados (Parsekian y Faria, 2019). En consecuencia, la capacidad del material para almacenar humedad en sus

cavidades se describe a través de la curva de retención de humedad, que une el potencial de humedad local (la humedad relativa) con el contenido de humedad local. Desde el punto de vista físico, esta curva se basa en las condiciones de equilibrio local entre vapor y líquido, que a su vez dependen de la geometría de los poros, el ángulo de contacto y la temperatura. Sin embargo, en la práctica, se determina de manera empírica mediante el empleo de un conjunto de experimentos bien conocidos en estado estacionario aplicables en diferentes rangos de contenido de humedad, es decir, el método de placa de presión y el método de desecador detallado como el porcentaje de absorción es igual al peso saturado menos el peso del secado que a su vez es dividido entre el peso del secado y finalmente multiplicado por 100 (Feng y Janssen, 2019).

Resistencia a la compresión entendiéndose como la resistencia que ejerce el concreto ante una fuerza externa mayor (Hambach y Volkmer, 2019; Markovic, 2016), existe la relación entre resistencia y tiempo, debido a que entre más transcurre el tiempo de envejecimiento del material tiende a tener una mayor dureza (Mangat y Lambert, 2016; Mohammed, Lampropoulos y Cundy, 2017), así mismo esta propiedad se usa como un medio para controlar la calidad en la elaboración, comprendiendo desde su dosificación de los materiales, la temperatura utilizada y el tiempo; no obstante para encontrar la resistencia a la compresión de los moneros se obtiene por medio de fórmulas que relacionan las propiedades de la unidad elaborada y la mampostería, entendiéndose como carga máxima de rotura es dividida entre de la sección transversal del ladrillo. Tahi y Baklouti (2018); para efecto de investigación el ladrillo se fundió y dejó fraguar a temperatura ambiente durante el tiempo indicado por el investigador antes de retirarlo de los moldes, aparte de ello el curado a base de vapor ha dado resultados óptimos en la resistencia a la compresión (Mangat y Lambert, 2016).

Los residuos sintéticos utilizados para la revisión de la literatura son:

El tereftalato de polietileno (PET) es un poliéster (Tsochatzis et al., 2020), termoplástico sintetizado a partir de ácido tereftálico y un diol, comúnmente conocido como etilenglicol, en la actualidad existe como material termoplástico amorfo y semicristalino (Mckeen, 2018) es comercializado internacionalmente

como Mylar, Decron, Terylene, Recron y Lavsan (Usman y Masirin, 2019), posee una excelente resistencia mecánica, resistencia al impacto, flexibilidad y resistencia a las altas temperaturas ( Hoppe, Voogt y Franz, 2017 ; Wu *et al.*, 2014 ; Shetye *et al.*, 2017; Kumar y Sreeram,2019), motivo por el que es uno de los plásticos de ingeniería más utilizados en la fabricación de fibra química, películas (Wang *et al.*,2019; Tasic *et al.*, 2016) cabe resaltar su resistencia al agua y a la humedad usándose en la fabricación de botellas de plástico para refrescos (Usman y Masirin, 2019), también son adaptados principalmente a la función de absorción de humedad debido a sus propiedades físicas generales, capacidad de teñido y rentabilidad que presenta (Fei , 2018); Con respecto a la producción y el uso cada vez mayor del tereftalato de polietileno, el reciclaje juega un importante papel en la reducción de los residuos, sin embargo, la lenta descomposición y mala gestión de eliminación ha creado un gran peligro ambiental (Kumar y Sreeram,2019).

Caucho obtenido de neumáticos en desuso teniendo como componentes polímeros, gránulos de goma fibras de acero (Baricević *et al.*, 2018) en una serie de estudios por separado confirman que al adicionar caucho desmenuzado mejora el aislamiento térmico de los paneles de concreto (Coinaldesi y Donnini,2019; Caggiano *et al.*,2017 ; Onuaguluchi *et al.*,2017; Baricevic , Bjegovic y Skazlic, 2017) en consecuencia se requiere más estudios que aseguren un comportamiento positivo a largo plazo, especialmente cuando se expone a condiciones ambientales agresivas (Baricević *et al.*, 2018) sin embargo, posee altos niveles de absorción de sonido pudiéndose usar en construcciones arquitectónicas donde no es necesaria una alta resistencia, paredes que requieren bajo peso unitario, en elementos de construcción y barreras que están sujetas a impacto (Topcu y Unverdi, 2018), dado que, a medida que aumenta el contenido de caucho en el compuesto la reducción en la resistencia es más notable asimismo disminuye la trabajabilidad (Coinaldesi y Donnini,2019 ; Speigh ,2016), sin embargo, el principal interés en las investigaciones es aumentar la ductilidad y la capacidad del hormigón para absorber energía al agregar partículas de caucho (Topcu y Unverdi, 2018); los estudios de Caggiano *et al.* ( 2015) ; Zamanzadeh, Lourenco y Barros (2015) se han llevado a cabo para demostrar la usabilidad de gránulos de caucho y fibras de acero que confirmaron la viabilidad ecológica y económica en la construcción.

El vidrio se considera un material con un alto índice de pureza siendo altamente reactivo utilizándose para fines de investigación y como componentes de un biomaterial (Farooq,2019) posee características de transporte y trabajabilidad , (Agrawal,2019) se tienen cinco tipos de vidrios de silicato en soluciones acuosas descritos a través de la reacción de la superficie , en primer lugar tenemos una superficie con alto contenido de sílice en soluciones neutras lo que conduce a una delgada capa hidratada, en segundo lugar tenemos los vidrios de cal (vidrios comerciales), el tipo tres lo forman los vidrios con doble capa protectora ;seguimos con el cuarto tipo donde están los vidrios con baja resistencia química disolviéndose con el tiempo y por último el vidrio sufre una disolución total debido al silicato (Hupa ,2018) todos ellos se trabajan a altas temperaturas (Agrawal, 2019), convirtiéndose en un material muy versátil (Chawla, 2016) utilizando diferentes cantidades de sílice lo cual nos da diversos rendimientos (Cevahir, 2017) sin embargo las fibras de vidrio utilizadas como refuerzo para resinas poliméricas indicaron una menor rigidez que la de refuerzo, pero posee la clara ventaja de combinar una resistencia muy alta con baja densidad y sobre todo a un costo muy razonable (Chawla, 2016); uno de los usos más significativos y trascendentales es la aplicación en las fibras textiles sintéticas se utilizan sin matriz como filtros y mantas fibrosas debido a su aislamiento térmico y acústico (Shioya y Kikutani, 2015; Martynova y Cebulla, 2018) en la actualidad se utiliza las fibras de vidrio en aplicaciones de ingeniería mecánica son las fibras E-glass (bajo costo y módulos elásticos relativamente bajos) y S-glass (son más rígidas y fuertes) (Tanzi, Fare y Candiani, 2019).

En la actualidad existe una variedad de artículos de carácter científico acerca de los ladrillos de concreto fabricados con PET , caucho reciclado y vidrio, entre los estudios encontrados en la revisión de la literatura tenemos a Usahanunth y Tuprakay (2017) en su artículo *titulado “The transformation of waste Bakelite to replace natural fine aggregate in cement mortar”* se estudió el reemplazo del agregados finos baquelita (4.75mm) a diferentes proporciones como reemplazo de arena; luego es puesto en mortero para probar su resistencia la comprensión asociada a la norma ASTM C136 a los 28 días de edad, siendo 7.6 MPa (w/c = 0.53) disminuye con el aumento del reemplazo de plástico , el resultado óptimo es el 20% mejora la propiedad de los bloques (pp. 120 – 133).

Alighiri *et al.* (2018) en su artículo titulado *“Processing of recycled waste PET (polyethylene terephthalate) plastics bottle into for the lightweight and reinforcement bricks”*, se utiliza los residuos de PET como material principal en la elaboración de ladrillos por el método de mezcla teniendo un diseño mixto con 50, 59, 66, 75% en el reemplazo del agregado fino, se utilizó cuatro variaciones de PET que cumplan establecido en el SNI (Estándar Nacional de Indonesia). La composición ideal del ladrillo es plástico: cemento: arena es 66:22:12; el uso de un 75% y 66% de PET mejora las propiedades de los bloques en comparación con el blanco, la resistencia es de 75 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de humedad es inferior al 20%.(pp.3-8).

