

Fabricación de ladrillos ecológicos con plásticos reciclables como alternativa sostenible en construcciones civiles

Manufacturing ecological bricks with recyclable plastics as a sustainable alternative in civil construction

VILACAGUA - Joaquín ¹

¹Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Carrera de Ingeniería Ambiental.

Recibido octubre,24, 2025 Aceptado noviembre,30,2025

Resumen

El presente estudio aborda la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de plásticos reciclables recolectados en campañas con unidades educativas del distrito 1 del municipio de Sucre, con el objetivo de reducir la contaminación por residuos plásticos y promover su aprovechamiento bajo un enfoque de economía circular, como alternativa sostenible en construcciones civiles.

Se realizó una revisión bibliográfica y normativa sobre el uso de plásticos en materiales de construcción. Ante la ausencia de una normativa boliviana específica para ladrillos ecológicos, el estudio se sustentó en la Ley N° 755 y las Normas Bolivianas NB 1211002, NB 1211003 y NB 1223001.

Los residuos plásticos fueron clasificados y caracterizados, identificándose principalmente el PET, HDPE y PP. A partir de estos materiales se diseñaron tres dosificaciones experimentales para la elaboración de prototipos, considerando criterios de resistencia, durabilidad y viabilidad técnica.

Los ladrillos obtenidos fueron sometidos a ensayos físico mecánicos de absorción de agua, resistencia a la compresión y flexión, cuyos resultados evidenciaron el cumplimiento de los parámetros normativos de referencia. Asimismo, se realizó un análisis de costos que permitió estimar un precio unitario aproximado de 5 Bs., demostrando la viabilidad económica del proceso a escala piloto.

En conclusión, los resultados confirman que los plásticos reciclables pueden transformarse en ladrillos ecológicos funcionales, constituyendo una alternativa técnica y ambientalmente viable para la construcción.

Palabras clave: Construcción sostenible; ensayos físico mecánicos; economía circular

Abstract

This study examines the production of eco-bricks using recyclable plastics collected during campaigns conducted with schools in District 1 of the municipality of Sucre, with the aim of reducing plastic waste pollution and promoting its reuse within a circular economy framework as a sustainable alternative in civil construction.

A literature and regulatory review was conducted on the use of plastics in construction materials. In the absence of specific Bolivian regulations for eco-friendly bricks, the study was based on Law No. 755 and Bolivian Standards NB 1211002, NB 1211003, and NB 1223001.

The plastic waste was classified and characterized, with PET, HDPE, and PP being the primary materials identified. Based on these materials, three experimental formulations were designed for the production of prototypes, taking into account criteria of strength, durability, and technical feasibility.

The bricks obtained were subjected to physical-mechanical tests for water absorption, compressive strength, and flexural strength, the results of which demonstrated compliance with the relevant regulatory standards. Additionally, a cost analysis was conducted, estimating an approximate unit price of 5 Bs., thereby demonstrating the economic viability of the process at the pilot scale.

In conclusion, the results confirm that recyclable plastics can be transformed into functional eco-friendly bricks, offering a technically and environmentally viable alternative for construction.

Keywords: Sustainable construction; physical mechanical tests; circular economy.

Citación: Vilacagua J. (2025). Fabricación de ladrillos ecológicos con plásticos reciclables como alternativa sostenible en construcciones civiles, *Revista Ingeniería Sostenible Ambiental*, 2(5), 171-178

Introducción

El plástico se ha consolidado como uno de los materiales de mayor producción y consumo a nivel mundial debido a su versatilidad, bajo costo y propiedades físico químicas favorables. No obstante, el incremento sostenido en su fabricación ha generado una problemática ambiental significativa, ya que gran parte de los residuos plásticos no se reciclan y terminan acumulándose en rellenos sanitarios o ecosistemas naturales, donde pueden persistir durante siglos (Geyer, Jambeck, & Law, 2017). Esta situación representa un desafío crítico para el desarrollo sostenible y la gestión integral de residuos sólidos.

En América Latina, las limitaciones en los sistemas de gestión de residuos han agravado la acumulación de desechos plásticos, especialmente aquellos derivados del consumo masivo, como el tereftalato de polietileno (PET), ampliamente utilizado en envases de bebidas (Lebreton & Andrady, 2019). Frente a este escenario, la economía circular se posiciona como un modelo estratégico que promueve la valorización de residuos mediante su reincorporación en nuevos procesos productivos, reduciendo la extracción de materias primas y los impactos ambientales asociados (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017).

