

# APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS PET PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA HABITACIÓN ECOLÓGICA EN TACNA

## USE OF SOLID PLASTIC WASTE PET FOR THE CONSTRUCTION OF AN ECOLOGICAL HABITATION IN TACNA

DOI: <https://doi.org/10.47796/ra.2020i18.435>

LEO ULISES MICHAELL TIRADO REBAZA<sup>1</sup>

PRESENTADO : 29.05.20

ACEPTADO : 16.11.20

### RESUMEN

Lo que me impulsó a realizar la presente investigación fue la problemática generada por los residuos sólidos plásticos en la ciudad heroica. Esta investigación tuvo como objetivos: (1) aprovechar los residuos sólidos plásticos PET para construir una habitación ecológica en Tacna, (2) determinar la temperatura interior y exterior de la edificación e (3) identificar las ventajas y desventajas de la construcción ecológica vs. una construcción tradicional. La habitación ecológica tuvo dimensiones de 4.5 m x 3.5 m x 2.0 m y para su construcción fueron necesarias 3 200 botellas plásticas PET compactadas con tierra. Para preparar la mezcla complementaria empleada en la edificación se utilizó: Agua, arcilla, tierra de chacra y *Cynodon dactylon* seco, en proporciones de 6, 5, 4 y 0.05, respectivamente. La construcción fue realizada formando capas compuestas por el polímero mencionado y la mezcla. El techo de la eco-infraestructura estuvo compuesto por calaminas y vigas de madera. Se evidenció que una habitación ecológica puede ser empleada únicamente como vivienda por el comfortable ambiente de su interior. Se comprobó que la edificación puede ser llevada a cabo de forma segura, económica y pacífica con el ambiente.

**PALABRAS CLAVE:** Habitación ecológica, construcción, residuos sólidos plásticos PET.

### ABSTRACT

What prompted me to carry out this investigation was the problem generated by solid plastic waste in the heroic city. This research had as objectives: (1) take advantage of the PET plastic solid waste to build an ecological room in Tacna, (2) determine the interior and exterior temperature of the building and (3) identify the advantages and disadvantages of ecological construction vs. a traditional construction. The ecological room had dimensions of 4.5 m x 3.5 m x 2.0 m and 3 200 plastic PET bottles compacted with soil were necessary for its construction. To prepare the complementary mixture used in the building, water, clay, farmland and dry *Cynodon dactylon* were used, in proportions of 6, 5, 4 and 0.05, respectively. The construction was carried out by forming layers composed of the mentioned polymer and the mixture. The roof of the eco-infrastructure was made up of corbels and wooden beams. It was evident that an ecological room can only be used as a home due to the comfortable environment inside. It was proven that the building can be carried out safely, economically and peacefully with the environment.

**KEYWORDS:** Construction, ecological habitation, PET plastic solid waste.

<sup>1</sup> Bachiller en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. ID: 0000-0002-6599-8866. leotiradorebaza@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Los plásticos son materiales sintéticos derivados del petróleo ampliamente utilizados por las favorables propiedades que poseen (Espín et al. 2007). Sin embargo, sus residuos implican uno de los incidentes más destacados a nivel mundial (Socas, 2018). La Tierra tiene que lidiar con un total de 8 300 millones de toneladas de plásticos (Oliveros et al. 2019). El principal impacto ambiental producido por los plásticos es la contaminación de los océanos y mares. (Téllez, 2012). Por ejemplo, una botella plástica tiene un periodo de degradación en el ambiente calculado en 500 años (Valle, 2013) y es precisamente esta tardía degradación la que la hace susceptible de convertirse en macromoléculas capaces de insertarse en la cadena alimenticia (Perdomo, 2002), un escenario perjudicial para los seres vivos en general. A pesar de los problemas asociados al plástico, sólo el 41 % es reciclado o reutilizado (Geyer et al. 2017).

En busca de una solución, se han planteado distintas alternativas para el tratamiento de residuos plásticos. El reciclaje de botellas plásticas fabricadas con Tereftalato de Polietileno (PET), por ejemplo, es uno de los métodos más empleados (Cristán et al. 2003) pero no interfiere en los procesos de producción o consumo del material, solamente logra reintegrarlo al ciclo económico (Espinoza, 2009). Otra alternativa es la recuperación de energía mediante la combustión de plásticos, empero, el procedimiento debe estar sujeto a estrictos controles ambientales para asegurar la neutralización de residuos sólidos y efluentes gaseosos (Arandes et al. 2004). Existen muchas otras disyuntivas, sin embargo, no han logrado resolver por completo el grave problema provocado por los plásticos.