Serrano *et al.* (2017) en su artículo titulado *“Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente”* se adiciona los polímeros de PET reciclado previamente triturado en proporciones diferentes de 5%, seguidamente se pasó a mezclar los agregados y utilizar un molde, donde se nivela y con una plancha se compacta y se dejó al secado natural por un tiempo de 28 días, pasado el tiempo se procede a pesarlos nuevamente y por último sumergirlos en agua; bloques de concretos preparados con residuos plásticos como aligerantes con los que se elaboraron muretes con el 5% tuvieron un comportamiento a compresión hasta de 9 MPa (pp.132-137).

Kahd *et al.*(2018) en su artículo titulado *“Concrete with recycled polyethylene terephthalate fiber”* en la fabricación de ladrillos se utilizaron concreto con porcentajes de desechos de PET 0%, 5%, 10%, 15% y 20%, se realiza la mezcla y se analizaron después de 28 días de edad en estado seco; la resistencia a la compresión se redujo en un 15%.(42,3 MPa) debido a la baja adhesión entre la superficie de la fibra de PET y la matriz de hormigón, el resultado más favorable es la adición del 1% con fibras de 3cm de largo aumentando la fuerza a la flexión y la resistencia a la compresión ( pp. 109 – 118).

Farfán y Leonardo (2018) en su artículo titulado *“Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante”* utilizó el proceso de lavado, clasificación y trituración cuyo tamaño es 0.5 cm, con el diseño de mezclas de concreto, se fabricó 5 tipos de ladrillo con caucho reciclado

con los porcentajes de 5%,10% y 15%. Se midió la resistencia a la compresión por las edades de 7, 14 y 28 días. La resistencia a la compresión logró valores máximos de 218.45 Kg/cm<sup>2</sup> al 5% y 212.33 Kg/cm<sup>2</sup> al 10% de caucho asimismo para la resistencia a la flexión de 81.86 Kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente al incrementar el porcentaje baja la resistencia mecánica, el mejor resultado obtenido es de 5% en la resistencia a compresión y flexión se tiene un efecto significativo (pp.3-7).

A. Sofí (2018) en su artículo titulado *“Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review”* tiene como diseño la IS:10262-2010, el tamaño del caucho desmesurado es de 2-4mm y 0.8-2mm al 5%, 7.5% y 10% de caucho para llantas desechadas como reemplazo de agregados y cemento, se observó que la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción a la flexión y la profundidad de penetración de agua del concreto recubierto de goma fueron menores que las de la mezcla de control, mientras que la resistencia a la abrasión y la absorción de agua (hasta un 10% de sustitución) exhibieron mejores resultados que la del Mezcla de control de hormigón (pp. 2691-2700).

Flores, Jiménez y Pérez (2018) en su artículo titulado *“The influence of the incorporation of crushed glass on the properties and high temperature behaviour of cement mortars”* incorporó residuos de vidrio a morteros de cemento de proporción 1:3 (cemento/arena) que es una sustitución casi completa de la arena por vidrio doméstico triturado, en relación de un 25 y un 50% de peso, siendo sometidas a calentamientos de 600 y 800 °C con el propósito de determinar el comportamiento tras sostener condiciones semejantes a las de un mortero sin PET. El autor concluye que para las muestras con una sustitución del 25% se observa una disminución del 76%, y la flexión en un 21% para la compresión; para la sustitución del 50% es de 73% para la flexión y nula para la compresión, quedándonos con este último resultado como el más óptimo. (pp. 257-265).

Dotun y Saquid (2018) en su artículo titulado *“Experimental data on flexural strength of reinforced concrete elements with waste glass particles as partial replacement for fine aggregate”* la investigación tiene por objetivo sustituir el vidrio residual en el agregado fino que tiene una dimensión de 5mm en proporciones de 0%, 10%,



20% y 30%, previamente pasó por el proceso de curado y fueron sometidos a una carga de flexión después de 7, 14, 28 y 90 días. Esta investigación tuvo un diseño experimental y los materiales agregados y cemento utilizados se recolectaron de diferentes zonas (pp. 846-859).

Sadiqul, Rahman y Kazi (2017) en su artículo titulado "*Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice*" investiga el uso del desperdicio del vidrio como sustituto parcial del agregado, el proceso inicia en la trituración a tamaño micro, la cual sufren reacciones pulzolánicas con hidratos de cemento. Las pruebas de resistencia en el mortero y el cemento se hicieron agregando 0,25% de vidrio esmerilado. Los resultados mostrados indican que el mortero de vidrio reciclado dio una mejor resistencia en comparación con las muestras de control, y en un reemplazo del 20% de cemento con vidrio residual fue convincente considerando el costo y el medio ambiente. (pp. 37-44)

Jimes y Torres (2019) en su artículo titulado "*Aprovechamiento del gcr para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva*" utilizaron como agregado el grano de caucho reciclado reemplazando el agregado fino como componentes de morteros en su fabricación, en su metodología empleada se utilizó el 5%, 7% y 9% en sustitución de arena. Los resultados se basaron en la norma NTC 2017 a los 28 días solo las proporciones que cumplen con lo exigido por la norma son 1:2 y 1:3, el mejor resultado es el 9% con una dosificación de 1:3. (pp. 33-44)

Silva *et al.* (2019) en su artículo titulado "*The use of tire rubber in the production of high-performance concrete*" en la metodología empleada se utilizó el caucho como reemplazo del concreto para obtener materiales de alto rendimiento, con la sustitución del agregado fino en los porcentajes de 7,5%, 15% y 30% con respecto a la arena. Se evaluaron las propiedades de resistencia a la compresión a los 28 días con el 7.5% se obtuvo 21.8%, el índice de absorción de humedad aumentó a mayor incorporación de caucho y el mejor resultado obtenido fue el 15% en el reemplazo de la arena por caucho. (pp. 110-114)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La presente investigación es básica pues las conclusiones solo aportan información para otras investigaciones.

El diseño aplicado fue no experimental y corresponde una revisión sistemática cualitativa sin meta análisis.

#### **3.2. Escenario de estudio**

Estuvo conformado por los artículos obtenidos de las bases de datos que contenían información relacionada con el tema de investigación.

#### **3.3. Participantes**

Se identificó 478 artículos que muestra relación con el tema sobre los residuos sintéticos como sustitutos del agregado fino para la mejora de las propiedades físico-mecánicas del ladrillo de cemento, sin embargo, se seleccionó 17 artículos indexados de acceso libre que abordan el tema en sí.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se realizó una revisión sistemática de la literatura de bases de datos de artículos indexados de acceso libre que corresponde a diferentes plataformas.

#### **3.5. Procedimiento**

##### **i) Primera fase**

Se utilizó como estrategia buscar las palabras claves “Polyethylene terephthalate” (tereftalato de polietileno), “Bricks with Polyethylene Terephthalate” (ladrillos con tereftalato de polietileno), “glass-based bricks” (ladrillos a base de vidrio), “Rubber based bricks”(ladrillos a base de caucho), “Polyethylene terephthalate as fine aggregate” (tereftalato de polietileno como agregado fino), “Ground glass as

fine aggregate“ (vidrio molido como agregado fino), “Crushed rubber as fine aggregate“ (caucho triturado como agregado fino).

**Tabla 1** Búsqueda a base de palabras claves

| <b>Base de datos</b> | <b>N° de artículos</b> |
|----------------------|------------------------|
| EBSCOhost            | 104                    |
| SCIELO               | 130                    |
| ScienceDirect        | 158                    |
| Redalyc              | 41                     |
| IOPscience           | 45                     |
| <b>Total</b>         | <b>478</b>             |

Fuente: Elaboración propia

ii) Segunda fase

Se eliminaron los artículos duplicados seguidamente se aplicó el criterio de inclusión especificado en la siguiente tabla.

**Tabla 2** Tabla de criterios de inclusión

| <b>Criterios de inclusión</b> | <b>Valores</b>     |
|-------------------------------|--------------------|
| Tipo de literatura            | Acceso libre       |
| Rango de intervalo de tiempo  | 2014 – 2020        |
| Calidad de las revistas       | Revistas indexadas |
| Idioma                        | Inglés – Español   |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Rigor científico

La data obtenida por la revisión de la literatura es fiable por lo que ha pasado un riguroso proceso en la clasificación de las revistas indexadas de acceso libre a la vez se sistematizo la información de forma objetiva, confiable y trazable.