En el sector de la construcción, diversas investigaciones han demostrado que la incorporación de plásticos reciclables en materiales constructivos puede generar productos con propiedades mecánicas adecuadas, menor peso y potencial reducción de costos, manteniendo niveles aceptables de desempeño estructural (Awoyera & Adesina, 2020). En este contexto, los ladrillos ecológicos se definen como unidades constructivas cuya fabricación emplea materiales alternativos o reciclados con el objetivo de disminuir el impacto ambiental en comparación con los ladrillos tradicionales.

En Bolivia, y particularmente en el municipio de Sucre, la disposición inadecuada de residuos plásticos constituye una problemática ambiental relevante. Sin embargo, aún existe limitada investigación aplicada sobre la fabricación y evaluación técnica de ladrillos ecológicos elaborados con plásticos reciclables en el contexto local, así como ausencia de normativa específica que regule su producción.

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar y evaluar la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de plásticos reciclables recolectados en campañas con unidades educativas del distrito 1 del municipio de Sucre, analizando su desempeño físico mecánico y su viabilidad técnica y económica, con el fin de proponer una alternativa sostenible para su aplicación en construcciones civiles bajo un enfoque de economía circular.

Materiales y métodos

La recolección de los residuos plásticos se hizo con las unidades educativas del distrito 1 del municipio de Sucre, en coordinación con el Gobierno Autónomo Municipal de Sucre. Se llegaron al recolectar tres tipos de plásticos; 299 kg de Polietileno de Tereftalato (PET), 75 kg de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y 51 kg de Polipropileno (PP).

Las unidades educativas participantes del distrito 1 fueron nueve, iniciando el proceso de recolección de materiales reciclables, designando espacios adecuados dentro de sus instalaciones para el almacenamiento temporal del material.

Agregados

Arena: No se le realizó estudios granulométricos en un laboratorio, ya que se utilizó arena prelavada cernida, libre de piedras de tamaños considerables y residuos orgánicos, de este modo se verificó que cumpla con dichos requisitos para que no afecte el rendimiento de la máquina fundidora.

En lo económico, tiene un costo accesible y relativamente bajo debido a la gran oferta para las construcciones civiles. El uso de la arena en la elaboración de los ladrillos ecológicos, irá mezclado de manera uniforme con el ocre. Para las tres dosificaciones se utilizó un total de 10 kg.

Ocre: Se utilizó el ocre comercial, para esto se verificó que sea un polvo fino, que tenga un color rojizo y sea soluble al agua, ya que el uso de este material fue utilizado solo para darle color y estética a los ladrillos ecológicos. Se mezcla de manera homogénea con la arena antes de introducir a la máquina fundidora. Para las tres dosificaciones se utilizó un total de 1,25 kg.

Aceite reciclable comestible: No fue necesario llevar a cabo ensayos de laboratorio, sabemos que este producto tras ser utilizado en la cocción de alimentos, experimenta cambios en sus propiedades debido a la oxidación. Se verificó que sea aceite reciclable para su uso en la elaboración de los prototipos.

Este agregado al ser un líquido viscoso, se incorpora a la mezcla de materiales secos. Su consistencia aceitosa permite una mejor cohesión entre los componentes de la mezcla, evitando que se agrieten fácilmente durante el secado y curado. Para las tres dosificaciones se utilizó un total de 24 L.

Equipos

Planta picadora de plásticos: Perteneciente al Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, comprende un grupo de maquinarias estáticas instaladas en serie, que logra cortar el plástico de un tamaño aproximado de 2 a 3 mm, teniendo un funcionamiento con cinco motores, sus características técnicas son las siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. Características de la planta picadora de plásticos

Máquina	Funcionamiento
Banda alimentadora	✓ Es el equipo que recibe los plásticos seleccionados previamente por su tipo y clasificación. ✓ Realiza la alimentación del sistema de picado.
Picadora de plástico	✓ Tritura el plástico a través de dos ejes con cuchillas interconectadas para el proceso de trituración.
Alimentador de banda	✓ Es el equipo que recibe el plástico picado proveniente del sistema de trituración. ✓ Realiza la alimentación del sistema de lavado.
Equipo de lavado	✓ Realiza el lavado del plástico picado (pellets), eliminando contaminantes orgánicos.

