



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUES
ECOLÓGICOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICOS
RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS
MENORES.
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR
HOLGUÍN ÁVILA LUIS EDUARDO**

**TUTORA
ING. KARLA PAMELA CRESPO LEÓN**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **KARLA PAMELA CRESPO LEÓN**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUES ECOLÓGICOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MENORES”**, realizado por el estudiante **HOLGUÍN ÁVILA LUIS EDUARDO**; con cédula de identidad N°245013056-8 de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 02 de septiembre del 2020



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUES ECOLÓGICOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MENORES”**, realizado por el estudiante **HOLGUÍN ÁVILA LUIS EDUARDO**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

**Blgo. Raúl Arízaga Gamboa
PRESIDENTE**

**Ing. Xavier Vélez Gavilánes
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Wolfio Ribadeneira Arguello
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Karla Crespo León
EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 02 de septiembre del 2020

Dedicatoria

El presente Proyecto de investigación está dedicado principalmente a Dios y a mis padres; Jacinto Holguín y Carmen Ávila y a las personas que de una u otra manera fueron un ancla para mí en todo este tiempo en el que lleve acabó el proyecto: A mi amada esposa Shirley Hermenejildo Plaza y mi querido hijo Edwar Mathias Holguín y todos aquellos parientes y amigos que me apoyaron y motivaron para seguir adelante hasta poder obtener el Título de Ingeniero Ambiental.

Agradecimiento

Agradezco a la Ing. Karla Pamela Crespo León por su gran ayuda al dedicar tiempo y dirección para la realización de este proyecto.

Agradezco al personal del Centro de Innovación Holcim (CIH), en especial al Ing. Cristian Velazco, Ing. Daniel Petroche y al Ing. Jhon Macas por su gran ayuda en el desarrollo del proyecto.

Agradezco a la Universidad y los docentes de la Facultad por su valioso aporte en cuanto a la enseñanza de la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, **HOLGUÍN ÁVILA LUIS EDUARDO**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“EVALUACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUES ECOLÓGICOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICOS RECICLADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MENORES.”** para optar el título de **INGENIERO AMBIENTAL**, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 17 de agosto del 2020

HOLGUÍN ÁVILA LUIS EDUARDO
C.I. 245013056-8

Índice general

PORTADA	1
APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Autorización de Autoría Intelectual	6
Índice general.....	7
Índice de tablas	12
Índice de Figuras.....	14
RESUMEN	16
ABSTRACT	17
1. Introducción	18
1.1. Antecedentes del problema	18
1.2. Planteamiento y formulación del problema	21
1.2.1. Planteamiento del problema.....	21
1.2.2. Formulación del problema	22
1.3. Justificación de la investigación	22
1.4. Delimitación de la investigación	23
1.5. Objetivo general	24
1.6. Objetivos específicos	24
1.7. Hipótesis.....	24
2. Marco teórico	25
2.1. Estado de arte	25
2.2. Bases teóricas.....	29

2.2.1.	El Plástico.....	30
2.2.2.	El Plástico Reciclado o Polietileno Tereftalato.	30
2.2.3.	El plástico y sus formas de reciclajes.	30
2.2.4.	Usos y aplicaciones del plástico PET.....	30
2.2.5.	Bloque ecológico.	31
2.2.5.1.	Composición del bloque ecológico.	31
2.2.6.	Bloque de hormigón.	31
2.2.6.1.	Bloques de hormigón de acuerdo a su uso.	31
2.2.6.2.	Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad.	32
2.2.7.	Tipos de plásticos.....	32
2.2.7.1.	Polietileno tereftalato (PET).....	32
2.2.7.2.	Polietileno de alta densidad (HDPE).	32
2.2.7.3.	Cloruro de polivinilo (PVC).....	32
2.2.7.4.	Polietileno de baja densidad (LDPE).	33
2.2.7.5.	Polipropileno (PP).....	33
2.2.7.6.	Poliestireno (PS).	33
2.2.8.	Propiedades del plástico PET.	33
2.2.9.	Agregado grueso	33
2.2.10.	Agregado fino.....	33
2.2.11.	Cemento	34
2.2.12.	Chasqui.....	34
2.2.13.	Arena fina	34
2.2.14.	Piedra molida	34
2.3.	Marco legal	35

2.3.1.	Constitución política de la República del Ecuador 2008. Título II. De los derechos. Capítulo II: Del buen vivir. Sección II Ambiente Sano.	35
2.3.2.	Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Registro Oficial N° 166 - martes 21 de enero de 2014.....	35
2.3.3.	Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR.	35
2.3.4.	Ley Orgánica de Salud Pública, 2006.	35
2.3.5.	Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 6 del Acuerdo Ministerial N° 061, del 4 de mayo de 2015. 35	
2.3.6.	Código Orgánico del Ambiente (COA). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr-2017. Capítulo II, gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos.	36
2.3.7.	Decreto 752-2019. Reglamento del código orgánico del ambiente. Registro Oficial 507 de 12-jun-2019. Título VII, gestión integral de residuos y desechos.	37
2.3.8.	Ordenanza para regular el plástico de un solo uso.	37
2.3.9.	INEN 3066. Bloques de Hormigón. Requisitos y métodos de ensayo. Noviembre de 2016.	37
3.	Materiales y métodos.....	38
3.1.	Enfoque de la investigación	38
3.1.1.	Tipo de investigación.....	38
3.1.1.1.	Investigación Bibliográfica.....	38
3.1.2.	Diseño de investigación.	38
3.2.	Metodología.....	39

3.2.1. Variables.....	40
3.2.1.1. Variable independiente.....	40
3.2.1.2. Variable dependiente.....	40
3.2.2. Tratamientos.....	40
3.2.3. Diseño experimental.....	41
3.2.4. Recolección de datos.....	42
3.2.4.1. Recursos.....	42
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	42
3.2.5. Análisis estadístico.....	43
4. Resultados.....	47
4.1. Determinación de las dosis de plástico reciclado para la elaboración de bloques ecológicos mediante la variación de masa y la especificación de las dimensiones.....	47
4.1.1. Ensayos de granulometrías de los agregados pétreos.....	47
4.1.2. Ensayos para la determinación de la masa unitaria de los agregados.	54
4.1.3. Determinación de la densidad y absorción de agua de los agregados pétreos.....	54
4.1.4. Ensayos en probetas antes de la producción de los bloques ecológicos.....	56
4.1.5. Ensayos de los bloques ecológicos.....	60
4.2. Evaluación de los impactos ambientales generados en la fabricación de los bloques ecológicos con las dosis establecidas mediante mezclas poliméricas.....	62

4.3. Análisis de las propiedades físico-mecánicas de los bloques ecológicos mediante la NTE INEN 3066 en comparación del bloque convencional.....	71
5. Discusión.....	73
6. Conclusiones	76
7. Recomendaciones	78
8. Bibliografía	79
9. Anexos.....	88

Índice de tablas

Tabla 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso	31
Tabla 2. Tipo Densidad del hormigón (kg/m ³).....	32
Tabla 3. Tratamientos para la experimentación	41
Tabla 4. Modelo de la matriz de importancia de impactos.....	44
Tabla 5. Valores extremos de la importancia	45
Tabla 6. Matriz de importancia.....	46
Tabla 7. Resultados de la Granulometría del PET reciclado	48
Tabla 8. Granulometría del Chasqui	49
Tabla 9. Granulometría de la Piedra molida.....	50
Tabla 10. Granulometría de la Arena fina	52
Tabla 11. Combinación de las granulometrías de los áridos y el PET	53
Tabla 12. Masa unitaria del chasqui.....	54
Tabla 13. Densidad y absorción de los agregados pétreos.....	56
Tabla 14. Dosificaciones de las probetas con PET reciclado	57
Tabla 15. Resistencia a la compresión vs porcentaje del PET	57
Tabla 16.- Dosificación modificada del hormigón para ensayos de residencia a la compresión en probetas.....	59
Tabla 17. Porcentaje de cemento vs PET (%).....	59
Tabla 18. Dosificación para hormigón del bloque ecológico utilizando 20% de PET reciclado.	61
Tabla 19. Dosificación volumétrica para la producción de los bloques ecológicos.....	62
Tabla 20. Impactos generados en la fabricación de los bloques convencionales.....	63

Tabla 21. Impactos generados en la fabricación de los bloques ecológicos....	65
Tabla 22. Números de impactos ambientales generados en las etapas de la fabricación de los bloques convencionales y bloques ecológicos.....	66
Tabla 23. Impactos ambientales desde el punto de vista de su naturaleza para ambas producciones.....	69
Tabla 24. Resistencias a la compresión de los bloques ecológicos.	71

Índice de Figuras

Figura 1. Proceso de producción de los bloques ecológicos	39
Figura 2. Curva granulométrica del PET reciclado	48
Figura 3. Curva granulométrica del Chasqui	50
Figura 4. Curva granulométrica de la Piedra molida.....	51
Figura 5. Curva granulométrica de la Arena fina	52
Figura 6. Curva combinada de los agregados y el PET reciclado	53
Figura 7. Porcentaje de resistencia a la compresión vs PET (%)	58
Figura 8.- Porcentaje de cemento vs PET (%)	60
Figura 9. Impactos ambientales negativos de la producción de bloques convencionales y bloques ecológicos.	67
Figura 10. Impactos Ambientales positivos de la producción de bloques convencionales y bloques ecológicos.	68
Figura 11. Representación de la resistencia (MPa) vs Edad (días)	71
Figura 12. Clasificación de bloques de acuerdo a su resistencia a la compresión.....	72
Figura 13. Plástico PET reciclado 5mm	88
Figura 14. Granulometría del chasqui	88
Figura 15. Granulometría de la piedra	88
Figura 16. Granulometría de la arena	89
Figura 17. Determinación de la masa unitaria	89
Figura 18. Determinación de densidad y absorción.....	89
Figura 19. Ensayos de resistencia a la compresión de las probetas cuya dosificación contiene el 20% de PET reciclado.	90

Figura 20. Bloques ecológicos para ensayar la prueba de resistencia a la compresión.	90
Figura 21. Producción de los bloques ecológicos	90
Figura 22. Ensayo 1 de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos.....	91
Figura 23. Planta productora de los Bloques ecológicos.....	91
Figura 24. Secado de los materiales pétreos	91
Figura 25.- Curva granulométrica recomendada	92
Figura 26. Tamizador de materiales pétreos	92
Figura 27. Secado de los materiales pétreos (arena, piedra y chasqui)	92
Figura 28. Máquina compactadora de bloques	93
Figura 29. Verificación del curado de los bloques	93
Figura 30. Producción de Bloques convencionales	93

RESUMEN

La generación de los residuos plásticos es una problemática en el entorno local, nacional y mundial. Debido al mal manejo de los desechos los cuales causan daño a los recursos naturales. Todos estos residuos plásticos están siendo desechados en vertederos, ríos y finalmente mares, ocasionando impactos negativos para el ambiente, debido al tiempo de descomposición. El objetivo de esta investigación es evaluar prototipos de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores y como alternativa amigable con el ambiente. Los materiales usados en la fabricación de los bloques ecológicos son cemento, agua, bentocryl, agregados pétreos (arena, piedra y chasqui) y plástico PET, este último material ayuda en la disminución de los agregados pétreos en proporciones establecidas en la investigación del 5%, 10% y 20% PET, de estas dosificaciones se obtiene la dosificación óptima. Para lograr elaboración de los bloques se realizó caracterización de los materiales, pruebas de resistencia a la compresión en probetas previo a la fabricación de los bloques ecológicos, una vez obtenidos los resultados se comprobó que la dosificación ideal para bloques con el 20% de PET reciclado reporto 5,9 MPa en la prueba de resistencia a la compresión, comprobándose que el uso de PET en la elaboración de bloques ecológicos es posible ya que se encuentra dentro de los parámetros que indica la norma para control de calidad INEN 3066 y disminuye el impacto negativo al ambiente.

Palabras clave: polietileno tereftalato (PET); bloque ecológico; impacto; prototipo; resistencia a la compresión; agregado fino; dosificación.

ABSTRACT

The generation of plastic waste is a problem in the local, national and global environment. Due to the mismanagement of waste, which causes damage to natural resources. All of this plastic waste is being disposed of in landfills, rivers and finally seas, causing negative damage to the environment, due to the decomposition time. The objective of this research carried out at the Holcim Innovation Center (CIH), is to evaluate prototypes of ecological blocks made from recycled plastics for the construction of minor works and as an environmentally friendly alternative. The materials used in the manufacture of the ecological blocks are cement, water, bentocryl, stone aggregates (sand, stone and chasqui) and PET plastic, the latter material helps in the reduction of stone aggregates in proportions established in the investigation of the 5%, 10% and 20% PET, the optimum dosage is obtained from these dosages. To achieve the elaboration of the blocks, the characterization of the materials was carried out, tests of resistance to compression in the probes prior to the manufacture of the ecological blocks, once the results were obtained, it was verified that the ideal dosage for blocks with the 20% recycled PET reports 5.9 MPa in the compression resistance test, verifying the use of PET in the elaboration of ecological blocks, it is possible that it is within the parameters indicated by the INEN 3066 quality control standard. and the impact the negative impact on the environment.

Key words: polyethylene terephthalate (PET); ecological block; impact; prototype; compressive strength; fine aggregate; dosage.

1.Introducción

1.1.Antecedentes del problema

En las grandes ciudades se debe encontrar un sistema de gestión de residuos sólidos el cual ayude a mitigar la problemática existente de los desechos (plásticos), de tal manera que los mismos puedan ser usados de manera útil, evitando que estos lleguen a formar parte de los pasivos ambientales. Datos estadísticos detallan que en el año 2016 se generaron aproximadamente 60 millones de toneladas de plásticos del total mundial de 335 millones de toneladas en Europa (Muñoz de S., 2019).

Dentro de la estadística mundial, Asia se encuentra en primer lugar entre los continentes con mayor producción de residuo plástico total, ya que genera alrededor del 50% de este, el continente Europeo sitúa segundo lugar con una producción del 19% y América del Norte cerca con un 18%; el 13% restante de la producción de residuo plástico es para los continentes de África, Oceanía y América del Sur que provoca una diferencia notoria en su producción (Muñoz de S., 2019).

Suiza, Australia, Alemania, Holanda, Noruega, Estados Unidos son países que reciclan un 52% de desechos anuales. Por otra parte está Rusia que es uno de los países más grandes, pero solo recicla un 4% de sus desechos en el año (Ecología Verde, 2019).

Greenpeace (2019) afirma que 5 países del continente europeo encabezan los porcentajes de producción de residuos plástico, siendo Alemania el primer país con un 24,5%, segundo Italia con 14,2%, Francia con 9,6%, España con 7,7% y muy de cerca Inglaterra con un 7,5% de la producción de residuo plástico. Y los

44 países restantes cuyas cifras son similares comprenden el 36,5% de la elaboración de este residuo.

En la costa de Sudáfrica muchos de los residuos plásticos, microplásticos que llegan al mar, matan directamente a más de 1 millón de aves marinas y unos 100.000 mamíferos y tortugas marinas cada año (Barbarin, 2019).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), reveló mediante un estudio presentado en la India que el 79% de la basura plástica generada se encuentra en los vertederos o tirada en los alrededores del ambiente y que solo se recicla el 9% y se incinera el 12%. Si los patrones de consumo y de gestión de residuos continúan, para el año de 2050 habrá alrededor de 12 000 millones de basura plástica en vertederos y en el ambiente (Zelmar, 2018).

Ocean Conservancy, manifiesta que a los océanos cada año ingresan 8 millones de toneladas métricas de residuo plástico, además de los 150 millones de toneladas métricas que ya existen en el mar, por lo que es indudable la contaminación de los océanos y por ende de la flora y fauna presente (VOA, 2018).