El aprovechamiento de residuos plásticos para la construcción de habitaciones ecológicas es una iniciativa que surgió en Honduras, en el año 2001 y se ha propagado en

muchos países gracias a que promueve el cuidado del ambiente y el desarrollo social de las clases menos favorecidas mediante el acceso a viviendas propias a un bajo costo (Reyes, 2013). Ello se resume en compactar botellas plásticas de PET con tierra y complementarlas con una mezcla compuesta por arcilla, tierra de chara, *Cynodon dactylon* seco y agua. Las botellas compactadas generan suficiente resistencia mecánica para garantizar una vivienda segura y capaz de resistir condiciones climáticas adversas que se presenten (Aguirre et al. 2016). Las casas de botellas tienen un diseño bioclimático y restringen el uso de mampostería tradicional, la cual requiere bastante energía para su fabricación (Shakiba et al. 2013).

En Tacna se evidencia la sobre exposición de plásticos en los espacios públicos, lo que deteriora el paisaje cultural y natural de la ciudad (Becerra, 2019). La poca cultura ambiental de la población local, sumada a los escasos mecanismos de regulación y al veloz crecimiento demográfico hace que la problemática de los residuos plásticos sea difícil de controlar. En nuestra región, el 49.5 % de ciudadanos conforman los dos estratos socioeconómicos más vulnerables, identificados por los escasos recursos económicos que perciben (Compañía Peruana de Estudios de Mercado y Opinión Pública, 2019). Esta gran parte de la población no tiene el poder adquisitivo necesario para construir una vivienda, por lo que se plantea esta alternativa con la finalidad de llegar a estos sectores.

La investigación tuvo como objetivos:

- Aprovechar los residuos sólidos plásticos para la construcción de una habitación ecológica en la ciudad de Tacna.
- Determinar la temperatura interior y exterior de la edificación.
- Identificar las ventajas y desventajas que posee este tipo de predios frente a una vivienda construida con mampostería tradicional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Metodología de la Investigación

Para llevar a cabo el presente trabajo se consideró el tipo de investigación exploratorio, por ser la primera vez que se intenta realizar una construcción con tierra de chacra, arcilla, agua y *Cynodon dactylon* seco complementada con material plástico, limitando el uso de cemento. Además, el diseño de la investigación fue experimental.

### Área de ejecución

La construcción se realizó en la ciudad de Tacna, en los interiores de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (UNJBG), Sede "Los Pichones". En la Tabla 1 se precisa a mayor detalle la localización y características propias del lugar de estudio. El clima se caracterizó según la metodología de Werren Thornthwaite.

**Tabla 1.** Localización y características del lugar de estudio

Lugar	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m.)	Clima
Tacna	18°01'38" S 70°15'05" O	562	Semi-cálido (desértico-árido-sub tropical)

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2014)

La mano de obra del trabajo estuvo compuesto por estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Se emplearon 3200 botellas plásticas con capacidad variable de 500 a 625 ml, 1 250 lt de agua, 1 000 kg de arena de chacra, 800 kg de arcilla, 10 kg de *Cynodon dactylon* seco, 10 kg de cemento y 10 kg de yeso. Se reutilizaron una puerta y ventana de madera.

Las botellas de plástico PET se llenaron con tierra de chacra tamizada hasta su compactación. El llenado se realizó empleando embudos para mayor facilidad.

Se niveló toda la zona de construcción y se definieron las dimensiones de la habitación ecológica. Estas fueron: 4.5 m x 3.5 m x 2.0 m de alto.

**Figura 1.** Botellas plásticas empleadas.



Se preparó la mezcla utilizando palas para homogeneizar. Esta estuvo compuesta de agua, arcilla, tierra de chacra y *Cynodon dactylon* seco, en proporciones de 6, 5, 4 y 0.05, respectivamente.

Se realizó una excavación de 1 m de profundidad en todo el perímetro del suelo, con un espesor de 30 cm. Se la rellenó de clastos voluminosos y de mezcla.