### 3.7. Método de análisis de datos

Los datos de los 17 artículos de base indexada de acceso libre se presentaron en la tabla 3

**Tabla 3** Base de datos de los artículos seleccionados para la revisión sistemática

| N° | Base de datos | Año  | Nombre del artículo   | R. Sintético               | Trituración | % de residuo            | Parámetros evaluados                                    | Conclusiones  |
|----|---------------|------|---|----------------------------|-------------|-------------------------|---|---|
| 1  | EBSCOHOST     | 2014 | Análisis técnico, económico y medioambiental de la fabricación de bloques de hormigón con polietileno tereftalato reciclado                                       | Tereftalato de polietileno | 5 mm.       | 5, 10, 15 y 20          | Penetración de cloruros, flexión y compresión           | El uso de un 10% de PET mejora las propiedades de los bloques.  |
| 2  | EBSCOHOST     | 2018 | Concrete with recycled polyethylene terephthalate fiber   | Tereftalato de polietileno | 5 cm        | 1, 2 y 3                | Resistencia a la compresión y resistencia a la tracción | El uso de un 1% de PET mejora las propiedades de los bloques.   |
| 3  | EBSCOHOST     | 2017 | Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto.   | Tereftalato de polietileno | 5 mm.       | 27 y 10                 | Resistencia a la compresión y absorción de humedad      | El uso de un 10 % de PET mejora las propiedades de los bloques. |
| 4  | IOPSCIENCE    | 2019 | Processing of recycled waste PET (polyethylene terephthalate) plastics bottle into for the lightweight and reinforcement bricks                                   | Tereftalato de polietileno | 4 mm        | 50, 66, 59, 75          | Resistencia a la compresión y absorción de humedad      | El uso de un 75% de PET mejora las propiedades de los bloques.  |
| 5  | Redalyc       | 2017 | Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente  | Tereftalato de polietileno | 5cm         | 5                       | Resistencia a la compresión                             | El uso de un 5% de PET mejora las propiedades de los bloques.   |
| 6  | ScienceDirect | 2017 | The transformation of waste Bakelite to replace natural fine aggregate in cement mortar   | Tereftalato de polietileno | 5 mm        | 0, 20, 40, 60, 80 y 100 | Resistencia a la compresión                             | El uso de un 20% de PET mejora las propiedades de los bloques.  |
| 7  | EBSCOHOST     | 2017 | Material and Structural Performance Evaluations of Hwangtoh Admixtures and Recycled PET Fiber-Added Eco-Friendly Concrete for CO <sub>2</sub> Emission Reduction. | Tereftalato de polietileno | 0.5 cm      | 10 y 20                 | Resistencia a la compresión                             | El uso de un 10% de PET mejora las propiedades de los bloques.  |

|    |               |      |  |                  |                |                |  |  |
|----|---------------|------|--|------------------|----------------|----------------|--|--|
| 8  | Scielo        | 2018 | Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante    | Caucho reciclado | 0.5 cm         | 5,10 y 15      | Resistencia a la compresión                                | El uso de un 5% de caucho reciclado mejora las propiedades de los bloques.         |
| 9  | ScienceDirect | 2019 | Mechanical performance of concrete made of steel fibers from tire waste  | Caucho reciclado | 0.25 mm<br>1mm | 0.5 y 1        | Resistencia a la compresión                                | El uso de un 0.5% y 1% de caucho reciclado mejora las propiedades de los bloques.  |
| 10 | ScienceDirect | 2018 | Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – a review                       | Caucho reciclado | 0.6 mm         | 5, 8 y 10      | Resistencia a la compresión y absorción de humedad         | El uso de un 7.5% y 10% de caucho reciclado mejora las propiedades de los bloques. |
| 11 | Researchgate  | 2016 | Acoustic behavior of hollow blocks and bricks made of concrete doped with waste-tire rubber.                     | Caucho reciclado | 0.5 cm         | 0, 10 y 20     | Aislamiento del sonido                                     | El uso de un 20% de caucho reciclado mejora la propiedad.                          |
| 12 | Scielo        | 2019 | The use of tire rubber in the production of high-performance concrete  | Caucho reciclado | 5 mm           | 8, 15 y 30     | Resistencia a la compresión y absorción de humedad         | El uso de un 8% de caucho reciclado mejora las propiedades de los bloques.         |
| 13 | EBSCOHOST     | 2019 | Aprovechamiento del gcr para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva | Caucho reciclado | 1 mm           | 5, 7 y 9       | Absorción de agua, resistencia flexo-tracción y compresión | El uso de un 9% de caucho reciclado mejora las propiedades de los bloques.         |
| 13 | ScienceDirect | 2017 | Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice                            | Vidrio molido    | 0.3 mm         | 10,15, 20 y 25 | Absorción del agua, resistencia a la compresión            | El uso de un 10% de vidrio molido mejora las propiedades de los bloques.           |

|    |               |      |   |               |       |                           |   |  |
|----|---------------|------|---|---------------|-------|---------------------------|---|--|
| 15 | ScienceDirect | 2018 | Experimental data on flexural strength of reinforced concrete elements with waste glass particles as partial replacement of fine aggregate                    | Vidrio molido | 5 mm  | 0, 10, 20 y 30            | Resistencia a la compresión                         | El uso de un 20% de vidrio molido mejora las propiedades de los bloques. |
| 16 | ScienceDirect | 2017 | An experimental investigation on physical and mechanical properties of concrete with the replacement of fine aggregate by poly vinyl chloride and glass waste | Vidrio molido | 20 mm | 0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30 | Absorción del agua, resistencia ácida y alcalinidad | El uso de un 15% de vidrio molido mejora las propiedades de los bloques. |
| 17 | ScienceDirect | 2018 | The influence of the incorporation of crushed glass on the properties and high temperature behavior of cement mortars   | Vidrio molido | 2mm   | 25 y 50                   | Conductividad térmica, flexión y compresión         | El uso de un 50% de vidrio molido mejora las propiedades de los bloques. |

FUENTE: Elaboración propia

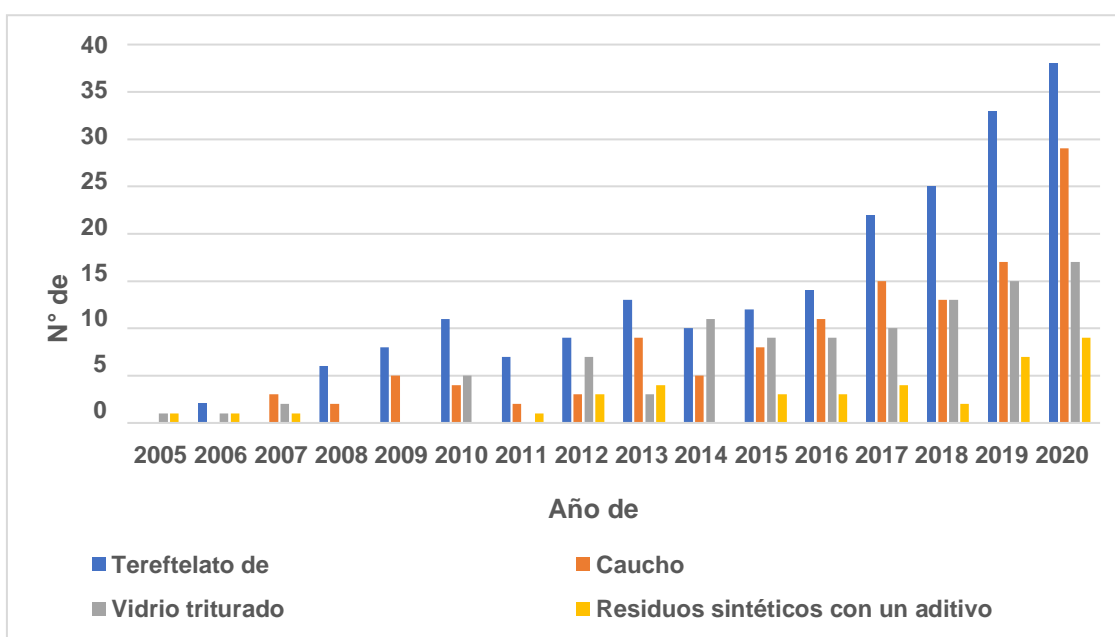
### 3.8. Aspectos éticos

El trabajo de investigación se considera los valores éticos del investigador, la información presentada es verídica y fue realizada con fuentes verdaderas y citadas respectivamente, respetándose los derechos de autor de los artículos que formaron parte de la investigación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultado de proceso de búsqueda

Con el total de artículos encontrados en la búsqueda primaria, sin aplicar criterios de inclusión se identificaron un número de investigaciones según el tipo de residuo sintético utilizado, análisis que se muestran en la Figura 1



