



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A PARTIR DE RESIDUOS
PLÁSTICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTOR: Yarelys Liliana Solorzano Dueñas

TUTOR: Ing. Marcelo Berrones Rivera, M.I.A.

Guayaquil-Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Yarelys Liliana Solorzano Dueñas con documento de identificación No. 0928241116
manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la
Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera
total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 27 de Agosto del 2024

Atentamente,



Yarelys Liliana Solorzano Dueñas

No. 0928241116

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Yarelys Liliana Solorzano Dueñas con documento de identificación No. 0928241116, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo de titulación "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de agosto del 2024

Atentamente,



Yarelys Liliana Solorzano Dueñas
No. 0928241116

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera con documento de identificación No. 0914078290 , docente de la Universidad Politécnica Salesiana , declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS A PARTIR DE RESIDUOS PLÁSTICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE", realizado por Yarelys Liliana Solorzano Dueñas con documento de identificación No. 0928241116, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de trabajos experimentales que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 27 de Agosto del 2024

Atentamente,



Ing. Néstor Marcelo Berrones Rivera, M.I.A
No. 0914078290

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a las personas que han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración a lo largo de este viaje académico.

A mis padres, cuyo amor, sacrificio y sabiduría han sido el cimiento sobre el cual he levantado mis sueños. Gracias por ser mi guía y mi más grande respaldo en cada paso que he tomado.

A mis hermanos, por su compañerismo y su ánimo constante. Su presencia en mi vida ha hecho que este camino sea mucho más gratificante.

A mi novio, por su amor incondicional, su paciencia y su constante aliento. Tu apoyo ha sido mi refugio y tu confianza en mí, la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante.

Y a mis suegros, por su cálida bienvenida y su compañía desde el primer momento. Su confianza y amabilidad han significado mucho para mí.

Cada uno de ustedes ha contribuido de manera especial a este logro, y esta tesis es un reflejo de su amor y apoyo incondicional.

Yarelys Liliana Solorzano Dueñas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, fuente de mi fortaleza y guía en los momentos más desafiantes. Sin su presencia constante, su sabiduría y su amor infinito, no habría tenido la serenidad ni la energía para superar cada obstáculo y llegar a este momento. A Él encomiendo todos mis logros y todo lo que soy.

A mis padres, quienes desde el primer día me han brindado un amor incondicional y han sido mi mayor apoyo. A ustedes les debo todo lo que soy y lo que he logrado. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación. Su sacrificio y trabajo arduo han sido mi mayor inspiración y han cimentado el camino que hoy me permite cumplir este sueño.

A mis hermanos, con quienes he compartido tantos momentos de alegría, dificultades y aprendizajes. Gracias por su constante apoyo, por ser mis confidentes y por siempre creer en mí, incluso en los momentos en los que yo misma dudaba. Su amor fraternal y sus palabras de aliento han sido fundamentales en este proceso.

A mi novio, Steven Ponce, por ser mi compañero en cada paso de este viaje. Gracias por tu paciencia infinita, por escucharme en los días difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Tu amor, comprensión y apoyo han sido una fuente constante de motivación y me han dado la fuerza para seguir adelante. Estoy profundamente agradecida por tenerte a mi lado y por todo lo que hemos compartido durante este tiempo.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de alguna manera, han contribuido a la realización de esta tesis. A mis amigos, profesores, gracias por su apoyo, su tiempo y sus conocimientos. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en este camino, y siempre estaré agradecida por ello.

Yarelys Liliana Solorzano Dueñas

Resumen

La investigación inicia con una introducción que contextualiza el problema de la contaminación por plásticos y su impacto en el medio ambiente, proponiendo su reutilización en la fabricación de ladrillos como una alternativa ecológica en la construcción. Se describe el marco teórico que abarca los tipos de plásticos y sus propiedades, proporcionando una base científica para la experimentación. En la metodología, se detallan las pruebas de resistencia y absorción realizadas, así como los métodos estadísticos utilizados para analizar los datos obtenidos. Los resultados se presentan en forma de tablas y gráficos, mostrando comparaciones entre los ladrillos plásticos y los convencionales de arcilla. En la discusión, se analizan las diferencias en desempeño, destacando tanto las fortalezas como las debilidades de los ladrillos plásticos, considerando su impacto ambiental. Finalmente, se ofrecen recomendaciones para optimizar el proceso de fabricación, mejorar la viabilidad de estos ladrillos como opción sostenible en la construcción y explorar nuevas aplicaciones de materiales reciclados en el ámbito estructural.

Palabras claves: ladrillos plásticos, construcción sostenible, materiales reciclados, impacto ambiental, rendimiento de materiales.

Abstract

The research begins with an introduction that contextualizes the problem of plastic pollution and its environmental impact, proposing its reuse in brick manufacturing as an ecological alternative in construction. The theoretical framework covers the types of plastics and their properties, providing a scientific basis for experimentation. The methodology details the tests of resistance and absorption conducted, as well as the statistical methods used to analyze the data obtained. The results are presented in tables and graphs, showing comparisons between plastic bricks and conventional clay bricks. The discussion analyzes performance differences, highlighting both the strengths and weaknesses of plastic bricks, considering their environmental impact. Finally, recommendations are offered to optimize the manufacturing process, improve the viability of these bricks as a sustainable construction option, and explore new applications for recycled materials in the structural field.

Keywords: plastic bricks, sustainable construction, recycled materials, environmental impact, material performance.

Índice de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	¡Error! Marcador no definido.
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
Resumen	VI
Abstract.....	VII
1. CAPITULO I	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Situación del problema	2
1.3 Definición del problema.....	3
1.4 Importancia y alcance	4
1.5 Justificación	4
1.6 Delimitación.....	6
1.6.1 Delimitación del problema	6
1.6.2 Delimitación del espacio.....	6
1.6.3 Delimitación del tiempo.....	6
1.7 Objetivos.....	7
1.7.1 Objetivo general.....	7
1.7.2 Objetivos específicos.....	7
1.8 Marco hipotético	7
1.8.1 Hipótesis general.....	7
1.8.2 Hipótesis específicas.....	7
2 CAPITULO II - Fundamentación teórica	9
2.1 Marco teórico	9
2.2 Tipos de plásticos.....	9
2.3 Gestión de residuos plásticos	10
2.4 Propiedades mecánicas y térmicas de los plásticos reciclados.....	11
2.5 Factores que influyen en el proceso de reciclado de plásticos.....	12
2.6 Método de tratamiento de residuos plásticos	13
2.6.1 Clasificación	13
2.6.2 Trituración	14
2.6.3 Lavado	14

2.6.4	Secado y centrifugado	15
2.6.5	Granceado	15
2.7	Métodos de ensayo.....	16
2.8	Materiales de construcción sostenible	19
2.9	Aprovechamiento de residuos plásticos	20
2.10	Marco legal.....	21
2.10.1	Constitución de la República del Ecuador (2008)	21
2.10.2	Código Orgánico Ambiental.....	21
2.10.3	Ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plásticos de un solo uso	22
2.10.4	Normativa sobre la resistencia de los ladrillos	22
2.11	Materiales de construcción sostenible	24
2.12	Aprovechamiento de residuos plásticos	25
2.13	Norma a utilizar:	26
2.13.1	Resistencia al fuego	28
2.14	Definiciones aplicables	29
2.14.1	Plásticos	29
2.14.2	Clasificación de Tipos de plásticos.....	29
2.14.3	Por su naturaleza	29
2.14.4	Por su estructura interna	30
2.15	Aplicación de plásticos en la construcción.....	31
2.16	Comparación con materiales tradicionales	32
3	CAPITULO III - Metodología.....	33
3.1	Método y equipos utilizados.....	33
3.2	Población.....	34
3.3	Etapas en la producción de ladrillos ecológicos.....	34
3.4	Prueba de resistencia	35
3.5	Prueba de absorción.....	35
3.5.1	Fórmula para determinar la absorción	35
3.6	Descripción de variable	35
3.6.1	Variables independientes.....	36
3.6.2	Variables dependientes.....	36
3.7	Implementación del proyecto	37
3.8	Análisis del proyecto.....	37
4.	CAPÍTULO IV – RESULTADOS.....	39
4.1	Experimentación de la elaboración de ladrillos con plásticos reciclados	39

4.1.1	Recolección e identificación de la materia prima	39
4.1.2	Selección del material reciclable.....	41
4.1.3	Trituración	41
4.1.4	Fundición	42
4.2	Propiedades físicas y estéticas	46
4.3	Evaluación de la resistencia y durabilidad	47
4.4	Resultados de compresión	47
4.4.1	Análisis de datos obtenidos	48
4.5	Resultados de las pruebas de absorción	50
4.5.1	Análisis de la prueba de absorción	51
4.6	Cuadro comparativo de los materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de los ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales.	53
5.	CONCLUSIONES	57
6.	RECOMENDACIONES	58
7.	Referencias Bibliográficas	59
8.	Anexos	62

Índice de Figura

Ilustración 1. Plásticos triturados	14
Ilustración 2. Proceso utilizado para elaborar ladrillos ecológicos.....	39
Ilustración 3. Recolección de muestra	41
Ilustración 4. Muestra triturada.....	42
Ilustración 5 Fundición de muestra 1 y 3.....	42
Ilustración 6. Mezclado del ladrillo	43
Ilustración 7. Moldeado de las muestras.....	44
Ilustración 8. Curado de las muestras	45
Ilustración 9. Propiedades físicas y estéticas del ladrillo ecológico.....	46
Ilustración 10. Resistencia de la muestra en el laboratorio	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Instrumentos utilizados en el proceso.....	34
Tabla 2: Tipos de envases recolectados.....	40
Tabla 3. Porcentaje de mezcla para elaboración de ladrillos.....	43
Tabla 4. Tiempo de curado	45
Tabla 5. Prueba de compresión de la muestra 1.....	47
Tabla 6. Prueba de compresión de la muestra 2.....	48
Tabla 7. Prueba de compresión de la muestra 3.....	48
Tabla 8. Pruebas de compresión de la muestra 4	48
Tabla 9. Prueba absorción muestra 1	50
Tabla 10. Prueba absorción muestra 2	50
Tabla 11. Prueba absorción muestra 3	51
Tabla 12. Prueba absorción muestra 4	51
Tabla 13. Materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de los ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales.	53

1. CAPITULO I

1.1 Introducción

La gestión de residuos plásticos es uno de los desafíos ambientales más urgentes que enfrenta el mundo contemporáneo. Con el aumento constante de la producción y el consumo de plásticos, se ha generado una acumulación masiva de estos materiales en el medio ambiente, causando graves problemas de contaminación (Thompson, 2018). En Ecuador, la situación es alarmante, con más de 13,000 toneladas de basura generada diariamente, de las cuales una proporción significativa corresponde a plásticos (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2020). De esta cantidad, solo alrededor del 5% se recicla, lo que indica una gran cantidad de plástico que termina en vertederos, ríos y océanos (Paredes, 2022). Esta realidad se refleja claramente en el recinto Carlos Julio, cantón El Empalme, donde la acumulación de residuos plásticos en calles, ríos y áreas verdes representa un problema ambiental crítico.

Paralelamente, el sector de la construcción en Ecuador enfrenta su propio conjunto de desafíos. La dependencia de materiales tradicionales como el cemento, cuya producción es intensiva en energía y genera altas emisiones de dióxido de carbono (CO₂), contribuye significativamente al cambio climático (International Energy Agency, 2021). La necesidad de encontrar alternativas más sostenibles y ecológicas en la construcción es más urgente que nunca (González & Navarro, 2018). En este contexto, surge la oportunidad de explorar soluciones innovadoras que puedan abordar ambos problemas de manera simultánea.

El recinto Carlos Julio, en el cantón El Empalme, se presenta como un caso de estudio ideal para este proyecto. La alta generación de residuos plásticos en esta área y la necesidad de soluciones de vivienda asequibles y sostenibles crean un escenario propicio para la implementación de ladrillos ecológicos (Pérez, 2021). Además, el proyecto puede generar

conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y el reciclaje, fomentando una cultura de prácticas más responsables y ecológicas (Martínez & Gómez, 2019).