Una vez preparados los cimientos, se formó una capa de mezcla de 8 cm por única vez como base. Sobre ella se ubicaron las botellas en forma paralela para cada muro de la alcoba, con una separación de 4 cm una de la otra. Luego se procedió a taparlas con una capa de mezcla de 4 cm de altura, sobre la cual, nuevamente se ubicó al residuo plástico compactado con tierra. Se repitió el proceso en varias ocasiones hasta llegar a la altura de 2.0 m con la ayuda de tablas de encofrado, maderas y alambres. Se empleó constantemente el nivel de ingeniero.

En las esquinas, cada capa de botellas se ubicó de forma cruzada; esto con la finalidad de lograr mayor firmeza.

Para la estabilización del marco de la puerta en el suelo, se preparó y utilizó una mezcla típica de cemento, yeso y agua.

Se preparó la mezcla utilizando palas para homogeneizar. Esta estuvo compuesta de agua, arcilla, tierra de chacra y *Cynodon dactylon* seco, en proporciones de 6, 5, 4 y 0.05, respectivamente.

Se realizó una excavación de 1 m de profundidad en todo el perímetro del suelo, con un espesor de 30 cm. Se la rellenó de clastos voluminosos y de mezcla.

Una vez preparados los cimientos, se formó una capa de mezcla de 8 cm por única vez como base. Sobre ella se ubicaron las botellas en forma paralela para cada muro de la alcoba, con una separación de 4 cm una de la otra. Luego se procedió a taparlas con una capa de mezcla de 4

## RESULTADOS

### Aprovechamiento de residuos plásticos

Fue posible aprovechar las botellas plásticas PET para la construcción de una habitación ecológica en la ciudad de Tacna. Sin embargo, fue necesario usar de manera complementaria una mezcla de tierra de chacra, arcilla, *Cynodon dactylon* seco y agua para la edificación de los muros; así como una mezcla de cemento, yeso y agua para la fijación de la puerta, ventana y techo de la construcción. Se pudo edificar los muros de la alcoba con materiales poco comunes, ya que en la mayoría de antecedentes se empleaban residuos plásticos complementados con cemento, hormigón, arena u otros insumos.

### Determinación de la temperatura interior y exterior

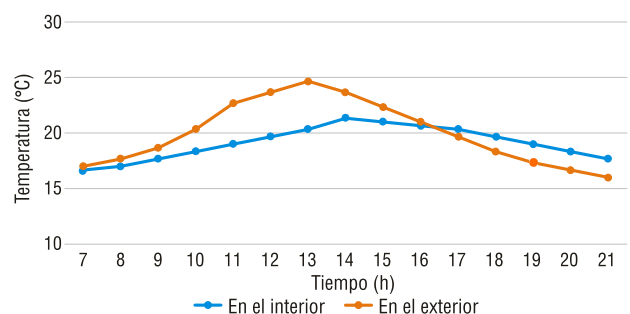
Se determinó la temperatura al interior y exterior de la habitación ecológica realizando 15 mediciones diarias de cada una por un periodo de 3 días. Los datos fueron obtenidos cada hora desde las 7:00 h hasta las 21:00 h y se promediaron (Tabla 2). La evaluación se realizó durante el verano. En la Figura 3 se presentan los valores promedio de las temperaturas al interior y exterior de la edificación controladas durante la evaluación.

La Tabla 2 evidencia que la diferencia que se registró a las 7:00 h entre la temperatura promedio del interior y exterior de la habitación ecológica fue de -0.33; la mayor diferencia de temperaturas promedio tuvo lugar a las 13:00 h con un valor de -4.33 y la última diferencia entre temperaturas promedio que se monitoreó fue de 1.67 a las 21:00 h.

**Tabla 2.** Promedios de la temperatura tomada al interior de la habitación, en el exterior y la diferencia entre ambas a lo largo del periodo de estudio.

Tiempo (h)	Temperatura (°C)		
	En el interior	En el exterior	Diferencia = Interior - Exterior
7:00	16.67	17	-0.33
8:00	17	17.67	-0.67
9:00	17.67	18.67	-1
10:00	18.33	20.33	-2
11:00	19	22.67	-3.67
12:00	19.67	23.67	-4
13:00	20.33	24.67	-4.33
14:00	21.33	23.67	-2.33
15:00	21	22.33	-1.33
16:00	20.67	21	-0.33
17:00	20.33	19.67	0.67
18:00	19.67	18.33	1.33
19:00	19	17.33	1.67
20:00	18.33	16.67	1.67
21:00	17.67	16	1.67

**Figura 2.** Gráfico de líneas que muestra la temperatura promedio en el interior y exterior de la habitación ecológica a lo largo del periodo de estudio.



