

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**ESTUDIO SOBRE NUEVAS TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS
USANDO PLÁSTICO PET**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

NESTOR ANDREW MENDOZA ELERA

ASESOR

HECTOR AUGUSTO GAMARRA UCEDA

<https://orcid.org/0000-0002-3653-1394>

Chiclayo, 2022

Índice

Resumen	3
Abstract.....	4
Introducción.....	5
Marco teórico.....	6
Antecedentes del problema	6
Bases teórico – científicas	10
Definición de términos básicos	12
Diseño metodológico	13
Tipo de estudio.....	13
Población, muestra de estudio y muestreo.....	13
Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
Plan de procesamiento para análisis de datos	13
Resultados y discusión.....	14
Conclusiones.....	15
Referencias bibliográficas.....	16
Anexos	18
Instrumento N° 01	18
Gráfica N°1	18
Tabla N°1.....	19
Tabla N°2.....	20
Tabla N°3.....	20

Resumen

El acceso a una vivienda propia con buenas condiciones sigue siendo un sueño lejano para muchas familias en el mundo. Además, el incremento de residuos por plástico PET es preocupante teniendo en cuenta el aumento de consumo de este material por la demanda de servicios delivery ante las nuevas medidas sanitarias. La pandemia actual también influyó en la economía de muchas familias de escasos recursos económicos, reduciendo así la posibilidad de acceder a una vivienda propia con materiales comúnmente utilizados (concreto, acero y ladrillo de arcilla cocidos, entre otros).

El propósito de esta investigación determinar las nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET. Para ello se analizarán distintas investigaciones previas desde el año 2015.

Palabras clave: Unidad de albañilería, bloques de concreto, concreto, PET.

Abstract

Access to a house of one's own with good conditions is still a distant dream for many families in the world. In addition, the increase in PET plastic waste is worrying considering the increase in consumption of this material due to the demand for delivery services in the face of the new sanitary measures. The current pandemic also affected the economy of many low-income families, thus reducing the possibility of accessing their own housing with commonly used materials (concrete, steel and baked clay bricks, among others).

The purpose of this research is to determine new construction technologies using PET plastic. For this purpose, different previous researches since 2015 will be analyzed.

Keywords: Masonry unit, concrete blocks, concrete, PET.

Introducción

El acceso a viviendas propias o con condiciones adecuadas es un problema latente a nivel mundial. Tan solo en 2018 según la ONU mil seiscientos millones viven en hogares con condiciones inadecuadas y novecientos millones en asentamientos humanos informales o campamentos improvisados [1]. En Perú haciendo uso de un estudio del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en 2019 más del 25% del número total de viviendas no son propias [2]. Ahora teniendo en cuenta el duro golpe a la economía mundial por la actual situación pandémica a causa del COVID-19 los sueños de muchas familias para acceder a una vivienda propia con buenas condiciones se ven frustrados.

Por otro lado, el material tereftalato de polietileno (PET) es usado en la elaboración de botellas plásticas por las industrias. Este material como residuo es muy perjudicial para el medio ambiente por el largo tiempo de su descomposición que es superior a los 100 años. A nivel global es evidente un incremento considerable en el servicio de delivery a causa de las medidas sanitarias tomadas ante el COVID-19. Además, entre los años 1950 y 2017 se produjo 9.2 mil millones de toneladas de plástico, lo que al años 2017 representaba más de una tonelada por persona. También hay que tener en cuenta que menos del 10% del total de plástico llegó a ser reciclado [3].

El INEI en el año 2018 realizó un estudio donde se obtuvo que de las 2533 municipalidades analizadas en distintos departamentos del Perú el destino final de los residuos sólidos de estas municipalidades fue: 360 tuvieron como destino final un relleno sanitario, 1505 en botaderos, 427 reciclaje y 241 municipalidades quemaron sus residuos sólidos como se puede observar en el **Gráfico N°1** [4]. Como se puede apreciar la mayoría de municipalidades usan un botadero como destino final para sus residuos sólidos. Pero teniendo en cuenta el tiempo de descomposición de ciertos residuos como es el caso del plástico PET esta acción se convierte en un gran problema para el medio ambiente.