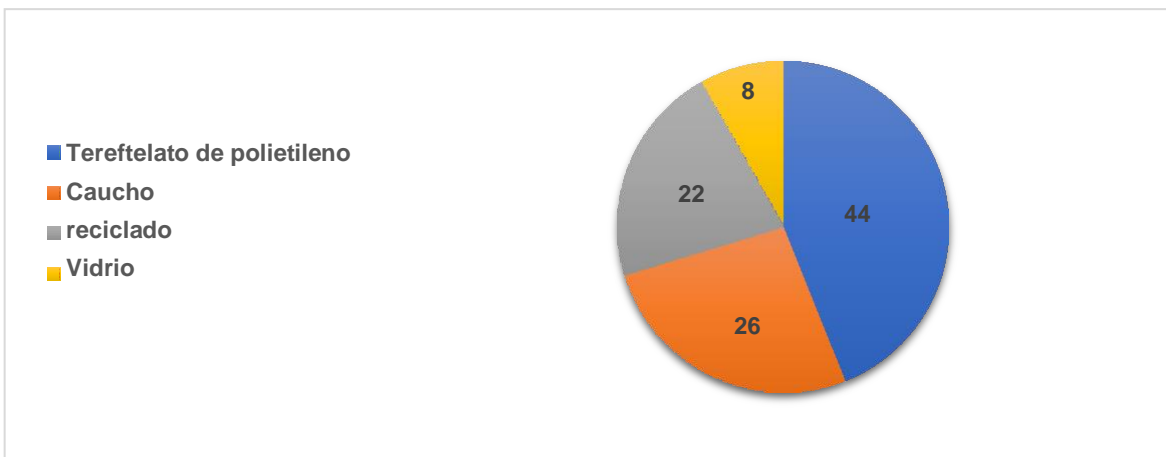
**Figura 1** Artículos, tipo de residuo y año de publicación según base de datos indexados estudiados.  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 1 se observa una mayor tendencia respecto a los años en la cantidad de artículos producidos lo cual evidencia un interés por el tema de residuos sintéticos como agregado fino para la mejora de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto, lo cual posiblemente se explique por la necesidad de usar materiales de bajo costo así como la manera ecológica de obtenerlos (Samindi *et al.*, 2020), al mismo tiempo ante la necesidad de incorporar sostenibilidad en el uso de materias primas amigables con el ambiente (Silva *et al.*, 2019 ; Sadiquil *et al.*, 2017; Infante y Valderrama,2019), algunos países han incorporado leyes que exigen el uso de residuos sintéticos en pavimentos (Arroyo *et al.*, 2018) independientemente de su origen se presenta como una opción válida para la elaboración del ladrillos de concreto (Flores *et al.*, 2018)

Se obtuvo como dato adicional, las revistas con mayor número de artículos publicados, en primer lugar, es la revista ScienceDirect con 158 artículos

correspondiente al 33%, seguida de la revista SCIELO con 130 publicaciones siendo el 27% y la tercera revista más resaltante fue EBSCOhost con 104 artículos que vendría a ser el 21%, son las principales revistas respecto al tema estudiado.

De los 478 artículos identificados en la búsqueda primaria, se evaluó la composición porcentual del tipo de residuo utilizado en el reemplazo del agregado fino, resultados que se muestran en la figura 2



**Figura 2** Artículos identificados en la base de datos según el tipo de residuo sintético Fuente: Elaboración propia

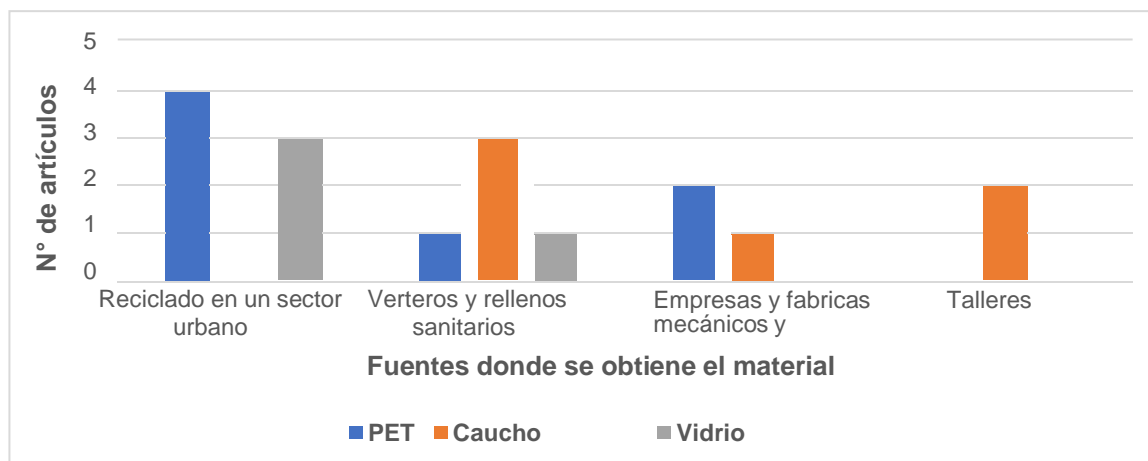
De la figura 2 se observa el primer residuo más utilizado corresponde al tereftalato de polietileno, posiblemente se deba al consumo desorbitante en los últimos años (Kumar y Sreeram,2019 ; Taiatele *et al.*, 2020); Antico *et al.* (2017); en consecuencia se estudia el reemplazo del PET en el agregado fino (Infante y Valderrama,2019; Acevedo y Posada, 2019), como un método válido de reciclaje en el material de construcción de bajo costo (Martins *et al.*, 2017);en la actualidad es una práctica utilizada internacionalmente (Villa y Jaramillo, 2018).

En segundo lugar tenemos al caucho reciclado; Martínez *et al.* (2018) el uso de este material a recibe una atención especial para la fabricación de bloques por su bajo costo (Serrano *et al.*, 2015; Jaimes y Torres , 2019), Bera y Ghost (2015) el reemplazo de caucho en el agregado fino dan resultados que están en el límite aceptable, el material al ser sustituido da una alta resistencia a la penetración de iones cloruro, ácidos (Thomas y Gupta, 2015),los recientes estudios sobre aislación acústica han obtenido buenos resultados.



## Resultados de los residuos sintéticos de la literatura

La figura 3 muestra los resultados de la revisión de la literatura considerándose los criterios de exclusión sobre las fuentes donde se obtuvieron los materiales de reciclado que se utilizaran para la elaboración de ladrillos de concreto.



**Figura 3** Fuentes donde se obtuvieron los materiales de reciclado Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se presentan los siguientes resultados, la mayor tendencia registrada en la revisión de la literatura de las fuentes donde se obtiene el material de desecho es el reciclado en un determinado sector urbano y los vertederos junto con los rellenos sanitarios, se considera este proceso como una manera de minimizar los impactos ambientales (Infante y Valderrama,2019), sin embargo la mayor parte de estos materiales son no biodegradables (Harshad y Sejal,2017) se generan a grandes escalas en todo el mundo (Kahd, 2018) ; una manera de reutilizar la abundancia de estos residuos (García *et al.* ,2016) es el reemplazo de los agregados finos que sirven en la elaboración de ladrillos de cemento (Usahanunth y Tuprakay,2017; Sadiqul *et al.* , 2017 ; Dontun y Sadiq,2018 ; Flores *et al.* ,2018), bajo esta perspectiva permite una optimización y disminución considerable de recursos naturales utilizados en la elaboración de ladrillos a gran escala ( M. Farfán y E. Leonardo, 2018), se convirtió en una práctica muy común de los países envía de desarrollo (Serrano *et al.* , 2017; Fraile *et al.* ,2016) dándole un nuevo uso a estos materiales de gran impacto en el medio ambiente (Arroyo *et al.* , 2018) mitigando en parte el daño ambiental (Kooi *et al.* ,2014).

## Mejoras obtenidas en los ladrillos producidos

Con respecto a la tabla 3 las dos pruebas más resaltantes que demostraron mejora al aplicar los residuos sintéticos en la revisión de la literatura, fueron la resistencia a la compresión y absorción de agua. Los artículos revisados examinaron el efecto de la finura de los residuos sintéticos siendo el tamaño mínimo de las partículas de < 5mm al reemplazar el 10% y 15% permitiendo la uniformidad del material hasta cierto punto (Infante y Valderrama, 2019) mejorando la capacidad de compresión (Zasiah *et al.*, 2018; García *et al.*, 2019). Referido a la propiedad de absorción de humedad los residuos sintéticos no se adhieren a la mezcla completamente provocando un aumento en la porosidad del ladrillo (Infante y Valderrama, 2019), lo que permite una mayor absorción, asimismo, mayor durabilidad (Mendivil *et al.*, 2017; García *et al.*, 2019) de esta manera se demuestra la buena calidad del ladrillo (Alighiri *et al.*, 2019), sin embargo cabe resaltar que influyen en las propiedades, la forma y el tamaño de los residuos que serán sustituidos (Samarakoo *et al.*, 2019).

