



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:
DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO
UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA
COMO AGREGADOS**

**AUTOR:
VÍCTOR JULIO VILLALTA GÓNGORA**

**TUTOR:
MGTR. ALEXIS WLADIMIR VALLE BENÍTEZ**

**GUAYAQUIL
2023**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS.	
AUTOR/ES: Víctor Julio Villalta Góngora	REVISORES O TUTORES: Mgr. Valle Benítez Alexis Wladimir
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2023	N. DE PAGS: 96
ÁREAS TEMÁTICAS: Ingeniería, Industria y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Poliestireno, vermiculita, reciclaje, mortero, bloques, residuos.	
<p>RESUMEN: Últimamente el uso de residuos reciclables ha venido ganando terreno en el campo de la construcción, ya que se pueden revalorizar los desechos generados y reducir los impactos que estos residuos pueden provocar en el medio ambiente, sin reducir la calidad de las construcciones. Es por esto que el presente trabajo de investigación tiene el objetivo de diseñar un bloque alivianado añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita a la mezcla de mortero para diferenciar costo beneficio del mercado tradicional, aplicando una metodología experimental con un enfoque cuantitativo, ya que se desarrolló ensayos para determinar la dosificación adecuada para bloques alivianados, y pruebas de compresión simple, absorción, y análisis bibliográfico de los ensayos de retracción por secado lineal, aspectos visuales y marcas y resistencia al fuego.</p> <p>Se realizaron 4 ensayos de bloques con diferente dosificación, de los cuales el cuarto ensayo fue óptimo para bloques alivianados con una dosificación de 20% de</p>	

POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA. Además, se obtuvo valores de módulo de ruptura de 9,57 MPa, 9,53 MPa y 9,48 MPa, con una edad de ensayo de 28 días, a más de un análisis económico y ambiental en comparación con un bloque tradicional. Se concluye que, en base a los resultados, la dosificación del bloque No. 4 es el adecuado para la elaboración de los bloques alivianados, ya que los ensayos muestran que están dentro de los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

N. DE REGISTRO (en base de datos):

N. DE CLASIFICACIÓN:

DIRECCIÓN URL (tesis en la web):

ADJUNTO PDF:

N

CONTACTO CON AUTOR/ES:

Víctor Julio Villalta Góngora

Teléfono:

0999285846

E-mail:

vvillaltag@ulvr.edu.ec

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:

Mgtr. Ing. Milton Andrade Laborde (Decano)

Teléfono: 2596500 Ext. 241

E-mail: mandreadel@ulvr.edu.ec

Mgtr Alexis Valle Benítez (Director de Carrera)

Teléfono: 2596500 Ext. 242

E-mail: avalleb@ulvr.edu.ec

CERTIFICADO DE SIMILITUDES

DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS

INFORME DE ORIGINALIDAD

5% INDICE DE SIMILITUD	5% FUENTES DE INTERNET	0% PUBLICACIONES	2% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.uazuay.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
3	fdocuments.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uceva.edu.co:8080 Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	1%
7	ddv.stic.ull.es Fuente de Internet	1%
8	dspace.espol.edu.ec Fuente de Internet	1%



Mgr. Alexis Wladimir Valle Benítez

PROFESOR TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado **VÍCTOR JULIO VILLALTA GÓNGORA**, declara bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, **“DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS”**, corresponde totalmente al suscrito me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la **UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:  _____

VÍCTOR JULIO VILLALTA GÓNGORA

C.I. 0926401076

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación, “DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS” designados por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS”, presentado por el estudiante VILLALTA GÓNGORA VÍCTOR JULIO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación



Mgtr. Alexis Wladimir Valle Benítez

C.C. 0921620720

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por bendecirme y fortalecerme cada día de mi vida, por darme la oportunidad de culminar mi trabajo de titulación y permitirme cumplir con esta meta tan anhelada, agradezco por la salud y sabiduría que me supo brindar.

A mis padres MARGARITA Y JULIO por tenerme presente siempre en sus oraciones, por su apoyo incondicional y motivarme a continuar con mis estudios y poder cumplir mis metas. A mis hermanos JORGE, DAYANNA, BETTY y ROLAN, mis sobrinos LITZI, JORGITO, SEBASTIAN y DAYERLING por ser una parte importante de mi vida.

A mi esposa EVELYN, quien me acompañó gran parte de mi época universitaria, a esa persona que estuvo apoyándome en cada decisión, gracias por su apoyo incondicional, por tolerarme y estar siempre presta ayudarme. Por ser mi compañía en aquellas noches de desvelo. Por ser una excelente madre y amiga.

Al los Ingenieros Pablo Montoya, Manuel Silva, Manuel Sumarraga, Guillermo Avilez, Marcos Chica y Henry Benavides, quienes me impartieron sus conocimientos y la oportunidad de iniciarme y formarme en mi etapa profesional.

A mis tutores de tesis Mgtr. Carlos Valero Fajardo y Mgtr. Alexis Valle Benítez, por su esfuerzo y dedicación, quienes, con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia, compromiso y su motivación han logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito. A todos los docentes que me brindaron e impartieron sus conocimientos y experiencias durante mi periodo académico en esta prestigiosa universidad.

De manera especial a todos mis familiares y amigos quienes confiaron en mí, brindándome su apoyo sus consejos y buenos deseos a continuar y culminar mi carrera universitaria y poder cristalizar mi meta. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

A cada uno de ustedes va dedicado mi Título de Ingeniero Civil.