Según los datos obtenidos por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el país de México se generan 42.1 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU), de los cuales el 10.98% son residuos plásticos. Así mismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) del mismo país, reportó que para el año 2015 se generó 53.1 millones de toneladas de RSU, en los cuales el 1,5% a 2% son residuos plásticos (Peña, Bermúdez, Morales, & Farrés, 2018).

La revista The Guardian, reveló un aumento en el uso de botellas de plástico equivalente a la comercialización de 20 000 botellas por segundo, esto es

provocado por una la cultura de consumismo. La misma revista manifestó que la producción de botellas plásticas en todo el mundo fue de 300 000 millones en el año 2006, aumentando 480 000 millones para el año 2016. A esto suma que la mayoría de las botellas fueron utilizadas para envasar bebidas y solo el 50% de esa cantidad se acopió para su adecuado reciclaje y el 7% de aquellas acopiadas se convirtió en nuevas botellas. Por lo cual, Euromonitor International predice la venta de 583 300 millones de productos plásticos para el 2021 (Quishpe G., 2018).

En Ecuador, aproximadamente la producción de residuos per cápita es de 0,81kg por habitante y por día. Esta producción per cápita en Ecuador es un problema que sigue a través del tiempo y que ahora produce 61 000 toneladas de desechos semanales. De este valor en la ciudad de Quito producen 2 000 toneladas al día. Las zonas que sufren las consecuencias son las costas y los mares y por ende la flora y fauna existente en el ambiente (Morán, 2018).

El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) manifiesta que los registros de residuos contaminantes en los años 2015 y 2017 son alarmantes en las cuatro regiones del país, en lo que respecta a la generación de botellas plásticas para la región Costa fue de 92 292 unidades. En la región Sierra, la producción de botellas plástica fue de 55 216 unidades. En la Amazonía fue de 22 201 botellas plásticas y en la región Insular registra 12 877 botellas plásticas (Noroña, 2018).

Según datos estadísticos de la Empresa Pública Metropolitana de Aseo de Quito (EMASEO), se determinó que la capital ecuatoriana produce diariamente un promedio de 1750 toneladas de basura. De estas toneladas son desechos orgánicos el 60%, papel y cartón 10%, vidrio y material ferroso el 10%, residuo

plástico el 10% y material que ya no se puede reutilizar que es la basura propiamente dicha el 10% (Rubiol. & Toscano B., 2017).

Vásquez (2016) refiere que la producción del plástico empezó en los años 50. En la década de 1960 la producción mundial ya alcanzaba los 15 millones de toneladas métricas cada año y para el 2014, llegó a más de 300 millones anuales. El incremento de plásticos se calcula que para el año 2050 habrá más plástico que peces en el océano (Vásquez, 2016)

La sociedad en la actualidad genera muchos residuos de todo tipo en los hogares, si bien es cierto antiguamente no existía la conciencia sobre el reciclaje, pues todos los desperdicios se depositaban en un mismo contenedor, hoy en día aquello cambio, cada vez la gente concientiza del daño que provoca al ambiente. Ahora la sociedad opta por la separación y clasificación de la basura, ya las personas aplican la ley de las tres R: Reducir, Reciclar y Reutilizar (Hernández & Neira, 2014).

Los residuos plásticos generados en todo el mundo son la problemática principal en afectación al ambiente, por ende, a todas las especies, incluido el ser humano. El propósito de la investigación es comprobar el diseño óptimo del bloque ecológico, para disminuir el índice de contaminación por plásticos, reducir la explotación de los recursos naturales, ayudar en la construcción sustentable, y de esta manera aportar al cuidado del ambiente.

1.2.Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema.

La presente investigación pretende aportar información sobre la generación de residuos plásticos, una temática actual que día a día se presenta en la sociedad. La generación de los residuos plásticos es una problemática en el entorno local,

nacional y mundial. Debido al mal manejo de los desechos los cuales causan daño a todos los recursos naturales. Todos estos residuos plásticos están siendo desechados en vertederos, ríos y finalmente mares, afectando a la flora y fauna. A la vez vale recalcar que esto también afecta a la salud del ser humano. Por lo que es necesario una medida viable para reducir esta contaminación, es así que a raíz de esta necesidad se hará uso de los plásticos usados como materia prima para la fabricación de bloques ecológicos, de tal manera que se contribuya al ambiente, ayudando a conservar los recursos y disminuir la contaminación.

1.2.2. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño óptimo para la elaboración de bloques ecológicos fabricados a partir de plástico reciclado como alternativa amigable con el ambiente?

1.3. Justificación de la investigación

Los recursos naturales del planeta tierra están siendo afectados de manera significativa por la acelerada industrialización del siglo XXI. Es por ello que esta investigación busca determinar las posibilidades de realizar bloques en donde su composición principal como materia prima sea el plástico reciclado (Polietileno tereftalato (PET)). Debido a que este desecho cumple con muchas propiedades como: su fácil manipulación y modelación, bajo costo, baja densidad, suelen ser impermeables, resistentes a la corrosión, resistentes a muchos factores químicos, buenos aislantes eléctricos y aceptables aislantes acústicos. Por lo que esta materia prima sí es utilizable para la elaboración de mampostería no estructural (tipo B).

Al identificar que hay variedad en el uso del plástico en especial botellas PET, se determina que sí beneficia al ecosistema y a la sociedad. Porque en parte

sustituirán a los bloques convencionales ayudando de manera significativa en lo social; debido a que este producto es económico, en lo tecnológico y constructivo; se busca que el bloque sea liviano para la mampostería no estructural, en lo ambiental; se busca implementar en los bloques convencionales material reciclado para así poder reducir la contaminación y minimizar la explotación de recursos de donde se obtienen gravas y otros materiales que componen el bloque.

Es notorio el aporte que brindará la elaboración de estos bloques ecológicos, debido a que se utilizan grandes masas de polímero ya que en las ciudades se recolecta gran cantidad de plásticos por día.

Esta investigación busca reducir la contaminación ambiental, producto del consumismo. Además, se pretende que la investigación sea base para la elaboración de trabajos similares.

También se busca que este proyecto sea replicado en instituciones públicas las cuales aporten al desarrollo tecnológico en sectores en donde hagan falta de construcciones de obras menores, demostrando así la efectividad del producto.

1.4.Delimitación de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil, en donde se determinará las dimensiones y se preparará las dosificaciones para la elaboración de los bloques ecológicos de manera artesanal, los cuales van a ser estudio de comparación de las propiedades físicos-mecánicas del bloque convencional de mampostería no estructural (Tipo B), haciendo uso de la Norma INEN 3066 debido a que no existe normativa para bloques en donde su composición tenga PET. Los parámetros de prueba son absorción, contenido de humedad y

densidad. Adicional para determinar la resistencia del bloque se realizará la prueba de impacto.

Espacio: El estudio se realizó en la ciudad de Guayaquil, en el sector de Pradera 1.

Tiempo: Este trabajo de titulación se realizó en 6 meses como se indica en el cronograma de trabajo.

1.5.Objetivo general

Evaluar prototipos de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores y como alternativa amigable con el ambiente.

1.6.Objetivos específicos

- Determinar las dosis de plástico reciclado para la elaboración de bloques ecológicos mediante la variación de masa y la especificación de las dimensiones.
- Evaluar los impactos ambientales generados en la fabricación de los bloques ecológicos con las dosis establecidas mediante mezclas poliméricas.
- Analizar las propiedades físico-mecánicas de los bloques ecológicos mediante la NTE INEN 3066 en comparación del bloque convencional.

1.7.Hipótesis

El plástico reciclado sustituye al menos 20% de los componentes áridos de un bloque convencional, siendo una alternativa para reducir la explotación de los recursos naturales y minimización de la contaminación ambiental.

2.Marco teórico

2.1.Estado de arte

La elaboración de elementos estructurales sirve para la construcción de viviendas. Dentro de esta preparación se realizan una serie de procesos como: lavado del material Polietileno de alta densidad (PEAD), molienda del PEAD, extrusión, llenado de los moldes, enfriamiento de los elementos, desmoldado y corte de elementos de PEAD. Esta fabricación de elementos estructurales beneficia al medio ambiente, al minimizar la acumulación en exceso de los residuos sólidos de este tipo, ayudando así a brindar soluciones rápidas y de bajo costo a la necesidad de accesibilidad a vivienda a personas de bajos recursos y proveer de herramientas a arquitectos e ingenieros para innovar en nuevas soluciones de vivienda con nuevos materiales de ingeniería (Sierra J., 2016).

Reinoso T. & Vergara P (2018) elaboraron ladrillos ecológicos tipo lego con una dimensión de 300 x 150 x 85 mm a base de polietileno reciclado, cangahua, cemento y agua. Aplicaron proceso de curado, el cual consistía en irrigar los bloques 2 veces diarias durante 7 días. La resistencia a la compresión fue de 3,81 MPa y la resistencia a la flexión fue de 1,72 MPa., además de que sus costos fueron más económicos y de esta manera se benefició a la sociedad en la construcción de viviendas. La aportación con el ambiente es otra variable significativa ya que el ladrillo no requiere el proceso de cocción, lo que disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero los cuales contribuyen al calentamiento global (Reinoso T. & Vergara P., 2018).

Pastor C., Salazar O., Seminario R., Tineo C., & Zapata V. (2015) elaboraron 3 prototipos del bloque ecológico, en el proceso de fabricación cumplieron los parámetros de resistencia y absorción de acuerdo a las propiedades físico-

químicas de los bloques. Los resultados favorables se obtuvieron en los prototipos de adoquines contruidos con una proporción de 1 de cemento por 1.5 de arena y 0.5 de PET, las variables que cumplieron los parámetros esperados, fue la prueba de resistencia cuyo valor fue de 100.63 kg/cm², y la absorción fue de 2.17%, estos valores fueron examinados a los 7 días de curado, donde la resistencia actual está entre el 25 -30% de la resistencia final según el diseño de concreto fabricado. Por esto, el bloque cumpliría con la NTP 399.611 con una resistencia mayor a la exigida (Pastor C., Salazar O., Seminario R., Tineo C., & Zapata V., 2015).

Bernal P. & Palacio J., (2018) investigaron la correlación de las propiedades físico-mecánicas de los bloques de hormigón convencionales alivianados de la empresa SERVIBLOCK en la ciudad de Quito y los bloques elaborados con envases multicapa Tetrapak procesados en la fábrica ECUAPLASTIC, estos envases eran de Polialuminio (PEAL) y el Polietileno de baja densidad (PEBD), los cuales reemplazaban parcialmente a los agregados fino y grueso. Estos agregados eran mezclados con cemento tipo IP portland y agua, de tal forma que los bloques fabricados logren cumplir con los requisitos que indican la NTE INEN 3066. Dentro de los resultados se evidenciaron que la adición de los materiales reciclados disminuye considerablemente el peso del bloque. En cuanto a la resistencia, los bloques con 34% de reemplazo de Polietileno (PEBD) aglutinado, sobrepasaron la resistencia mínima de la norma NTE INEN 3066 (Bernal P. & Palacio J., 2018).

Paz G., (2014) en su investigación determinó de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclados, en Perú. Para esto Paz realizó el proceso de trituración, lavado, enjuague, centrifugación y fabricación, el

ladrillo de plástico reciclado tiene un alto grado de resistencia a la compresión horizontal de 212,6 Kgf/cm² y verticalmente 239 Kgf/cm² pero a pesar de su resistencia de acuerdo en la normativa peruana lo clasifica como un material frágil según su análisis de esfuerzo –deformación (Paz G., 2014).

Medina J., (2016) en su investigación “Reciclaje de envases vacíos de agroquímicos triple lavados, para elaborar bloques de hormigón”, realizó un estudio exploratorio, de observación, de análisis y también experimental. En su elaboración de los bloques de hormigón con el material reciclado envases de triple lavado se obtuvieron resultados en el parámetro de resistencia promedio del ensayo de laboratorio fue de 49Kg/cm². El valor que se evidencia de las pruebas y de sus resultados, está por encima, del que demanda la norma técnica, misma que impone un orden de 45 Kg/cm²; lo cual permite considerar a este proceso de bloque como carácter alternativo, y de impacto ecológico amigable (Medina E., 2016).

En la propuesta “Influencia de la dosificación en las características físico-mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018”, se evaluaron propiedades físico – mecánicas como la resistencia a la compresión. En la metodología se realizó la comparación de los resultados de las muestras, llegando a la conclusión que si influye la dosificación en las características físico-mecánicas de la unidad de ladrillo plástico reciclado (Flores E., 2018).

Aguirre D., (2013) usó el plástico reciclado como material para construir viviendas por su lenta degradación. Además realizó análisis en laboratorios para asegurar el uso del plástico en construcciones y logro definir qué se debe

considerar la dosificación según volumen y no según peso debido a la poca densidad del plástico que se use (Aguirre V., 2013).

Méndez, Aponte & Castellanos., (2020) presentaron una alternativa para incorporar las colillas de cigarrillo en la fabricación de ladrillos de arcilla. Realizó cuatro mezclas 0%, 2,5%, 5% y 7,5% de colillas de cigarro. Estas mezclas fueron sometidas a ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del producto terminado, así como los impactos ambientales y el ahorro energético que se genera. Los resultados mostraron que, con la adición de colillas de cigarrillo en un 2,5% y una temperatura óptima de cocción de 850°C, se pueden fabricar ladrillos no estructurales tipo M, cumpliendo con los estándares establecidos en la NTC 4205-2, generando impactos positivos en el medio ambiente como la mejora en la calidad del suelo y el agua (Méndez, Aponte, & Castellanos, 2020).

Ríos & López (2015) buscaron disminuir los áridos en los bloques convencionales, lo que nos daría como resultado un nuevo producto que en su cadena de producción generaría impactos de orden social vinculados a las personas que trabajan con el reciclaje, económico por el costo final del producto, tecnológico por la constitución de un nuevo material y ambiental por la reutilización de polímeros que de otra manera serían desechados. Pues realizaron la variación en el porcentaje de carga de polímero en la mezcla desde el 10% hasta el 40% de 10 en 10. El análisis de laboratorio concluye que la carga de polietileno no debe ser superior al 10% y debe utilizarse un polímero de alta densidad. Finalmente con respecto al aspecto ambiental, se observa un doble efecto positivo, contribuye a la disminución de residuos sólidos que llegan al

relleno sanitario y este nuevo producto no genera impactos que puedan alterar las condiciones ambientales (Ríos & López, 2015).

Febres (2017) hace énfasis en la producción masiva de ladrillos artesanales que todavía utilizan medios de combustión que emanan gases contaminantes en grandes proporciones, por ello la calidad del aire se ve deteriorada y los efectos que traen son muy negativos generando impactos graves para el entorno y la salud de las personas. En este estudio se analiza y evalúa los impactos ambientales ocasionados en el proceso de producción artesanal actual del ladrillo de construcción (Febres Herrera, 2017)

Según Pérez, Pimentel, Meza, & Korner, (2017) en su “Diseño y prueba experimental de bloques ecológicos a base de materiales orgánicos e inorgánicos”; realizada en el año 2017 detalla maneras en como elaborar los bloques ecológicos, y parte de esta investigación se emplearía su metodología (Pérez, Pimentel, Meza, & Korner, 2017).

También se basó en el trabajo de Di Marco Morales Raúl Omar y León Téllez Hugo Alberto, (2017) cuyo tema “Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro” realizada en la Universidad de Santander, Colombia en Septiembre del 2017 (Di Marco M. & León Téllez, Septiembre de 2017).

2.2.Bases teóricas

Con la finalidad de aumentar el conocimiento y experiencia necesaria para la ejecución y desarrollo del proyecto a realizar, se analizan los términos y contenidos relacionados con el estudio de factibilidad para la elaboración de bloques de plásticos reciclados para construcción de obras.