En la revisión de la literatura encontramos que al adicionar residuos de caucho tiende a disminuir la resistencia a la compresión de modo que como una solución viable al incorporar humo de sílice e hidróxido de sodio. A. Sofí (2018) menciona que las mezclas del 10% de caucho triturado a los 28 días dieron un resultado semejante a la mezcla control, este resultado es confirmado por otros autores como (Mayta, 2014) demostrando que la resistencia obedece a la influencia del tiempo de curado (Farfán y Leonardo, 2018); sin embargo, Jaimes y Torres (2019) nos menciona a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de caucho no menor del 10% crece la resistencia, el reemplazo de 1 – 4 mm tiende a ser menos duradero en su rendimiento en la prueba de congelación y descongelación por ello los ladrillos con el 10% de caucho triturado son remendables para zonas sin condiciones ambientales adversas, en la absorción de agua a mayor adición de caucho aumenta la absorción utilizando una dosificación de 1:3 y un porcentaje de superior del 7% (Jaimes y Torres, 2019) a su vez aumenta la penetración de cloruros (A. Sofí, 2018) adicionalmente la incorporación < 21% dan resultados satisfactorio en el aislamiento acústico (Fraile *et al.*, 2016).

En las investigaciones referente al PET nos señalan que las dimensiones por debajo de 2mm disminuyen la resistencia, mientras que 5 mm con el 40 % de reemplazo del volumen genera leves cambios, sin embargo, las dimensiones >11mm tienen a tener una mayor resistencia con el 10% de PET al reemplazar el agregado fino aumenta la resistencia a la compresión (Infante y Valderrama, 2019 ; Kahd, 2018), y flexión (Mastan y Asidi, 2017) Tafheem *et al.* (2018) encontró un aumento en la resistencia a la tracción con solo adicionar el tereftalato (Maqbool, 2016 ; Vishnu, Mohana y Ponmalar, 2017).

Respecto a la absorción de humedad con el 20% genera un aumento en la porosidad sin embargo a mayor porcentaje los resultados varían (Kooi *et al.*, 2014), para la penetración de cloruros se requiere solo el 15% de PET (Infante y Valderrama, 2019), es conveniente usar estos ladrillos en zonas que requieran la resistencia mínima a la compresión siendo no portante (Usahanunth y Tuprakay, 2017).

Por último, tenemos al vidrio molido en la fabricación de ladrillos como estudios recientes. Sadiqul *et al.* (2017) mostró un aumento en la trabajabilidad con este material, a los 90 días con el 10% da una mayor resistencia a la compresión superando la resistencia de la muestra control , otros autor que afirman lo expuesto es (Dontun y Sadiq, 2018; Harshad y Sejal, 2017); el vidrio molido en la elaboración de concreto a largo plazo tiene el potencial de exceder la resistencia, al someterlo a temperaturas por encima del mínimo aumenta la densidad y la absorción de agua presentando una completa adherencia del vidrio molido con la pasta de cemento, no debe ser superior al 10%, considerando a mayor dosis se reduce la absorción de agua (Harshad y Sejal, 2017).

Cabe resaltar la mejora en la propiedad de transmisión de ultrasonidos, en la conducción térmica presenta el menor deterioro al estar sometido a altas temperaturas con una dosificación de 25 y 50% (Flores *et al.*, 2018).

## **Mejores materiales que optimizan las propiedades del ladrillo**

En base al segundo objetivo específico, respecto a los mejores materiales para la optimización de las propiedades del ladrillo de concreto, el uso del vidrio que reporta la revisión sistemática de la literatura de bases indexadas de acceso libre, oscilan en dimensiones diferentes, debido a su tamaño permite ser más manejable adaptándose a las partículas de los agregados (Dotun y Sadiq, 2018), tiene un mejor desempeño contra la permeabilidad al cloruro a largo plazo (Sadiqul et al., 2017) de igual manera a mayor edad los ladrillos aumentan su resistencia a la compresión, es un paso importante hacia el desarrollo de infraestructura sostenibles siendo respetuosos con el medio ambiente, eficientes y económicos (Sadiqul et al., 2017). Sin embargo, los residuos de caucho han demostrado tener una alta resistencia incluso después de que se alcanza la formación de grietas, pero no ocurre lo mismo en la propiedad de absorción de la humedad entre menos porcentaje de caucho se evidenció un mejor resultado en la absorción (Dontun y Sadiq, 2018; Harshad y Sejal, 2017) estos residuos dan resultados positivos tanto para la transmisión de ultrasonidos (Flores *et al.*, 2018) como para el aislamiento acústico (Fraile *et al.*, 2016), los estudios son recientes por lo que se necesita una investigación más profunda enfocada en estas propiedades. Para finalizar tenemos al tereftalato de polietileno tiende a tener una mayor resistencia con el mínimo de PET ( Infante y Valderrama, 2019 ; Kahd, 2018), y flexión (Mastan y Asidi, 2017) en la absorción de humedad con el 20% genera un aumento en la porosidad sin embargo a mayor porcentaje los resultados varían (Kooi *et al.*, 2014; Infante y Valderrama, 2019), los ladrillos se utilizarán en zonas de mínima resistencia a la compresión siendo no portante (Usahanunth y Tuprakay, 2017).

La adición de cualquiera de estos residuos por lo general son porcentajes mínimos por unidad y la elaboración de estos por millares refleja la reducción de los residuos sintéticos a grandes escalas mitigando en parte los problemas por desechos sólidos del medio ambiente (Infante y Valderrama, 2019).

## **V. CONCLUSIONES**

En base a una revisión global de los 478 artículos identificados en la selección primaria los principales residuos utilizables como agregado fino son el tereftalato de polietileno (44%), el caucho reciclado (26%), vidrio triturado (22%) y residuos sintéticos alternativos (8%), mejorando las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de concreto.

El uso del 10% de material reciclado con un tamaño de partícula menor a 5mm mejora las propiedades físico-mecánicas de los ladrillos de concreto en especial la resistencia a la compresión.

El uso del 21% al 25 % de caucho y vidrio como reemplazo del agregado fino en partículas menores a 5mm mejoran la aislación acústica del ladrillo de concreto.

En base a la data evaluada es posible suponer que el uso adecuado de proporciones de caucho y vidrio podrían mejorar simultáneamente sus propiedades como agregado fino.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Intensificar los estudios con el vidrio como agregado fino para evaluar la capacidad de la resistencia a la compresión con respecto al tiempo, así como su durabilidad en entornos ambientales cambiantes.

El ladrillo elaborado con los residuos PET debe ser utilizado en zonas sin condiciones ambientales adversas.

Ampliar el estudio realizado considerando otras bases de datos de acceso limitado que podrían reforzar los hallazgos de la presente investigación.

## REFERENCIAS

HAMSA Adam, ABBAS Dawood. Strength behavior of reinforced concrete beam using recycle of PET wastes as synthetic fibers. *Revista (Case Studies in Construction Materials)* [en línea] IRAQ. 22 de 04 de 2020, Vol. 16, págs. 38-42. [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00367>

ISSN: 2214-5095

AVECEDO, Ana y POSADA, Esteban. Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto. *Revista Ingenierías Universidad De Medellín* [en línea]. Enero - junio 2019, vol.18 n.º34. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.22395/rium.v18n34a3>

ISSN:2248-4094

MEHTA Ankur y KUMAR Ashish. Silica fume and waste glass in cement concrete production: A review, *Journal of Building Engineering* [en línea] Volume 29,2020, [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219303493>

ISSN 2352-7102

JIMENEZ, Nancy. El residuo: producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Revista (Cultura y representaciones sociales)* [en línea] México 03 de 2017, no .22, Vol. 11, págs. 158-192. [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S200781102017000100158&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200781102017000100158&lang=es)

ISSN: 2007-8110

MOLANO, Frank. El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *hist. crit.* [en línea]. 2019, n.74, pp.127-149. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7440/histcrit74.2019.06>.

ISSN 0121-1617

GARCIA Lidía, GRACIA Amalia y BELLO Eduardo. Metabolismo social y ecoturismo: la problemática de los residuos en isla Holbox, Quintana Roo. *Revista CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES* [en línea] México 20,2018, Vol. 10, págs. 779-822. [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21640/ns.v10i20.1401>

ISSN:2007-0705

DISSANAYAKE Priyanka, HETTIARACHCHI Samantha, SIRIWARDANA Chandana. Increase in Disaster Risk due to inefficient Environmental Management, Land use policies and Relocation Policies. Case Studies from Sri Lanka. *Procedía Engineering* [en línea]. Volumen 212,2018, Pages 1326-1333, [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.171>.