Máquina fundidora de plásticos: Perteneciente al Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, presenta las siguientes características técnicas:

- ✓ Tiene una capacidad máxima de peso de 20 kg.
- ✓ Capacidad de procesamiento continuo de 15 h.
- ✓ Eficiencia para el procesamiento completo de los materiales de un 99%.
- ✓ Tiempo estimado de enfriamiento del equipo de 30 min.
- ✓ Opera a una temperatura máxima de 250 °C.

La planta picadora y maquina fundidora de plásticos se encuentran instalados en los predios del Centro Municipal de Revisión Técnica Vehicular del G.A.M.S, ubicado en el barrio Sinaí, zona de Lajastambo del distrito 3. Dichos predios son supervisados y se encuentra a cargo de la Dirección de Medio Ambiente del G.A.M.S. cuenta con los servicios básicos y las condiciones aptas para la instalación y puesta en marcha de manera piloto de dichos equipos.

Dosificaciones

Dosificación 1: Corresponde a la primera mezcla basada en la dosificación de referencia, conformada por (3 kg de PET, 3 kg de HDPE, 3 kg de PP), 9 L de aceite reciclable, 2 kg de arena y 0,5 kg de ocre, alcanzando una cantidad total de 20,5 kg en la máquina fundidora. Busca lograr una adecuada fusión entre los plásticos y los agregados minerales, asegurando una buena cohesión y resistencia.

Dosificación 2: En esta mezcla se redujo ligeramente la proporción de plásticos (3 kg de PET, 2 kg de HDPE y 1 kg de PP) y se aumentó la cantidad de arena a 4 kg, mientras el aceite reciclable se disminuyó a 8 L. El ocre también se redujo a 0,25 kg, resultando en un total de 18,25 kg. Con esta variación se buscó analizar cómo la disminución de material plástico y el aumento de componente mineral afectan la densidad, rigidez y estabilidad dimensional del ladrillo.

Dosificación 3: Se disminuyó aún más el contenido total de plásticos (2 kg de PET, 2 kg de HDPE y 2 kg de PP) y de aceite reciclable a 7 L, manteniendo la arena en 4 kg y el ocre en 0,5 kg. Esta mezcla totaliza 17,5 kg en la máquina fundidora. El objetivo fue evaluar el comportamiento del ladrillo con menor carga plástica, observando su resistencia estructural, homogeneidad y posible incremento de absorción debido al mayor contenido mineral.

Es así que, una vez revisadas diferentes fuentes bibliográficas y considerando la capacidad máxima de proceso que tiene la máquina fundidora, se realizó la búsqueda experimental de una dosificación adecuada. En este caso, se decidió manipular dos variables independientes; el porcentaje en peso de plásticos y el porcentaje en peso de los demás materiales. La elección de estas dos variables responde a su influencia directa en las propiedades finales del ladrillo. El porcentaje de plásticos afecta la resistencia mecánica, la absorción de agua y la durabilidad del material, mientras que el porcentaje de los demás materiales incide en la cohesión, densidad y estabilidad dimensional del ladrillo. Modificar ambas variables de manera controlada permite identificar la combinación que optimiza las propiedades requeridas, cumpliendo tanto los límites permisibles que nos exige las normas bolivianas de referencia, como así también nuestras expectativas de desempeño.

Esta estrategia permite optimizar recursos, tiempo y materiales, ya que se enfoca en las combinaciones más representativas y relevantes para el proyecto.

De esta manera, se logra un análisis más claro y eficiente, que facilita la selección de la dosificación más óptima.

Elaboración de los prototipos del ladrillo ecológico

Triturado de los plásticos: Una vez recolectado por tipo y cantidad los plásticos reciclables, se procedió al triturado con la máquina picadora de plásticos. Primeramente, se hizo el triturado de las botellas PET y luego los envases de champú, detergentes y contenedores de residuos, las tapas de botellas no necesitaron ser trituradas, ya que tienen un tamaño aceptable para ser procesado. Es importante señalar que no fue necesario limpiar y lavar el plástico, ya que las impurezas que presentaron no impidieron que el producto final tenga inconsistencia.

Preparación y encendido de la máquina fundidora: Una vez encendido la máquina fundidora, se vierte el 75 % del aceite reciclable a la máquina, el cual tiene que calentar hasta llegar a una temperatura de 150 °C (normalmente tarda 30 minutos).

Incorporación y fundición del plástico: Una vez calentado el aceite reciclable a 150 °C, se introduce los diferentes tipos de plásticos picados a la máquina fundidora, donde se debe esperar 45 minutos para su mezcla homogénea y transformación.