En los procesos constructivos se usan distintos tipos de materiales como: agregado, cemento, agua, madera, ladrillos y acero. No obstante, el proceso de fabricación de algunos materiales genera contaminación ambiental como es el ejemplo de la industria cementera. Por otro lado, es clara la dificultad para sustituir el uso de este material por su precio, buenos resultados y manejo en obra. Pero hay materiales que si pueden ser sustituidos como es el caso de los ladrillos y que además su fabricación emite contaminantes al ambiente. Ya que

la ausencia de un buen control de las medidas de combustión en los hornos usados para la fabricación de los ladrillos genera descargas de contaminantes atmosféricos como: Dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxido nítrico y material particulado. Estos contaminantes producen efecto invernadero, posible lluvia ácida, problemas de salud cardiacos y pulmonares como se especifica en la **Tabla N°1** [5]. Hay que tener en cuenta que en pueblos o ciudades pequeñas el ladrillo artesanal es más usado que el industrial lo que significa un problema mayor debido al superior tiempo en horno necesario y la menor producción por horno generada.

Teniendo en cuenta todo lo descrito la presente investigación busca satisfacer la siguiente interrogante: ¿Cuáles son nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET?

Se planteó como objetivo general el determinar las nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET. Teniendo como objetivo específico determinar la viabilidad del uso de las nuevas tecnologías constructivas.

Las justificación de este proyecto de investigación se rige por los siguientes puntos:

Justificación Práctica:

La investigación permitirá dar a conocer nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET que sean una alternativa aplicable que ayude a disminuir la contaminación por residuos de plástico PET.

Justificación Social:

La investigación busca dar a conocer a la población nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET económicas y accesibles que permitan mejorar sus posibilidades de acceso a una vivienda propia.

Marco teórico

Antecedentes del problema

González Sánchez, Jonatan (2019) “Construcción con botellas de plástico: Análisis y mejora de elementos y sistemas constructivos estructurales”. Proyecto Fin de Carrera: Universidad Politécnica de Madrid. Madrid - España.

Esta investigación tuvo como objetivo principal analizar y hacer mejor el accionar tanto del comportamiento estructural como del comportamiento mecánico de los recientes elementos y sistemas constructivos que usan botellas de plástico como

bloques de ladrillo. Abordó la problemática de que los plásticos se están convirtiendo en unos de los mayores generadores de residuos a nivel mundial, para ello analizó una serie de elementos constructivos (botella rellena con tierra) teórica y experimentalmente, a fin de detallar criterios óptimos de construcción con esta clase de materiales. Se analizaron seis clases de botellas plásticas distintas teniendo en cuenta características como su volumen, marca del envase y espesores de las paredes, con las que se reprodujo condiciones de obras reales. Como producto de los ensayos realizados para determinar su resistencia a la compresión se consiguió que la botella de coca cola de 500 ml llenada con tierra obtuvo una resistencia media de 30.60 KN, la de 2000 ml una resistencia de 47.26 KN, mientras que las botellas de agua de cuevas de 500 ml una resistencia de 22.40 KN y la de agua Font Vella de 1500 ml una resistencia de 57.00 KN; llegando a la conclusión de que la unidad de plástico PET rellena con tierra compactada al máximo obtuvo los mejores resultados [6].

Pichardo Ramírez, Katherine y Valdez Rodríguez, Johanna (2017) "Propuesta de vivienda de bajo costo. Caso: Vivienda en muros de botellas de plásticos". Trabajo de grado: Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. República Dominicana.

Este trabajo grado tuvo como objetivo principal investigar de forma ambiental y económica el sistema constructivo elaborado con muros de botellas plásticas reutilizadas, dando a comprender los exámenes de costo, seguridad laboral, generación y manejo de los desechos de cada desarrollo constructivo, uso, consumo y régimen del recurso natural como el agua para el sistema. Se abordó la problemática de que los humanos tratan de buscar resoluciones prácticas que permita achicar el prominente impacto generado en las construcciones. Para ello elaboraron dos tipos de unidades de albañilería: botellas rellenas con tierra y botellas rellenas con residuos sólidos picados; obteniendo como resultado que al crear muros con el sistema de botellas de plástico PET reutilizado se ahorra tanto en mano de obra, material y equipos necesarios para la construcción, los materiales usado para el sistema de muros de plásticos reciclados son de enorme resistencia y de simple adquisición, lo que facilita achicar costos y bajar los impactos al medioambiente. Recomendando que el procedimiento constructivo con muros de botellas de plástico PET contribuye a bajar la proporción de desechos puesto que se crea con plástico

reutilizado, paralelamente descarta criaderos de patologías porque impide que haya agua posada, además crea novedosas opciones económicas para la gente de pocos ingresos [7].