SHARMA Anchal, KUMAR Ashok y GANGULY Rajiv. Impact of open dumping of municipal solid waste on soil properties in mountainous region. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* [en línea], Volumen 10, 2018, Pages 725-739. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775517303232>  
ISSN 1674-7755

DOYLE Joshua. Institutionalized collective action and the relationship between beliefs about environmental problems and environmental actions: A cross-national analysis, *Social Science Research* [en línea], Volume 75, 2018, Pages 32-43, [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0049089X17306245>  
ISSN 0049-089

MARTÍN, M. y SÁNCHEZ, Bayle. Impacto de la contaminación ambiental en las consultas pediátricas de Atención Primaria: estudio ecológico, *Anales de Pediatría* [en línea]. 2018. Vol. 89, p. 80-85. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2017.06.013>.  
ISSN 1695-4033

UBILLA Carlos y YOHANNESSEN Karla. Contaminación atmosférica efectos en la salud respiratoria en el niño. *Revista Médica Clínica Las Condes* [En línea]. Agosto 2017. Vol. 28. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>.  
ISSN 0716-8640

An overview of chemical additives presents in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling por Hahladakis John [et al.] *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. Volumen 344, 2018, Pages 179-199. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014>.  
ISSN 0304-3894

Effects of waste PET as coarse aggregate on the fresh and harden properties of concrete por Jahidul Islam [et al]. *Construction and Building Materials* [en línea] 2016, Vol. 125, p. 946-951 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.128>.  
ISSN 0950-0618

Stiffness and flexural strength evaluation of cement stabilized PET blends with demolition wastes por Arulrajah Arul [et.al]. *Construction and Building Materials*. [En línea]. 2020, Vol. 239 [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117819>.



MORINI, Antonio; HOTZA, Dachamir y RIBEIRO, Manuel. Avaliação da energia incorporada e da emissão de CO2 em recipientes para refrigerantes: PET versus vidro. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. Nov.25, 2019, vol.24, n.5, pp.1027-1036. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S141341522019000501027&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522019000501027&lang=es)  
ISSN 1809-4457.

Estimation of plastic waste inputs from land into the Caspian Sea: A significant unseen marine pollution por Ghayebzadeh Mehdi [et al.] *Marine Pollution Bulletin* [en línea] Volumen 151,2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X19310276>  
ISSN 0025-326X

PELAEZ Gabriel, VELASQUEZ Sandra, GIRALDO Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. *Revista (Ciencia e Ingeniería Neogranadina)* [en línea]. Bogotá 07 de 2017, Vol. 27, págs. 27-50. [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2143>  
ISSN:0124-8170

P. Arroyo, R. Herrera, L. Salazar, Z. Giménez. Un nuevo enfoque para la integración de factores ambientales, sociales y económicos para evaluar mezclas asfálticas con y sin neumáticos de desecho. *Revista (ingeniería de construcción)* [en línea]. Chile 12 de 2018, no 3, Vol. 33, págs. 301-314. [Fecha de consulta: 22/05/2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000300301>  
ISSN: 0718-5073

SERRANO Guzmán, PÉREZ D., TORRADO L. y DARÍO N. Residuos Inertes para la Preparación de Ladrillos con Material Reciclable: Una Práctica para Protección del Ambiente. *Diseño y Tecnología* [en línea]2017, paginas 131 - 138. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/ldata.v20i1.13507>  
ISSN 1810-9993

Caracterización magnética de material compuesto con matriz de resina epoxi y llanta en desuso reforzado con magnetita en diferentes proporciones por Salinas, Félix [ et al.] *Tecnol.* [en línea]. 2019, vol.22, n.44, pp.83-97. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012377992019000100083&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012377992019000100083&lang=es)  
ISSN 0123-7799.

GHOSH S. y BERA D. (2016), Fundamental properties of self-compacting concrete utilizing waste rubber tires-a review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.15623/ijret.2016.0501051>.  
ISSN: 2319-1163

THOMAS B. y GUPTA R., A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.092> ISSN 1364-0321

New perspectives on recycling waste glass in manufacturing concrete for sustainable civil infrastructure por Guo Pengwei [et al.], *Construction and Building Materials* [en línea], Volume 257,2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820315841>

ISSN 0950-0618

Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice por Sadiqul [et al]. *International Journal of Sustainable Built Environment* [en línea]. Junio 2017, vol.6, p.37-44. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016301157>

ISSN 2212-6090

USAHANUNTH Nopagon y TUPRAKAY Seree. The transformation of waste Bakelite to replace natural fine aggregate in cement mortar. *Case Studies in Construction Materials* [en línea].2017, Vol. 6, p.120-133 [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.01.005>

ISSN 2214-5095

FLORES, Vicente; JIMENEZ, Víctor, PEREZ Alexis. Influence of the incorporation of crushed glass on the properties and behavior at high temperature of cement mortars. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* [en línea]. 2018, Vol.57. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019].Disponible en:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0366317518300153?token=A6B268F193C85A897A129BBC9BD5C908E28285CDFFF715E0F0DA3A4C66091912F21E89C47CCC4A66F215EBA3ECF640E4>

ISSN 0366-3175

INFANTES, Josefina y VALDERRA, Claudia. Technical, Economic and Environmental Analysis of the manufacture of concrete blocks with Recycled Terephthalate Polyethylene (PET). *Revista Información tecnológica* [en línea]. Octubre 2019, vol.30 n.º5. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025>

ISSN: 0718-0764

A review of studies on bricks using alternative materials and approaches por Zhang Zipeng [et al]. *Construction and Building Materials* [en línea]. Agosto 2018. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.152>

Farfán, M.; Leonardo, E. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Rev. ing. Construcción* [en línea]. Dic 2018, vol.33, no.3, p.241-250. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S071850732018000300241&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071850732018000300241&lng=es&nrm=iso)  
ISSN 0718-5073

PEREZ, Judith, Comportamiento físico -mecánico del ladrillo de concreto tipo IV. Tesis (Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/6/browse?type=author&value=P%C3%A9rez+Culquechicon%2C+Thalila+Judith>

INFANTE Josefina y VALDERRAMA Claudia. Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Inf. Tecno I.* [en línea].2019, vol.30, n°.5, pág.25-36. [Fecha de consulta:18 de junio del 2020]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071807642019000500025&lang=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642019000500025&lang=es)  
ISSN: 0718-0764

KIYANETS, A. V. Concrete with recycled polyethylene terephthalate fiber. *Magazine of Civil Engineering*, [en línea] 2018, vol.84, n.8, pág. 109–118. [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020].Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=136488972&lang=es&site=eds-live>  
ISSN: 2071-4726

GARCIA Samuel, BRACHO Nicolino y LOPEZ Willan. Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto. *La Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, [en línea] 2017, vol.7, n.5 pág. 55–59 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020].Disponible en: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=706a71a499a2419d94ad5ed6b9dab071%40pdcvsessmgr05&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=a9h&AN=124782868>  
ISSN: 0255-6952

D Alighiri, M Yasin , B Rohmawati y A Drastisianti. Processing of recycled waste PET (polyethylene terephthalate) plastics bottle into for the lightweight and reinforcement bricks. *Journal of Physics: Conference Series*. [en línea].2019, vol.1321, no.22, pág.-9. [Fecha de consulta:18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1321/2/022023>  
ISSN: 1742-6596

SERRANO Maria, PEREZ Diego, TORRADO Luz y HERNANDEZ Nestor. Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: una práctica para protección del ambiente. *Industrial Data* [en línea] 2017, vol.20, n.1, pág. 131-138 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81652135016.pdf>

NOPAGON Usahanunth y SEREE Tuprakay. The transformation of waste Bakelite to replace natural fine aggregate in cement mortar. *Case Studies in Construction Materials* [en línea] 2017, vol.6, n.6 pág. 120-133 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509516300973> ISSN: 2214-5095

BON Min Koo, JANG-ho, SUNG-BAE Kim y SUNGHO Mun. Material and Structural Performance Evaluations of Hwangtoh Admixtures and Recycled PET Fiber-Added Eco-Friendly Concrete for CO2 Emission Reduction. *Materials* [en línea] 2014, vol.7, n.8, pág. 5959-5981 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: [http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=a2aba94a575745b9b965362fa1dfff1%40pdcvssmgr06&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtG2ZQ%3d%3d#db=eds\\_bas&AN=edsbas.FB0547C1](http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=a2aba94a575745b9b965362fa1dfff1%40pdcvssmgr06&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtG2ZQ%3d%3d#db=eds_bas&AN=edsbas.FB0547C1) ISSN: 1996-1944

M Farfan y E Leonardo. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Revista ingeniería de construcción* [en línea] 2018, vol.33, n.3 pág. 241-250. [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071850732018000300241&la](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071850732018000300241&la) ISSN: 0718-5073.