En la Figura 2, la máxima temperatura alcanzada al exterior de la habitación ecológica fue a las 13:00 h con un promedio de 24.67 °C; en el interior se produjo a las 14:00 h con un promedio de 21,33 °C. Se evidenció una temperatura exterior promedio superior a la del interior desde las 7:00 h hasta las 16:00 h, sin



En la Figura 2, la máxima temperatura alcanzada al exterior de la habitación ecológica fue a las 13:00 h con un promedio de 24.67 °C; en el interior se produjo a las 14:00 h con un promedio de 21,33 °C. Se evidenció una temperatura exterior promedio superior a la del interior desde las 7:00 h hasta las 16:00 h, sin embargo, la temperatura promedio interna superó a la externa a partir de las 17:00 h hasta las 21:00 h.

### Identificación de las ventajas y desventajas

- La construcción de la habitación ecológica evidenció beneficios y desventajas al momento de compararla con una alcoba realizada con material noble. Entre estas se pueden mencionar:

#### Ventajas

- La fácil disposición de botellas plásticas para la construcción ecológica, gracias a que en su mayoría son considerados materiales de un solo uso. Es por ello que conseguir este insumo de manera fácil, rápida y gratuita no fue un problema.

La construcción fue fácilmente realizada y no se necesitó de un personal capacitado para efectuarla. Tanto hombres y mujeres pueden colaborar en la edificación de este tipo de infraestructuras.

La condición ambiental generada en el interior de la habitación ecológica construida fue confortable, por lo que puede utilizarse como vivienda.

- La reutilización de residuos sólidos plásticos para la construcción contribuyó en reducir el grave impacto ambiental que estos generan.
- Se limitó en gran medida el uso de mampostería tradicional, la cual demanda una enorme cantidad de energía para su fabricación.

#### Desventajas

- El tiempo de construcción puede resultar prolongado, debido al llenado de botellas previo a la construcción.
- Debido a los insumos utilizados, la duración de la habitación ecológica será menor a la de una habitación construida con material noble, empero, no se encontrará muy por debajo de este, considerando que las botellas poseen un largo periodo de degradación.
- La dificultad para mejorar la estética de una habitación ecológica es elevada en comparación a lo necesario para mejorar la presencia de una habitación construida con mampostería típica.
- En el caso de precipitaciones atípicamente altas en nuestra ciudad, la infraestructura ecológica construida, como cualquier otra vivienda independientemente del material con la que se haya construido, necesitará de un sistema de drenaje para evitar daños.

Figura 3. Fachada de la habitación ecológica.



Tabla 3. Costo total de los equipos y materiales necesarios para edificar una habitación de concreto vs. una habitación ecológica.

	Costos de los equipos y materiales (s/.)
Habitación de concreto	2 800.00
Habitación ecológica	1 200.00

## DISCUSIÓN

Las botellas plásticas en su mayoría están hechas de Tereftalato de Polietileno (PET), un material inmune a diferentes tipos de microorganismos, lo que retarda su degradación (Flores et al. 2014). El PET posee buenas propiedades térmicas, tienen un buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes y una alta resistencia al desgaste. (González, 2019). Es por ello que este material es susceptible a ser usado en una construcción, ya que al ser compactado, sus características se asemejan a la de los ladrillos.

Las botellas plásticas PET con capacidad de 600 ml compactadas presentan una carga resistente superior al de otras con mayor capacidad; además se comprobó que mientras menor sea la capacidad del recipiente plástico, mayor será su resistencia (Cortes et al. 2012). En nuestro caso, las botellas variaban en su capacidad desde 500 a 625 ml por lo que se afirma que la construcción es lo más segura posible bajo este enfoque.

El mayor valor de temperatura promedio en el ambiente durante el periodo de estudio se estima en 24.67 °C, mientras que la mayor temperatura promedio en el interior de la edificación ecológica es de 21,33 °C. Esto puede deberse a que las habitaciones ecológicas construidas a base de plástico tienden a regular las altas temperaturas externas en su interior. Los resultados se asemejan a los encontrados por Abouhadid et al. (2019), quienes tras una investigación similar realizada en Egipto, afirman que durante la época más calurosa del año, la temperatura ambiental promedio llega hasta los 32.29 °C, mientras que la temperatura interior de una habitación construida a base de plástico presenta un valor máximo promedio de 28.46 °C.