Vargas Vera, Leonardo y Tascon Areisa, Edilson (2016) “Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (PET) y ladrillo tradicional macizo de barro”. Trabajo de Grado: Universidad Militar de Nueva Granada. Colombia.

El propósito primordial de este trabajo de exploración fue hacer un examen de comparación estructural, de costo y ambiental de los bloques elaborados con mortero y botellas de plástico PET versus ladrillos macizos de barro, por medio de la ejecución de investigaciones y ensayos, usando los parámetros determinados por la Norma Técnica Colombiana (NTC), para saber las virtudes y desventajas usando ambos materiales. Para ello se realizarán estudios en los bloques elaborados con PET haciendo uso de los requerimientos de la NTC para poder determinar el comportamiento estructural, un examen comparativo que refleje el impacto al ambiente de ambos materiales. Para determinar sus ventajas y desventajas ambientales, entre otros objetivos; obteniendo como uno de sus resultados que el bloque PET no cumplió con los valores mínimos requeridos para un buen funcionamiento a compresión. Por tal motivo no se recomendó el uso de este material constructivo para ser usado de forma estructural sino para la construcción de muros divisorios [8].

Echeverría Garro, Evelyn (2017) “Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado”. Tesis de Pregrado: Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca – Perú.

La presente tesis tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo de concreto con plástico PET reciclado. En la elaboración de los ladrillos se utilizó para el estudio distintas concentraciones de plástico PET 0%, 3%; 6% y 9%. Considerando que se buscaba obtener una unidad de albañilería clase IV según la norma técnica E.070 se realizaron ensayos para determinar sus propiedades. Teniendo en cuenta el orden anterior de los porcentajes como resistencia a compresión (f'_b) de obtuvo: 161.96 kg/cm², 127.08 kg/cm², 118.80

kg/cm² y 110.46 kg/cm². Como resistencia a compresión axial (f'_m) en pilas se obtuvo: 128.55 kg/cm², 100.83 kg/cm², 79.79 kg/cm² y 76.75 kg/cm². Como resistencia a corte (V'_m) en muretes se obtuvo: 16.47 kg/cm², 12.83 kg/cm², 13.17 kg/cm² y 9.96 kg/cm². Se concluyó que pese a presentar una reducción en las características físicas y mecánicas se llega a cumplir los requisitos por la norma E.070 [9].

Galán León, Jhoss y Zambrano Paucar, Icai (2019) “Análisis del comportamiento sísmico para una vivienda económica con muros de botellas PET rellenas de agregado fino”. Tesis de Pregrado: Universidad César Vallejo. Huaraz – Perú.

Este trabajo de tesis tuvo como propósito primordial investigar el accionar ante sismos de una casa de bajo costo elaborada con muros de botellas de plástico PET, rellenas con arena. Abordando la problemática de que frente a la necesidad de novedosas familias por obtener sus casas las construyen sin tener juicios preventivos ante terremotos o temblores. Para ello se elaboraron unidades de albañilería con botellas rellenas con agregado fino que tuvieron un peso medio de 1.18 kg y un peso específico cercano a 1.7 gr/cm. Como resultado se obtuvieron que la capacidad de carga promedio de los prismas de albañilería (f'_m) fue 65.80 kg/cm², mientras que la máxima resistencia obtenida a la compresión del mortero de pega (f'_c) fue de 203.04 kg/cm². Recomendaron hacer investigaciones para determinar diferencias económicas entre el uso de botellas PET y una construcción típica [10].

Reyna Pari, César (2016) “Reutilización del plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo”. Tesis de Posgrado: Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo – Perú.

Esta presente tesis de posgrado analizó concretos reemplazando la arena gruesa por materiales reutilizados como PET, papel y bagazo. Centrándonos en el uso de plástico PET las proporciones usadas fueron 0%, 5%, 10% y 20% con gravilla de 1/2”. Teniendo en cuenta el orden anterior de los porcentajes como resistencia a compresión: 353.55 kg/cm², 459.26 kg/cm², 387.44 kg/cm² y 285.35 kg/cm². Considerando este ensayo la incorporación de PET en forma de pellets obtuvo

mejores resultados que el uso de los demás materiales. Entre los porcentajes incorporados el 5% fue el más óptimo [11].