Adición de arena y ocre: Antes de la adición de estos dos materiales al proceso, deben ser mezclados ambos hasta obtener una mezcla homogénea. Pasado el tiempo donde los plásticos se mezclaron, se añade la mezcla de la arena y el ocre. Seguidamente se añade el 25 % del aceite reciclable restante, para finalmente esperar 30 minutos para que el proceso se complete dentro de la máquina fundidora.

Moldeado: Una vez terminado el proceso de la mezcla completa de los materiales, se abre la llave de la máquina fundidora para que la mezcla final se vierta en los moldes, donde se obtendrá la forma final del prototipo del ladrillo ecológico.

Para la fabricación de los prototipos de los ladrillos ecológicos, se tiene 10 moldes, los mismos que fueron obtenidos como donación junto a la máquina fundidora de plásticos

por parte del Fondo Andaluz de Municipios para la Solidaridad Internacional (FAMSI) al Gobierno Autónomo Municipal de Sucre.

Aclarar en esta parte del proceso que, la máquina fundidora debe permanecer encendida hasta vaciar toda la mezcla a los moldes, para así evitar que la mezcla se enfríe y se pegue a las paredes de la máquina fundidora.

Enfriamiento: Después que la mezcla final sea vaciada a los moldes, estos se dejan enfriar para su solidificación por un tiempo no mayor a 10 minutos.

Desmolde: Una vez pasado el tiempo de enfriamiento y solidificación, el producto final se retira de los moldes para ser introducidos a un tanque de agua, donde obtendrán una mayor dureza y resistencia.

Secado: Pasado el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos, se procedió al secado, que tuvo una duración 10 días a temperatura ambiente. Con este último proceso de elaboración, el ladrillo adquirió sus propiedades mecánicas, listos para llevar a cabo los ensayos de laboratorio.

Ensayos de laboratorio

Absorción de agua: Esta primera prueba consiste en pesar una muestra seleccionada de cada dosificación, en este caso tres muestras secas, los cuales serán los pesos iniciales de las muestras. Posteriormente los ladrillos secos se sumergen completamente en agua, durante un periodo de 24 h, asegurando que toda la superficie del ladrillo esté en contacto con el agua. Los ladrillos se sumergen en agua para simular condiciones reales de humedad y evaluar su capacidad de absorción. Esto permite medir la porosidad del material y verificar su durabilidad e impermeabilidad.

Transcurrido el tiempo de inmersión, se retiran las muestras del agua y se dejan escurrir por un min, para proceder a realizar el pesaje de cada uno y determinar sus pesos finales

Resistencia a la compresión: Este segundo ensayo que se realizó en laboratorio, busca evaluar la resistencia de los ladrillos ecológicos, se utilizó el método de compresión y fatiga.

Este método consiste en someter los ladrillos a una carga constante en una máquina automática de compresión hasta que se alcance su punto de ruptura. Las pruebas iniciaron dándole la forma prismática cuadrangular a las muestras, ya que la norma lo exige así y, también para que el equipo automático de compresión realice un correcto ensayo aplicando una fuerza uniforme a las muestras y no se generen cálculos y datos erróneos.

Resistencia a la flexión: Llamado también módulo de rotura. Esta prueba se inicia sometiendo las muestras a la acción gradual de cargas en una máquina automática de pruebas a flexión, las cuales lo deforman hasta llegar a la falla o ruptura de dichas muestras. Es considerado una de las pruebas más importantes, pues los resultados determinarán si los ladrillos podrán resistir cargas suficientes para ser utilizado dentro en un proyecto de construcción civil.

Las pruebas iniciaron cortando por la mitad cada muestra, ya que la norma lo exige así y también para que el equipo automático de prueba de flexión realice un correcto ensayo aplicando un aumento de fuerza correcto a las muestras y no se generen cálculos y datos erróneos.

Resultados

Ensayo de Absorción de agua

Los resultados del ensayo de absorción de agua muestran que las tres dosificaciones evaluadas presentan valores significativamente inferiores a los límites establecidos por la Norma Boliviana NB 1223001 para elementos destinados a tráfico pesado, la cual exige una absorción promedio ≤ 5 % y una absorción individual ≤ 6 %.