La diferencia que se registra a las 21:00 h entre la temperatura promedio del interior y exterior de la habitación ecológica, respectivamente, es de 1.67, pudiendo haber influido la capacidad de retención de calor que

posee la estructura debido a su composición. Los resultados son similares a los reportados por Chia et al. (2015), quienes tras una investigación realizada en Malasia, alegan que a las 21:00 h, la diferencia entre temperaturas promedio del interior y exterior de una alcoba edificada con botellas plásticas es de 1.1.

Se puede afirmar que el material de construcción ecológico funcionó como un eficiente aislante térmico, por lo que las condiciones generadas en la investigación dilucidan que el cuarto ecológico está apto para ser empleado como vivienda.

En el año 2018, el Viceministro de Gestión Ambiental de nuestra nación, Marcos Alegre, señaló que: “Actualmente el plástico representa el 10 % de todos los residuos que se generan en el país, del cual, la cuarta parte es PET”. Esta información fue publicada en el portal del Ministerio del Ambiente. Tomando en consideración esta literatura, se reconforta la afirmación vinculada a la fácil, rápida y gratuita disposición de los polímeros que vayan a ser empleados en la construcción.

En lo que respecta a lo económico, se puede evidenciar que la construcción ecológica puede reducir los costos hasta en poco más del 58 % en comparación con una habitación edificada a base de concreto, un valor que se encuentra por encima del 50 % de ahorro que manifiestan Cortes et al. (2012) en este tipo de construcciones realizadas en Colombia. Esto se debe a la variación de precios en diferentes países.

La edificación ecológica debe cumplir con parámetros que brinden seguridad a sus ocupantes (Cevallos et al. 2019) es por ello sus columnas fueron construidas intercalando la posición de las botellas en cada capa.

Con este tipo de investigaciones se puede brindar solución a problemáticas como: El acceso a viviendas a poblaciones de alta vulnerabilidad, mejorando de esta manera su calidad de vida (Maldonado et al. 2018) y la

reducción de la liberación de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> a la atmósfera provocados por la fabricación de los ladrillos convencionales (Tascón et al. 2016).

La mayoría de trabajos relacionados a la construcción con residuos plásticos mencionan que los muros deben ser edificados amarrando pilas de botellas, para posteriormente rellenar los espacios con una mezcla de cemento, arena u otro material. (Balladares et al. 2010), sin embargo, la investigación presenta una alternativa diferente, ya que para la edificación de la alcoba ecológica se generaron capas de mezcla y de botellas plásticas. Asimismo, si se planea llevar esta actividad a gran escala, se debe tener como estrategia la fijación de puntos de recolección específicos de botellas plásticas (López, 2018).

## CONCLUSIONES

- Se aprovecharon los residuos plásticos para la construcción de una habitación ecológica complementándolos con insumos naturales. Estas alcobas pueden ser utilizadas como viviendas.
- Se determinaron las temperaturas en el interior y exterior de la habitación ecológica desde las 7:00 h hasta las 21:00 h por un periodo de 3 días, registrándose en el interior una temperatura promedio máxima de 21.33 °C a las 14:00 h y una temperatura promedio mínima de 16.67 °C a las 7:00 h; mientras que en el exterior se obtuvo una temperatura máxima promedio de 24.67 °C a las 13:00 h y una temperatura mínima promedio de 16 °C a las 21:00 h.
- La construcción de una habitación ecológica posee las siguientes ventajas: La fácil disposición de botellas, la superflua mano de obra calificada, el confort del interior de la alcoba, el bajo costo económico, el cuidado del ambiente por la reutilización de botellas

plásticas y limitación del uso de mampostería tradicional. Sin embargo, tiene como desventajas: El tiempo prolongado de construcción, el tiempo de vida de la obra, la mala presencia de la edificación y la necesidad de un sistema de drenaje en caso de lluvias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abouhadid M, O Elrawy, A Mansour, R Shafik. 2019.** Thermal performance of plastic bottles walls reused in building construction for waste reduction. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 9(1): 5314. ISSN: 2278-3075.
- Aguirre M, S Rodríguez. 2016.** Diseño y construcción de un módulo de vivienda con botellas recicladas. Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- Arandes J, Bilbao J, López D. 2004.** Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 5(1): 29. ISSN: 0121-6651. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1048871>.
- Balladares A, S Bravo, M Chamorro, N Hernández, E Mora. 2010.** ECO MUROS: Reciclando y construyendo para una vida mejor, Muros a base de botellas plásticas reforzadas con concreto. Universidad Americana. Managua, Nicaragua: Seminario Desarrollo de Emprendedores.
- Becerra G. 2019.** Reciclado de residuos plásticos PET en dosificación de mezclas de concreto para mitigar su impacto ambiental en la ciudad de Tacna. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Cevallos E, E Endera, J Moya. 2019.** La construcción sostenible a partir del empleo de ladrillos tipo PET. *Revista INGENIO*, 1(2): 24. <https://doi.org/10.29166/ingenio.v2i1.1632>.