Bases teórico – científicas

Unidades de albañilería

También conocidos como ladrillos. Son unidades cuyas medidas y peso facilitan su manipulación con solo una mano. Estos ladrillos denominados también unidades de albañilería pueden ser elaborados con materias primas como: la arcilla, el sílice-cal o el concreto [12].

Clasificación para fines estructurales:

Teniendo en cuenta fines estructurales, los ladrillos o unidades de albañilería deberán cumplir con las propiedades de acuerdo a su clasificación como: Ladrillo Tipo I, II, III, IV y V o Bloque P y NP como se especifican en la **Tabla N°2** [12].

- **Ladrillo I:** Tienen muy escasa durabilidad y resistencia. Son idóneos cuando las situaciones a las que serán expuestos son de pocas exigencias, usados en viviendas entre 1 y 2 pisos. Se sugiere evadir contactar directamente con la lluvia o el terreno [13].
- **Ladrillo II:** Tienen durabilidad y resistencia baja. Se comportan bien cuando las condiciones de exigencia son moderadas. Se sugiere evadir contactar directamente con la lluvia o el terreno [13].
- **Ladrillo III:** Tienen durabilidad y resistencia media. Idóneos para ser usados con intemperismo escaso [13].
- **Ladrillo IV:** Poseen durabilidad y resistencia altas. Son idóneos cuando en su uso las condiciones de servicio son rigurosas. Soportan contactar directamente con la lluvia o el terreno [13].
- **Ladrillo V:** Poseen elevada resistencia y durabilidad. Idóneos para muy rigurosas condiciones de servicio en su uso. Soportan contactar directamente con la lluvia o el terreno [13].

Limitaciones de su aplicación:

Los ladrillos o unidades de albañilería serán usados bajo las condiciones establecidas en la **Tabla N°3** [12].

Pruebas:

- **Muestreo:** Cada 50 millares de ladrillos se escogerán aleatoriamente 10 unidades como muestra, a esta muestra se le aplicarán pruebas de alteraciones de dimensiones y alabeo. De las 10 unidades a la mitad se le aplicarán ensayos de compresión y a la otra mitad de absorción [12].
- **Resistencia a la compresión:** Para determinar la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería, se realizarán ensayos en laboratorios que correspondan, según lo correcto en las NTP 399.613 y 339.604. Se restará una desviación estándar al valor promedio para determinar la resistencia a compresión axial (f'_{b}) [12].
- **Variación dimensional:** Se realizará el proceso correcto según las NTP 399.613 y 339.604 para establecer las alteraciones en las dimensiones de las unidades de mampostería [12].
- **Alabeo:** Se va a seguir el proceso establecido en la NTP 399.6013 para establecer el alabeo de las unidades de mampostería [12].
- **Absorción:** Los ensayos de absorción se van a hacer en concordancia a lo pasos determinados en las NTP 399.613 Y 339.604. Se recomienda que la absorción no supere el 22% [12].

Concreto

Es una mezcla entre cemento Portland o Puzolánico con agregado fino, grueso, agua y posiblemente aditivos. Básicamente el concreto es simple cuando no lleva refuerzo o armadura de acero y es armado cuando si lo lleva [14].

Residuos PET

El Tereftalato de Polietileno, más conocido como plástico PET, es uno de los materiales plásticos más usados en la industria botellera. Se estima que el consumo mundial de plástico crece 4% anualmente. Comúnmente los residuos plásticos son depositados en vertederos. Pero esta acción está siendo eliminada puesto que en lugar un solución es un problema grave por la baja degradabilidad del residuo y porque su descomposición en vertederos es fuente de una gran producción de metano. Para la elaboración de productos plásticos se parte del curdo de petróleo donde como resultado se obtiene un 4% de plástico y un 96% de carburantes [15].

Vivienda

Las viviendas son estructuras que tienen como objetivo primordial la estadía y uso de las familias residentes, estas deben saciar sus pretensiones habitacionales y deben permitir su funcionalidad de forma correcta [16].

Consideraciones de diseño:

Los ambientes que conforman la vivienda deberán ser dimensionados para permitir una libre y cómoda circulación de los residentes. Además, deberán contar con el amoblamiento necesario para una funcionalidad iniciativa, de acuerdo a la cantidad de residentes. Todas las dimensiones deberán ser elegidas según las propiedades antropométricas de los habitantes [16].