2.2.1. El Plástico.

“Los plásticos son materiales sintéticos, derivados del Petróleo, del carbón y de la celulosa de las plantas, que tienen la propiedad de deformarse, están formados por cadenas de moléculas muy largas que se llaman polímeros” (Sierra J., 2016).

Los plásticos o polímeros son moléculas gigantes que resultan de la unión de miles de moléculas más pequeñas a las que se llama monómero. La estructura básica de estas sustancias es similar a la de una larga cadena (el polímero) formada por pequeños eslabones (los monómeros). La industria de los plásticos empezó en 1863, cuando la firma fabricante de bolas de billar Phelan & Collander ofreció diez mil dólares a quien pudiera desarrollar un sustituto del marfil que se usaba para fabricar las bolas (Sosa R., 2015).

2.2.2. El Plástico Reciclado o Polietileno Tereftalato.

El tereftalato de polietileno, polietileno tereftalato, politereftalato de etileno o simplemente “PET”, es un polímero, termoplástico, producido por la polimerización del etilenglicol con ácido tereftálico. Forma parte de la familia de los poliésteres, puede ser amorfo o parcialmente cristalizado dependiendo de la velocidad de enfriamiento después del conformado (Castells & Gracia, 2012).

2.2.3. El plástico y sus formas de reciclajes.

El plástico en la actualidad se clasifica mediante reciclaje mecánico que es realizado por medio de presión y calor, también hay reciclaje químico que es la descomposición de los plásticos usados para así reducir la contaminación, para ese proceso se utiliza la pirólisis, la hidrogenación, la gasificación y por último la recuperación de energía por su alta valor calorífico que suele ser más alto que el mismo carbón por energía (Villacís & Fabricio, 2013).

2.2.4. Usos y aplicaciones del plástico PET.

En la actualidad el uso del plástico es una de las novedades que está concientizando a la sociedad, además del uso del PET sirve para hacer figuras

geométricas hasta poder realizar investigaciones para la elaboración de casas y otras aplicaciones existentes (Pacheco & Hemais, 1999)

En los últimos años se puede observar un creciente interés en el uso de residuos de PET para la elaboración de productos especializados. En vista de la creciente conciencia ambiental en la sociedad, el reciclaje sigue siendo la opción más viable para el tratamiento de residuos de PET (Flores, 2017).

2.2.5. Bloque ecológico.

Los bloques ecológicos son fabricados con materiales que no se degradan fácilmente, es amigable con el ambiente (Infoguia, 2015).

2.2.5.1. Composición del bloque ecológico.

La composición de los bloques ecológico es similar a los bloques convencionales, con la diferencia que su composición tiene restos de materia orgánica e inorgánica (Reinoso T. & Vergara P., 2018).

2.2.6. Bloque de hormigón.

Pieza prefabricada de hormigón simple, elaborada con cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, con o sin aditivos, en forma de paralelepípedo, con o sin huecos en su interior (NTE INEN 3360, 2016).

2.2.6.1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso.

En la tabla 1 se muestran los bloques de hormigón de acuerdo a su uso, en la cual se detallan las clases de cada bloque y el uso que se les puede dar (ver tabla 1).

Tabla 1. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Clase	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

NTE INEN 3360, 2016.

2.2.6.2. Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad.

En la tabla 2 se muestra el tipo de densidad del hormigón y el uso que se le puede dar a cada uno (Ver tabla 2).

Tabla 2. Tipo Densidad del hormigón (kg/m³)

Tipo	Uso
Liviano	<1680
Mediano	1 680 a 2 000
Normal	> 2 000

NTE INEN 3360, 2016

2.2.7. Tipos de plásticos.

En los siguientes conceptos se mencionan el uso de los tipos de plásticos. El plástico cuenta con multitud de variedad según su composición y método el cuales procesado. A continuación, se detallan los plásticos más habituales en nuestro planeta.

2.2.7.1. Polietileno tereftalato (PET).

El PET es utilizado en bebidas, además el reciclado de este material sirve para la producción de alfombras, bolas de dormir (Gestores de Residuos, 2015).

2.2.7.2. Polietileno de alta densidad (HDPE).

El HDPE se usa para envasar leche, aceite para motor, etc. Este material reciclado se usa para elaborar contenedores de basura y botellas de detergentes (Gestores de Residuos, 2015).

2.2.7.3. Cloruro de polivinilo (PVC).

El PVC reciclado se usa para la elaboración de tubos de drenaje e irrigación (ChemicalSafetyFacts, 2016).

2.2.7.4. Polietileno de baja densidad (LDPE).

El LDPE se usa para envolver las cosas del supermercado, y este material puede reciclarse y volver a ser nuevamente funda (Gestores de Residuos, 2015).

2.2.7.5. Polipropileno (PP).

El PP se usa para elaborar envases de yogurt y tapas de botella, entre otras. Al ser reciclado se utiliza para viguetas de plástico y cajas de baterías para autos (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

2.2.7.6. Poliestireno (PS).

“El PS se encuentra en tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas” (Ñaupá Moreyra, 2018).

2.2.8. Propiedades del plástico PET.

El plástico PET es “fácil al moldear, tiene baja densidad, es impermeable, es aislante eléctrico, aislante acústico, moderados aislantes térmicos, resistentes a la corrosión, y a diferentes factores químicos, aunque la mayor parte no resiste temperaturas muy elevadas,” (Alejandro, 2015).

2.2.9. Agregado grueso

El agregado grueso se define como las partículas mayores de 4.75 mm, es decir, el retenido en la malla no. 4 (Toirac Corral, 2012)

2.2.10. Agregado fino

Se definen como las partículas de agregado menores de 4.75 mm pero mayores de 75 micras, o también como la porción de material que pasa la malla no. 4 y es retenido en la malla no. 200 (López, Azevedo, & Barbosa Neto, 2005).

2.2.11.Cemento

El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clinker, principal ingrediente del cemento, que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento (Duda, 1997).

2.2.12.Chasqui

Material liviano pétreo (Santillán, 2018).

2.2.13.Arena fina

La arena fina es el conjunto de partículas que es resultado de la desintegración natural de las rocas o también después de la trituración, los granos obtenidos tienen dimensiones inferiores a los 5 milímetros (Marfon Constructora, 2020).

2.2.14.Piedra molida

La piedra triturada, también llamada roca angular, se remueve de la superficie, y gracias a una máquina trituradora se reduce hasta obtener el tamaño deseado. Estas mezclas son diferentes, por ejemplo, a la grava, la cual se produce a través de procesos naturales de erosión y posee una forma diferente (VISE, 2016)

2.3.Marco legal

Para todos los estudios que se realicen en la elaboración de los bloques ecológicos se deben basar en las leyes que rigen en el país y las normas técnicas ecuatorianas vigentes.

2.3.1. Constitución política de la República del Ecuador 2008. Título II. De los derechos. Capítulo II: Del buen vivir. Sección II Ambiente Sano.

Artículo 14.-Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.3.2. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Registro Oficial N° 166 - martes 21 de enero de 2014.

Art. 4, literal d.- Fines de los gobiernos autónomos descentralizados. - La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento de medio ambiente sostenible y sustentable;

Art. 54 literal k.- Regular, prevenir y controlar la contaminación ambiental en el territorio cantonal de manera articulada con las políticas ambientales nacionales.

2.3.3. Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos – PNGIDS ECUADOR.

Artículo 55 establece que los Gobiernos Autónomos Descentralizados municipales son los responsables directos del manejo de sus desechos sólidos, pero no se puede negar su baja capacidad de gestión en este tema, pues, la mayor parte de municipios crearon unidades para proveer el servicio bajo la dependencia jerárquica de las direcciones de higiene y en otros a través de las comisarías municipales que tienen una débil imagen institucional y no cuentan con autonomía administrativa ni financiera.

2.3.4. Ley Orgánica de Salud Pública, 2006.

“Establece las normas básicas para la preservación del ambiente en materias relacionadas con la salud humana, donde se incluye la elaboración de normas para el manejo de todo tipo de desecho/residuo que afecte a la salud humana”.

2.3.5. Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo 6 del Acuerdo Ministerial N° 061, del 4 de mayo de 2015.

La norma presente es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y, rige en todo el territorio nacional. - De las responsabilidades en el manejo de los desechos sólidos-De las prohibiciones en el manejo de desechos sólidos -Normas generales para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.

Artículo 49.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales. - Se establecen como políticas generales para la gestión integral de estos residuos y/o desechos y son de obligatorio cumplimiento tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles de gobierno, como para las personas naturales o jurídicas públicas o privadas, comunitarias o mixtas, nacionales o extranjeras, las siguientes:

a.- Manejo integral de residuos y/o desechos.

f.- Fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y/o desechos, considerándolos un bien económico, mediante el establecimiento de herramientas de aplicación como el principio de jerarquización:

1. Prevención.
2. Minimización de la generación en la fuente.
3. Clasificación.
4. Aprovechamiento y/o valorización, incluye el reúso y reciclaje.
5. Tratamiento.
6. Disposición Final.

g) Fomento a la investigación y uso de tecnologías que minimicen los impactos al ambiente y la salud.

2.3.6. Código Orgánico del Ambiente (COA). Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr-2017. Capítulo II, gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos.

Art. 228.- De la política para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos. La gestión de los residuos sólidos no peligrosos, en todos los niveles y formas de gobierno, estará alineada a la política nacional dictada por la Autoridad Ambiental Nacional y demás instrumentos técnicos y de gestión que se definan para el efecto.

Art. 276.- Del ecosistema de zonas y comunidades coralinas. La Autoridad Ambiental Nacional regulará las actividades que causen o puedan causar daño al ecosistema de las zonas y comunidades coralinas, arrecifes, y en todas las áreas marinas intermareales y riveras del territorio ecuatoriano, mediante las siguientes prohibiciones:

1. Verter residuos sólidos y líquidos.
2. Extraer y comercializar cualquier tipo de coral con fines comerciales o cualquier uso, exceptuándola recolección de muestras para fines científicos y de investigación debidamente autorizada.
3. Efectuar actividades turísticas sin contar con los permisos y autorizaciones

pertinentes.

4. Otras establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.7. Decreto 752-2019. Reglamento del código orgánico del ambiente.

Registro Oficial 507 de 12-jun-2019. Título VII, gestión integral de residuos y desechos.

Art. 562. Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos.- Además de aquellas contempladas en el Código Orgánico del Ambiente, son políticas generales para la gestión integral de residuos y desechos, las siguientes:

- a) Fomento al desarrollo de iniciativas nacionales, regionales y locales, públicas, privadas y mixtas, para la gestión de residuos y desechos;
- b) Fortalecimiento y fomento a la asociatividad, los circuitos alternativos de comercialización de los residuos, las cadenas productivas, negocios inclusivos y el comercio justo, priorizando la promoción de la economía popular y solidaria; y,
- c) Promoción de la incorporación transversal del reciclaje inclusivo en los distintos niveles de gobierno.

2.3.8. Ordenanza para regular el plástico de un solo uso.

Mediante el Registro Oficial Suplemento 330 del 19 de septiembre de 2018 se publica la Ordenanza del Cantón Guayaquil para regular la fabricación, comercio de cualquier tipo, distribución y entrega de productos plásticos de un solo uso y específicamente de sorbetes plásticos, envases, tarrinas, cubiertos, vasos, tazas de plásticos y de foam (espuma viscoelástica) y fundas plásticas tipo camiseta, inclusive oxobiodegradables, en el cantón.

2.3.9. INEN 3066. Bloques de Hormigón. Requisitos y métodos de ensayo. Noviembre de 2016.

Esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo de los bloques de hormigón fabricados con cemento hidráulico, agua y áridos minerales, con o sin aditivos. Esta norma no es aplicable a los paneles o bloques de hormigón espumoso, que se fabrican con materiales especiales destinados a obtener una densidad muy reducida.

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación.

3.1.1.1. Investigación Bibliográfica.

“La investigación bibliográfica es aquella etapa de la investigación científica donde se explora qué se ha escrito en la comunidad científica sobre un determinado tema o problema” (Alvarado & Valencia, 2015).

Para realizar el proyecto se requiere la investigación en fuentes bibliográficas las cuales tienen relación con el tema de estudio.

3.1.2. Diseño de investigación.

“La investigación experimental, o un cuasi experimento, es la investigación en donde el científico influye activamente en algo para observar sus consecuencias. La mayoría de los experimentos suelen ubicarse entre la definición estricta y la amplia” (Marcano, 2018)

Es experimental porque habrá manipulación en la dosificación de la mezcla, se harán las variaciones de la materia prima (PET reciclado) para la construcción de los bloques ecológicos. La experimentación tendrá una serie de pasos para la fabricación del bloque ecológico, la cual se sustentan en metodologías ya realizadas. Además, se harán cálculos haciendo uso de la normativa vigente (NTE INEN 3360, 2016) en donde especifica metodologías para la determinación de propiedades físico – mecánicas de los bloques convencionales, y aplicarlas en los bloques ecológicos y a su vez compararlos entre ambos. Una vez determinados los datos y resultados servirán para futuras investigaciones. (Banda C. et al., 2016).

3.2. Metodología

A continuación, se describen las diferentes etapas del proceso de fabricación de los bloques ecológicos.

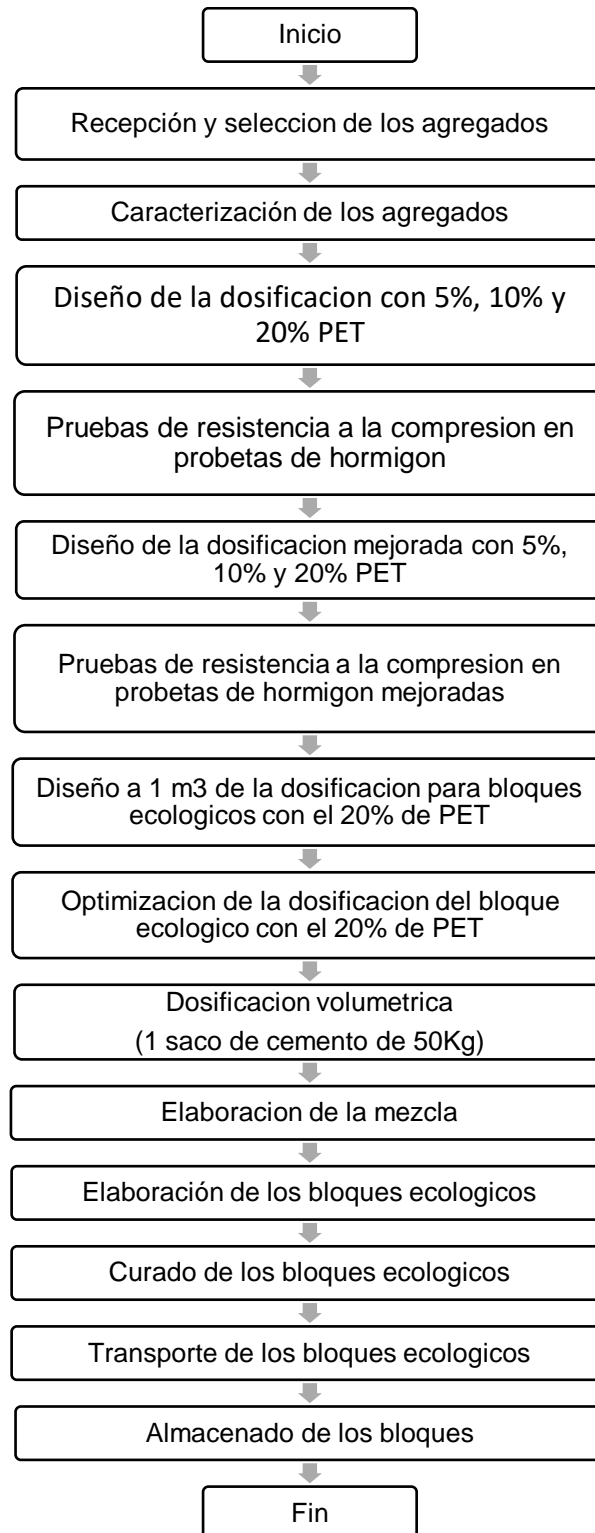


Figura 1. Proceso de producción de los bloques ecológicos

3.2.1. Variables.

3.2.1.1. Variable independiente.

- Granulometría (%)
- Densidad (Kg / m³) y absorción (%)
- Peso volumétrico (Kg / m³)
- Tiempo de curado (días)

3.2.1.2. Variable dependiente.

- Resistencia a la compresión
- Dosificación (5%, 10% y 20% PET)
- Cantidad de agregados (Kg)
- Cantidad de cemento (Kg)
- Cantidad de agua (lt)
- Impacto ambiental

3.2.2. Tratamientos.

Los tratamientos se van a trabajar en base a la NTE INEN 3066, la cual indica el número de bloques mínimo que se debe escoger para cada ensayo (NTE INEN 3360, 2016).