SAMARAKOON Samindi y EVANGELISTA Luis. Mechanical performance of concrete made of steel fibers from tire waste. *Case Studies in Construction Materials* [en línea] 2019, vol.11, [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509519300105> ISSN: 2214-5095

A Sofi. Effect of waste tyre rubber on mechanical and durability properties of concrete – A review, Ain Shams. *Engineering Journal*. [en línea] 2018, vol.9, n.4 pág. 2691-2700 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447917301132> ISSN: 2090-4479

GARCIA Esteban, FERREICO Javier, DEFEZ Beatriz y PERIS Guillermo. Comportamiento acústico de bloques huecos y ladrillos hechos de concreto dopado con caucho para llantas de desecho. *Materiales*, [en línea] 2016, vol.9, n.12, [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5456962/>

The use of tire rubber in the production of high-performance concrete por Miranda A. [et.al]. *Cerâmica*, [en línea] 2019, vol.65, n.1 pág.110-114 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-69132019000500110&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132019000500110&lang=es) ISSN: 1678-4553.

Arroyo et al. Un nuevo enfoque para la integración de factores ambientales, sociales y económicos para evaluar mezclas asfálticas con y sin neumáticos de desecho. *Revista ingeniería de construcción*. [en línea] 2018, vol.33, n.3, pág. 301-314 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071850732018000300301&lang=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071850732018000300301&lang=es)  
ISSN: ISSN 0718-5073

JAIMES Luis y TORRES Karina. Aprovechamiento del gcr para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva. *Revista Politécnica*. [en línea] 2019, vol.15, n.29 , pág. 33-44 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=056c548e-acf2-4a13-abfe-2900a6c84bf5%40sdcsessmgr02&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=138596852&db=fua>  
ISSN: 1900-2351

SADAQUIL Islam, H Rahman y NAYEM Kazi. Waste glass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. *International Journal of Sustainable Built Environment*. [en línea] 2017, vol.06, n.1 pág. 37-44 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016301157>  
ISSN: 2212-6090

OLUMOYEWA Atoyebi y OBANISHOLA Sadiq. Experimental data on flexural strength of reinforced concrete elements with waste glass particles as partial replacement for fine aggregate. *Data in Brief*. [en línea] 2018, vol.18, pág. 846-859 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340918303172>  
ISSN: 2352-3409

HARSHARD Patel y SEJAL Dalal. An Experimental Investigation on Physical and Mechanical Properties of Concrete with the Replacement of Fine Aggregate by Poly Vinyl Chloride and Glass Waste. *Procedia Engineering*. [en línea] 2017, vol.173, pág. 1666-1671 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816345921>  
ISSN: 1877-7058

VICENTE Ales , JIMENEZ Victor y PEREZ Alexis. Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. [en línea] 2018, vol.57, n.6, pág. 257-265 [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317518300153>  
ISSN: 0366-3175

Ghosh, S. K., Bera, D. Fundamental properties of self-compacting concrete utilizing waste rubber tires-a review. *International Research Journal of Engineering and Technology*. [en

línea] 2016, vol.5, pág. 254-261 [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45908136/FUNDAMENTAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_SELFCOMPACTING\\_CONCRETE\\_UTILIZING\\_WASTE RUBBER TIRESA REVIEW.pdf?1464087646=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DFUNDAMENTAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_SELFCOMPACTIN.pdf&Expires=1594192490&Signature=IMGMPCK8i8hrtrWfAQ82hXDqSI1jZeBgAaVaUuGbpRIRGYV0sl0m13ixVTQd4bfudsMycZQ5OxAz95S2HbTyzQt9B618l4Ne7oHOEc8eGT~81KBL3XFeW4js~v~b3fJxDIH0Qyrz1~dsnqsDO~mUupu2~2TSDAL70wBT0aNfXYBwpm0n8FBsV3LiUL2ieMh9DDMibp7GAmsg6ZiPOs9S9gnsrMbztVnsYQsEW3rzUUjY3TiFdiqKO0yt4~HLFP23aCzcSTAUevbNeDIAzpylISVVvZZDx7NPzich1YeKKoMpxuWgToYYsDZRAwf7uXwl~Kh9PSq4dJnxGMWQ\\_\\_&KeyPairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/45908136/FUNDAMENTAL_PROPERTIES_OF_SELFCOMPACTING_CONCRETE_UTILIZING_WASTE RUBBER TIRESA REVIEW.pdf?1464087646=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DFUNDAMENTAL_PROPERTIES_OF_SELFCOMPACTIN.pdf&Expires=1594192490&Signature=IMGMPCK8i8hrtrWfAQ82hXDqSI1jZeBgAaVaUuGbpRIRGYV0sl0m13ixVTQd4bfudsMycZQ5OxAz95S2HbTyzQt9B618l4Ne7oHOEc8eGT~81KBL3XFeW4js~v~b3fJxDIH0Qyrz1~dsnqsDO~mUupu2~2TSDAL70wBT0aNfXYBwpm0n8FBsV3LiUL2ieMh9DDMibp7GAmsg6ZiPOs9S9gnsrMbztVnsYQsEW3rzUUjY3TiFdiqKO0yt4~HLFP23aCzcSTAUevbNeDIAzpylISVVvZZDx7NPzich1YeKKoMpxuWgToYYsDZRAwf7uXwl~Kh9PSq4dJnxGMWQ__&KeyPairId=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

ISSN: 2319-1163

THOMAS Blessen y GUPTA Ramesh. A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [en línea] Vol. 54, 2016, pág. 1323-1333, [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.092>.

ISSN 1364-0321

MARTINEZ G. et al. Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos. *Rev. ing. constr.* [online]. 2018, vol.33, n.1 [citado 2020-07-08], pp.41-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100041>.

ISSN 0718-5073.

PELAEZ, Gabriel; VELASQUEZ, Sandra y GIRALDO, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. *Cienc. Ing. Neogranad.* [online]. 2017, vol.27, n.2, pp.27-50. [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.214>

ISSN 0124-8170.

ANTICO, Federico; WIENER, María; ARAYA, Gerardo y GONZALEZ, Raúl. Eco-bricks: a sustainable substitute for construction materials. *Revista de la Construcción* [online]. 2017, vol.16, n.3 [citado 2020-07-08], pp.518-526. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.16.3.518>

ISSN 0718-915X.

PEREIRA, Martins et al. Caracterización reológica, morfológica y mecánica de mezclas y compuestos de poli (tereftalato de etileno) reciclados. *Estera. Res.* [en línea]. 2017, vol.20, n.3 [citado 2020-07-08], pp.791-800. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2016-0870>

ISSN 1980-5373.

VILA, Rolando y JARAMILLO, José. Incidencia del empleo de polímeros como modificadores del asfalto. *Rev. Lasallista Investigador.* [en línea]. 2018, vol.15, n.2 [citado 2020-07-08], pp.315-326. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22507/rli.v15n2a24>.

ISSN 1794-4449

TAIATELE, Ivan et al. Evaluación de biodegradabilidad de almidón / espuma de glicerol y poli (adipato de butileno-co-tereftalato) / película de almidón mediante pruebas *Braz. J.*

*Food Technol.* [en línea]. 2020, vol.23 [citado 2020-07-08]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.24818> .  
ISSN 1981-6723.

Tafheem et al. Experimental investigation on the properties of concrete containing post-consumer plastic waste as coarse aggregate replacement. *Journal of materials and engineering structures* [en línea]. 2020, vol.5 [citado 2020-07-08]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/323969098\\_Experimental\\_investigation\\_on\\_the\\_properties\\_of\\_concrete\\_containing\\_postconsumer\\_plastic\\_waste\\_as\\_coarse\\_aggregate\\_replacement](https://www.researchgate.net/publication/323969098_Experimental_investigation_on_the_properties_of_concrete_containing_postconsumer_plastic_waste_as_coarse_aggregate_replacement)  
ISSN: 2170-127X

Mayta, J. (2014), *Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto, en la ciudad de Huancayo (Tesis para el título de ingeniero civil)*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/403>.