El área mínima techada de una vivienda sin capacidad de ampliarse deberá ser de cuarenta metros cuadrados. Caso contrario esta área mínima será de veinticinco metros [16].

Dimensiones mínimas de los ambientes:

Según la Norma A.010 Consideraciones Generales de diseño (2014) del RNE, los ambientes con techos horizontales, van a tener una altura de entrepiso mínima de 2.30m. Las partes inferiores de los techos inclinados podrán tener una altura menos. En ciudades con climas cálidos la altura tendrá que ser más grande [17].

Definición de términos básicos

- **Albañilería o mampostería:** Material estructural conformado por unidades de mampostería colocadas usando mortero o unidades de mampostería apiladas, en este caso incorporadas con concreto líquido [12].
- **Albañilería confinada:** Mampostería reforzada con elementos de concreto armado en todo su perímetro, vertido antes de la construcción de la mampostería. Los cimientos de concreto también son considerados como confinamiento horizontal correspondientes a los muros del primer piso [12].
- **Agregado fino:** Agregado que provienen de una desintegración natural o artificial que pasa por el tamiz 3/8". Generalmente es usado para este agregado la arena [14].

Diseño metodológico

Tipo de estudio

Esta investigación descriptiva ya que se busca describir las características de las nuevas tecnologías constructivas con plástico PET.

Población, muestra de estudio y muestreo

Población:

La población de esta investigación serán las distintas fuentes de información científicas como artículos y tesis a nivel nacional e internacional.

La población es el grupo de todas las situaciones que concuerdan con ciertas especificaciones determinadas [18].

Muestra:

La muestra de esta investigación serán las fuentes de información científica a partir del año 2016 que tengan que ver con la presente investigación.

La muestra es un subgrupo de la población, se puede considerar como un subconjunto de la misma que se define según sus propiedades [18].

Muestreo:

Se eligieron 6 fuentes de información científica que ayudarán a satisfacer la interrogante de investigación.

Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO	APLICACIÓN
Análisis de documentos	Ficha de análisis (Instrumento N° 01)	Se aplicará a la muestra definida.

Plan de procesamiento para análisis de datos

FASE 1: Recolección de datos.

FASE 2: Procesamiento de datos.

FASE 3: Análisis de resultados.

FASE 4: Sustentación final.

Resultados y discusión

Teniendo en cuenta la muestra analizada podemos destacar 4 nuevas tecnologías constructivas usando plástico PET: Unidades de albañilería de plástico PET rellenas de agregado fino, Unidades de albañilería de plástico PET rellenas plástico PET triturado, Bloques de concreto con plástico PET en pellet en lugar de agregado fino y Concreto con fibras de plástico PET adicionado. En el siguiente cuadro se describen características, ventajas y desventajas de las nuevas tecnologías encontradas:

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Unidad de albañilería rellena con agregado fino	Unidades de albañilería elaboradas usando una botella plástica como contorno y arena como relleno. El relleno es compactado para mejores resultados. Se puede usar para el asentado mortero o una mezcla de barro. F'b: 203.04 kg/cm ² . F'm: 65.80 kg/cm ² .	Fácil elaboración. Fácil Manejo. Permite ejecutar diseño arquitectónico. Reducción en mano de obra.	Es necesario la obtención de botellas plásticas PET. No es recomendado para muros altos.
Unidad de albañilería rellena con plástico PET	Unidades de albañilería elaboradas usando una botella plástica como contorno y plástico picado o bolsas plásticas como relleno. El relleno debe ser compactado para un mejor comportamiento F'b: 60 kg/cm ² .	Permite reciclar mayor cantidad de plástico. Permite ejecutar diseño arquitectónico. Reducción en mano de obra.	Es necesario maquinaria para el triturado del PET. Tiene menor resistencia comparada al relleno de agregado fino.
Bloques de concreto con plástico PET	Se utilizan moldes para agregar una mezcla de cemento, agua, agregado fino, confitillo y hojuelas de PET. El molde deberá tener las medidas y formas que se necesiten. El porcentaje de PET	Permite tener medidas de acuerdo al molde. Por su forma pueden emplearse mas diseños arquitectónicos.	El adicionar PET a los bloques de concreto disminuyen sus características. La mano de obra no disminuye.