En esta investigación, se analizarán los tipos de residuos plásticos disponibles, se desarrollarán y probarán ladrillos ecológicos, y se compararán estos ladrillos con los convencionales en términos de resistencia, durabilidad y costos (Rodríguez, 2020). A través de este enfoque, se espera demostrar que los ladrillos ecológicos son una solución viable y efectiva para los desafíos ambientales y constructivos actuales, contribuyendo al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida en la comunidad de Carlos Julio y más allá.

1.2 Situación del problema

En el contexto global actual, la gestión de residuos plásticos se ha convertido en un desafío ambiental de proporciones alarmantes. Los plásticos, debido a su durabilidad y resistencia a la degradación, se acumulan en el medio ambiente, causando serios problemas de contaminación (Jambeck, 2018). La situación es particularmente preocupante en Ecuador, donde se generan más de 13,000 toneladas de basura diaria, de las cuales un porcentaje significativo corresponde a plásticos (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2020). Según estudios recientes, el 60% de la basura diaria en el país está compuesta por plásticos y microplásticos (Rodríguez et al, 2021). A pesar de los esfuerzos por reciclar, solo aproximadamente el 5% del plástico generado es reciclado, lo que indica una gran cantidad de plástico que termina en vertederos, ríos, y océanos (Paredes et al, 2022).

Esta situación se agrava en áreas específicas como el recinto Carlos Julio, en el cantón El Empalme, donde la acumulación de residuos plásticos en calles, ríos y áreas verdes representa un problema grave de contaminación (González & Navarro, 2018). La proliferación de plásticos en el ambiente local no solo afecta la estética del entorno, sino que también pone en riesgo la salud de los ecosistemas y de los habitantes de la región (Thomps, 2018). Además,

la gestión ineficaz de estos residuos plásticos contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, exacerbando el problema del cambio climático (Jambeck, 2018).

En este contexto, la construcción tradicional en Ecuador se enfrenta a otro desafío significativo: la dependencia de materiales de construcción convencionales, como el cemento. La producción de cemento es un proceso intensivo en energía que contribuye significativamente a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (International Energy Agency, 2021). Esto plantea una doble problemática: por un lado, la necesidad de gestionar eficazmente los residuos plásticos y, por otro, la urgencia de encontrar alternativas más sostenibles a los materiales de construcción tradicionales (Martínez & Gómez, 2019).

1.3 Definición del problema

El problema principal que aborda esta investigación es la gestión ineficiente de los residuos plásticos en el recinto Carlos Julio, cantón El Empalme, y la necesidad de encontrar soluciones sostenibles en el ámbito de la construcción. La alta generación de residuos plásticos y la baja tasa de reciclaje han llevado a una acumulación significativa de plásticos en el medio ambiente local, con impactos negativos en la salud pública, la biodiversidad, y la calidad de vida de los habitantes (Pérez, 2021).

La producción y acumulación de plásticos no solo representan un problema estético y de salud pública, sino también una amenaza grave para la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas locales (Rodríguez, 2021). La presencia de microplásticos en los océanos, el suelo e incluso en el aire sugiere que esta contaminación está en todas partes, afectando tanto a la fauna como a la flora y, potencialmente, a los seres humanos a través de la cadena alimentaria (Jambeck, 2018).

Por otro lado, la construcción tradicional con materiales convencionales como el cemento también presenta problemas ambientales significativos. La producción de cemento es

una de las principales fuentes de emisiones de CO₂, contribuyendo al cambio climático y al calentamiento global (International Energy Agency, 2021). Este sector necesita urgentemente alternativas que sean tanto sostenibles como viables desde el punto de vista económico (González & Navarro, 2018).

1.4 Importancia y alcance

Esta investigación adquiere una relevancia fundamental al explorar la posibilidad de desarrollar nuevos materiales de construcción sostenibles a partir de residuos plásticos. La importancia radica en la búsqueda de soluciones que no solo beneficien a la industria de la construcción, sino que también contribuyan significativamente a la protección del medio ambiente. En este sentido, el uso de residuos plásticos para la fabricación de ladrillos ecológicos ofrece útiles para la construcción.

El alcance de esta investigación incluye el desarrollo de una metodología efectiva para la producción de estos ladrillos, así como la evaluación de su impacto potencial en la reducción de residuos plásticos y en el fomento de prácticas más sostenibles dentro del sector de la construcción. En resumen, la importancia y el alcance de este residen en su capacidad para ofrecer soluciones novedosas que armonicen las necesidades industriales con la conservación del medio ambiente, impulsando un futuro más sostenible.

1.5 Justificación

La elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos presenta una solución integral y transformadora para varios de los desafíos contemporáneos más apremiantes. En primer lugar, el impacto ambiental de esta propuesta es significativo. La contaminación por plásticos es uno de los problemas más críticos que enfrenta el planeta en el siglo XXI (Thompson ,2018). Los plásticos, debido a su durabilidad y resistencia a la degradación, pueden permanecer en el medio ambiente durante siglos, acumulándose en

vertederos, océanos y otros hábitats naturales (Jambeck, 2018). Esta acumulación no solo afecta la estética del entorno, sino que también representa una grave amenaza para la biodiversidad y el equilibrio de los ecosistemas (Paredes, 2022). Los microplásticos, pequeños fragmentos de plástico que resultan de la descomposición de objetos más grandes han sido encontrados en océanos, suelos e incluso en el aire, indicando que esta contaminación está omnipresente y tiene el potencial de afectar la salud pública (Rodríguez, 2021).

Frente a este escenario, reciclar plásticos para la fabricación de ladrillos ecológicos se presenta como una solución innovadora y sostenible (Pérez, 2021). Al reducir la cantidad de plástico que termina en vertederos y cuerpos de agua, esta iniciativa contribuye significativamente a la conservación del medio ambiente y a la mitigación de la contaminación plástica (González & Navarro, 2018). Además, la creación de ladrillos a partir de residuos plásticos no solo aborda el problema de la contaminación, sino que también introduce una alternativa sostenible a los materiales de construcción convencionales (Martínez & Gómez, 2019). Los ladrillos fabricados con plástico reciclado cumplen con los estándares de resistencia y durabilidad necesarios para la construcción, ofreciendo una solución viable y económica para la industria (Rodríguez, 2020).

Esta propuesta no solo tiene beneficios ambientales, sino que también puede generar un impacto económico positivo considerable en el ámbito local (Thompson, 2018). En el recinto Carlos Julio, en el cantón El Empalme, la generación de desechos plásticos es alta, con una gran parte de estos residuos sin ser reciclados adecuadamente (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2020). La recolección y reciclaje de estos plásticos para la fabricación de ladrillos ecológicos no solo reducirá la contaminación, sino que también generará oportunidades de empleo y desarrollo económico en la comunidad (Paredes, 2022). Utilizar residuos plásticos como materia prima gratuita reduce los costos de producción de ladrillos, lo que puede traducirse en precios más bajos para materiales de construcción, haciendo que las viviendas

sean más accesibles para la población local (Pérez, 2021). Además, la industria de reciclaje y fabricación de ladrillos puede estimular la economía circular, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y generando ingresos adicionales a través de la venta de ladrillos ecológicos (Martínez & Gómez, 2019).

1.6 Delimitación

1.6.1 Delimitación del problema

Este trabajo experimental se focalizó en la producción de ladrillos mediante la formulación de mezclas balanceada de cemento con residuos plásticos provenientes del recinto Carlos Julio.

1.6.2 Delimitación del espacio

El proyecto se llevó a cabo en el entorno de la comunidad Recinto Carlos Julio. Las pruebas físicas de resistencia de los ladrillos ecológicos se realizaron en el laboratorio de resistencia de materiales ubicado en el campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.6.3 Delimitación del tiempo

El proceso de investigación se llevó a cabo durante un periodo de seis meses, cubriendo todas las fases desde la concepción inicial hasta la producción final. Este plazo permitió un análisis detallado de cada etapa del proyecto, lo que facilitó una evaluación completa de su viabilidad.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

Elaborar ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos para ofrecer una alternativa sostenible en la construcción y promover prácticas constructivas más responsables con el medioambiente.

1.7.2 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de residuos plásticos disponibles en el recinto Carlos Julio cantón El Empalme según su composición química y forma.
- Someter los ladrillos ecológicos a distintas pruebas mecánicas y de resistencia para considerar su uso en la construcción.
- Demostrar mediante cuadros comparativos los materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de los ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales.

1.8 Marco hipotético

1.8.1 Hipótesis general

La utilización de residuos plásticos en la elaboración de ladrillos ecológicos creará un material de construcción sostenible que reducirá el impacto ambiental de los desechos plásticos y fomentará prácticas constructivas más responsables y eco-amigables.

1.8.2 Hipótesis específicas

En la comunidad de Carlos Julio los residuos plásticos disponibles se componen principalmente de PET y HDPE en forma de botellas, mientras que los residuos del PP y LDPE se encuentran mayormente en forma de bolsas y empaques flexibles.

Los ladrillos ecológicos elaborados a partir de residuos plásticos, cemento y agua mostrarán una resistencia mecánica y durabilidad comparables a los ladrillos tradicionales en las pruebas de compresión, flexión y absorción de agua, lo que los hace viables para su uso en la construcción.

Los cuadros comparativos demuestran que los ladrillos ecológicos elaborados con residuos plásticos tienen una composición material significativamente diferente, con un menor porcentaje de arcilla y mayor inclusión de plástico reciclado, en comparación con los ladrillos convencionales, manteniendo propiedades físicas y mecánicas similares o superiores.

2 CAPÍTULO II - Fundamentación teórica

2.1 Marco teórico

El uso de residuos plásticos en la elaboración de materiales de construcción ha ganado atención significativa en la última década, debido a la creciente preocupación por la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental. Investigaciones recientes han explorado diversas metodologías para incorporar plásticos reciclados en la producción de ladrillos y otros elementos constructivos, evaluando sus propiedades mecánicas, térmicas y de durabilidad.

2.2 Tipos de plásticos

El conocimiento de los diferentes tipos de plásticos es fundamental para su reciclaje y aplicación en la construcción. Cada tipo de plástico tiene características específicas que afectan su uso y procesamiento (Herrera & García, 2023).

El PET (Tereftalato de Polietileno) es conocido por su alta resistencia a impactos y durabilidad. Se utiliza comúnmente en botellas de bebidas y envases alimentarios. Aunque es reciclable y se puede convertir en fibras textiles y productos de construcción, su procesamiento puede ser más exigente debido a la necesidad de eliminar contaminantes así afirmó Carlos Rivas (2021).

El PEAD (Polietileno de Alta Densidad) es fuerte, resistente a impactos y a la corrosión. Se usa en envases, tuberías y contenedores. El reciclaje de PEAD puede producir productos de construcción y textiles, destacándose por su bajo costo y resistencia (Gómez & Fernández, 2022).

El PVC (Cloruro de Polivinilo) es rígido y resistente a productos químicos. Aunque su reciclaje puede ser complicado debido a la presencia de aditivos, el PVC es utilizado en tuberías

y revestimientos. Su reciclaje requiere un tratamiento adecuado para asegurar la calidad del material reciclado así afirmó Emiliano López (2021).

El PEBD (Polietileno de Baja Densidad) es flexible y ligero, utilizado en bolsas y envoltorios. Aunque la flexibilidad puede limitar su uso en aplicaciones estructurales, el reciclaje de PEBD permite su transformación en productos de construcción (Salazar, 2023).

2.3 Gestión de residuos plásticos

La gestión de residuos plásticos se ha convertido en un desafío ambiental significativo debido al creciente volumen de plásticos en circulación. Esta gestión incluye diversas estrategias diseñadas para reducir el impacto ambiental de los plásticos, promover su reutilización y asegurar su reciclaje eficiente.

Las estrategias de gestión comienzan con la reducción en la fuente, que busca disminuir la producción de plásticos a través de diseños que utilicen menos material y fomenten alternativas más sostenibles. La reutilización de plásticos también juega un papel crucial, al alentar la utilización de productos plásticos múltiples veces antes de su desecho.