Se considerará dentro de la población la cantidad de bloques necesarios para las pruebas, estos bloques serán fabricados con la dosificación del 5%, 10% y 20% de PET reciclado.

Se ensayarán las muestras de los bloques ecológicos para determinar la resistencia a la compresión de los mismos. Así se obtendrá datos los cuales se puedan comparar con las propiedades del bloque convencional.

A continuación, en la tabla 3 se detallan los tratamientos para la experimentación de los bloques ecológicos (Ver tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos para la experimentación

Agregados	Dosificación kg/m ³			
	Patrón	PET-5%	PET-10%	PET-20%
Cemento HE	133,73	133,73	133,73	133,73
Chasqui	690,43	690,43	690,43	690,43
Piedra molida	634,08	634,08	634,08	634,08
Arena fina	485,01	485,01	485,01	485,01
Agua	111,45	111,45	111,45	111,45
PET (5mm)	0	6,6865	13,373	26,746
Bentocryl 14	0	0	0	0

Holguín L, 2019.

3.2.3. Diseño experimental.

El diseño experimental se desarrolló en base a las técnicas actuales para fabricación de bloques, la misma que se puede afirmar que ayudará a desarrollar los bloques ecológicos, en donde se varía la dosificación del 5%, 10% y 20% de plástico reciclado, para disminuir en parte los componentes áridos que componen el bloque convencional. Posteriormente, se realizará las pruebas de resistencia a la compresión normada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) (Carrera C. & Cevallos E, 2016).

A la vez el desarrollo de la metodología en gran parte se desarrolla de manera industrial y técnica de acuerdo a la NTE INEN 3066 la cual se basa en la fabricación de bloques huecos de hormigón. La variación a aplicarse es que el bloque en su composición tenga plástico reciclado (PET), reduciendo el porcentaje de los componentes áridos que usan comúnmente en los bloques convencionales, con esto se pretende implementar el reciclaje del plástico y

reducir la explotación de los recursos, al determinar las dosificaciones se espera que éstas cumplan con la normativa vigente en nuestro país para obtener un bloque sustentable y amigable con el ambiente (Rubiol. & Toscano B., 2017, p.47).

3.2.4. Recolección de datos.

3.2.4.1. Recursos.

- Equipos de laboratorio: Balanza analítica (± 0.001 g)
- Insumos: Cemento NTE INEN 2380, Agua, Plástico reciclado (PET), Piedra molida, Arena fina, Chasqui y Bentocryl.
- Otros materiales: Cuaderno, Calculadora científica, Cámara fotográfica, Esfero, Computadora, Cuaderno, Memoria USB, Internet.
- Equipos de campo: Compactadora, Vibradora, moldes de madera, Montacargas.

3.2.4.2. Métodos y técnicas.

La caracterización de los materiales pétreos se realizó de acuerdo a la NTE INEN 872, NTE INEN 696, ASTM C 33 (Análisis granulométrico de agregado fino), ASTM C 136 (Análisis granulométrico de agregado grueso); NTE INEN 858, ASTM C 138 para determinación de peso volumétrico (masa unitaria) y NTE INEN 856, ASTM C 128 para determinación de densidad y absorción de materiales pétreos.

Se realizaron las dosificaciones del 5%, 10% y 20% PET para la fabricación y ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas, una vez obtenidos los resultados de los ensayos en probetas se procedió a la mejora de las dosificaciones y poder determinar la dosis ideal y óptima para los bloques ecológicos.

De acuerdo a la NTE INEN 3066 para el control y calidad de los bloques de hormigón, la dosificación del 20% PET cumple con las propiedades mecánicas de los bloques de hormigón, la resistencia a la compresión normada para los bloques convencionales es de 3,5 MPa y el bloque ecológico obtuvo 5,9 MPa valor el cual es aceptable para que se pueda dar la fabricación de este elemento estructural.

Posterior a esto se evaluó con la matriz de impactos ambientales la fabricación de los bloques convencionales y bloques ecológicos para determinar cuáles son los impactos que generan cada una y compararlas para ver el beneficio con el ambiente.

3.2.5. Análisis estadístico

En la presente investigación se realiza el análisis estadístico descriptivo y la aplicación de matriz de impactos ambientales (matriz de importancia), en este método se puede asignar la importancia a cada uno de los impactos posibles de la ejecución de un proyecto en todas y cada una de sus operaciones. Esta metodología pertenece a Vicente Conesa Fernández Vitora publicada en 1997 (Ruberto R, 2006).

$$I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Dónde:

\pm = Naturaleza del impacto.

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

EX = Extensión o área de influencia del impacto

MO = Momento o tiempo entre la acción y la aparición del impacto

PE = Persistencia o permanencia del efecto provocado por el impacto

RV = Reversibilidad

SI = Sinergia o reforzamiento de dos o más efectos simples

AC = Acumulación o efecto de incremento progresivo

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

PR = Periodicidad

MC = Recuperabilidad o grado posible de reconstrucción por medios humanos

Los factores a considerarse dentro de los impactos son: los medios físicos, bióticos, económicos y culturales, desarrollo urbanístico y territorial y otros que sean de interés.

Para el desarrollo de la ecuación de importancia (I) es llevado a cabo mediante el modelo propuesto en la siguiente tabla 4, en donde indica el modelo de importancia de impactos (ver tabla 4).

Tabla 4. Modelo de la matriz de importancia de impactos

Naturaleza	Puntaje	Intensidad (I)	Puntaje
Impacto Beneficioso	+ 1	Baja	1
Impacto Negativo	-1	Media	2
		Alta	4
		Muy Alta	8
		Total	12
Extensión (EX)	Puntaje	Momento (MO)	Puntaje
Puntual	1	(Plazo de Manifestación)	
Parcial	2	Largo Plazo	1
Extremo	4	Medio Plazo	2
Total	8	Inmediato	4
Crítica	+ 4	Crítico	+ 4
Persistencia (PE)	Puntaje	Reversibilidad (RV)	Puntaje
(Permanencia del efecto)			
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Puntaje	Acumulación (AC)	Puntaje
(Regularidad de la manifestación)		(Incremento positivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
Efecto (EF)	Puntaje	Periodicidad (PR)	Puntaje
(Relación Causa-Efecto)		(Regularidad de la manifestación)	
Indirecto(secundario)	1	Irregular o periódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Puntaje	Importancia (I)	
(Reconstrucción medios humanos)			
Recuperable de manera inmediata	1	$I = +/- (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable a mediano plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Coria I, 2008

En función a este modelo los valores de calificación pueden variar, de acuerdo a la tabla 5, de los valores extremos de la importancia (ver tabla 5).

Tabla 5. Valores extremos de la importancia

Valor de importancia (13 y 100)	Calificación	Significado
<25	Bajo	La afectación del mismo es irrelevante en comparación con los fines y objetivos del Proyecto en cuestión
25≥<50	Moderado	La afectación del mismo, no precisa prácticas correctoras o protectoras intensivas.
50≥<75	Severo	La afectación de este, exige la recuperación de las condiciones del medio a través de medidas correctoras o protectoras. El tiempo de recuperación necesario es en un periodo prolongado
≥75	Critico	La afectación del mismo, es superior al umbral aceptable. Se produce una perdida permanente de la calidad en las condiciones ambientales. NO hay posibilidad de recuperación alguna.

Coria I, 2008.

De tal manera que la tabla especifique los factores ambientales y sus valores de importancia de impacto, como se detalla en el siguiente formato en la tabla 6 de la matriz de importancia (ver tabla 6).

Tabla 6. Matriz de importancia

Elemento: Aire/ Factor: Alteración de la calidad del Aire			
Naturaleza	Puntaje	Intensidad (I)	Puntaje
Impacto Negativo	-1	Media	2
Extensión (EX)	Puntaje	Momento (MO)	Puntaje
Parcial	2	Inmediato	4
Persistencia (PE)	Puntaje	Reversibilidad (RV)	Puntaje
Temporal	2	Corto Plazo	1
Sinergia (SI)	Puntaje	Acumulación (AC)	Puntaje
Sinérgico	2	Simple	1
Efecto (EF)	Puntaje	Periodicidad (PR)	Puntaje
Directo	4	Periódico	2
Recuperabilidad (MC)	Puntaje	Importancia (I)	
Recuperable de manera inmediata	1	$I = +/- (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Importancia	-27	I normalizada =	2

Coria I, 2008.

4.Resultados

4.1.Determinación de las dosis de plástico reciclado para la elaboración de bloques ecológicos mediante la variación de masa y la especificación de las dimensiones.

Previo a su dosificación se realizó la caracterización de los materiales de acuerdo a NTE INEN 696, ASTM C 33 (Análisis granulométrico de agregado fino) y ASTM C 136 (Análisis granulométrico de agregado grueso), (ASTM INTERNATIONAL, 1996a)

4.1.1. Ensayos de granulometrías de los agregados pétreos

Se pesaron 300 gramos de cada uno de los agregados y de acuerdo a las normativas ASTM C 33, ASTM C 136, NTE INEN 872 y NTE INEN 696 se realizó la granulometría (ASTM INTERNATIONAL, 1996b).

Para el cálculo del módulo de finura se usó la siguiente ecuación:

$$Mf = \frac{\sum \% \text{Retenido serie de Taylor}}{100}$$

Donde:

Mf: Modulo de finura

$\sum\%$ Retenido de Taylor: Sumatoria de los porcentajes de masa retenidos acumulados en toda la serie Taylor (Cueva del Ingeniero Civil, 2018).

Tabla 7. Resultados de la Granulometría del PET reciclado

TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL %	ACUMULADO %	ACUMULADO %
9,50 mm	3/8 in.	0,0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	71,9	24	24	76
2,36 mm	No. 8	182,2	61	85	15
1,18 mm	No. 16	38,4	13	98	2
600 μ m	No. 30	5,8	2	100	0
300 μ m	No. 50	0,7	0	100	0
150 μ m	No. 100	0,2	0	100	0
BANDEJA		0,0	0	100	0
MÓDULO DE FINURA:				5,06	

En la tabla 7 se encuentran la retención del PET en cada uno de los tamices, el porcentaje mayor retenido de PET se encuentra en el tamiz No. 8 y el módulo de finura es del 5,06 mm (ver anexo figura 13).

CURVA GRANULOMÉTRICA

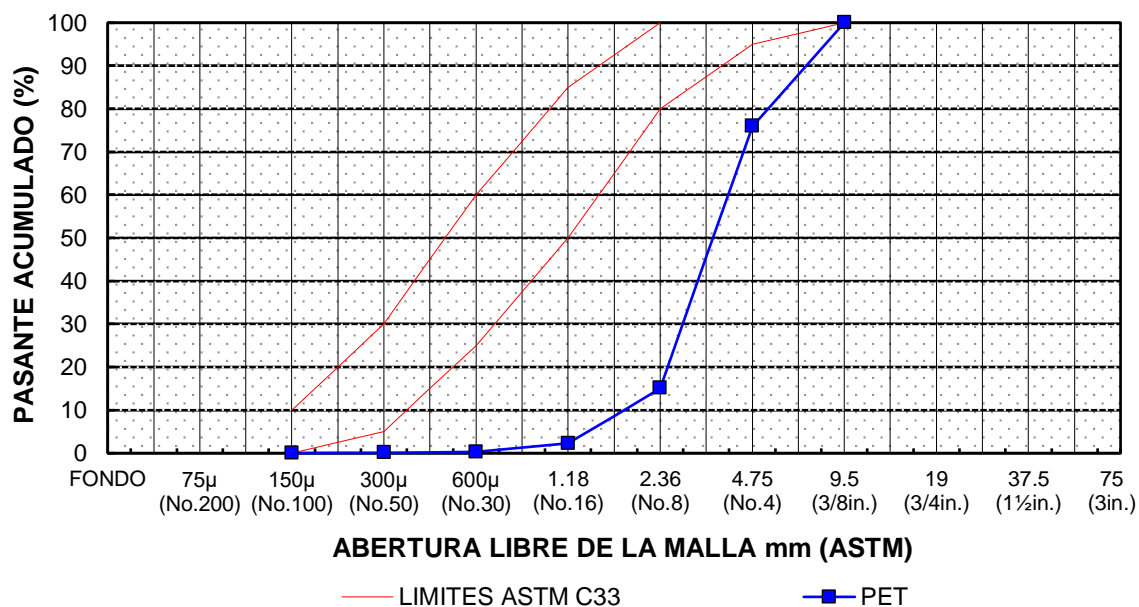


Figura 2. Curva granulométrica del PET reciclado

Se observa en la figura que la distribución del PET se encuentra fuera de los límites recomendados. Esto se debe a que el material es grueso y su retención es en los primeros tamices.

Tabla 8. Granulometría del Chasqui

TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL %	ACUMULADO %	ACUMULADO %
9,50 mm	3/8 in.	0,0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	10,0	3	3	97
2,36 mm	No. 8	60,4	20	24	76
1,18 mm	No. 16	72,5	24	48	52
600 µm	No. 30	81,0	27	75	25
300 µm	No. 50	37,4	12	87	13
150 µm	No. 100	12,6	4	91	9
BANDEJA		25,6	9	100	0
MÓDULO DE FINURA:					3,28

El porcentaje mayor retenido del chasqui se encuentra en el tamiz No. 30 y el módulo de finura del chasqui es de 3,28 mm (ver anexo figura 14).

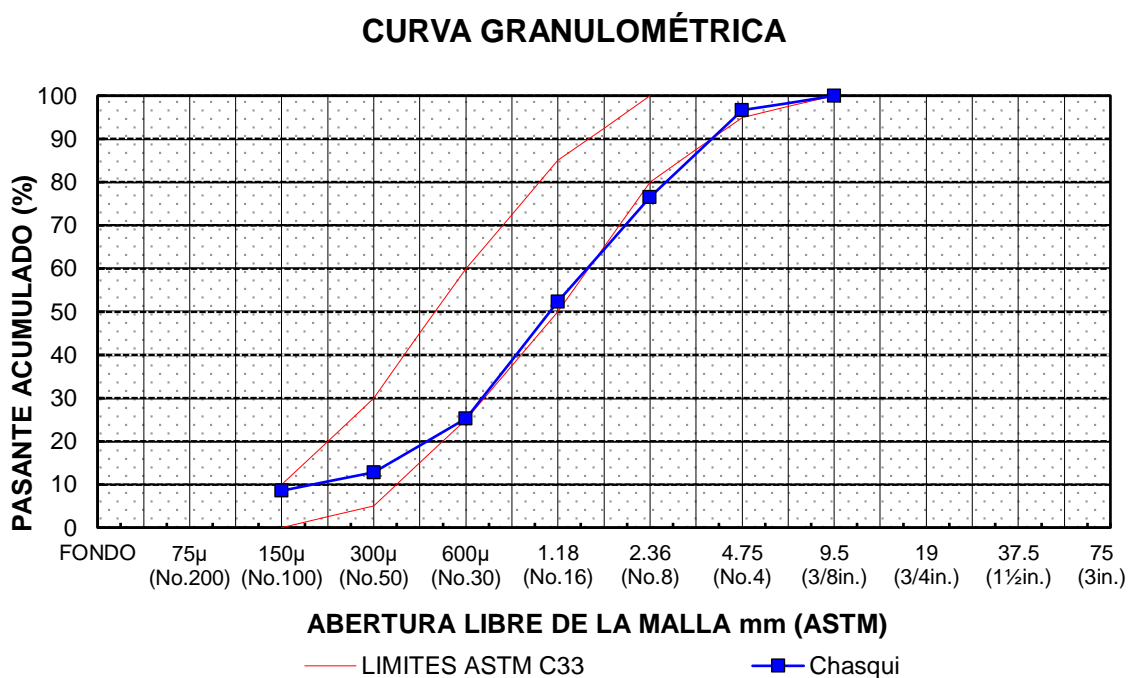


Figura 3. Curva granulométrica del Chasqui

La distribución del agregado chasqui se encuentra dentro de los límites superiores e inferiores, por lo cual está dentro del rango aceptable. Esto se debe a que el chasqui es un material fino.