	<p>usado puede variar (0%,3%,6%,9%) F'b: (161-127-118-110) kg/cm² F'm: (128-100-79-76) kg/cm²</p>		
<p>Concreto con plástico PET</p>	<p>Básicamente un concreto tradicional donde el agregado fino es reemplazado por pellets de plástico PET. El porcentaje de PET usado puede variar (0%,5%,10%,20%). F'c: (353-459-387-285) kg/cm²</p>	<p>Aumenta las características físicas con un porcentaje de PET adecuado: 5%</p>	<p>Es necesario para el pellet de PET una extrusora de plástico</p>

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

- Teniendo en cuentas tanto la características ventajas y desventajas. La mejor opción serían las **unidades de albañilería rellenas con agregado fino** en cuanto a viabilidad de uso por la población. Ya que tienen buenas características físicas mecánicas y es de fácil acceso para la población de bajos recursos.
- Es evidente que añadir plástico PET a los bloques de concreto. Si bien es cierto ayuda a disminuir la contaminación por residuos PET. No ayuda en las características físicas mecánicas, más bien las disminuye.
- Una opción interesante es el **concreto con plástico PET** siempre y cuando se utilice 5% de plástico PET y el acceso el pellet de PET sea comercial.

Referencias bibliográficas

- [1] L. Farha, «Noticias ONU,» 11 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2018/07/1437721>. [Último acceso: 27 Junio 2021].
- [2] INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Viviendas particulares propias según departamento, 2009-2019*, 2019.
- [3] H. Büll, «Atlas del plástico: Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos,» El Salvador, 2019.
- [4] INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Destino final de los residuos sólidos recolectados por las municipalidades según departamento*, Lima, 2018.
- [5] D. Buitrago y D. Rojas, «Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C,» Bogotá, 2017.
- [6] J. González Sánchez, «Construcción con botellas de plástico: Análisis y mejora de elementos y sistemas constructivos estructurales,» 2019.
- [7] K. D. Pichardo Ramírez y J. R. Valdez Rodríguez, «Propuesta de vivienda de bajo costo. Caso: Vivienda en muros de botellas de plásticos,» 2017.
- [8] L. J. Vargas Vera y E. Tascón Areisa, «Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (PET) y ladrillo tradicional macizo de barro,» 2016.
- [9] E. Echeverría, «Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado,» 2017.
- [10] J. K. Galán León y I. B. Zambrano Paucar, «Análisis del comportamiento sísmico para una vivienda económica con muros de botellas pet rellenas de agregado fino – Huaraz, 2019,» 2019.
- [11] C. Reyna, «Reutilización del plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo,» 2016.
- [12] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica E0.70: Albañilería, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2006.
- [13] A. San Bartolomé, Construcciones de Albañilería: Comportamiento sísmico y diseño estructural, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1994.
- [14] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica E0.60: Concreto Armado, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2009.

- [15] J. Arandes, J. Bilbao y D. López, «Reciclado de residuos plásticos,» *Revista Iberoamericana de Polímeros*, vol. 5, nº 1, pp. 28-45, 2004.
- [16] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Norma Técnica A.020: Vivienda, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2006.
- [17] Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Norma Técnico A.010: Consideraciones Generales de diseño, Lima: Diario Oficial El Peruano, 2014.
- [18] R. Hernández, F. Carlos y B. María, Metodología de la Investigación, México: Mc Graw Hill Education, 2014.