El reciclaje es una de las principales estrategias para gestionar los residuos plásticos. Este proceso implica la recolección, clasificación y procesamiento de plásticos para fabricar nuevos productos. Existen métodos de reciclaje mecánico, químico y energético, cada uno con sus aplicaciones específicas y beneficios. Sin embargo, el reciclaje enfrenta desafíos como la contaminación de los plásticos y la insuficiente infraestructura en muchas regiones, lo que dificulta la recolección y procesamiento eficientes.

La educación y la concienciación pública son fundamentales para mejorar la gestión de residuos. Las campañas educativas informan a los consumidores sobre cómo reducir, reutilizar

y reciclar plásticos. Además, la innovación en materiales, como el desarrollo de plásticos biodegradables y compostables, es clave para mejorar la gestión y reducir el impacto ambiental de los plásticos.

2.4 Propiedades mecánicas y térmicas de los plásticos reciclados

Los plásticos reciclados presentan diversas propiedades mecánicas y térmicas que pueden influir en su uso como material de construcción. En términos de propiedades mecánicas, los plásticos reciclados pueden variar en resistencia a la compresión, flexibilidad y durabilidad (Morales & López, 2023). La resistencia a la compresión, por ejemplo, puede ser inferior a la de los materiales de construcción tradicionales, por lo que es esencial realizar pruebas para garantizar que cumplan con los estándares necesarios (Castro, 2021).

La flexibilidad y elasticidad de los plásticos reciclados pueden ser beneficiosas en aplicaciones donde se requiere flexibilidad, pero también pueden presentar desafíos en términos de rigidez estructural (Vega, 2020). En cuanto a la durabilidad, los plásticos reciclados suelen ser resistentes a la corrosión, lo que puede contribuir a una larga vida útil de los productos fabricados con ellos (Romero & Castaño, 2022).

En términos de propiedades térmicas, los plásticos reciclados generalmente ofrecen baja conductividad térmica, lo que los convierte en buenos aislantes (Pérez, 2021). Esto puede mejorar la eficiencia energética de los edificios al mantener temperaturas interiores estables. Sin embargo, la resistencia al fuego de los plásticos reciclados puede variar y debe ser evaluada cuidadosamente para cumplir con los requisitos de seguridad (Sánchez, 2022).

El PP (Polipropileno) es fuerte y resistente a la temperatura y a la corrosión, utilizándose en envases, textiles y componentes automotrices. Su reciclaje puede generar productos robustos para la construcción (Morales, 2022).

El PS (Poliestireno) es rígido y se usa en envases y productos desechables. Aunque menos eficiente en comparación con otros plásticos en términos de reciclaje, el PS puede ser reciclado en materiales de construcción (Gutiérrez, 2023).

2.5 Factores que influyen en el proceso de reciclado de plásticos

El proceso de reciclaje de plásticos está influenciado por varios factores que afectan su eficacia y la calidad del material reciclado (Martínez & León, 2022). El tipo de plástico es un factor crucial, ya que diferentes plásticos tienen propiedades físicas y químicas que afectan su reciclaje (Sánchez, 2021). Algunos plásticos, debido a su estructura química y aditivos, son más fáciles de reciclar que otros (Pérez & Rodríguez, 2023).

La contaminación de los residuos también impacta significativamente el proceso de reciclaje. Los plásticos contaminados con otros materiales, como alimentos o productos químicos, son más difíciles de reciclar, por lo que una separación efectiva y una limpieza adecuada son esenciales para obtener productos reciclados de alta calidad (Herrera, 2023).

La tecnología de reciclaje disponible influye en la calidad y la eficiencia del proceso. Las tecnologías avanzadas pueden mejorar la capacidad de reciclaje y la calidad de los productos reciclados, mientras que una infraestructura adecuada para el reciclaje es fundamental para el manejo y procesamiento eficiente de residuos plásticos (González, 2022).

La eficiencia del proceso de reciclaje, que incluye etapas como trituración, lavado y extrusión, afecta la calidad del material reciclado. Los procesos optimizados aseguran productos reciclados de alta calidad (Cano & Ramos, 2022). Finalmente, el mercado de productos reciclados juega un papel importante en la viabilidad económica del reciclaje, ya que una demanda robusta puede incentivar la inversión en tecnología de reciclaje y la mejora de procesos (Romero, 2023).

2.6 Método de tratamiento de residuos plásticos

El tratamiento de residuos plásticos para la fabricación de ladrillos ecológicos involucra una serie de procesos técnicos y operativos diseñados para transformar desechos plásticos en materias primas útiles (Salazar & González, 2022). Este tratamiento incluye la clasificación, trituración, lavado, secado, centrifugado, granceado y extrusión. Cada una de estas etapas es fundamental para asegurar la calidad y la consistencia del material reciclado, garantizando así que los ladrillos ecológicos cumplan con los estándares de resistencia y durabilidad necesarios para aplicaciones de construcción (Vega & López, 2023).

2.6.1 Clasificación

La clasificación es el primer paso crítico en el proceso de tratamiento de residuos plásticos. Dado que existen diferentes tipos de plásticos con distintas propiedades químicas y físicas, es esencial separar los plásticos según su tipo para asegurar una reciclabilidad efectiva (García, 2022). La clasificación puede llevarse a cabo manualmente, utilizando cintas transportadoras donde los trabajadores separan los plásticos a mano, o mediante métodos automatizados, como sensores de infrarrojos cercanos (NIR), que detectan los diferentes tipos de plásticos en función de sus firmas espectrales (Martínez, 2023).

La clasificación manual es un método laborioso pero efectivo, especialmente cuando se trabaja con residuos plásticos mezclados provenientes de fuentes diversas (Cano & Ramos, 2023). Por otro lado, la clasificación automatizada utiliza tecnología avanzada para aumentar la eficiencia y precisión del proceso (Sánchez, 2021).

2.6.2 Trituración

Una vez que los plásticos han sido clasificados, el siguiente paso es la trituración. La trituración implica la reducción del tamaño de los residuos plásticos a pequeñas partículas o fragmentos, facilitando su manejo y procesamiento en etapas posteriores. Las trituradoras están diseñadas para cortar y fragmentar los plásticos en partículas de tamaño uniforme, lo que aumenta la superficie del material y mejora la eficiencia de las etapas de lavado y secado.

Ilustración 1.*Plásticos triturados*



Elaborado por: Autora

2.6.3 Lavado

El lavado permite eliminar contaminantes, como residuos de alimentos, etiquetas, adhesivos y otros materiales no plásticos que pueden estar presentes en los residuos. El proceso de lavado incluye varias etapas, como el prelavado, lavado principal y enjuague, y es esencial para mejorar la calidad del plástico reciclado (Hernández & García, 2023).

2.6.4 Secado y centrifugado

Después del lavado, los plásticos deben ser secados para eliminar el exceso de agua. El secado es una etapa crítica, ya que la presencia de humedad puede afectar negativamente la calidad del material reciclado y el rendimiento de las etapas posteriores, como el granceado y la extrusión (García & López, 2022). El secado se realiza generalmente en secadores industriales que utilizan aire caliente para evaporar el agua presente en los plásticos. Los secadores pueden ser de diferentes tipos, incluyendo secadores de tambor rotatorio y secadores de lecho fluidizado. Los secadores de tambor rotatorio son cilindros giratorios que mezclan y calientan los plásticos triturados, mientras que los secadores de lecho fluidizado utilizan una corriente de aire caliente que fluye a través del material, mejorando la eficiencia del secado (Vega, 2021).

Además del secado, el centrifugado es otra técnica utilizada para eliminar la humedad de los plásticos. Las centrifugadoras giran a altas velocidades, utilizando la fuerza centrífuga para extraer el agua de los plásticos. Este método es particularmente efectivo para eliminar grandes cantidades de agua de manera rápida y eficiente (Romero & Martínez, 2022).

2.6.5 Granceado

El granceado es el proceso de convertir los plásticos triturados y secos en gránulos o pellets, que son más manejables y fáciles de procesar en la etapa de extrusión (Sánchez et al., 2023). Los gránulos son de tamaño uniforme y tienen una forma esférica o cilíndrica, lo que facilita su manejo y almacenamiento. El granceado se realiza en granuladoras, que son máquinas especialmente diseñadas para extrudir y cortar los

plásticos en gránulos. Durante el proceso de granceado, los plásticos se funden y se extruyen a través de una matriz, formando filamentos continuos. Estos filamentos se enfrían y se cortan en gránulos de tamaño uniforme (Pérez & Fernández, 2022). Los gránulos resultantes tienen una alta densidad y son fáciles de transportar y almacenar. Además, su tamaño uniforme asegura una alimentación constante y homogénea en la etapa de extrusión, mejorando la calidad y consistencia del producto final (González et al., 2021).

2.7 Métodos de ensayo

Para asegurar que los ladrillos ecológicos fabricados a partir de residuos plásticos cumplan con los estándares de calidad y seguridad, es fundamental someterlos a una serie de métodos de ensayo rigurosos. Estos métodos evalúan las propiedades mecánicas, térmicas y químicas de los ladrillos para garantizar su desempeño en diversas condiciones.

- **Pruebas de compresión:** Las pruebas de compresión son esenciales para determinar la capacidad de los ladrillos para soportar cargas sin fracturarse. Este ensayo se realiza utilizando una máquina de compresión que aplica una carga incremental sobre el ladrillo hasta que éste falla. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima soportada por el ladrillo entre su área transversal. Las especificaciones técnicas, como la ASTM C67/67M para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla estructural y tejas, proporcionan directrices sobre la preparación de las muestras y el procedimiento de prueba (ASTM, 2019).
- **Pruebas de flexión:** Las pruebas de flexión son cruciales para evaluar la resistencia de los ladrillos a fuerzas de flexión, que son comunes en aplicaciones estructurales. El ensayo de flexión generalmente se realiza en una máquina de prueba universal, donde se aplica una carga central sobre una muestra de ladrillo apoyada en ambos extremos.

Este método permite calcular el módulo de ruptura del ladrillo, indicando su capacidad para resistir la flexión sin romperse. Las normativas ASTM C78 y C293 describen los procedimientos para realizar pruebas de flexión en muestras de concreto y materiales similares (ASTM, 2020).

- **Pruebas de absorción de agua:** La capacidad de absorción de agua de los ladrillos es una medida crítica de su durabilidad, especialmente en climas húmedos. Para realizar este ensayo, los ladrillos se sumergen en agua durante un período específico, generalmente 24 horas, y luego se pesan para determinar el incremento en su peso debido a la absorción de agua. La cantidad de agua absorbida se expresa como un porcentaje del peso seco del ladrillo. La normativa ASTM C140 describe los procedimientos para realizar pruebas de absorción de agua en unidades de mampostería (ASTM, 2018).
- **Pruebas de resistencia al fuego:** La resistencia al fuego es una propiedad esencial para garantizar la seguridad en la construcción. Los ladrillos ecológicos deben ser capaces de resistir altas temperaturas sin perder su integridad estructural. Las pruebas de resistencia al fuego, conforme a la norma ASTM E119, involucran la exposición de los ladrillos a una fuente de calor controlada durante un período determinado. Se evalúan la resistencia a la ignición, la capacidad de carga y la integridad estructural durante y después de la exposición al fuego. Este ensayo asegura que los ladrillos sean seguros para su uso en edificaciones (ASTM, 2021).
- **Pruebas de durabilidad:** Las pruebas de durabilidad simulan las condiciones a largo plazo a las que los ladrillos estarán expuestos en un entorno real. Estas pruebas incluyen ciclos de congelación y deshielo, exposición a sales de deshielo, y resistencia a químicos. La durabilidad se evalúa mediante cambios en las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo después de varios ciclos de exposición. La normativa ASTM

C666 proporciona directrices para evaluar la durabilidad de materiales de construcción bajo condiciones cíclicas de congelación y deshielo.