Tabla 9. Granulometría de la Piedra molida

TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL %	ACUMULADO %	ACUMULADO %
9,50 mm	3/8 in.	0,0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	3,5	1	1	99
2,36 mm	No. 8	89,2	30	31	69
1,18 mm	No. 16	95,0	32	63	37
600 μm	No. 30	56,5	19	81	19
300 μm	No. 50	22,2	7	89	11
150 μm	No. 100	13,1	4	93	7
BANDEJA		20,4	7	100	0
MÓDULO DE FINURA:				3,58	

El porcentaje mayor retenido de piedra se encuentra en el tamiz No. 16 y el módulo de finura es del 3,58 mm (ver anexo figura 15).

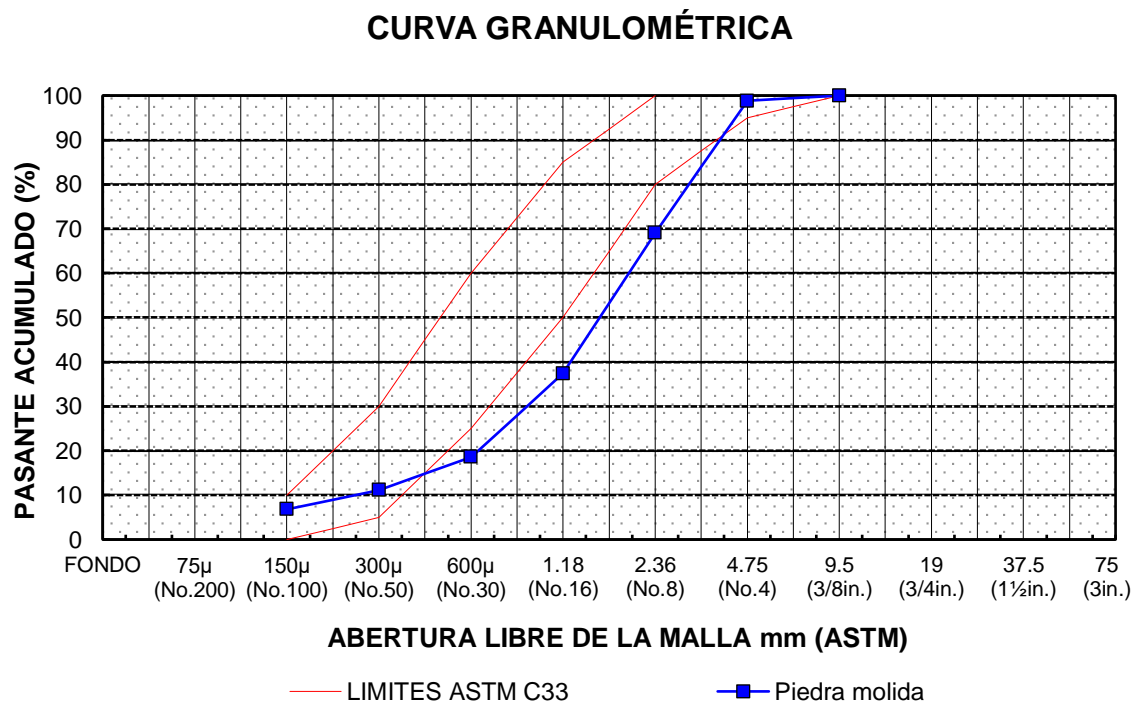


Figura 4. Curva granulométrica de la Piedra molida

La distribución del agregado piedra se encuentra por debajo del límite inferior recomendado y parte de la curva dentro del límite recomendado. Esto es porque el material está entre fino y grueso.

Tabla 10. Granulometría de la Arena fina

TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE
INEN	ASTM	PARCIAL (g)	PARCIAL %	ACUMULADO %	ACUMULADO %
9,50 mm	3/8 in.	0,0	0	0	100
4,75 mm	No. 4	1,0	0	0	100
2,36 mm	No. 8	7,4	2	3	97
1,18 mm	No. 16	6,7	2	5	95
600 μ m	No. 30	15,0	5	10	90
300 μ m	No. 50	40,0	13	23	77
150 μ m	No. 100	118,5	40	63	37
BANDEJA		111,2	37	100	0
MÓDULO DE FINURA:					1,05

El porcentaje mayor retenido de la arena se encuentra en el tamiz No. 100 y el módulo de finura es del 1,05 mm (ver anexo figura 16).

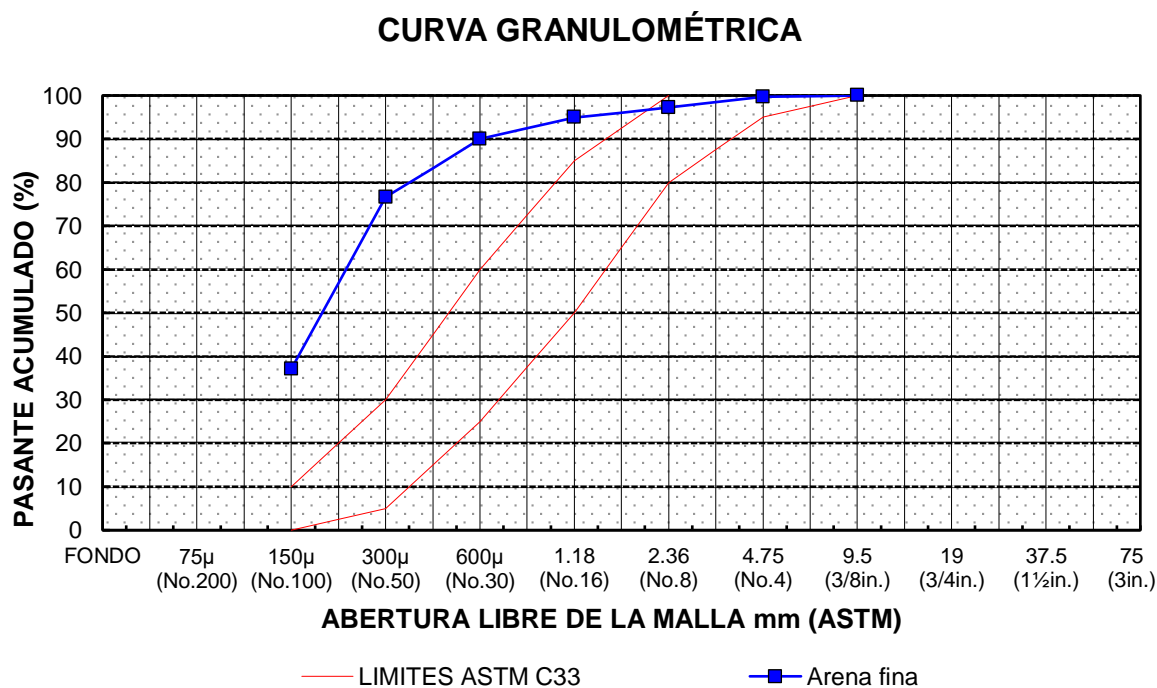


Figura 5. Curva granulométrica de la Arena fina

La distribución del agregado arena se encuentra por encima del límite superior recomendado, esto se debe a que la arena es demasiada fina a comparación de los otros agregados.

Tabla 11. Combinación de las granulometrías de los áridos y el PET

TAMIZ		PORCENTAJE RETENIDO EN CADA TAMIZ					
mm		PET	chasqui	piedra molida	arena fina		Mezcla
19,00	¾"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,50	½"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,50	3/8"	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,75	Nº 4	24,00	3,00	1,00	0,00	0,00	0,94
2,36	Nº 8	61,00	20,00	30,00	2,00	0,00	17,10
1,18	Nº 16	13,00	24,00	32,00	2,00	0,00	18,64
0,60	Nº 30	2,00	27,00	19,00	5,00	0,00	14,76
0,30	Nº 50	0,00	12,00	7,00	13,00	0,00	10,25
0,15	Nº 100	0,00	4,00	4,00	40,00	0,00	18,40
BANDEJA		0,00	9,00	7,00	37,00	0,00	19,34
MÓDULO DE FINURA		5,07	3,23	3,59	0,99	0,00	2,49

El módulo de finura de la combinación de los materiales es del 2,49 mm.

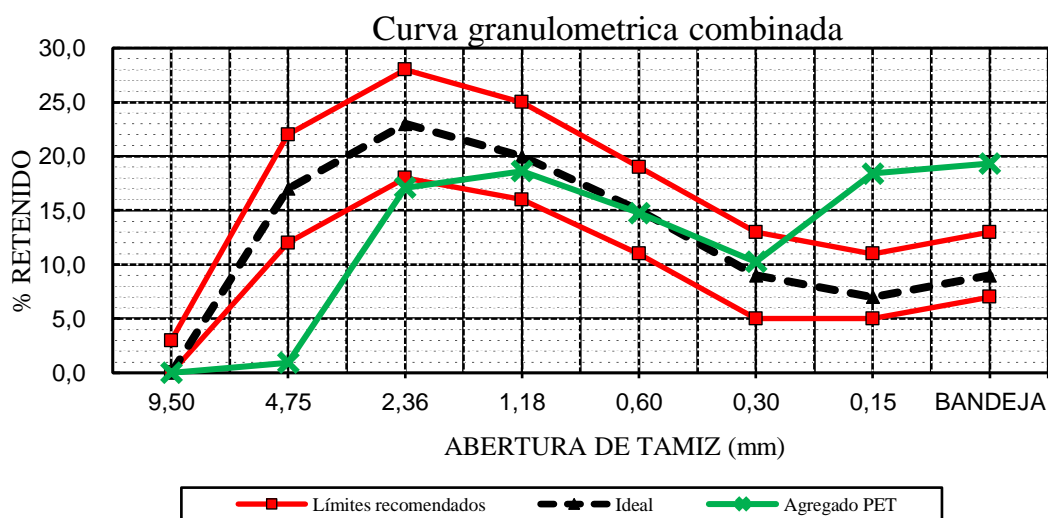


Figura 6. Curva combinada de los agregados y el PET reciclado

La distribución de los agregados pétreos al mezclarlos con el PET está aproximadamente dentro de los límites recomendados, esto se debe a que la mezcla necesita agregados más finos para que este dentro de los límites. Por lo cual es necesario realizar algún ajuste de la curva para poder obtener la curva combinada ideal.

4.1.2. Ensayos para la determinación de la masa unitaria de los agregados.

Para la determinación de la masa unitaria o peso volumétrico se basó en las NTE INEN 858 y ASTM C 138, las cuales indican los pasos para realizar el ensayo del material (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010b)

Tabla 12. Masa unitaria de los agregados.

Vol. del recipiente (dm ³)	Ensayo	Agregados		
		Chasqui	Piedra	Arena
3	Masa de la muestra suelta (Kg)	1,813	3,813	5,004
	Masa de la muestra compactada (Kg)	2,068	4,631	5,561
	<i>Masa unitaria suelta (Kg/m³)</i>	604	1270	1700
	<i>Masa unitaria compactada (Kg/m³)</i>	700	1540	1900

En la tabla 12 se encuentran las masas unitarias de los agregados pétreos chasqui, piedra y arena. La masa unitaria suelta y compactada mayor es la de la arena (ver anexo figura 17)

4.1.3. Determinación de la densidad y absorción de agua de los agregados pétreos.

Para la determinación de la densidad y absorción de los materiales pétreos, se basó de acuerdo a la NTE INEN 856 y ASTM C 128. Las cuales indican los pasos a seguir para el ensayo de los materiales (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2010a).

Para determinar los datos de densidad y absorción se hizo uso de las siguientes ecuaciones:

$$D_s: \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$D_{sss}: \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$D: \frac{A}{(B + S - C)}$$

$$P_o: \frac{S - A}{A} * 100$$

Nomenclatura:

- A: Peso en el aire de la muestra secada al horno
- B: Peso del matraz lleno de agua hasta la marca de calibración
- S: Peso en el aire de la muestra en estado saturado superficialmente seco
- C: Peso del matraz con la muestra lleno de agua hasta la marca de calibración
- D_s: Densidad de volumen a 23 C del árido fino seco
- D_{sss}: Densidad de volumen a 23 C del árido fino en estado saturado superficialmente seco
- D: Densidad aparente del árido fino a 23 C
- P_o: Porcentaje de absorción de agua del árido fino

En la tabla 13 están los resultados de la densidad y absorción de los agregados pétreos chasqui, piedra y arena. Se observa que mayor densidad tiene la piedra y menor porosidad, le sigue la arena con similares características, en cambio el chasqui tiene menor densidad y posea mayor porosidad (ver anexo figura 18).

Tabla 13. Densidad y absorción de los agregados pétreos.

Ensayo	Agregados		
	Chasqui	Piedra	Arena
A (gr)	375	487	485
B (gr)	1284,71	1284,77	1284,84
C (gr)	491	500	500
D (gr)	1474,66	1601,34	1590,90
<i>D_s</i> (Kg / m ³)	1250	2650	2500
<i>D_{sss}</i> (Kg / m ³)	1630	2730	2580
<i>D</i> (Kg / m ³)	2030	2860	2710
<i>P_o</i> (%)	30,9	2,7	3,1

4.1.4. Ensayos en probetas antes de la producción de los bloques ecológicos.

Se fabricó las probetas con las dosificaciones calculadas y se determinó cuál de estas dosificaciones (5%, 10% y 20% PET), cumplen con la resistencia de un bloque liviano, como indica en la NTE INEN 3066 para la construcción de obras menores (no estructurales).

En la tabla 14 se observa las dosificaciones calculadas para la fabricación de las probetas, además en estas dosificaciones se observa que los agregados pétreos se mantienen y el PET varía de acuerdo a las dosificaciones propuestas. En la siguiente tabla se encuentran los resultados de la resistencia a la compresión de las probetas ensayadas.

Tabla 14. Dosificaciones de las probetas con PET reciclado

Agregados	Dosificación kg/m ³			
	Patrón	PET-5%	PET-10%	PET-20%
Cemento HE	133,73	133,73	133,73	133,73
Chasqui	690,43	690,43	690,43	690,43
Piedra molida	634,08	634,08	634,08	634,08
Arena fina	485,01	485,01	485,01	485,01
Agua	111,45	111,45	111,45	111,45
PET (5mm)	0	6,6865	13,373	26,746
Bentocryl 14	0	0	0	0

En la tabla 15 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de los ensayos en las probetas, por lo que se observa que la resistencia a la compresión de las probetas disminuye con el aumento del PET en cada una de las dosificaciones. Por lo que la relación es inversamente proporcional, es decir a medida que aumenta el porcentaje de la dosificación del PET disminuye el porcentaje de resistencia de las probetas.