**Chia L, B Hamid, M Jahaya, V Jian, M Kaamin, M Mokhtar, N Pei, S Sahat, L Yong. 2015.** Application of plastic bottle as a wall structure for green house. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 10(10): 3-4. ISSN: 1819-6608. Disponible en: <http://eprints.uthm.edu.my/id/eprint/7329/1/1173.pdf>

**Compañía Peruana de Estudios de Mercado y Opinión Pública (CPI). 2019.** Perú: Población 2019 N° 04 (en línea, sitio web). Consultado 18 abr. 2020. Disponible en: [http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr\\_poblacional\\_peru\\_201905.pdf](http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr_poblacional_peru_201905.pdf).

**Cortes E, A Froese, C López, D Ruiz. 2012.** Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. *Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*. 25(2): 296,300. ISSN: 1657-9763. Disponible en: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8813>.

**Cristán A, A Gavilán, I Ize. 2003.** La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta Ecológica*. (69): 71. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=53906905>.

**Espín G, R Noguez, D Segura. 2007.** Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Revista Biotecnología*. 14(3): 361. Disponible en: [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro\\_25\\_aniv/capitulo\\_31.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/libro_25_aniv/capitulo_31.pdf).

**Espinoza E. 2009.** Modelo de gestión de residuos plásticos. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina: II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.

**Flores M, P Flores, V Flores, J Rojas, R Torres, R Vallejos. 2014.** Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias*. (1): 102. ISBN 978-4509-765-15-8. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4883701>.

**Geyer R, J Jambeck, K Law. 2017.** Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3(7): 1-2. Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>.

**González J. 2019.** Construcción con botellas de plástico: Análisis y mejora de elementos y sistemas constructivos y estructurales. Tesis de Pregrado. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.

**López S. 2018.** Reutilización de residuos sólidos, construcción con eco-ladrillos en un entorno rural educativo. Tesis de Maestría. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia.

**Maldonado J, E Najjar. 2018.** Estudio de prefactibilidad para la construcción de casas de interés social utilizando materiales reciclados. Tesis de Especialización. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogotá, Colombia.

**Oliveros M, J Reyna. 2019.** Estudio de prefactibilidad para el diseño en el proceso de fabricación de biopolímeros a base de almidones en vasos desechables. Tesis de pregrado. Fundación Universitaria San Mateo. Bogotá, Colombia.

**Perdomo G. 2002.** Plásticos y medio ambiente. *Revista Iberoamericana Polímeros*. 3(2): 6. Disponible en: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/abr/perdomo.pdf>.

**Reyes C. 2013.** El PET como sistema alternativo para la construcción de muros de vivienda. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México.

**Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). 2014.** Mapa climático del Perú (en línea, sitio web). Consultado 18 abr. 2020. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=tacna&p=mapa-climatico-del-peru>.

**Shakiba A, Valinejad M, Valinejad M. 2013.** Investigating the application of plastic bottle as a



sustainable material in the building construction. International Journal of Science, Engineering and Technology Research. 2(1): 32. ISSN: 2278-7798. Disponible en: <http://ijsetr.org/wpcontent/uploads/2013/07/IJSETR-VOL-2-ISSUE-12834.pdf>.

**Socas M. 2018.** Contaminación por residuos: Islas de plástico. Tesis de Pregrado. Universidad de La Laguna. San Cristóbal de La Laguna, España. 2018.

**Tascón E, L Vargas. 2016.** Comparación estructural, económica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas

(PET) y ladrillo tradicional macizo de barro. Tesis de Pregrado. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

**Téllez A. 2012.** La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

**Valle C. 2013.** Utilización de botellas plásticas tipo PET como unidad estructural para mampostería liviana. Tesis de Pregrado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.