- **Pruebas de resistencia a los agentes químicos:** En algunas aplicaciones, los ladrillos pueden estar expuestos a agentes químicos agresivos, como ácidos o bases. Las pruebas de resistencia química involucran la inmersión de los ladrillos en soluciones químicas específicas durante un período determinado y la evaluación de cualquier deterioro en sus propiedades. Estas pruebas aseguran que los ladrillos mantengan su integridad y resistencia incluso en ambientes químicos agresivos. La normativa ASTM C267 describe los métodos de prueba para determinar la resistencia de materiales de construcción a los productos químicos.
- **Pruebas de Conductividad Térmica:** La conductividad térmica es una propiedad importante para evaluar la capacidad de los ladrillos para actuar como aislantes térmicos. Este ensayo mide la tasa a la cual el calor se transfiere a través del material del ladrillo. Los ladrillos con baja conductividad térmica son más eficientes para aplicaciones de aislamiento térmico, lo que puede contribuir a la eficiencia energética de los edificios. La normativa ASTM C518 proporciona un método estandarizado para medir la conductividad térmica de materiales aislantes.
- **Pruebas de resistencia al impacto:** La resistencia al impacto es otra propiedad crucial que determina la capacidad de los ladrillos para resistir fuerzas repentinas, como golpes o caídas. Este ensayo implica la aplicación de una carga dinámica sobre el ladrillo y la evaluación de cualquier daño resultante. Los ladrillos que muestran alta resistencia al impacto son más adecuados para aplicaciones en áreas con alta actividad o riesgo de impactos.
- **Ensayos de ecotoxicidad:** Dado que los ladrillos ecológicos están hechos de plásticos reciclados, es esencial asegurar que no liberan sustancias tóxicas al medio ambiente.

Los ensayos de ecotoxicidad evalúan la potencial liberación de químicos peligrosos cuando los ladrillos están expuestos a condiciones ambientales típicas. Este tipo de prueba es crucial para garantizar que los materiales reciclados no representen un riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

- **Evaluación de la composición química:** La evaluación de la composición química de los ladrillos asegura que no contienen sustancias nocivas que puedan ser liberadas durante su uso. Los análisis químicos pueden incluir espectroscopía de infrarrojo (IR), espectrometría de masas (MS), y cromatografía de gases (GC), entre otros métodos. Estas pruebas garantizan que los materiales utilizados en la fabricación de los ladrillos sean seguros y no representen riesgos para la salud.

Cada uno de estos métodos de ensayo proporciona información crítica sobre las propiedades y el desempeño de los ladrillos ecológicos fabricados a partir de residuos plásticos. La combinación de estos ensayos asegura que los ladrillos cumplan con los estándares de calidad necesarios para su uso en la construcción, garantizando seguridad, durabilidad y sostenibilidad.

2.8 Materiales de construcción sostenible

Los materiales de construcción sostenible se definen por su capacidad para minimizar el impacto ambiental durante todo su ciclo de vida, desde la producción hasta la disposición final (González & Fernández, 2022). Estos materiales buscan mejorar la eficiencia energética, reducir la generación de residuos y promover una economía circular (Hernández, 2021).

Una característica importante de los materiales sostenibles es su eficiencia energética. Estos materiales contribuyen a la eficiencia de los edificios al proporcionar un buen aislamiento térmico, lo que reduce la necesidad de calefacción y refrigeración (Bellido, 2020). La

durabilidad es otra característica clave, ya que los materiales resistentes requieren menos reemplazos, reduciendo así el consumo de recursos y la generación de residuos (Martínez & Ruiz, 2019).

La reciclabilidad también es fundamental en los materiales sostenibles. Los materiales que pueden ser reciclados al final de su vida útil contribuyen a una economía circular, asegurando que los recursos sean reutilizados en lugar de ser desechados (Cano & Ramos, 2023). Además, los materiales sostenibles deben tener un bajo impacto ambiental durante su producción y uso, minimizando emisiones y residuos (Vargas, 2021).

La salud y seguridad también son consideraciones importantes en la selección de materiales sostenibles. Estos materiales no deben liberar sustancias tóxicas al ambiente interior del edificio, lo que asegura una buena calidad del aire interior y un entorno saludable para los ocupantes (García, 2022).

2.9 Aprovechamiento de residuos plásticos

- **Reducción de residuos en vertederos:** La fabricación de ladrillos ecológicos a partir de plásticos reciclados ayuda a mitigar el problema de la acumulación de plásticos en vertederos y océanos. Al convertir estos residuos en productos útiles, se reduce la cantidad de plásticos desechados y se minimiza su impacto ambiental negativo (Vega et al., 2022).
- **Innovación en el reciclaje:** El uso de plásticos reciclados en la producción de ladrillos representa una forma innovadora de reciclar plásticos que de otro modo serían difíciles de procesar. Esto fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de reciclaje que pueden ser aplicados a otros tipos de residuos plásticos (Pérez & Fernández, 2023).

- **Economía circular:** La integración de residuos plásticos en productos de construcción fomenta un modelo de economía circular, donde los materiales se reutilizan en lugar de ser desechados. Esto contribuye a una gestión más sostenible de los recursos y promueve prácticas industriales más responsables (Sánchez et al., 2022).
- **Educación y conciencia ambiental:** La implementación de ladrillos ecológicos ayuda a aumentar la conciencia pública sobre la importancia del reciclaje y la sostenibilidad. Los proyectos que utilizan residuos plásticos como materia prima no solo ofrecen beneficios directos en términos de reducción de residuos, sino que también educan a la comunidad sobre prácticas ambientales responsables y la importancia de la gestión de residuos (García et al., 2022).

2.10 Marco legal

2.10.1 *Constitución de la República del Ecuador (2008)*

Artículo 15 – Establece que el estado debe promover el uso de tecnología limpias y energías alternativas que no contamine, lo que indirectamente apoya la reducción de la producción y el consumo de plásticos, así como el fomento de materiales alternativos más sostenibles.

Artículo 396 – obliga al estado a aplicar medidas de precaución y restricción en caso de daño ambientales graves o irreversibles, lo que podría incluir la regulación estricta de los residuos plásticos cuando en la su gestión inadecuada comprometa la salud del ecosistema o la población.

2.10.2 *Código Orgánico Ambiental*

Publicado en el Registro Oficial No. 983 – Suplemento, abril 2017.

Artículo 3.- Los numerales 8,9 y 10, señalan como fines: “Garantizar la participación de las personas de manera equitativa en la conservación, protección,

restauración y reparación integral de la naturaleza, así como en las generación de los beneficios ”; “Establecer los mecanismo que promueven y fomenten la generación de información ambiental, así como la articulación y coordinación de las entidades públicas, privadas y de la sociedad civil responsables de realizar actividades de gestión en investigación ambiental, de conformidad con los requerimientos y prioridades estatales”; y , establecer medidas eficaces, eficientes y transversales para enfrentar los efectos de los cambios climáticos a través de acciones de mitigación y adaptación.

Artículo 5.- El numeral 12, describe el derecho a vivir un ambiente sano: “la implementación de planes, programas, acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático, así como la implementación de los mismos para mitigar su causa”.

2.10.3 Ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plásticos de un solo uso

Uno de los objetivos dispuestos en el Artículo 3 de esta Ley establece en el literal b, lo siguiente:

b) Incentivar la reducción en la generación de residuos plásticos y su aprovechamiento mediante su reutilización y el reciclaje o industrialización.

2.10.4 Normativa sobre la resistencia de los ladrillos

Para este trabajo, es fundamental considerar las normativas que regulan las pruebas de resistencia de los ladrillos, tanto a nivel internacional como local. A continuación, se enumera y describo las normativas más relevantes para la evaluación de la resistencia de tus ladrillos ecológicos:

1. ASTM C67/C67M - Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile

Descripción: Esta norma es uno de los estándares más utilizados para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla estructural y tejas. Cubre una serie de pruebas, incluyendo la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la saturación, la resistencia a la flexión (aunque en menor medida), y la resistencia a la rotura.

Aplicación: Para ladrillos ecológicos, especialmente aquellos que buscan reemplazar o complementar a los ladrillos de arcilla, esta norma puede ser adaptada para realizar pruebas de resistencia a la compresión y otras propiedades esenciales.

2. INEN 157 - Norma ecuatoriana de materiales de construcción: métodos de ensayo de ladrillos de arcilla y bloques de hormigón

Descripción: Esta norma ecuatoriana establece los métodos de ensayo para ladrillos de arcilla y bloques de hormigón. Incluye pruebas de resistencia a la compresión, absorción de agua, y otras propiedades físicas.

Aplicación: Aunque específicamente diseñada para ladrillos de arcilla y bloques de hormigón, algunos de sus métodos de ensayo pueden ser aplicables a los ladrillos ecológicos, proporcionando una base localmente reconocida para las pruebas.

3. ASTM D790 - Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials

Descripción: Esta norma describe métodos para determinar las propiedades de flexión de plásticos, lo cual es relevante si tus ladrillos contienen una cantidad significativa de material plástico.

Aplicación: Para evaluar la resistencia a la flexión de los ladrillos ecológicos, especialmente si incorporan una cantidad considerable de residuos plásticos, esta norma podría ser adaptada o referenciada.

4. Código Ecuatoriano de la Construcción

Descripción: Este código regula las prácticas de construcción en Ecuador, incluyendo los requisitos para materiales utilizados en edificaciones. Aunque no es una norma de ensayo, es importante para asegurar que los ladrillos ecológicos cumplan con las normativas de seguridad y construcción vigentes en el país.

Esta normativa proporciona una base sólida para evaluar y certificar la resistencia y otras propiedades mecánicas de los ladrillos ecológicos que estás desarrollando. Adaptarlas adecuadamente a tu proyecto te permitirá demostrar que estos ladrillos son una alternativa viable y sostenible en la construcción.

2.11 Materiales de construcción sostenible

Los materiales de construcción sostenible se definen por su capacidad para minimizar el impacto ambiental durante todo su ciclo de vida, desde la producción hasta la disposición final (González & Fernández, 2022). Estos materiales buscan mejorar la eficiencia energética, reducir la generación de residuos y promover una economía circular (Hernández, 2021).

Una característica importante de los materiales sostenibles es su eficiencia energética. Estos materiales contribuyen a la eficiencia de los edificios al proporcionar un buen aislamiento térmico, lo que reduce la necesidad de calefacción y refrigeración (Bellido, 2020). La durabilidad es otra característica clave, ya que los materiales resistentes requieren menos reemplazos, reduciendo así el consumo de recursos y la generación de residuos (Martínez & Ruiz, 2019).

La reciclabilidad también es fundamental en los materiales sostenibles. Los materiales que pueden ser reciclados al final de su vida útil contribuyen a una economía circular, asegurando que los recursos sean reutilizados en lugar de ser desechados (Cano & Ramos, 2023). Además, los materiales sostenibles deben tener un bajo impacto ambiental durante su producción y uso, minimizando emisiones y residuos (Vargas, 2021).

La salud y seguridad también son consideraciones importantes en la selección de materiales sostenibles. Estos materiales no deben liberar sustancias tóxicas al ambiente interior del edificio, lo que asegura una buena calidad del aire interior y un entorno saludable para los ocupantes (García, 2022).

2.12 Aprovechamiento de residuos plásticos

- **Reducción de residuos en vertederos:** La fabricación de ladrillos ecológicos a partir de plásticos reciclados ayuda a mitigar el problema de la acumulación de plásticos en vertederos y océanos. Al convertir estos residuos en productos útiles, se reduce la cantidad de plásticos desechados y se minimiza su impacto ambiental negativo (Vega et al., 2022).
- **Innovación en el Reciclaje:** El uso de plásticos reciclados en la producción de ladrillos representa una forma innovadora de reciclar plásticos que de otro modo serían difíciles de procesar. Esto fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos de reciclaje que pueden ser aplicados a otros tipos de residuos plásticos (Pérez & Fernández, 2023).
- **Economía Circular:** La integración de residuos plásticos en productos de construcción fomenta un modelo de economía circular, donde los materiales se reutilizan en lugar de ser desechados. Esto contribuye a una gestión más sostenible de los recursos y promueve prácticas industriales más responsables (Sánchez et al., 2022).

- **Educación y Conciencia Ambiental:** La implementación de ladrillos ecológicos ayuda a aumentar la conciencia pública sobre la importancia del reciclaje y la sostenibilidad. Los proyectos que utilizan residuos plásticos como materia prima no solo ofrecen beneficios directos en términos de reducción de residuos, sino que también educan a la comunidad sobre prácticas ambientales responsables y la importancia de la gestión de residuos (García et al., 2022).