Tabla 15. Resistencia a la compresión vs porcentaje del PET

Propiedad mecánica	Patrón	PET- 5%	PET- 10%	PET- 20%
Resistencia (MPa)	2,8	2,35844	2,092692	1,434566
Porcentaje	100%	84%	75%	51%

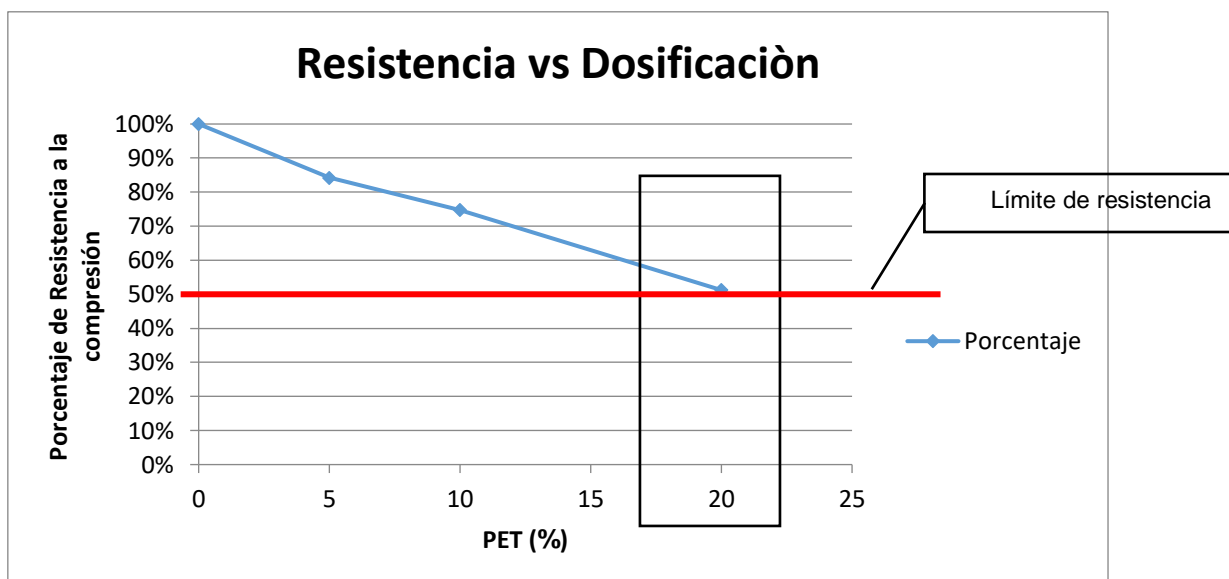


Figura 7. Porcentaje de resistencia a la compresión vs PET (%)

Con respecto a los datos obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión de las probetas, se obtuvo que la resistencia disminuye con el aumento del PET. Con estos resultados se consideró no aumentar más del 20% del plástico reciclado PET, ya que en estas pruebas este es el límite de resistencia.

A continuación, en la tabla 16 se encuentran las dosificaciones modificadas para las probetas.

Tabla 16.- Dosificación modificada del hormigón para ensayos de resistencia a la compresión en probetas.

Agregados	Dosificación kg/m ³			
	Patrón	5 % PET	10 % PET	20 % PET
Cemento HE	133,73	149,59	165,67	194,2
Chasqui	690,43	670,63	649,89	609,47
Piedra molida	634,08	615,9	596,85	559,73
Arena fina	485,01	471,11	456,54	428,14
Agua	111,45	124,65	138,06	161,84
PET (5mm)	0	7,48	16,57	38,84
Bentocryl 14	0	0,304	0,337	0,395

En la tabla se encuentran las dosificaciones mejoradas, se tuvo que variar valores en los agregados, aumentar el cemento en las diferentes dosificaciones propuestas, y por lo contrario disminuir ciertos agregados como en el caso del chasqui, piedra molida y arena fina. Esto con la finalidad de obtener la dosificación mejorada y la resistencia similar al bloque patrón.

Con las pruebas de resistencias a la compresión en las probetas mejoras se obtuvo los siguientes datos.

Tabla 17. Porcentaje de cemento vs PET (%)

Dosificación del PET	Patrón	5% PET	10% PET	20% PET
Cemento HE	0,00%	11,86%	23,88%	45,22%
Resistencia [MPa]	2,8	2,82	2,87	2,85

En la tabla 17 se observa la relación del porcentaje de PET y el porcentaje de cemento, esta es la mejora de la dosificación por lo que se ve que al aumentar el

porcentaje del cemento con respecto al porcentaje del PET la resistencia a la compresión se mantiene con la dosificación patrón (ver anexo figura 19).

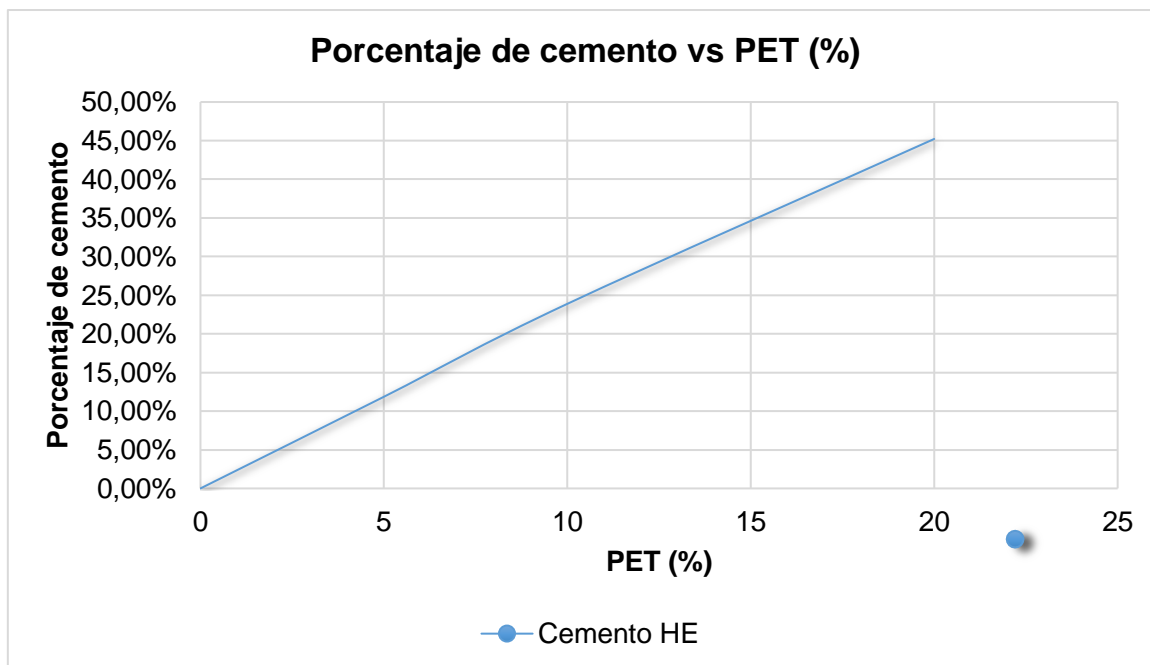


Figura 8.- Porcentaje de cemento vs PET (%)

En la figura se muestra que al aumentar el porcentaje del cemento en las diferentes dosificaciones la resistencia a la compresión se mantenga similar a la dosificación patrón. Por lo que se determinó producir bloques cuya dosificación contenga el 20% de PET reciclado.

4.1.5. Ensayos de los bloques ecológicos

Ya elegida la dosificación ideal se procede a realizar el diseño a 1 m³ para la dosificación del 20% PET reciclado para producir los bloques y realizar los ensayos de resistencia a la compresión (ver anexo figura 20).

Para la fabricación de los bloques se definió las siguientes dimensiones: 15 cm de alto x 19 cm de largo x 39 cm de ancho.

Tabla 18. Dosificación para hormigón del bloque ecológico utilizando 20% de PET reciclado.

		Dosificación kg/m ³		
		Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
	Material	Dosificación	Dosificación	Dosificación (HE)
		CONVENCIONAL (GU)	CONVENCIONAL (HE)	Optimizada
Diseño a 1 m ³	Cemento	267,77	267,77	232,85
	Chasqui	244,42	244,42	212,55
	Piedra molida	614,06	614,06	711,98
	Arena fina	580,32	580,32	672,86
	Agua	160,66	160,66	139,71
	PET(5mm)	53,554	53,554	46,57
	Bentocryl 14	0,548	0,548	0,479

En la tabla 18 se encuentra el diseño a 1 m³ de la dosificación del 20% de PET reciclado en kg/m³, diseño el cual se hizo prueba con Cemento GU y Cemento HE y a su vez se optimizó la prueba con cemento HE, con esto se buscó optimizar materiales, mantener las características y propiedades del bloque para obtener buenos resultados.

Para la producción de los bloques se llevó la dosificación de kg/m³ a dosificación volumétrica.

Tabla 19. Dosificación volumétrica para la producción de los bloques ecológicos.

	Material	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
		Dosificación	Dosificación	Dosificación
		CONVENCIONAL (GU)	CONVENCIONAL (HE)	(HE) Optimizada
1 saco de cemento de 50 kg	Cemento	1 saco	1 saco	1 saco
	Chasqui	1 carretillas	1 carretillas	1 carretillas
	Piedra molida	1,5 carretillas	2 carretillas	2 carretillas
	Arena fina	1,5 carretillas	2 carretillas	2 carretillas
	Agua	20 lt	20 lt	20 lt
	PET(5mm)	0,25 carretillas	0,25 carretillas	0,25 carretillas
	Bentocryl 14	100 ml	100 ml	100 ml

En la tabla 19 se encuentran los datos de la dosificación volumétrica la que se producirá de manera industrial es la prueba 3 dosificación optimizada (ver anexo figura 21).

4.2.Evaluación de los impactos ambientales generados en la fabricación de los bloques ecológicos con las dosis establecidas mediante mezclas poliméricas.

Con la matriz de importancia de Vicente Conesa se evaluó los impactos generados en el proceso de fabricación de los bloques convencionales y bloques ecológicos.

Tabla 20. Impactos generados en la fabricación de los bloques convencionales.

PROCESO DE FABRICACIÓN	CATEGORÍA	COMPONENTE AMBIENTAL	PARÁMETRO	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFEECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN		
BLOQUES CONVENCIONALES	FÍSICO	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	44	Yellow		
			CONTAMINACIÓN SONORA	-	8	2	4	4	1	2	4	4	4	4	4	55	Orange	
		SUELO	CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS	-	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	4	23	Green	
			RECURSOS MINERALES	-	4	2	4	4	2	2	2	4	4	4	4	44	Yellow	
	BIOLÓGICO	AGUA	CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y OCEÁNICA	-	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	4	23	Green	
			PAISAJE	CALIDAD PAISAJÍSTICA	-	4	2	4	4	2	2	4	4	4	4	44	Yellow	
		FAUNA	FLORA	ALTERACIÓN DEL HÁBITAT	-	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	4	23	Green
			ESPECIES PROTEGIDAS Y EN PELIGRO	-	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	4	23	Green
				ECONÓMICO	DEMANDA DEL RECURSO AGUA	-	4	1	4	4	2	2	4	4	4	4	4	42
	SOCIOECONÓMICO	ECONÓMICO	DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	-	4	1	4	4	2	2	4	4	4	4	4	42	Yellow	
			SOCIAL	GENERACIÓN DE EMPLEO	+	1	8	4	4	2	2	4	4	4	4	47	Yellow	
		SOCIAL	SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	Green	

	CALIFICACIÓN	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS
Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente		5	
Entre 25 y 50 son impactos moderados.		5	1
Entre 50 y 75 son severos		1	
Superiores a 75 son críticos			

Los resultados de la tabla 20 demuestran que hay más impactos negativos dentro de la producción de los bloques convencionales. De los cuales hay 5 impactos negativos compatibles con el ambiente, 5 impactos moderados, 1 impacto severo y un impacto positivo el cual es en la categoría socioeconómico; categoría ambiental social; componente ambiental generación de empleo.

Tabla 21. Impactos generados en la fabricación de los bloques ecológicos.

PROCESO DE FABRICACIÓN	CATEGORÍA	COMPONENTE AMBIENTAL	PARÁMETRO	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA	CALIFICACIÓN	
BLOQUES ECOLÓGICOS	FÍSICO	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	+	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	■	
			CONTAMINACIÓN SONORA	-	8	2	4	4	1	2	4	4	4	4	55	■	
		SUELO	CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS	+	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	16	■
			RECURSOS MINERALES	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	4	39	■
	BIOLÓGICO	AGUA	CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y OCEÁNICA	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	39	■	
			PAISAJE	CALIDAD PAISAJÍSTICA	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	39	■
		FLORA	ALTERACIÓN DEL HÁBITAT	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	39	■	
			FAUNA	ESPECIES PROTEGIDAS Y EN PELIGRO	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	39	■
	SOCIOECONÓMICO	ECONÓMICO	DEMANDA DEL RECURSO AGUA	-	4	1	4	4	2	2	4	4	4	4	42	■	
			DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	-	4	1	4	4	2	2	4	4	4	4	42	■	
		SOCIAL	GENERACIÓN DE EMPLEO	+	1	4	4	4	2	2	4	4	4	4	39	■	
			SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	16	■

	CALIFICACIÓN	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS
Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente			2
Entre 25 y 50 son impactos moderados.		2	6
Entre 50 y 75 son severos		1	
Superiores a 75 son críticos			

Los resultados de la tabla 21 demuestran que en la fabricación de los bloques ecológicos hay más impactos positivos, de los cuales hay 2 impactos positivos compatibles con el ambiente, 6 impactos positivos moderados, 2 impactos negativos moderados y 1 impacto negativo severo. A continuación, se encuentran los dos procesos de fabricación de bloques.

Tabla 22. Números de impactos ambientales generados en las etapas de la fabricación de los bloques convencionales y bloques ecológicos.

Proceso de fabricación	Número de impactos negativos			Número de impactos positivos			Observación	
Bloques convencionales	5	5	1		1			Dentro de la producción de los bloques convencionales existe mayor generación de impactos negativos. Se tiene 5 impactos negativos amigables con el ambiente, 5 impactos negativos moderados, 1 impacto negativo crítico, el cual se encuentra en la tabla 20; categoría física; componente ambiental aire; parámetro contaminación sonora. Por lo cual se asegura que la actividad como tal genera mucho ruido. Es por ello que se debe mitigar la contaminación sonora en el lugar.
Bloques ecológicos		2	1		2	6		Dentro de la producción de los bloques ecológicos existe mayor generación de impactos positivos. Se tiene 6 impactos positivos moderados, 2 impactos positivos amigables con el ambiente, 2 impactos negativos moderados los cuales son en la demanda del recurso energético y agua y 1 impacto crítico igual al de los bloques convencionales.

Se observa en la tabla 22 que los bloques ecológicos generan menos impactos negativos a comparación de los bloques convencionales. Pues al fabricar bloques ecológicos se usa el residuo plástico como agregado, que a su vez este residuo es recuperado, evitando la contaminación de aguas superficiales y oceánicas,

alteración de hábitats, calidad de aire, contaminación paisajística, también al hacer uso de este residuo se evita la explotación de recursos minerales. Por lo que es factible la producción de los bloques ecológicos para promover a la reducción de la contaminación del planeta. Para el caso del impacto negativo crítico que ambas etapas tienen en común, que es la contaminación sonora se puede hacer uso de maquinarias las cuales sean amigables con el ambiente.