Anexos

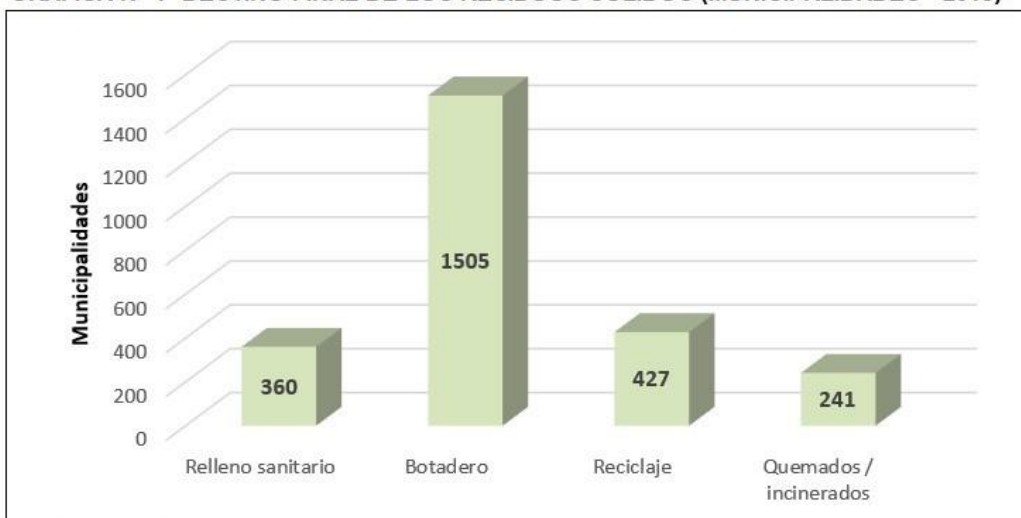
Instrumento N° 01

FICHA DE ANÁLISIS	
Título:	
Tipo de Investigación:	
Formulación de Problema:	
Objetivos:	
Resultados:	
Conclusiones:	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica N°1

GRÁFICA N° 1 -DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (MUNICIPALIDADES - 2018)



Fuente: Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI, 2018)

Tabla N°1

TABLA N° 1 - CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EFECTOS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS GENERADOS POR LADRILLERAS

Contaminante	Características generales	Efectos
Dióxido de carbono CO₂	Es un gas sin color, olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. Desempeña un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza. Proviene de manera artificial, por la quema de los combustibles fósiles y de grandes extensiones de bosques.	No es tóxico, pero es un gas que produce un importante efecto de atrapamiento del calor (efecto invernadero).
Monóxido de carbono CO	Es un gas sin color, olor ni sabor. Es un contaminante primario. Alrededor del 90% existe en la atmósfera y se forma de manera natural, en la oxidación de metano (CH ₄) en reacciones fotoquímicas. Se va eliminando por su oxidación a CO ₂ . La actividad humana lo genera en grandes cantidades siendo, después del CO ₂ , el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera por causas no naturales. Procede, principalmente, de la combustión incompleta de combustibles fósiles.	Es tóxico, se combina fuertemente con la hemoglobina de la sangre y reduce drásticamente la capacidad de la sangre de transportar oxígeno, también puede ocasionar cambios estructurales en el corazón y cerebro de los animales, cambios en el umbral de la luminosidad relativa y agudeza visual e impedimento en el funcionamiento de las pruebas psicomotoras.
Dióxido de azufre SO₂	Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante, emitido en mayor cantidad después del monóxido de carbono (CO). Su vida media en la atmósfera es corta, de unos 2 a 4 días. Es emitido por actividades humanas, sobre todo por la combustión de combustibles fósiles y por la metalurgia, debido a la reacción entre el aire de la combustión y el azufre contenido en el combustible. En la naturaleza, es emitido en la actividad volcánica. Otra fuente muy importante es la oxidación del H ₂ S.	Alrededor de la mitad que llega a la atmósfera vuelve a depositarse en la superficie y el resto se convierte en iones sulfato (SO ₄ ²⁻). Por este motivo es un importante factor en la lluvia ácida, acidificando aguas superficiales y suelos y produce corrosión de estructuras metálicas.
Oxidos de nitrógeno	Se produce por combustiones realizadas a altas temperaturas, debido a la reacción entre el nitrógeno presente en el aire y en el combustible y el oxígeno del aire, es precursor del smog fotoquímico.	Causa enfermedades respiratorias (fibrosis pulmonar crónica, bronquitis, entre otros), irritación y disminución del crecimiento de las plantas.
Material particulado	Compuesto por ceniza, polvo, hollín, entre otros. Están compuestas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Dentro de los metales, los más relevantes desde un punto de vista toxicológico son el arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, entre otros.	Tos, resaca, dificultad para respirar, agravamiento del asma (en personas que la padecen), agravamiento de enfermedades coronarias, daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida), alteraciones en la coagulación de la sangre y muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón y del pulmón.

Fuente: (Buitrago & Rojas, 2017)

Tabla N°2

TABLA N° 2 - CLASE DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

CLASE DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100mm	Hasta 150mm	Más de 150mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo VI	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes
(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Norma Técnica E.070

Tabla N°3

TABLA N° 3 - LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Si, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

*Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil

Fuente: Norma Técnica E.070