2.13 Norma a utilizar:

Para la resistencia a la compresión simple de ladrillos, la norma más comúnmente utilizada es **ASTM C67/C67M**. En Ecuador, también se ubica la **INEN 157**, que regula métodos de ensayo para ladrillos y bloques.

Proceso para la prueba de resistencia a la compresión simple:

1. Preparación del Muestra:

- Se seleccionan los ladrillos de acuerdo con los procedimientos de muestreo especificados en la norma. Es importante que los ladrillos sean representativos del lote que se desea evaluar.
- Los ladrillos deben estar secos, lo que significa que deben haber sido secados en un horno a una temperatura constante hasta alcanzar un peso constante, según las indicaciones de la norma.

2. Dimensiones:

- Las dimensiones del ladrillo se miden cuidadosamente (longitud, ancho y altura). Esto es importante porque la resistencia a la compresión se expresa en términos de fuerza por unidad de área.

3. Colocación en la máquina de pruebas:

- El ladrillo se coloca en una máquina de pruebas de compresión. La colocación debe ser cuidadosa para asegurar que la carga se aplique de manera uniforme y perpendicular a las caras del ladrillo.
- Generalmente, se aplican dos capas delgadas de material, como papel o tela, entre las caras de carga de la máquina y el ladrillo, para asegurar una distribución uniforme de la carga.

4. Aplicación de la carga:

- La carga se aplica a una velocidad controlada y constante hasta que el ladrillo falla (se fractura). La norma ASTM C67/C67M especifica la tasa de carga, que debe ser lo suficientemente lenta como para permitir una observación precisa del comportamiento del ladrillo bajo carga.

5. Cálculo de la Resistencia a la Compresión:

- La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima aplicada al ladrillo (en Newtons o libras) por el área de la sección transversal del ladrillo (en metros cuadrados o pulgadas cuadradas).

6. Interpretación de los Resultados:

- Los resultados se comparan con los valores estándar especificados en la norma para determinar si los ladrillos cumplen con los requisitos de resistencia para su uso en construcción.
- Si se evalúa ladrillos ecológicos, estos resultados se podrían comparar también con los resultados de ladrillos convencionales para destacar la viabilidad de los ladrillos ecológicos.

Consideraciones especiales para ladrillos ecológicos:

- **Heterogeneidad del Material:** Dado que los ladrillos ecológicos pueden contener una mezcla de materiales, como plásticos reciclados, es crucial asegurar que la distribución de estos materiales no afecte la uniformidad de la resistencia.

Este método permite obtener un valor claro de la resistencia a la compresión de los ladrillos ecológicos y evaluar su idoneidad para aplicaciones en la construcción.

2.13.1 Resistencia al fuego

La resistencia al fuego es una propiedad esencial para materiales de construcción, ya que afecta la seguridad de los edificios en caso de incendio.

1. **Pruebas estándar ASTM E119:** Esta norma define los métodos de prueba para determinar la resistencia al fuego de elementos de construcción. Los ladrillos se exponen a temperaturas controladas en un horno de prueba, simulando las condiciones de un incendio. La resistencia al fuego se mide por el tiempo que el material puede soportar la exposición sin perder sus propiedades estructurales (ASTM, 2019).

2. **Efecto del plástico reciclado:** Los plásticos tienen una menor resistencia al fuego en comparación con los materiales tradicionales de construcción. Sin embargo, estudios han investigado la posibilidad de mejorar esta propiedad mediante la incorporación de retardantes de llama y otros aditivos en la mezcla. Por ejemplo, la adición de hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) puede aumentar la resistencia al fuego de los ladrillos con contenido plástico (Li, 2018).

3. **Resultados de investigación:** Investigaciones preliminares indican que ladrillos con una combinación de plásticos reciclados y aditivos retardantes de llama pueden alcanzar resistencias al fuego aceptables para ciertas aplicaciones, aunque

generalmente no igualan la resistencia al fuego de los ladrillos de arcilla o concreto puro. Estos ladrillos pueden ser adecuados para su uso en áreas que no están sujetas a altas exigencias de resistencia al fuego, o como elementos secundarios en estructuras más complejas (Zhang, 2021).

2.14 Definiciones aplicables

2.14.1 Plásticos

Los plásticos son materiales sintéticos que se han convertido en parte integral de la vida cotidiana debido a su versatilidad y durabilidad. Su capacidad para ser moldeados en diversas formas y sus propiedades específicas han llevado a su uso en una amplia gama de aplicaciones. En el contexto de la construcción, los plásticos reciclados están ganando atención como una alternativa sostenible para la producción de ladrillos, con el objetivo de reducir el impacto ambiental asociado con los materiales tradicionales.

2.14.2 Clasificación de Tipos de plásticos

Los plásticos pueden clasificarse en diferentes categorías según su naturaleza y su estructura interna. Esta clasificación ayuda a entender sus propiedades, comportamientos y aplicaciones adecuadas.

2.14.3 Por su naturaleza

➤ Termoplásticos:

Definición: Los termoplásticos son plásticos que se ablandan cuando se calientan y se vuelven a endurecer al enfriarse, sin que se produzca una alteración

química en su estructura. Esta propiedad permite que los termoplásticos sean reciclados y reprocesados.

Ejemplos: Polietileno (PE), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno tereftalato (PET).

Aplicaciones: Son utilizados en envases, tuberías, juguetes, y en la construcción, en componentes como perfiles de ventanas y revestimientos.

➤ **Termoestables:**

Definición: Los termoestables son plásticos que, una vez curados por calor o mediante una reacción química, no pueden volver a ser reblandecidos. Su estructura se vuelve rígida y no se puede modificar sin descomponer el material.

Ejemplos: Resinas epoxi, resinas fenólicas y poliuretanos.

Aplicaciones: Se utilizan en aplicaciones que requieren alta resistencia al calor y a productos químicos, como en componentes electrónicos, automotrices y en recubrimientos.

2.14.4 Por su estructura interna

Plásticos Lineales:

Definición: Estos plásticos tienen una estructura molecular en la que las cadenas de polímero están dispuestas en líneas rectas, sin ramificaciones significativas.

Ejemplos: Polietileno (PE) y polipropileno (PP).

Propiedades: Generalmente tienen buenas propiedades mecánicas y de procesabilidad, con una alta densidad de empaquetamiento que resulta en materiales fuertes y duraderos.

➤ **Plásticos ramificados:**

Definición: En estos plásticos, las cadenas de polímero tienen ramificaciones o ramificaciones laterales que se extienden desde la cadena principal.

Ejemplos: Polietileno de baja densidad (LDPE).

Propiedades: Estos plásticos tienden a ser más flexibles y menos densos que los plásticos lineales, lo que les da características como una mayor flexibilidad y resistencia al impacto.

➤ **Plásticos reticulados:**

Definición: Los plásticos reticulados tienen una estructura en la que las cadenas de polímero están entrecruzadas mediante enlaces químicos, formando una red tridimensional.

Ejemplos: Resinas epoxi, baquelita.

Propiedades: Los plásticos reticulados son altamente resistentes al calor y a la deformación, pero no pueden ser reformados una vez curados.

2.15 Aplicación de plásticos en la construcción

La inclusión de plásticos reciclados en la producción de ladrillos ofrece una oportunidad para mejorar la sostenibilidad de la construcción. Los plásticos reciclados, al ser procesados adecuadamente, pueden aportar propiedades beneficiosas como la reducción de la absorción de agua y la mejora en la durabilidad. Sin embargo, es crucial comprender la naturaleza del plástico utilizado, ya que sus propiedades determinarán el desempeño final del ladrillo en términos de resistencia y durabilidad.

2.16 Comparación con materiales tradicionales

➤ Ladrillos de Arcilla

Producción: Los ladrillos de arcilla se producen mediante la extracción de arcilla, su moldeado y el cocido a altas temperaturas. Este proceso consume grandes cantidades de energía y recursos.

Propiedades: Alta resistencia a la compresión, durabilidad y capacidad de aislamiento térmico.

➤ Ladrillos de plástico reciclado

Producción: Incorporan plásticos reciclados mezclados con cemento y agua, lo que permite reutilizar residuos plásticos y reducir la demanda de materiales vírgenes.

Propiedades: Menor absorción de agua y potencialmente menor resistencia a la compresión comparado con los ladrillos de arcilla, pero con beneficios significativos en términos de sostenibilidad.

3 CAPITULO III - Metodología

El proceso metodológico empleado, para la elaboración de ladrillos de plásticos se inició con la recolección y segregación de los residuos plásticos, asegurándome de que fueran adecuados para el proceso posteriormente triture los plásticos en pequeñas partículas. Estas partículas se fundieron a una temperatura aproximadamente 250°C, creando una masa plástico uniforme. Esta masa se mezcló con un porcentaje de cemento lo que proporcione mayor resistencia de ladrillos clasificándolos según su polímero para asegurar su idoneidad en el proceso de producción.

En este enfoque también se preparó el ladrillo sin derretir el plástico. En este caso, las partículas plásticas limpias y trituradas se mezclaron directamente con cemento sin someterlos al calor.

3.1 Método y equipos utilizados

Método de compactación

En el proceso de método de compactación que comenzó desde la mezcla de plásticos triturado con cemento agua en proporciones definidas. Estas mezclas se vertieron en moldes donde se aplicó presión, utilizando una prensa manual. La presión aplicada fue crucial para compactar la mezcla, eliminando cualquier aire atrapado y asegurando una distribución uniforme del material dentro del molde.

A continuación, se detalla los equipos utilizados en el proceso de elaboración de los ladrillos ecológicos.

Tabla 1. *Instrumentos utilizados en el proceso*

No.	EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS	DETALLES Y PROPÓSITOS
1	Balanza	Para medir el peso inicial y final de los ladrillos.
2	Máquina Universal de compresión	Para probar la resistencia de los ladrillos.
3	Trituradora de plástico	Para triturar los residuos plásticos utilizados en las mezclas.
4	Moldes de compactación	Para formar los ladrillos con y sin aplicación de calor.

Elaborado por: Autora

3.2 Población

En este trabajo experimental se consideraron diferentes porcentajes de mezclas de plástico, cemento y agua en la elaboración de los ladrillos.

3.3 Etapas en la producción de ladrillos ecológicos.

- Recolección
- Trituración
- Preparación
- Secado

Recolección: Primero se realizó la recolección de los materiales plástico necesario para la producción. Se seleccionaron cuidadosamente para garantizar su calidad y adecuación al proceso. Una vez recolectado, los plásticos fueron organizados y preparados para las siguientes etapas.

Trituración: Los plásticos recolectados pasaron por un proceso de trituración, donde se redujeron a partículas más pequeñas y manejables

Mezclado: Después de la trituración se procedió a la preparación de partículas plásticas. Estas fueron separadas en porciones adecuadas, lo que facilitó su manejo en la mezcla de cemento con el agua. Este proceso aseguró que los materiales estuvieran listos para la formación de ladrillos ecológicos.

Secado: Se eligió un espacio al aire libre que ofreciera una excelente exposición al sol y buena ventilación, evitando áreas propensas a fuertes vientos que pudieran interferir en el secado.

3.4 Prueba de resistencia

El ladrillo se colocó en una máquina de ensayo de compresión, asegurando que los ejes de los soportes y los elementos de compresión estuvieran alineados con la parte de tracción indirecta del ladrillo.

3.5 Prueba de absorción

Esta prueba se realizó para determinar la cantidad de agua que podía absorber el ladrillo. Los ladrillos se remojaron en agua durante 3 días y se midió la absorción, que se fijó en un 6% (Risco Ruiz, 2018).

3.5.1 Fórmula para determinar la absorción

$$w_a = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\%$$

donde:

- M_1 es la masa saturada de agua (en gramos)
- M_2 es la masa final de la probeta seca (en gramos)

3.6 Descripción de variable

En este estudio experimental, las variables independientes son las que se manipulan o ajustan para observar su impacto en otras variables. Por su parte, las variables dependientes se

miden para identificar si ocurre algún cambio o efecto debido a la manipulación de las variables independientes. A continuación, se presentan las variables que son relevantes para este análisis.