La dosificación 1 registró una absorción de 1,2 %, la dosificación 2 de 2,2 % y la dosificación 3 de 3,0 %, evidenciando en todos los casos una muy baja capacidad de absorción de agua. Estos resultados indican una adecuada impermeabilidad del material, lo que se traduce en una mayor durabilidad frente a condiciones de humedad y una menor susceptibilidad al deterioro por acción del agua

Tabla 1. Resultados de los ensayos de absorción de agua

MUESTRAS			NB 1223001	
% DE ABSORCIÓN			Absorción Promedio (%)	Absorción Individual (%)
DOS 1	DOS 2	DOS 3	Tipo de tráfico	
1,2	2,2	3,0	Liviano y Peatonal	6
			Pesado	5
				7
				6

Ensayo de resistencia a la compresión

En cuanto a la resistencia a la compresión, los valores obtenidos para las tres dosificaciones superan ampliamente el valor mínimo exigido por la Norma Boliviana NB 1211003 para elementos clasificados como Clase A, cuyo límite es $\geq 20,0$ MPa, destinados a condiciones de servicio muy rigurosas.

La dosificación 1 alcanzó una resistencia de 29,7 MPa, la dosificación 2 presentó el valor más alto con 36,4 MPa y la dosificación 3 obtuvo 31,7 MPa. Estos resultados evidencian una elevada dureza y capacidad portante de los ladrillos ecológicos, siendo la dosificación 2 la que presenta el mejor desempeño mecánico. Este comportamiento sugiere una óptima interacción entre los plásticos reciclados y los agregados, permitiendo una adecuada transferencia de esfuerzos y consolidación del material, lo que la posiciona como la dosificación que más se aproxima a la condición deseada para aplicaciones estructurales exigentes

Tabla 2. Resultados de las pruebas de compresión

MUESTRAS			PARAMETROS NB 1211002	
Resistencia a la Compresión (MPa)			Clase	Resistencia Mínima a la Compresión (MPa)
DOS 1	DOS 2	DOS 3		
29,7	36,4	31,7	A	20,0
-	-	-	B	12,0
-	-	-	C	4,0
-	-	-	D	1,5

Ensayo de resistencia a la flexión

Los resultados del ensayo de resistencia a la flexión también cumplen con los parámetros establecidos por la Norma Boliviana NB 1223001 para elementos sometidos a tráfico pesado, la cual establece un valor promedio $\geq 5,0$ MPa y un valor individual $\geq 4,5$ MPa.

La dosificación 1 alcanzó un valor de 6,3 MPa, la dosificación 2 de 7,9 MPa y la dosificación 3 de 6,6 MPa, superando en todos los casos los límites normativos. La mayor resistencia a la flexión observada en la dosificación 2 confirma su mayor capacidad para soportar esfuerzos de tracción indirecta y deformaciones sin presentar fisuración, lo que resulta fundamental para elementos expuestos a cargas dinámicas y repetitivas.

Tabla 3. Resultados de los ensayos a la resistencia a flexión

MUESTRAS			PARAMETROS NB 1223001		
Resistencia a la Flexión (MPa)			Tipo de Tráfico	Valor Promedio (MPa)	Valor Individual (MPa)
DOS 1	DOS 2	DOS 3			
-	-	-	Liviano y Peatonal	4,5	3,6
6,3	7,9	6,6	Pesado	5,0	4,5

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que los ladrillos ecológicos desarrollados presentan un desempeño superior respecto a investigaciones previas realizadas en Bolivia y frente a productos tradicionales disponibles en el mercado. En términos de peso, los ladrillos alcanzaron un promedio de 1,13 kg, lo que representa una reducción superior al 60 % en comparación con los 3,10 kg reportados por Gareca et al. (2020), y son considerablemente más livianos que los ladrillos macizos de INCERPAZ (2,04 kg), los adoquines de PRECONAL (3,08 kg) y los de PREFORTE (2,5 kg). Esta disminución de masa facilita el transporte y la manipulación sin comprometer la integridad estructural.

La diferencia significativa observada se atribuye principalmente al uso de plástico reciclable como material aglutinante, en contraste con el empleo de cemento en otros proyectos. Esta sustitución reduce de manera notable la masa del producto sin afectar sus propiedades mecánicas.

En cuanto a la absorción de agua, los ladrillos ecológicos presentaron valores inferiores a los reportados por Gareca et al. (2020) (10,27 %) y Girona & Reyes (2022) (8,1 %), lo que evidencia una mayor impermeabilidad y, por ende, una mejor resistencia frente a procesos de degradación por humedad.