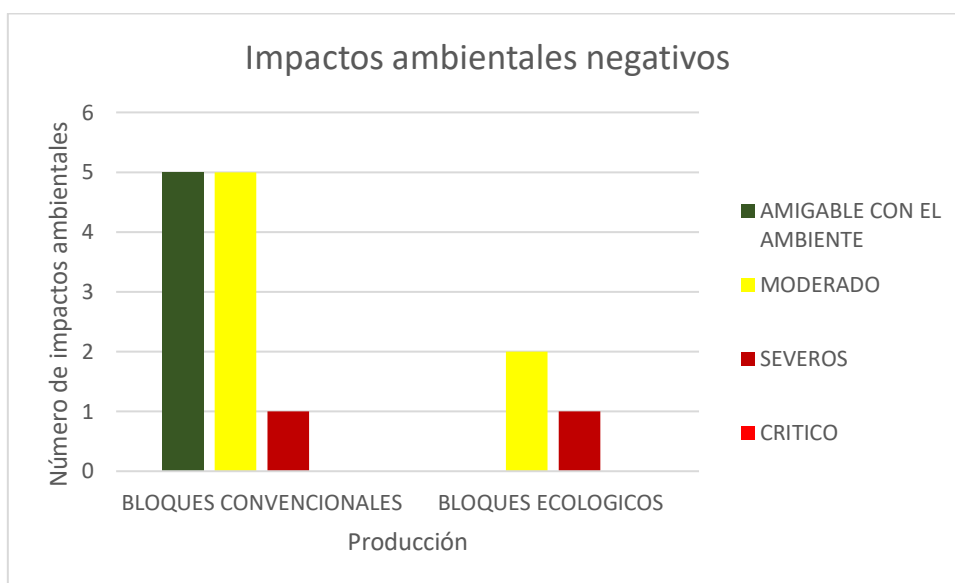


Figura 9. Impactos ambientales negativos de la producción de bloques convencionales y bloques ecológicos.

En la figura 9 se observa que los números de impactos negativos para la producción de bloques convencionales son mayores a diferencia de la fabricación los bloques ecológicos. Se observa que para la producción de bloques convencionales hay 5 impactos negativos amigables con el ambiente, 5 impactos negativos moderados y 1 impacto negativo crítico. En cambio, para la producción de los bloques ecológicos solo hay 2 impactos negativos moderados y 1 impacto negativo crítico.

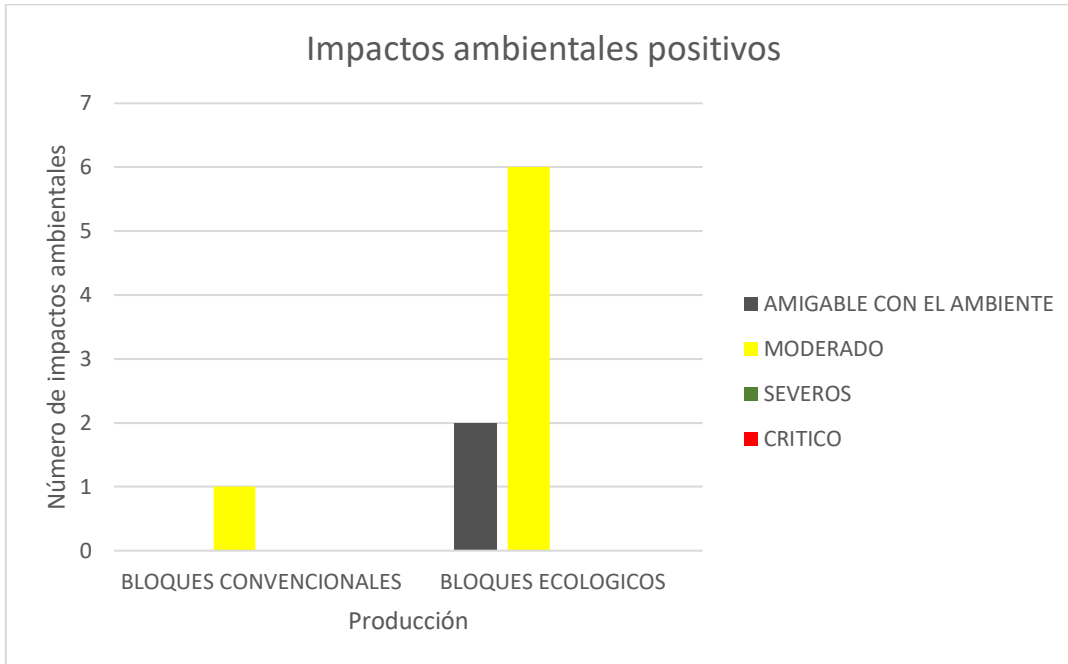


Figura 10. Impactos Ambientales positivos de la producción de bloques convencionales y bloques ecológicos.

En la figura 10 se observa que el número de impactos positivos para la producción de bloques convencionales es mínimo a diferencia de la fabricación los bloques ecológicos. Hay 1 impacto positivo moderado en la producción de bloques convencionales, por lo contrario, en la producción de bloques ecológicos hay 2 impactos positivos amigables con el ambiente y 6 impactos positivos moderados.

Tabla 23. Impactos ambientales desde el punto de vista de su naturaleza para ambas producciones.

CATEGORÍA	COMPONENTE AMBIENTAL	PARÁMETRO	BLOQUES CONVENCIONALES	BLOQUES ECOLÓGICOS	OBSERVACIÓN
			IMPACTOS AMBIENTALES		
FÍSICO	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	-	+	Al hacer uso del plástico en la producción de bloques ecológicos se evitaría la liberación de toxinas en el ambiente, porque muchos de estos plásticos suelen ser quemados.
		CONTAMINACIÓN SONORA	-	-	En ambos procesos se debería hacer uso de maquinarias amigables con el ambiente para mitigar el impacto.
		CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS	-	+	Al fabricar los bloques ecológicos se hace uso del residuo plástico y se evita la contaminación por residuos.
	SUELO	RECURSOS MINERALES	-	+	Al fabricar los bloques ecológicos se evita la explotación de los recursos minerales.
		AGUA	CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL Y OCEÁNICA	-	+
	PAISAJE	CALIDAD PAISAJÍSTICA	-	+	Se evita la contaminación visual al aprovechar el plástico para otra línea de producción como en este caso sería para la fabricación de boques ecológicos
BIOLÓGICO	FLORA	ALTERACIÓN DEL HÁBITAT	-	+	Al fabricar los plásticos ecológicos se evita el deterioro de muchas áreas verdes las cuales son de mucha ayuda para muchos ecosistemas.

SOCIOECONÓMICO	FAUNA	ESPECIES PROTEGIDAS Y EN PELIGRO	-	+	Al fabricar los bloques ecológicos se evita que muchas especies marinas y terrestres mueran por ingerir plástico pensando que es alimento.
	ECONÓMICO	DEMANDA DEL RECURSO AGUA	-	-	Este recurso es de uso primordial para la fabricación de los bloques tanto convencional y ecológico, por lo que se puede mitigar su consumo excesivo.
		DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	-	-	Este recurso se puede mitigar al poder usar energías renovables las cuales ayuden a desarrollar las actividades de manera sustentables
	SOCIAL	GENERACIÓN DE EMPLEO	+	+	En ambas etapas de fabricación se genera empleo.
		SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES	-	-	Se deben considerar de mucha importancia la salud de los trabajadores en ambas etapas productivas.

4.3. Análisis de las propiedades físico-mecánicas de los bloques ecológicos mediante la NTE INEN 3066 en comparación del bloque convencional.

Los resultados de la resistencia a la compresión de los bloques ecológicos cuya dosificación escogida fue del 20% PET son los siguientes (ver anexo figura 22).

Tabla 24. Resistencias a la compresión de los bloques ecológicos.

1 saco de cemento de 50 kg	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	
	Propiedad mecánica	Dosificación CONVENCIONAL (GU)	Dosificación CONVENCIONAL (HE)	Dosificación (HE) Optimizada
	Resistencia [MPa]	4,4	7,6	5,9

En la tabla 24 se encuentra los resultados de la resistencia a la compresión de los bloques ecológicos, la prueba 3 es la resistencia que se compara con la NTE INEN 3066.

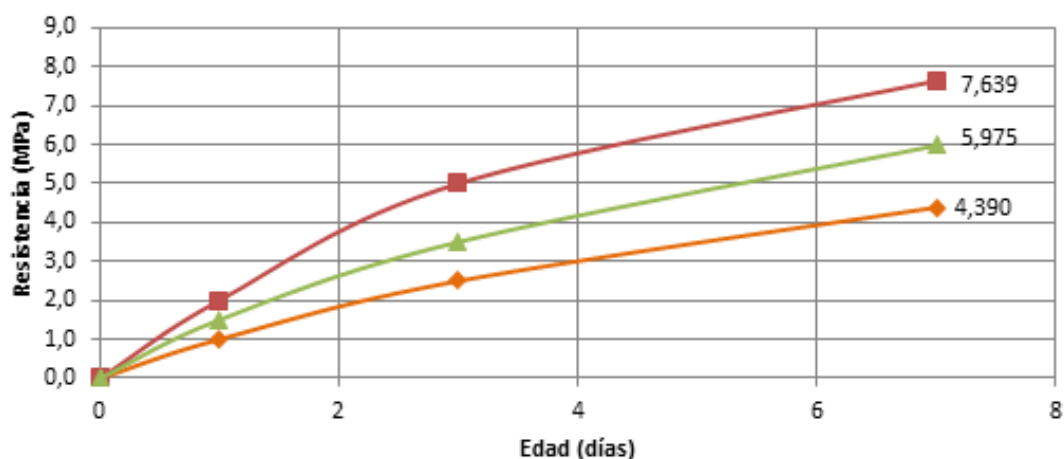


Figura 11. Representación de la resistencia (MPa) vs Edad (días)

Se observa en la figura 11 que la prueba 3 optimizada, al cabo de 7 días cumple con las características de un bloque liviano como indica en la NTE INEN 3066: Clasificación de bloques de acuerdo a su resistencia a la compresión.

Tabla 25. Clasificación de los bloques de acuerdo a su resistencia a la compresión

Descripción	Resistencia neta mínima a la compresión		
	simple (MPa)*		
	Clase A	Clase B	Clase C
Promedio de 3 bloques	13,8	4,0	1,7
Por bloque	12,4	3,5	1,4

*1MPa = 10,2kg/cm²

Figura 12. Clasificación de bloques de acuerdo a su resistencia a la compresión NTE INEN 3066, 2016

Las pruebas ensayadas con la dosificación del 20% de PET reciclado tienen un valor de resistencia a la compresión del 5.9 MPa, valor el cual supera en 2 MPa a lo que indica la norma para control de calidad INEN 3066.

5. Discusión

En la investigación se determinó que la masa del bloque ecológico si varía conforme se le agregue plástico reciclado, el peso del bloque ecológico es de 1921,33 gramos a comparación del bloque de Flores (2018), que obtuvo un peso del bloque de 2871,65 gramos, esto representa que el bloque fabricado es menos pesado. Y se determinó que si influye la dosificación del bloque de plástico reciclado en las características físico-mecánicas. El porcentaje de disminución del peso es del 33%.

Se comprobó que al usar plástico PET de 5mm este tiene mayor adherencia a los agregados pétreos, debido a su tamaño este se puede mezclar con el resto de materiales y pasar desapercibido, además se realizó las dosificaciones de manera volumétrica para obtener mejores resultados. Comparando con Aguirre (2013) que elaboró los bloques con plástico PET cortado de manera artesanal en una dimensión de 3x10cm demostrando que no tiene adherencia a los materiales, también que la dosificación no se puede realizar en base al peso, debido a que el PET abarca mucho volumen y poco peso. Es así que la investigación propuesta de usar PET de 5mm da buenos resultados y qué se debe considerar la dosificación según volumen y no según peso debido a la poca densidad del plástico que se use.

Dentro del análisis ambiental en el proceso de elaboración de los bloques convencionales, por medio de la matriz de impactos ambientales (matriz de importancia), se obtuvo que la contaminación sonora es el factor con mayor impacto negativo. Concordando con la investigación de Ríos y López (2015) que aplicando la matriz de valoración de impactos (matriz de Leopold) obtuvieron que el ruido es un factor muy importante a considerar en el proceso de fabricación de

los bloques convencionales. También tienen en común que el impacto positivo es la generación de empleos, porque presenta condiciones favorables para la población vinculada al trabajo, ya que se genera fuentes de empleo, mejorando así la calidad de vida.

Mediante la evaluación de los impactos ambientales en la fabricación de los bloques ecológicos se obtuvo 8 impactos ambientales positivos, de los cuales está el uso del plástico reciclado para la elaboración de bloques ecológicos, con esto se evita que muchos residuos plásticos sean desechados en vertederos, ríos y océanos. También se ayuda en la calidad paisajística y en evita que muchas especies mueran producto de la ingesta de estos plásticos PET. Méndez y Ortiz (2020) en su análisis ambiental determinaron que la fabricación de productos ecológicos es favorable debido a su sencillo proceso constructivo, las herramientas necesarias y la facilidad para realizarlos, los cuales no perjudican al ambiente ya que no requieren la utilización de combustibles que presenten grado de contaminación ambiental. Con estos resultados se afirma que se puede incorporar PET en la fabricación de los bloques sin generar mayores impactos ambientales negativos.

De acuerdo al análisis de las propiedades físico-mecánica realizada en los prototipos de bloques ecológicos se efectuó con ayuda de la norma INEN 3066, se realizó la caracterización de los materiales pétreos y se hizo pruebas en probetas. Se fabricaron los bloques y se obtuvo a los 7 días una resistencia a la compresión de 5,9 MPa cumpliendo con estándares de la norma. Comparando con los datos obtenidos de Bernal P. & Palacio J. (2018) que fabricó bloques con PEBD y realizó la caracterización de los materiales e hizo pruebas en probetas y fabricó los bloques obtuvo en 28 días una resistencia a la compresión de 4,83

MPa. A pesar de ser diferentes tipos de plásticos las dos investigaciones cumplen con los requisitos mínimos de la NTE INEN 3066. Por lo que este tipo de mampostería no solo cumplen con las especificaciones de un bloque tipo B, si no también podrían usarse como un bloque tipo C.

En las pruebas de resistencia a la compresión del bloque ecológico se obtuvo un valor de 5,9 MPa (60 Kg/cm²) y este valor comparándolo con la NTE INEN 3066 está dentro de los parámetros indicados. El autor Medina (2016), elaboró bloques con envases de agroquímicos de triple lavado y obtuvo una resistencia a la compresión de 4,80 MPa (49Kg/cm²) valor el cual está por encima de norma técnica. Pues estos valores están aceptables porque se encuentran dentro de los parámetros exigidos por las normas de control de calidad. Y comparando los dos resultados se puede apreciar que el bloque ecológico obtuvo mayor resistencia que la del bloque elaborado con envases de agroquímicos.

6.Conclusiones

Se cumplió con el objetivo planteado, que consistió en evaluar prototipos de bloques ecológicos fabricados a partir de plásticos reciclados para la construcción de obras menores y como alternativa amigable con el ambiente para lo que se obtuvieron resultados que servirán de iniciativa para combatir con la contaminación.

Se han elaborado los bloques ecológicos siguiendo el procedimiento normal y con los materiales de uso común incorporando el PET reciclado de 5mm a diferentes dosificaciones en sustitución del agregado fino y se observó que el PET no produjo ningún cambio fuera de lo normal en la fabricación de los mismos.

Desde la parte ambiental, la mezcla de PET, cemento y agregados pétreos (arena, piedra y chasqui) es totalmente amigable con el ambiente, porque ayuda a reducir y reutilizar las cantidades de PET que no poseen una disposición final adecuada, disminuyendo así el impacto negativo a los ecosistemas. Por ejemplo, se necesitan una gran cantidad de botellas de gaseosas para obtener el material para elaborar la mezcla, por lo que dichas botellas se estarían eliminando del ambiente.