3.6.1 Variables independientes

➤ Composición de los ladrillos ecológicos

Esta variable hace referencia a los diversos materiales y proporciones empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos, que incluyen residuos plásticos y otros posibles componentes o aditivos utilizados en las mezclas como (material poliuretano, arena).

➤ Método de elaboración de los ladrillos ecológicos

Esta variable abarca las diferentes técnicas y procesos utilizados en la producción de ladrillos ecológicos, como el tipo de molde, el tiempo requerido para el secado, la temperatura durante el curado, entre otros.

3.6.2 Variables dependientes

➤ Resistencia de los ladrillos

Esta variable evalúa la capacidad de los ladrillos ecológicos para resistir cargas y fuerzas externas sin sufrir daños o fracturas. La resistencia se analizará en función de la composición del material y el método de fabricación utilizado.

➤ Durabilidad de los ladrillos

Esta variable se refiere a la capacidad de los ladrillos ecológicos para conservar su calidad y apariencia a lo largo del tiempo, especialmente cuando se enfrentan a condiciones ambientales adversas.

3.7 Implementación del proyecto

Se evaluó la viabilidad de la producción del producto terminado dentro del plazo establecido, utilizando de forma eficiente los recursos necesarios.

3.8 Análisis del proyecto

El proyecto de elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos se abordó desde una metodología experimental que incluyó diversas etapas, desde la recolección de los materiales plásticos hasta las pruebas de resistencia de los ladrillos fabricados. Esta metodología permitió explorar la viabilidad de transformar desechos plásticos en materiales de construcción sostenibles, buscando no solo una solución ambiental al problema de la contaminación por plásticos, sino también una alternativa viable en la industria de la construcción.

La metodología empleada en el proyecto se enfocó en la identificación y clasificación de los tipos de residuos plásticos disponibles en la comunidad de Carlos Julio, cantón El Empalme. Se utilizaron diversos tipos de plásticos, como PET, HDPE y PP, debido a sus propiedades físicas y químicas favorables para la elaboración de ladrillos.

Una vez que los plásticos fueron triturados, se realizaron pruebas para determinar la mejor combinación de materiales que permitiera obtener ladrillos con propiedades mecánicas adecuadas para su uso en la construcción. Se probaron diferentes proporciones de plásticos, cemento y agua, con el objetivo de encontrar una mezcla que maximice la resistencia a la compresión y minimice la absorción de agua. Este proceso experimental fue fundamental para identificar las mezclas más prometedoras y optimizar la fabricación de los ladrillos.

La metodología también incluyó la evaluación de la resistencia a la compresión simple, una prueba crítica que determinó la capacidad de los ladrillos ecológicos para soportar fuerzas de compresión sin fracturarse. Esta prueba se realizó siguiendo la norma ASTM C67/C67M,

que establece los procedimientos para medir la resistencia a la compresión de materiales de construcción. Los resultados de esta prueba permitieron comparar el desempeño de los ladrillos ecológicos con los convencionales de arcilla, revelando diferencias significativas en su capacidad para soportar cargas.

Además de la resistencia a la compresión, se realizaron pruebas de absorción de agua para evaluar la durabilidad de los ladrillos en condiciones de humedad. Este aspecto es crucial para determinar la viabilidad de los ladrillos en aplicaciones exteriores, donde estarán expuestos a la intemperie. Los resultados mostraron que los ladrillos fabricados con plásticos reciclados presentaron una baja absorción de agua, lo que sugiere que son adecuados para su uso en ambientes húmedos.

Los resultados obtenidos de estas pruebas fueron analizados y comparados con los ladrillos convencionales, demostrando que los ladrillos ecológicos tienen un rendimiento adecuado en ciertos aspectos, pero también presentan limitaciones, como una menor resistencia a la compresión. Sin embargo, las ventajas ambientales y económicas, como la reducción de residuos plásticos y los costos de producción, posicionan a estos ladrillos como una alternativa viable en la construcción sostenible.

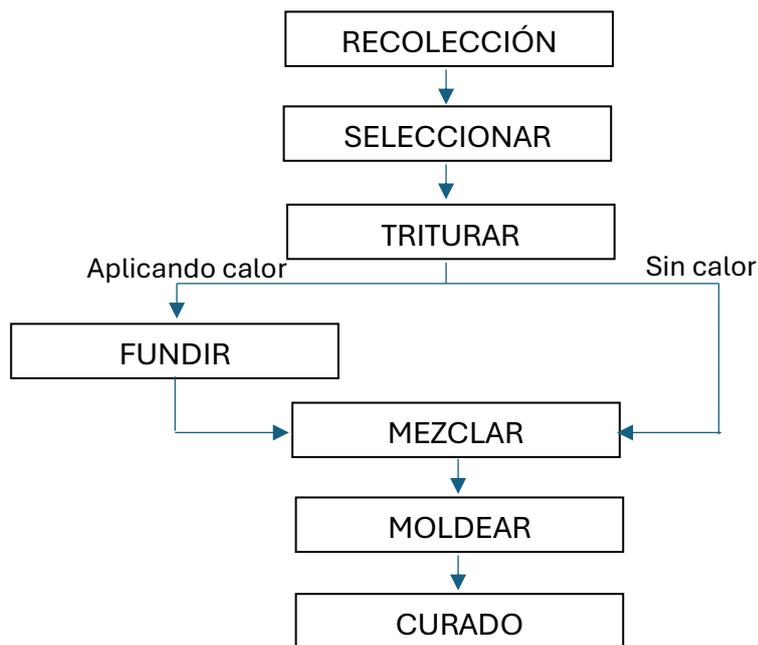
En esa línea, la metodología empleada en el proyecto permitió evaluar de manera integral la viabilidad de los ladrillos ecológicos como material de construcción. A través de un enfoque experimental riguroso, se identificaron las combinaciones de materiales y procesos que optimizan la resistencia y durabilidad de los ladrillos, al tiempo que se destacó la importancia de seguir investigando para mejorar su desempeño en comparación con los ladrillos convencionales. Este análisis subraya la relevancia de continuar explorando soluciones sostenibles que contribuyan a la construcción de un futuro más responsable con el medio ambiente.

4. CAPÍTULO IV – RESULTADOS

4.1 Experimentación de la elaboración de ladrillos con plásticos reciclados

Dentro de las pruebas experimentales a fin de obtener los ladrillos ecológicos, se estableció el siguiente flujo de procesos:

Ilustración 2. *Proceso utilizado para elaborar ladrillos ecológicos*



Elaborado por: Autora

4.1.1 Recolección e identificación de la materia prima

La clasificación de los plásticos permitió identificar y seleccionar 180 kilogramos de plásticos PET aptos para el proceso, asegurando la calidad del material utilizado. Se obtuvo un material triturado homogéneo, lo que permitió una mejor integración en la mezcla para la fabricación de los ladrillos.

Tabla 2: Tipos de envases recolectados

Tipo de plástico	Cantidad recolectada (Kg)	Porcentaje del total de plásticos recolectados
PET	180Kg	52%
HDPE	100Kg	27%
PP	50Kg	21%

Elaborado por: Autora

Los plásticos recolectados fueron cuidadosamente seleccionados y clasificados para asegurar que para cada tipo de material se separa adecuadamente según sus características específicas.

1. El PET es un plástico altamente reciclable. Su capacidad de ser reprocesado permite la fabricación de nuevas botellas y fibras textiles, lo que impulsa la economía circular y disminuye la generación de residuos plásticos (Hopewell, Dvorak, & Kosior, 2019).
2. El HDPE es uno de los plásticos con mayor tasa de reciclaje a nivel mundial. Su capacidad de ser reprocesado permite la creación de diversos productos, incluidos nuevas botellas, tuberías y materiales de construcción, lo cual ayuda a reducir los residuos y promueve el desarrollo sostenible (Andrady & Neal, 2020).
3. El PP, aunque no se recicla tanto como el PET o el HDPE, también tiene la capacidad de ser reciclado. Puede ser reprocesado para crear nuevos productos, como envases, piezas automotrices y otros artículos industriales, lo que ayuda a disminuir los residuos plásticos y a promover la sostenibilidad ambiental (Andrady & Neal, 2020).

Ilustración 3. Recolección de muestra



Elaborado por: Autora

4.1.2 Selección del material reciclable

El material recolectado fue identificado y clasificado según el tipo de residuos, en este caso se seleccionó el plástico PET debido a sus propiedades físicas – químicas, que son flexibles y pueden ser moldeadas fácilmente, así como su predominancia, representando mas del 50% de total recolectado.

4.1.3 Trituración

Se realizaron 4 muestras experimentales con diferentes proporciones. Estas mezclas mostraron variaciones en la consistencia y la facilidad del trabajo, lo que permitió seleccionar la mejor combinación para la fabricación de ladrillos. Se procedió a triturar manualmente utilizando una pulidora a fin de tener el plástico reciclable en el menor tamaño posible.

Ilustración 4. Muestra triturada



Elaborador por: Autora

4.1.4 Fundición

Para la muestra 1 y 3 se aplicó calor, disponiendo el plástico reciclable en un recipiente metálico para fundir en una plancha calentadora tipo industrial a 250°C; se mezcló contantemente para disolver todo el plástico de tal forma que no quedara en una sola masa ni se pegara en el recipiente, sino que quedara homogénea

Ilustración 5 Fundición de muestra 1 y 3



Elaborador por: Autora

4.1.5 Mezclado

El proceso de mezclado de los ladrillos se realizó utilizando diferentes métodos para evaluar calidad del producto final. Las muestras 1 y 3 elaboradas con plásticos fundidos, lo que influyo en sus propiedad y comportamiento durante las pruebas. A diferencia las muestras 2 y 4 se prepararon con mezclas sin aplicar calor, utilizando plástico sin fundir.

Ilustración 6. Mezclado del ladrillo



Elaborado por: Autora

Tabla 3. Porcentaje de mezcla para elaboración de ladrillos

Muestras	Plástico	Cemento	Agua
Muestra 1 (con calor)	15%	85%	0%
Muestra 2 (sin calor)	70%	25%	5%
Muestra 3 (con calor)	95%	5%	0%
Muestra 4 (sin calor)	90%	5%	5%

Elaborado por: Autora

4.1.6 Moldeado

El moldeado de los ladrillos ecológicos se utilizaron moldes metálicos de 7 x 14 x 0.50, donde se dispuso la mezcla de las 4 muestras (con calor y sin calor). En la siguiente ilustración se observa la disposición de las muestras en los moldes y la presión de compactación que se realizó en las mismas.

Ilustración 7. Moldeado de las muestras



Elaborado por: Autora

4.1.7 Curado

En las dos primeras mezclas que tenían un porcentaje menor de plásticos se observó que el proceso de curado duro casi 5 días, que no fue suficiente para una mayor resistencia evidenciando grietas y debilidad estructural. Por otro lado, las muestras 3 y 4 que tenían un porcentaje de 95% y 90% de plástico reciclado, respectivamente, fueron curadas durante 7 días, desarrollando una estructura más sólida y uniforme, lo que permitió identificar que este tiempo fue idóneo para obtener un producto resistente y duradero. Estos hallazgos destacan la importancia de un curado adecuado para garantizar la calidad final de los ladrillos ecológicos.

Ilustración 8. Curado de las muestras



Elaborado por: Autora

En la siguiente tabla se resumen las observaciones y resultados de las muestras.

Tabla 4. Tiempo de curado

Muestras	Tiempo de cuadro	Observaciones	Resultado
1	5 días	Superficie ligeramente húmeda pero no completamente endurecida, se observan grietas.	No satisfactorio
2	5 días	Secado parcial, algunas zonas frágiles, muchas grietas, estructura débil.	No satisfactorio
3	7 días	Superficie uniforme, buena consistencia, sin grietas.	Satisfactorio
4	7 días	Superficie uniforme, estructura sólida y resistente, sin grietas.	Satisfactorio

Elaborado por: Autora

4.2 Propiedades físicas y estéticas

De los ladrillos que se obtuvieron de las muestras 3 y 4, que resultaron satisfactoria en proceso de elaboración, presentaron ciertas propiedades físicas y estéticas particulares. En términos de propiedades físicas, los ladrillos mostraron una textura más lisa y uniforme en comparación con los ladrillos convencionales, lo cual es beneficioso para su uso en aplicaciones donde se requiere un acabado limpio. Además, debido al contenido de plástico, los ladrillos fueron ligeramente más livianos, lo que puede facilitar su manejo e instalación.