MASTAN N. y ASADI S PET BOTTLE WASTE AS A SUPPLEMENT TO CONCRETE FINE AGGREGATE *International Journal of Civil Engineering and Technology. structures* [en línea]. 2017, vol.8, pp. 558–568 [citado 2020-07-08]. Disponible en: [2/IJCIET\\_08\\_01\\_063-2.pdf](https://www.researchgate.net/publication/323969098_Experimental_investigation_on_the_properties_of_concrete_containing_postconsumer_plastic_waste_as_coarse_aggregate_replacement)  
ISSN: 0976-6316

VISHNU, A; MOHANA, V; MANASI, S. y PONMALAR. Use of polyethylene terephthalate in concrete - A brief review. *International Journal of Civil Engineering and Technology. structures* [en línea]. 2017, vol.8 [citado 2020-07-08]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/319094698\\_Use\\_of\\_polyethylene\\_terephthalate\\_in\\_concrete\\_-\\_A\\_brief\\_review/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/319094698_Use_of_polyethylene_terephthalate_in_concrete_-_A_brief_review/citation/download)  
ISSN: 0976 - 6316

MAQBOOL S., SOOD H. Effect of PET Fibers on the Mechanical Properties of Concrete. *International Journal of Civil Ingenieria.* [en línea]. 2016. vol. 3, n12, Pp. 25-30. [citado 2020-07-08]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/5281/8f5212cef2973932884c88d76892f57ec539.pdf>  
ISSN: 2348 – 8352

Soslowsky, L, et al. Materials in Tendon and Ligament Repair. *Comprehensive Biomaterials II.* [en línea]. 2017, vol.7, pág. 314-340. [Fecha de consulta: 18 de junio del 2020].  
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818092523>  
ISBN 9780081006924

Tsochatzis, Emmanouil et al. Proficiency test on the determination of polyethylene and polybutylene terephthalate cyclic oligomers in a food simulant. *Food Packaging and Shelf Life*. [en línea].2020, vol.23. [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214289419304867#bib0055>  
ISSN 2214-2894

Hoppe, Maria et al. Migration of oligomers from PET: Determination of diffusion coefficients and comparison of experimental versus modelled migration. *Food Additives & Contaminants: Part A* [en línea].2017, vol.34. pp. 1251-1260 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2017.1322222>

Tasic, A. et al. Effect of the vinyl modification of multi-walled carbon nanotubes on the performances of waste poly(ethylene terephthalate)-based nanocomposites. *Journal of Composite Materials*. [en línea]. 2016, vol.4. pp. 491-505. [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/303095968\\_Effect\\_of\\_the\\_vinyl\\_modification\\_of\\_multi\\_walled\\_carbon\\_nanotubes\\_on\\_the\\_performances\\_of\\_waste\\_polyethylene\\_terephthalate-based\\_nanocomposites](https://www.researchgate.net/publication/303095968_Effect_of_the_vinyl_modification_of_multi_walled_carbon_nanotubes_on_the_performances_of_waste_polyethylene_terephthalate-based_nanocomposites)

Wang Dan et al. A facile evaluation on melt crystallization kinetics and thermal properties of low-density polyethylene (LDPE)/Recycled polyethylene terephthalate (RPET) blends, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, [en línea].2019, vol.2. pp.126-135 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542504819300120#bib4>  
ISSN 2542-5048

CORINALDESI Valeria y DONNINI Jacopo. 4 - Waste rubber aggregates. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering* [en línea].2019, pp.87-119 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102480-5.00004-X> ISBN 9780081024805

İlker Topçu y Aytac Unverdi. 2 - Scrap tires/crumb rubber. CORINALDESI Valeria y DONNINI Jacopo. 4 - Waste rubber aggregates. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering* [en línea].2018, pp.51-77 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008102156900002X>  
ISBN 9780081021569

James G. Speight. *Asphalt Materials Science and Technology* [en línea] Butterworth-Heinemann,2016. [fecha de consulta: 8 de julio del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800273-5.00008-8>  
ISBN 9780128002735,

George C. Wang. *The Utilization of Slag in Civil Infrastructure Construction* [en línea] Woodhead Publishing, 2016. [fecha de consulta: 8 de julio del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100381-7.00006-9>  
ISBN 9780081009949

Rafat Siddique y Paulo Cachim. In *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering* [en línea] Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete, Woodhead Publishing,2018, [fecha de consulta: 8 de julio del 2020].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102156-9.00002-X>.  
ISBN 9780081021569

A Boateng. *Rotary Kilns* [en línea] Butterworth-Heinemann,2016. [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803780-5.00006-X>.ISBN 9780128037805



Seydibeyoğlu et al. In Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering [en línea] Woodhead Publishing,2017, [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101871-2.00005-9>  
ISBN 9780081018712

Chawla. Glass Fibers [en línea] Elsevier,2016, [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.02325-0>  
ISBN 9780128035818

Anshuman Shrivastava. Introduction to Plastics Engineering[en línea] William Andrew Publishing,2018, [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-39500-7.00004-6>.  
ISBN 9780323395007

Mehdi Derradji, Jun Wang y Wenbin Liu. Phthalonitrile Resins and Composites [en línea] William Andrew Publishing,2018. [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812966-1.00005-6>.  
ISBN 9780128129661

Menghe Miao, John H. Xin. Engineering of High-Performance Textiles [en línea] Woodhead Publishing,2018. [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00002-0>  
ISBN 9780081012734

Sabu Thomas et al. Recycling of Polyethylene Terephthalate Bottles [en línea]. 1st. ed. William Andrew 2019 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811361-5.00005-5>  
ISBN:9780323509671

Vincenzo Guarino y Luigi Ambrosio. Electrofluidodynamic Technologies (EFDTs) for Biomaterials and Medical Devices Bottles [en línea]. 1st. ed. Woodhead Publishing 2018 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101745-6.000037>  
ISBN:9780081017463

Fernando Pacheco et al. Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete[en línea]. 1st. ed. Woodhead Publishing 2019 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/book-and-journals>  
ISBN:9780081027332

Laurence McKeen. Permeability Properties of Plastics and Elastomers. 4th ed. William Andrew 2017 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-50859-9.00006-3> ISBN:9780323478885

Ajitha A. y Sabu Thomas. Compatibilization of Polymer Blends [en línea]1st. ed. Elsevier 2020 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816006-0.00020-7>  
ISBN:9780128162880

Laurence McKeen. The Effect of Sterilization on Plastics and Elastomers [en línea]1st. ed. Elsevier 2020 [fecha de consulta: 8 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12->

814511-1.00005-6  
ISBN: 9780128145128

Baričević, Ana et al. Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties, *Cement and Concrete Composites*, [en línea].2018, vol.91. pp.29-41 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946518301161#bib4> ISSN 0958-9465

KIRTHIKA S. , SINGH S. y CHOURASIA Ajay. Alternative fine aggregates in production of sustainable concrete- A review, *Journal of Cleaner Production*, [en línea].2020, [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620321363> ISSN 0959-6526

KIRTHIKA S. , SURYA M. y SINGH S. Effect of clay in alternative fine aggregates on performance of concrete, *Construction and Building Materials*, [en línea].2019, vol.228. [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181932241X> ISSN 0950-0618

AJIBOYE Christopher y DAMILOLA David. Experimental study of some structural properties of concrete with fine aggregates replaced partially by pulverized termite mound (PTM), *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* [en línea].2019, [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363918312583> ISSN 1018-3639

Mohamed Alwaeli et al. Recycle option for metallurgical sludge waste as a partial replacement for natural sand in mortars containing CSA cement to save the environment and natural resources, *Journal of Hazardous Materials*, [en línea].2019, [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420310906> ISSN 0304-3894

TAREQ Ahmed, SUBHI Ghassan y AHMED Shamil. Producing of workable structural lightweight concrete by partial replacement of aggregate with yellow and/or red crushed clay brick (CCB) aggregate, *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* [en línea].2020, [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363920302324> ISSN 1018-3639

López et al. Inter-laboratory variability results of porous building materials hygrothermal properties. *Construction and Building Materials* [en línea].2017, vol.156. pp. 412-423 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.184>. ISSN 0950-0618

FENG Chi y JANSSEN Hans. Hygric properties of porous building materials (IV): Semi-permeable membrane and psychrometer methods for measuring moisture storage curves. *Building And Environment* [en línea].2019, vol.152. pp. 39 - 49 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en <https://lirias.kuleuven.be/2371795?limo=0> ISSN: 0360-1323

Mohammad Ismail et al. Compressive strength and microstructure of assorted wastes incorporated geopolymer mortars: Effect of solution molarity, *Alexandria Engineering Journal* [en línea].2018, vol.57. pp. 3375-3386 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016818301339>  
ISSN 1110-0168

Mohammed Haloob et al. Tensile properties of a novel fibre reinforced geopolymer composite with enhanced strain hardening characteristics, *Composite Structures* [en línea].2017, vol.168. pp. 402-427 [Fecha de consulta:6 de julio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822316328847>  
ISSN 0263-8223