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se confirma la hipótesis planteada, debido a que se presenta mejoras en la propiedad física – mecánica y de resistencia a la compresión, determinando que el porcentaje de PET óptimo es del 20% ya que la resistencia aumentó en un 68% respecto al bloque convencional, por lo que se cumple con la NTE INEN 3066, 2016.

Al analizar los resultados de resistencia a la compresión se obtuvo que el diseño que mayor resistencia se obtuvo fue con un porcentaje de incorporación de PET del 20%, obteniendo una resistencia a la compresión de 5,9 MPa que

comparado con la resistencia del bloque convencional 3,5 MPa, existe un incremento de 2,4 MPa correspondiente a un incremento del 68%.

7.Recomendaciones

Investigar el uso de elementos estructurales con agregados de plásticos PET reciclado como materia prima en construcciones, casas, losas, aceras y bordillos de carreteras peatonales.

La demanda del plástico PET se incrementa de manera acelerada a tal punto que, si no se realiza un manejo adecuado de los residuos, tanto el ambiente como la salud se verán afectados, por lo que se debe mitigar el impacto ambiental generado por los plásticos PET desechados, se presenta una alternativa en el campo de la construcción.

Para poder mitigar la contaminación sonora dentro de la producción de estos elementos estructurales es necesario hacer uso de maquinarias las cuales cumplan con medidas que ayuden a mejorar este aspecto ambiental y no ocasionar daño a su entorno.

Realizar futuras investigaciones especializadas con otros tipos de plásticos y determinar las propiedades térmicas, acústicas, químicas y físicas con la finalidad de que sean elementos estructurales especiales para obras de construcción.

Se recomienda para futuras investigaciones elaborar estos bloques con la adición de aditivos que mejoren las propiedades físico-mecánicas para así proponerlos como bloques portantes.

8. Bibliografía

- Aguirre V., D. (2013). *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda* (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Alejandro, C. (2015). Metacrilatos: Propiedades del plástico, según su clasificación. Recuperado 17 de marzo de 2019, de Metacrilatos website: <https://www.metacrilatos.net/2015/04/propiedades-del-plastico-segun-su.html>
- Alvarado, K., & Valencia, I. (2015, marzo 18). LA INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA [Sitios Educativos]. Recuperado 24 de junio de 2020, de LA INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA website: https://prezi.com/1_t4ohwvumc2/la-investigacion-bibliografica/
- ASTM INTERNATIONAL. (1996a, 2020). ASTM C33-03 Especificación Normalizada de Agregados para Concreto. Recuperado 24 de junio de 2020, de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C33-03-SP.htm>
- ASTM INTERNATIONAL. (1996b, 2020). ASTM C136-05 Método de ensayo normalizado para la determinación granulométrica de agregados finos y gruesos. Recuperado 9 de junio de 2020, de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C136-05-SP.htm>
- Banda C., L., Benavides Mejia Denier Jonathan, Burga Diaz Eyder, Chávez Aguilar Denis, Cieza Pereyra Shoany Medalith, Diaz Diaz Luz Maribel, ... Solano Linarez Neiser. (2016, diciembre 6). *Proyecto de ladrillos ecológicos*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/333069905/Proyecto-de-ladrillos-ecologicos>

- Barbarin, F. (2019). El problema del plástico. Recuperado 18 de febrero de 2019, de Revista NU2 website: <http://nu2.es/listas/reportajes/el-problema-del-plastico/>
- Bernal P., M. M., & Palacio J., N. E. (2018). *Correlación entre las propiedades mecánicas de los bloques ecológicos fabricados con los componentes del Tetra pak reciclado y bloques convencionales*. (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Carrera C., D. N., & Cevallos E, D. Á. (2016). *Bases de diseño para la construcción sostenible con bloque alivianado con poliestireno* (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Castells, X. E., & Gracia, L. J. de. (2012). *Los plásticos residuales y sus posibilidades de valoración: Reciclaje de residuos industriales* (Díaz de Santos). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- ChemicalSafetyFacts. (2016). Cloruro de polivinilo. Recuperado 25 de junio de 2020, de ChemicalSafetyFacts.org website: <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/cloruro-de-polivinilo/>
- Coria I, D. (2008). El estudio de impacto ambiental: Características y metodologías. *Invenio*, 11, 125-135.
- Cueva del Ingeniero Civil. (2018, septiembre 29). Módulo de Finura M.F. (Módulo Granulométrico). Recuperado 25 de junio de 2020, de Módulo de Finura M.F. (Módulo Granulométrico) website: <https://www.cuevadelcivil.com/2011/04/modulo-de-finura-mf.html>
- Di Marco M., R. O., & León Téllez, H. A. (Septiembre de 2017). Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro. *Sociedad y Desarrollo*. Presentado en 5to Simposio

- Internacional de Investigación en Ciencias Económicas, Administrativas y Contables, Bogotá. Recuperado de <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Duda, W. (1997). *Manual tecnológico del cemento—Editorial Reverté S.A* (1.^a ed.). Barcelona, España. Recuperado de https://www.reverte.com/libro/manual-tecnologico-del-cemento_91521/
- Ecología Verde. (2019). ¿Cuánto se recicla en el mundo? - Balance 2017. Recuperado 17 de marzo de 2019, de [Ecologiaverde.com website: https://www.ecologiaverde.com/cuanto-se-recicla-en-el-mundo-590.html](https://www.ecologiaverde.com/cuanto-se-recicla-en-el-mundo-590.html)
- Febres Herrera, T. (2017). *Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín). Universidad Nacional de San Agustín, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2840>
- Flores, D. F. S. (2017). *Degradación de materiales plásticos “PET” (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión* (Posgrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13224/Degradaci%C3%B3n%20de%20materiales%20pl%C3%A1sticos%20del%20PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores E., N. V. (2018). *Influencia de la dosificación en las características físico-mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados 2018* (Tesis de Pregrado). Universidad César Vallejo, Lima-Peru.

- Gestores de Residuos. (2015). La clasificación de los plásticos—Gestores de Residuos. Recuperado 17 de marzo de 2019, de <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>
- GREENPEACE. (2019). *¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces?* Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/>
- Hernández, J. C. C., & Neira, J. A. (2014). *El hogar familiar y su mantenimiento*.
- Infoguia. (2015). *¿Qué es el ladrillo ecológico?* Recuperado 17 de marzo de 2019, de Infoguia.com website: <https://infoguia.com/infotip.asp?t=ladrillos-ecologicos&a=572>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010a). *NTE INEN 0856: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino*. Recuperado de <http://archive.org/details/ec.nte.0856.2010>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010b). *NTE INEN 0858: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos*. Recuperado 24 de junio de 2020, de https://www.academia.edu/16107439/NTE_INEN_0858_%C3%81ridos._De_terminaci%C3%B3n_de_la_masa_unitaria_peso_volum%C3%A9trico_y_el_porcentaje_de_vac%C3%ADos
- López, D. a. R., Azevedo, C. A. P. de, & Barbosa Neto, E. (2005). Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino. *Cerâmica*, 51(320), 318-324. <https://doi.org/10.1590/S0366-69132005000400003>

- Marcano, M. (2018). La investigación experimental pdf by Maria Marcano—Issuu [Sitios Educativos]. Recuperado 24 de junio de 2020, de La investigación experimental website: https://issuu.com/mariamarcan1996/docs/la_investigacion_experimental_pdf
- Marfon Constructora. (2020). Recuperado 24 de junio de 2020, de Arena fina, formación natural aprovechada en la construcción website: <http://www.marfon.mx/blog/blog1.php>
- Medina E., J. C. (2016). *Reciclaje de envases vacíos de agroquímicos triple lavados, para elaborar bloques de hormigón* (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaqui, Guayaquil.
- Méndez, K. L. C., Aponte, Á. G., & Castellanos, N. T. (2020). *Estudio para determinar la factibilidad en la fabricación de ladrillos de arcilla a partir del reciclaje de las colillas de cigarrillo* (Magister en Medio Ambiente y Desarrollo). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.
- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 2(2), 35-47.
- Morán, S. (2018). Basura: Los números rojos de Ecuador | Plan V. Recuperado 7 de marzo de 2019, de Sociedad Historica website: <http://www.planv.com.ec/historias/sociedad/basura-numeros-rojos-ecuador>
- Muñoz de S., S. (2019). *Arquitectura a la deriva: Reciclado de los plásticos del océano* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Noroña. (2018). ¿Cuáles son los desechos que más contaminan el mar en Ecuador? Recuperado 7 de marzo de 2019, de El Comercio website:

<https://www.elcomercio.com/tendencias/desechos-plasticos-oceanos-ecuador-ministeriodelambiente.html>

NTE INEN 3360. (2016). *Bloques de hormigón, requisitos y métodos de ensayo.*

Recuperado de http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_3066.pdf

Ñaupá Moreyra, M. (2018). *Evaluación de la calidad y costo de bloques de cemento con perlitas de poliestireno como alternativa en muros de albañilería en viviendas multifamiliares de la ciudad de Ayacucho* (Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga). Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Peru. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3572>

Pacheco, E. B., & Hemais, C. A. (1999). Mercado para produtos reciclados à base de PET/HDPE/Ionômero. *Polímeros*, 9(4), 59-64. <https://doi.org/10.1590/S0104-14281999000400010>

Pastor C., A., Salazar O., J. P., Seminario R., R., Tineo C., A., & Zapata V., J. C. (2015). *Diseño de planta productora de adoquines a base de cemento y plástico reciclado* (p. 99). Piura: Universidad de Piura. Recuperado de Universidad de Piura website: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2343>

Paz G., E. E. (2014). *Análisis de la determinación de las propiedades físico y mecánicas de ladrillos elaborados con plástico reciclado.* (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa-Peru.

Peña, Bermúdez, Morales, & Farrés. (2018). *Las cutinasas como una herramienta valiosa para la descontaminación de residuos plásticos* (Vol. 42). Recuperado de <http://tab.facmed.unam.mx/files/3-Pena-Montes.pdf>

- Quishpe G., J. (2018). Estudio de las alteraciones en el índice de fluidez en muestras de PEAD reciclado de residuos plásticos inyectados, sometidas a envejecimiento natural. 2018, 11.
- Reinoso T., E. L., & Vergara P., L. A. (2018). *Elaboración de ladrillos ecológicos a base de polietileno para la empresa fudesma del cantón latacunga, provincia de cotopaxi en el periodo abril 2017 – febrero 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latucanga.
- Ríos, N. J. O., & López, M. Á. S. (2015). *Reutilización de polimeros como alternativa socio ambiental y economica en la elaboración de eco bloques* (Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca). Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22243/1/TESIS.pdf>
- Ruberto R, A. (2006). Guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf. Recuperado 9 de septiembre de 2019, de “Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental website: http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf
- Rubiol., & Toscano B. (2017). *Diseño de bloques de alivianamiento con vidrio triturado, reciclado.* (Tesis de Pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Santillán, S. (2018). Recuperado 24 de junio de 2020, de Mundo Constructor website: <https://www.mundoconstructor.com.ec/piden-control-a-la-calidad-de-materiales-de-construccion/>
- Sierra J., J. A. (2016). *Usos y aplicaciones del plástico PEADreciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en*

- Colombia* (Posgrado en Ingeniería Civil). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, Colombia.
- Sosa R., A. M. (2015). Los plásticos: Materiales a la medida. *¿Como ves?* Recuperado de https://cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos_materiales2003-CIENTEC.pdf
- Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37(3), 293-334. <https://doi.org/10.22206/cys.2012.v37i3.pp293-334>
- Vásquez, L. (2016, septiembre 25). Plástico desechable: Un asesino silencioso. *La Revista*. Recuperado de <https://www.nacion.com/revista-dominical/plastico-desechable-un-asesino-silencioso/VFLRFTV5KZGXHC3QSDHTTR5H3U/story/>
- Villacís, A., & Fabricio, D. (2013). *El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda* (Tesis de Pregrado, Universidad de Cuenca). Universidad de Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/520>
- WISE, C. (2016). ¿Qué es el triturado y cuál es su función en las obras? Recuperado 24 de junio de 2020, de ¿Qué es el triturado y cuál es su función en las obras? website: <https://blog.wise.com.mx/que-es-el-triturado-y-cual-es-su-funcion-en-las-obras>
- VOA. (2018, junio 5). ONU: El plástico es una de las peores amenazas. *Voz de América*. Recuperado de <https://www.voanoticias.com/a/onu-el-plástico-es-una-de-las-peores-amenazas/4426427.html>

Zelmar, M. (2018). Sólo el 9 % del plástico usado en el mundo se recicla, advirtió ONU - Vida Actual—Últimas noticias de Uruguay y el Mundo actualizadas—Diario EL PAIS Uruguay. Recuperado de <https://www.elpais.com.uy/vida-actual/plastico-usado-mundo-recicla-advirtio-onu.html>

9.Anexos



Figura 13. Plástico PET reciclado 5mm



Figura 14. Granulometría del chasqui



Figura 15. Granulometría de la piedra



Figura 16. Granulometría de la arena



Figura 17. Determinación de la masa unitaria



Figura 18. Determinación de densidad y absorción



Figura 19. Ensayos de resistencia a la compresión de las probetas cuya dosificación contiene el 20% de PET reciclado.



Figura 20. Bloques ecológicos para ensayar la prueba de resistencia a la compresión.



Figura 21. Producción de los bloques ecológicos



Figura 22. Ensayo 1 de resistencia a la compresión de los bloques ecológicos



Figura 23. Planta productora de los Bloques ecológicos



Figura 24. Secado de los materiales pétreos

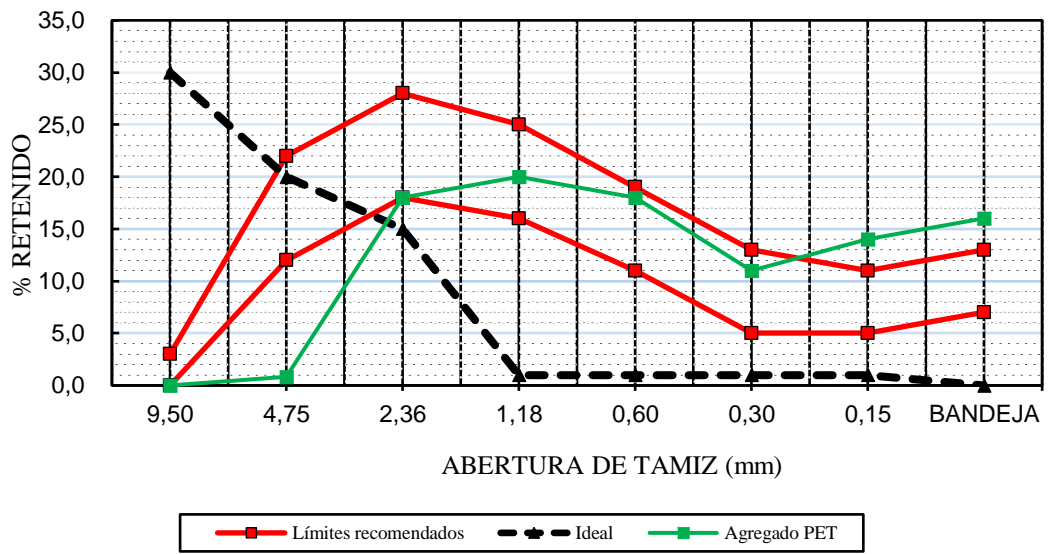


Figura 25.- Curva granulométrica recomendada



Figura 26. Tamizador de materiales pétreos



Figura 27. Secado de los materiales pétreos (arena, piedra y chasqui)



Figura 28. Máquina compactadora de bloques



Figura 29. Verificación del curado de los bloques



Figura 30. Producción de Bloques convencionales