En cuanto a las propiedades estéticas, los ladrillos de plástico reciclado exhibieron un color uniforme. La posibilidad de variar los colores mediante la adición de pigmentos durante el proceso de mezcla también abre la puerta a aplicaciones personalizadas, donde se requieren ladrillos con características visuales específicas.

Ilustración 9. Propiedades físicas y estéticas del ladrillo ecológico



Elaborado por: Autora

4.3 Evaluación de la resistencia y durabilidad

Para evaluar la resistencia de los ladrillos de plástico reciclado, se diseñó y utilizó el método de compresión y fatiga. Este método implica someter los ladrillos a una carga constante en una máquina universal de compresión hasta que se alcance su punto de ruptura. La prueba fue realizada de acuerdo con la norma ASTM C67/C67M, que establece procedimientos para medir la resistencia a la compresión de los materiales de construcción.

Ilustración 10. Resistencia de la muestra en el laboratorio



Elaborado por: Autora

4.4 Resultados de compresión

Se realizaron las pruebas de compresión en el laboratorio de resistencia del campus María Auxiliadora; teniendo los siguientes resultados:

Tabla 5. Prueba de compresión de la muestra 1

Ladrillos Ecológicos	Velocidad	Carga máxima alcanzada	Resistencia Calculada
Muestra_1-Con calor	N/A	N/A	No se pudo calcular porque la muestra fue muy frágil y se desmoronó.

Elaborado por: Autora

Tabla 6. Prueba de compresión de la muestra 2

Ladrillos Ecológicos	Velocidad	Carga máxima alcanzada	Resistencia Calculada
Muestra_2- Sin calor	N/A	N/A	No se pudo calcular porque la muestra fue muy frágil y se desmoronó.

Elaborado por: Autora

Tabla 7. Prueba de compresión de la muestra 3

Ladrillos Ecológicos	Velocidad	Carga máxima alcanzada	Resistencia Calculada
Muestra_3 - con calor	0.25Mpa/Seg	120.32 KN	0.782 kg/cm ²

Elaborado por: Autora

Tabla 8. Pruebas de compresión de la muestra 4

Ladrillos Ecológicos	Velocidad	Carga máxima alcanzada	Resistencia Calculada
Muestra_4 – Sin calor	0.25Mpa/Seg	89.82 KN	0.582 kg/cm ²

Elaborado por: Autora

4.4.1 Análisis de datos obtenidos

Durante el análisis de los datos obtenidos en la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, se identificaron varias consideraciones críticas que influenciaron el resultado final del proyecto. Al inicio del proceso, las dos primeras muestras de ladrillos no cumplieron con los criterios de formación necesarios, lo que resultó en su exclusión de las pruebas de resistencia. La deficiente formación de estas muestras estuvo principalmente relacionada con un desequilibrio en la proporción entre el plástico reciclado y el cemento, lo que condujo a una distribución desigual de los materiales. Este desequilibrio, a su vez, generó áreas de debilidad dentro de los ladrillos, comprometiendo su integridad estructural.

A diferencia, la muestra tres presentó una mejor resistencia gracias a la implementación de la técnica que implicaba derretir los plásticos antes de incorporarlos al moldeado del ladrillo, lo que permitió una integración más uniforme del plástico en la mezcla, lo que se tradujo en una mayor resistencia a la compresión. La muestra alcanzó una carga máxima de 120.32 kN, equivalente a 12,269.09 kg, demostrando así su capacidad para soportar cargas significativas. Sin embargo, el proceso de derretir los plásticos conllevó un aumento en el consumo energético, lo que podría representar un desafío para la viabilidad económica del proyecto a gran escala, especialmente si se considera la necesidad de optimizar los costos de producción.

Por otro lado, la cuarta muestra experimentó problemas durante las etapas de moldeado y curado, particularmente debido a un error en la compactación durante el vertido de la mezcla en los moldes. Este error resultó en la formación de burbujas de aire dentro del ladrillo, creando vacíos internos que comprometieron su resistencia y durabilidad. Como consecuencia, la muestra mostró una ligera tendencia a desmoronarse bajo presión durante las pruebas preliminares, lo que confirmó que no cumplía con los estándares de calidad necesarios para su inclusión en el análisis comparativo. Este resultado subraya la importancia de un proceso de compactación adecuado para garantizar la calidad de los ladrillos ecológicos.

Para la cuarta muestra, el plástico fue incorporado sin derretirse, simplemente mezclándose en su estado sólido con los otros componentes del ladrillo. Aunque este método resultó en una resistencia a la compresión menor, con una carga máxima de 89.82 kN (equivalente a 9,157.66 kg), tiene la ventaja de ser más económico y menos intensivo en energía. Esto podría hacer que sea una opción preferible en contextos donde los recursos energéticos son limitados o donde se busca minimizar el impacto ambiental del proceso de fabricación.

El análisis también reveló que, a pesar de la menor resistencia a la compresión de los ladrillos fabricados sin derretir el plástico, estos ladrillos aún podrían ser viables en aplicaciones donde las cargas estructurales no sean tan exigentes. Sin embargo, para asegurar la durabilidad y seguridad de las construcciones, sería crucial realizar un estudio más exhaustivo sobre las posibles aplicaciones de estos ladrillos en diferentes contextos constructivos.

4.5 Resultados de las pruebas de absorción

Para determinar la absorción de las muestras, se pesó la muestra seca y luego se inundo en agua por 3 días, para determinar el porcentaje de humedad absorbido a continuación, los resultados:

Tabla 9. Prueba absorción muestra 1

Masa después de absorción (M_1)	Masa seca (M_2)	Absorción (w_a)	Resultado
N/A	N/A	No se pudo medir	No satisfactorio – Desmoronado

Elaborado por: Autora

Tabla 10. Prueba absorción muestra 2

Masa después de absorción (M_1)	Masa seca (M_2)	Absorción (w_a)	Resultado
N/A	N/A	No se pudo medir	No satisfactorio – Desmoronado

Elaborado por: Autora

Tabla 11. Prueba absorción muestra 3

Masa después de absorción (M_1)	Masa seca (M_2)	Absorción (w_a)	Resultado
403g	400g	$\frac{403-400}{400} \times 100 = 2\%$	Satisfactorio

Elaborado por: Autora

Tabla 12. Prueba absorción muestra 4

Masa después de absorción (M_1)	Masa seca (M_2)	Absorción (w_a)	Resultado
405g	400g	$\frac{405-400}{400} \times 100 = 2,5\%$	Satisfactorio

Elaborado por: Autora

4.5.1 Análisis de la prueba de absorción

La prueba de absorción reveló que las primeras dos muestras de ladrillos fabricados con una mezcla de plástico reciclado y cemento no proporcionaron resultados debido a problemas en la formación de los ladrillos durante el proceso de fabricación. En contraste, las muestras 3 y 4 mostraron una absorción de agua del 2% y del 2.5%, respectivamente. Estos valores se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C67/C67M en un rango de 5% a 7%, lo que indica una buena absorción en cuanto a resistencia a la penetración de agua.

Una baja tasa de absorción de agua sugiere que los ladrillos tienen una alta resistencia a la humedad, lo cual es crucial para aplicaciones en exteriores o en condiciones húmedas. Esto contribuye a la durabilidad y longevidad del material. Además, una baja absorción también puede reflejar una mezcla eficiente que evita la saturación de agua, mejorando el rendimiento general del ladrillo en la construcción.

En general, los resultados demuestran que los ladrillos fabricados con plásticos reciclados y cemento presentan características favorables en términos de resistencia a la compresión y absorción de agua. No obstante, las diferencias en la resistencia sugieren que es necesario ajustar las proporciones de la mezcla y el proceso de fabricación para lograr una mayor uniformidad y optimizar el rendimiento de los ladrillos.

El bajo porcentaje de absorción de agua en las muestras 3 y 4 es positivo para su uso en aplicaciones constructivas. Sin embargo, la variabilidad en la resistencia a la compresión destaca la necesidad de un control más riguroso durante la producción. Estos hallazgos subrayan la importancia de estandarizar la mezcla y el proceso de fabricación para asegurar la calidad y efectividad del producto final.

Ilustración 7. *Ladrillos de plástico reciclado con 2% de absorción*



Elaborado por: Autora

4.6 Cuadro comparativo de los materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de los ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales, basada en la información proporcionada:

Tabla 13. Materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de los ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales.

Material/Componente	Ladrillos Ecológicos (Con Calor - Muestra 3)	Ladrillos Ecológicos (Sin Calor - Muestra 4)	Ladrillos Convencionales
Plástico Reciclado (PET, HDPE, PP)	95%	90%	0%
Cemento Portland	5%	5%	60-70%
Agua	0%	5%	10-20%
Arcilla	0%	0%	30-40%
Aditivos Químicos	0%	0%	0-5% (para mejorar propiedades)
Arena	0%	0%	20-40%
Proceso de mezcla	Mezcla en caliente con plástico fundido	Mezcla en frío con plástico triturado	Mezcla homogénea de componentes secos y agua
Proceso de compactación	Alta presión en moldes	Alta presión en moldes	Compactación tradicional en moldes de ladrillo
Curado	7 días a temperatura ambiente	7 días a temperatura ambiente	7-28 días dependiendo del tipo de ladrillo
Resistencia a la compresión	Alta resistencia debido a la fusión del plástico	Menor resistencia comparada con ladrillos fundidos	Alta resistencia según norma ASTM C67/C67M

Elaborado por: Autora

En el cuadro comparativo de los materiales y porcentajes utilizados en la elaboración de ladrillos a base de residuos plásticos frente a los ladrillos convencionales, se observa una clara diferenciación en la composición y el proceso de fabricación de ambos tipos de ladrillos. Los ladrillos ecológicos, tanto en su versión elaborada con calor como sin él, presentan una alta proporción de plástico reciclado, representando el 95% de la mezcla total. Esta inclusión masiva de plásticos reciclados como PET, HDPE y PP es lo que caracteriza a estos ladrillos como una alternativa sostenible, ya que promueven la reutilización de desechos plásticos que de otro modo podrían terminar en vertederos o como contaminantes ambientales.

En contraste, los ladrillos convencionales, que siguen siendo los más utilizados en la industria de la construcción, se componen principalmente de cemento Portland, con un porcentaje que varía entre el 60% y el 70%. A esta mezcla se le añaden materiales como arcilla y arena, que aportan tanto a la resistencia como a la cohesión del ladrillo. La arcilla, que puede constituir hasta un 40% de la mezcla, es fundamental en la fabricación de ladrillos tradicionales, proporcionando la textura y la durabilidad necesarias para soportar las exigencias estructurales en la construcción.

El uso de agua es constante en ambos tipos de ladrillos, aunque en los ladrillos ecológicos su porcentaje se mantiene en un 5%, ya que su principal función es facilitar la mezcla y la posterior compactación de los materiales. En los ladrillos convencionales, el agua tiene un papel más crucial durante el proceso de curado, donde las proporciones pueden variar entre el 10% y el 20%, dependiendo del tipo de ladrillo y el método de fabricación utilizado. Este proceso de curado es vital para garantizar que el ladrillo alcance la resistencia necesaria antes de ser utilizado en la construcción.

En cuanto a los aditivos químicos, los ladrillos convencionales pueden incluir un pequeño porcentaje de estos, hasta un 5%, con el fin de mejorar ciertas propiedades, como la

resistencia al agua o la durabilidad. Los ladrillos ecológicos, por otro lado, no requieren de estos aditivos, ya que la combinación de plástico reciclado y cemento es suficiente para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas, aunque esto depende en gran medida del método de fabricación empleado.