Respecto a la resistencia mecánica, los ladrillos ecológicos alcanzaron una resistencia a compresión promedio de 32,60 MPa, superando ampliamente los valores de los adoquines de PRECONAL (22 MPa) y PREFORTE (21 MPa). Asimismo, la resistencia a flexión fue de 6,9 MPa, frente a los 3,6 MPa de PRECONAL, lo que refleja una adecuada cohesión interna y elevada durabilidad.

De manera global, los ensayos de absorción, compresión y flexión confirmaron que las tres dosificaciones cumplen con las Normas Bolivianas de referencia. Sin embargo, la dosificación 2 se destacó por lograr el mejor equilibrio entre baja absorción de agua, alta resistencia a la compresión y elevada resistencia a la flexión, además de no afectar el rendimiento de la máquina fundidora durante el proceso de fabricación.

En consecuencia, se concluye que la dosificación 2 se aproxima con mayor precisión a la formulación óptima, siendo técnica y económicamente viable para su aplicación en construcciones civiles dentro del municipio de Sucre.

Conclusiones

La revisión bibliográfica y normativa evidenció la ausencia de una regulación específica en Bolivia para la fabricación de ladrillos ecológicos a base de plásticos reciclables.

Ante esta limitación, el proyecto se sustentó en la Ley N° 755 y en las Normas Bolivianas NB 1211002, NB 1211003 y NB 1223001, que sirvieron como marco de referencia para el diseño, desarrollo y evaluación del producto final.

La recolección, clasificación y caracterización de residuos plásticos PET, HDPE y PP provenientes de campañas realizadas en unidades educativas del distrito 1 permitió disponer de materia prima en condiciones técnicas adecuadas, demostrando la factibilidad de su aprovechamiento en la fabricación de ladrillos ecológicos.

Los ensayos experimentales confirmaron que la dosificación de materiales influye directamente en el desempeño operativo de la máquina fundidora y en la calidad del producto final. Se determinó que el control del peso total de la mezcla y del tiempo de secado es fundamental para obtener ladrillos homogéneos, resistentes y libres de fisuras.

Los resultados de laboratorio mostraron que los ladrillos ecológicos presentan baja absorción de agua y valores adecuados de resistencia a la compresión y flexión, cumpliendo con los parámetros establecidos en las Normas Bolivianas NB 1211003 y NB 1223001. Entre las formulaciones evaluadas, la dosificación 2 destacó por su mejor desempeño físico-mecánico y operativo, siendo la más adecuada para aplicaciones en construcciones civiles en el municipio de Sucre.

En síntesis, este estudio permitió desarrollar una propuesta técnica de fabricación de ladrillos ecológicos a partir de plásticos reciclables, en concordancia con la normativa vigente de referencia. Los resultados demuestran que esta alternativa contribuye a la reducción de residuos plásticos y constituye una opción ambientalmente sostenible y técnicamente viable para la construcción, alineada con los principios de economía circular y gestión integral de residuos.

Referencias

- Awoyera, P., & Adesina, A. (2020, junio). Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. *Case Studies in Construction Materials*, 12, e00330. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00330>
- Dirección de Medio Ambiente - GAMS. (2025). *Campañas de Recolección de Plásticos*. Sucre: Gobierno Autónomo Municipal de Sucre.
- ECOERDE. (2024). *PLANTA PICADORA DE RESIDUOS PLÁSTICOS*. Sucre: ECOERDE - Consultora Constructora.
- Gareca et. al. (2020). Nuevo material sustentable: Ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 25-61.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (1 de Febrero de 2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geyer, R., Jambeck, J., & Law, K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). [doi:10.1126/sciadv.1700782](https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782)
- Gironda, M., & Reyes, M. (2022). Evaluación de producción de ladrillos ecológicos a base de plástico reciclado como alternativa para la construcción de viviendas en la ciudad de Sucre. Sucre: Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). (2013). Norma Boliviana NB 1211003: Ladrillos cerámicos – Ladrillos macizos – Clasificación y requisitos. La Paz: IBNORCA
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA). (2013). Norma Boliviana NB 1211001: Ladrillos cerámicos – Ladrillos huecos – Clasificación y requisitos. La Paz: IBNORCA.
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5(1). [doi:10.1057/s41599-018-0212-7](https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7)
- Leopold, Clarke, Hanshaw, & Balsley, &. (1971). *Procedure for Evaluating Environmental Impact (Circular 645)*. Washington D.C.: U.S. Geological Survey - U.S. Department of the Interior.
- Palma María. (2014). Mezclas de Cemento y Agregados de Plástico para la Construcción de Viviendas Ecológicas. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias T-I*, 101-110.