El proceso de mezcla y compactación también muestra diferencias significativas. En los ladrillos ecológicos que utilizan calor, el plástico es fundido antes de ser mezclado con el cemento y el agua, lo que permite una integración más uniforme y, por ende, una mayor resistencia a la compresión. En los ladrillos ecológicos sin calor, el plástico se mezcla en su estado sólido, lo que resulta en una menor cohesión y, por lo tanto, en una resistencia a la compresión inferior en comparación con los ladrillos fundidos.

El proceso de curado, aunque similar en duración, presenta diferencias en los resultados finales entre los ladrillos ecológicos y los convencionales. Ambos tipos de ladrillos requieren un periodo de curado de aproximadamente 7 días a temperatura ambiente, pero la composición de los materiales influye en la resistencia final del ladrillo. Los ladrillos convencionales, con su alta proporción de cemento y arcilla, generalmente alcanzan una mayor resistencia al final del periodo de curado, mientras que los ladrillos ecológicos, dependiendo del método de fabricación, pueden presentar variaciones en su resistencia.

La resistencia a la compresión es un aspecto crucial para evaluar la viabilidad de cualquier material de construcción. En los ladrillos ecológicos, la resistencia varía dependiendo de si el plástico fue fundido o no durante la fabricación. Los ladrillos elaborados con plástico fundido muestran una alta resistencia, comparándose favorablemente con los ladrillos convencionales. Por otro lado, los ladrillos ecológicos sin calor, aunque más económicos y menos intensivos en energía, presentan una resistencia a la compresión menor, lo que podría limitar su uso en ciertas aplicaciones estructurales.

Los ladrillos convencionales, al seguir estándares bien establecidos como los de la norma ASTM C67/C67M, presentan una resistencia a la compresión alta y predecible, lo que los hace adecuados para la mayoría de las aplicaciones en la construcción. Esta consistencia en la calidad y el rendimiento es una de las razones por las que siguen siendo ampliamente utilizados en la industria, a pesar de las crecientes preocupaciones ambientales asociadas con su producción.

En términos de sostenibilidad, los ladrillos ecológicos destacan por su enfoque en la reutilización de materiales plásticos. Este enfoque no solo ayuda a reducir la cantidad de residuos plásticos que terminan en el medio ambiente, sino que también ofrece una alternativa viable a los materiales de construcción convencionales, cuya producción es intensiva en energía y genera emisiones significativas de CO₂. Sin embargo, el desafío principal radica en equilibrar la sostenibilidad con la funcionalidad y la viabilidad económica, especialmente cuando se consideran los costos adicionales asociados con el proceso de fusión de plásticos.

Finalmente, la elección entre ladrillos ecológicos y convencionales dependerá en gran medida del contexto de su uso. Si bien los ladrillos ecológicos ofrecen ventajas significativas en términos de sostenibilidad, su aplicación podría estar limitada en escenarios donde se requiere una alta resistencia a la compresión. Por otro lado, los ladrillos convencionales, aunque menos sostenibles, siguen siendo la opción preferida en la construcción debido a su fiabilidad y consistencia en el rendimiento. El desarrollo de tecnologías y métodos que mejoren la resistencia y durabilidad de los ladrillos ecológicos podría, en el futuro, equilibrar estas diferencias y hacer de los ladrillos ecológicos una alternativa aún más competitiva en la industria de la construcción.

La integración de plásticos reciclados en la fabricación de ladrillos también presentó desafíos relacionados con la variabilidad en la calidad de los residuos plásticos utilizados. La

heterogeneidad del material reciclado puede afectar la uniformidad de los ladrillos, lo que subraya la necesidad de un control de calidad riguroso durante todo el proceso de producción. Además, la necesidad de optimizar la proporción de plástico reciclado en la mezcla para maximizar tanto la resistencia como la sostenibilidad del producto final es un aspecto clave que requerirá una atención continua.

5. CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que la incorporación de plásticos reciclados en la fabricación de ladrillos es una alternativa viable y ecológica para la construcción. A través de las pruebas realizadas, se evidenció que los ladrillos plásticos presentan una resistencia adecuada para aplicaciones de baja carga, aunque su rendimiento es inferior al de los ladrillos convencionales de arcilla en términos de resistencia a la compresión.

A pesar de los problemas iniciales, como la falta de resultados en las dos primeras muestras, las pruebas subsiguientes han revelado que los ladrillos presentan una baja tasa de absorción de agua. En la muestra 3, la absorción fue del 2%, mientras que la muestra 4 mostró una absorción del 2.5%. Estas propiedades proporcionan beneficios ambientales importantes. La baja absorción de agua, junto con el uso de plásticos reciclados, ayuda a disminuir la contaminación y resalta el potencial de estos ladrillos como una alternativa sostenible en la construcción. La comparación con ladrillos tradicionales reveló que, si bien aún existen áreas de mejora en cuanto a su resistencia estructural, los ladrillos plásticos ofrecen un camino prometedor hacia la construcción sostenible.

La investigación también resaltó la importancia de optimizar las proporciones de mezcla y los procesos de fabricación para mejorar aún más las propiedades mecánicas de los ladrillos plásticos. En resumen, los ladrillos plásticos representan una solución innovadora y ecológica, con el potencial de ser una alternativa complementaria en la industria de la

construcción, especialmente en aplicaciones donde la sostenibilidad y la gestión de residuos son prioritarias.

Para el análisis de las muestras, se consideraron dos métodos distintos en la preparación de los ladrillos con plásticos reciclados, con el fin de evaluar cómo las diferentes técnicas de procesamiento afectan las propiedades finales del producto.

Al comparar ambos métodos, se puede concluir que el uso de calor mejora la resistencia del ladrillo al permitir una mejor integración del plástico, aunque a un costo energético mayor.

Por otro lado, la mezcla en frío es más sencilla y económica, pero produce ladrillos con menor resistencia, lo que limita su aplicabilidad en ciertas áreas de la construcción.

6. RECOMENDACIONES

Es fundamental enfocar los esfuerzos en la optimización de la mezcla de materiales utilizada en la fabricación de ladrillos de plástico reciclado. Es posible que una reconfiguración de las proporciones de plástico, cemento y agua, así como la incorporación de aditivos o técnicas de refuerzo, mejore significativamente la resistencia a la compresión de estos ladrillos, acercándolos más a los estándares que ofrecen los ladrillos de arcilla. La investigación en este sentido debería priorizar el desarrollo de un material que, aunque no pueda competir directamente en resistencia con los ladrillos convencionales, sí ofrezca una alternativa viable para aplicaciones específicas.

Además, es crucial revisar y mejorar el proceso de compactación. La compactación inadecuada ha demostrado ser un factor determinante en la calidad final de los ladrillos, afectando su densidad y cohesión interna. Ajustes en la presión aplicada y el tiempo de compactación podrían resultar en un producto más homogéneo y resistente, lo que podría aumentar su durabilidad y aplicabilidad en el mercado.

Dado que los ladrillos de plástico reciclado presentan ciertas limitaciones en términos de resistencia estructural, su aplicación debería orientarse hacia usos donde las exigencias de carga sean mínimas. Estos ladrillos podrían ser particularmente útiles en la construcción de elementos no portantes, como paredes divisorias, mobiliario urbano, señalización vial, o incluso en proyectos decorativos que requieran una menor exigencia mecánica pero que se beneficien de la baja absorción de agua y la durabilidad en ambientes húmedos.

7. Referencias Bibliográficas

- Bathurst, T., Langley, J., & Bishop, J. (2019). Physical Educators' Perceptions of Their Use of NASPE Standards. *The Physical Educator*, 72(5), 324-341.
<https://doi.org/10.18666/TPE-2015-V72-I5-6194>
- Bolaños Motta, J., Pérez Rodríguez, M., & Casallas Forero, E. (2019). Alfabetización Corporal. Una propuesta de aula desde la psicomotricidad. *Estudios Pedagógicos*, 44(3), 23-34.
<https://doi:10.4067/S071807052018000300023>
- Bravo Mercado, M. T. (2020). La UNAM y sus procesos de ambientalización curricular. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55), 1119-1146.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=140/14024273006>
- Cárcamo Oyarzún, J. (2019). El profesor de Educación Física desde la perspectiva de los escolares. *Estudios Pedagógicos*, 38(1), 105-119. 10.4067/S0718-07052012000100006
- Cortes, F., Cabana Villca, R., Vega Toro, D., Aguirre Sarmiento, H., & Muñoz Gómez, R. (2020). Variables influyentes en la conducta ambiental en alumnos de unidades educativas, región de CoquimboChile. *Estudios Pedagógicos*, 43(2), 26-46.
10.4067/S0718-07052017000200002

Domingues, S. C., Kunz, E. & Araújo, L. C. (2022). Educação ambiental e educação física: possibilidades para a

formação de professores. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, 33(3), 559-571.

<https://dx.doi.org/10.1590/S0101-32892011000300003>

Flores Moreno, P. J., Salazar, C. M., Gómez Figueroa, J. A., Barreto Villa, Y., Valdovinos

González, O., Vicente Rivera, J. U., & Del Río Valdivia, J. E. (2021). Medición del

tiempo efectivo de la clase de educación física y su impacto en el gasto calórico en

escolares de nivel primaria del municipio de Colima,

México. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*,

3(1), 34-

49. <https://doi.org/10.17979/sportis.2017.3.1.1766>

Francielli, G., Bolzan de Campos, C., Bedin, L. M., & Castellá Sarriera, J. (2022). Actitudes

hacia el medio ambiente en la infancia: un análisis de niños del sur de Brasil. *Revista*

Latinoamericana de Psicología, 45(3), 459-471.

<https://dx.doi.org/10.14349/rlp.v45i3.1487>

Fernández Rivas, M., & Espada Mateos, M. (2019). Actitud del profesorado de educación física

frente al

aprendizaje cooperativo. *Movimento*, 22(3), 861-875.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1153/115347695014>

Frizzo, G., & Souza, M. D. S. (2019). Educação física nas diretrizes da unesco: o paradigma

da aptidão física e da saúde na formação do capital humano. *Movimento*

(ESEFID/UFRGS), Porto Alegre, 25(10), 1-12. doi: [https://doi.org/10.22456/1982-](https://doi.org/10.22456/1982-8918.76037)

[8918.76037](https://doi.org/10.22456/1982-8918.76037)

- Hall-López, J. (2023). Programa de formación educativa para aumentar el índice de actividad física moderada a vigorosa en profesores de educación física. *Retos*, 39, 192-199. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78014>
- Hall-López, J. A., Ochoa-Martínez, P. Y., & Alarcón Meza, E. I. (2018). Alternativas durante el covid-19, para profesorado universitario dedicado a la enseñanza de la educación física. *Cuerpo, Cultura Y Movimiento*, 11(1), 4-13. <https://doi.org/10.15332/2422474X.6464>
- Hall-López, J., & Ochoa-Martínez, P. (2020). Enseñanza virtual en educación física en primaria en México y la pandemia por COVID-19. *Ciencias De La Actividad Física UCM*, 21(2), 1-7. <https://doi.org/10.29035/rcaf.21.2.4>
- Hall-López, J. A. (2020). Rural-Urban differences in perception of effort and physical activity of adolescents in physical education. *Revista Espacios*, 41(26) 349-356. <http://www.revistaespacios.com/a20v41n26/a20v41n26p29>.
- Hall-López, J. A., Sáenz-López Buñuel, P. & Almagro, B. (2020). Actividad Física Moderada a Vigorosa en Educación Física. *Kronos Revista Científica de Actividad Física y Deporte*, 19(1), 1-2. <https://revistakronos.info/articulo/actividad-fisica-moderada-a-vigorosa-en-educacion-fisica-2777-saq5ef3f1a1924bd>

8. Anexos

Anexo 1. Área afectada por residuos plásticos



Anexo 2. Recolección de envases plásticos



Anexo 3. Mezcla de la muestra sin calor



Anexo 4. Mezcla de la muestra con calor



Anexo 5. Moldeado de la muestra



Anexo 6. Equipo de resistencia del material



Anexo 7. Control de calidad de ladrillos a partir de plásticos reciclados



Anexo 8. Compresión del ladrillo ecológico



Anexo 9. Muestras fallidas