Víctor Julio Villalta Góngora

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo consagro a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas necesarias para seguir adelante ante los problemas que se presentaban. Quien no me hizo desfallecer, quien me protegió en cada viaje a la universidad y llevarme sano y salvo a casa.

A mi abuelita CLEMENCIA quien me enseñó a ser feliz con poco y que desde lo alto del cielo ha sido mi ángel protector para cumplir este sueño.

De manera especial a mi primogénito VÍCTOR JOSÉ VILLALTA GRANDA, quien es mi fuente de inspiración y motivación que me impulsa cada día a superarme. Posiblemente en estos momentos no comprendas estas palabras o lo que siento por ti, pero para cuando seas capaz, quiero que te des cuenta de lo que significas para mí. Eres la razón que me levanta cada día esforzándome por el presente y el mañana.

A mi madre, hoy no solo quiero agradecerte por darme la vida, sino también por estar junto a mí en cada paso, por guiarme y saberme aconsejar por estar en los momentos más difíciles de mi vida, por contagiarme con tu fortaleza y tu infinito amor. Nunca me cansaré de darte las gracias y absolutamente todos mis logros son y serán siempre en tu honor.

A mi esposa Evelyn, gracias a ella porque en todo momento fue un apoyo incondicional en mi vida, fue la felicidad encajada en una sola persona, quien estuvo apoyándome en cada decisión, por sacrificarte junto a mí por creer en mí por su aliento, motivación e inspiración para superarme cada día y por darme la oportunidad de ser padre de un hermoso hijo.

Víctor Julio Villalta Góngora

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Formulación del problema	6
1.4. Sistematización del problema	6
1.5. Objetivos de la investigación	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos	7
1.6. Justificación de la investigación.....	7
1.7. Delimitación o alcance de la investigación	8
1.8. Línea de investigación institucional/facultad	8
1.9. Hipótesis de la investigación.....	8
1.10 . Definición de las variables	9
CAPÍTULO II	10
2.1 MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.1 Antecedentes históricos.....	10
2.1.2 Proceso de producción de bloques	11
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	15
2.2.1 Usos del Poliestireno Expandido (EPS).....	15
2.2.2 Ventajas y desventajas del EPS.....	16
2.2.3 Propiedades físicas y mecánicas del EPS.....	16
2.2.4 Problemas Ambientales asociados al EPS	17
2.2.5 Polietileno Tereftalato (PET)	18
2.2.6 Usos y aplicaciones del Polietileno Tereftalato (PET).....	18
2.2.7 Ventajas y desventajas del Polietileno Tereftalato (PET).....	19
2.2.8 Propiedades físicas y mecánicas del Polietileno Tereftalato (PET).....	19
2.2.9 Degradación del Plástico.....	19
2.2.10 Botellas PET en el Ecuador.....	20
2.2.11 Vermiculita.....	20
2.2.12. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Vermiculita	21
2.2.13 Usos de la Vermiculita	21

2.2.14 Composición química de la Vermiculita.....	21
2.2.14 Reciclaje.....	22
2.2.15 Economía Circular.....	24
2.2.16 Análisis de ciclo de vida.....	25
2.2.17 Construcción sostenible.....	26
2.3. MARCO LEGAL.....	27
2.3.1 Normativa General.....	27
CAPÍTULO III.....	28
3.1 MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1.1 Tipo de investigación.....	28
3.2 Metodología de la investigación.....	28
3.3 Técnicas.....	29
3.4 Instrumentos.....	29
3.5 Población.....	30
3.6 Muestra.....	31
3.7 Procedimiento de recolección de datos.....	31
3.8 Análisis de resultados.....	32
3.8.1. Elaboración de las muestras.....	32
3.8.2. Ensayo de absorción y densidad.....	33
3.8.3. Ensayo de resistencia a la compresión simple.....	34
CAPÍTULO IV: PROPUESTA.....	39
4.1 Propuesta.....	39
4.2 Proceso para la Elaboración de Bloques.....	40
4.3 Técnica de la Dosificación.....	44
4.4. Descripción del Proceso de Elaboración del Bloque en el Laboratorio.....	44
4.5 Dosificaciones utilizadas para la elaboración de cada bloque.....	44
4.6 Ensayos realizados a los bloques.....	51
4.6.1 Ensayo de absorción y densidad.....	51
4.6.2 Preparación, preservación de la muestra y unidades ensayadas.....	52
4.8. Ensayo de resistencia a la compresión simple.....	54
4.8.1 Preparación, preservación de la muestra y unidades ensayadas.....	55
4.9. Análisis ambiental.....	59
4.9.1 Beneficios de emplear plástico (PET) en la elaboración de un bloque:.....	61

4.10. Análisis económico.....	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXO 1 - Mezclado de materiales y elaboración de bloques.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Bloques huecos de hormigón y sus usos.....	10
Tabla 2. Especificaciones Técnicas de Bloques	10
Tabla 3. Resistencia de Compresión de bloques.....	11
Tabla 4. Usos del EPS.....	15
Tabla 5. Densidades del EPS	16
Tabla 6. Adsorción del EPS	17
Tabla 7. Usos del PET	18
Tabla 8. Propiedades Físicas y Mecánicas del PET.....	19
Tabla 9. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Vermiculita.....	21
Tabla 10. Composición química de la vermiculita	21
Tabla 1. Tabla comparativa muestra población y cantidad de bloques a ensayar.	31
Tabla 12. Clasificación de los bloques huecos de hormigón y resistencia mínima a la compresión.....	40
Tabla 13. Tipos de resistencia mínima a la compresión simple.	40
Tabla 14. Descripción de la dosificación para bloque tradicional.	45
Tabla 15. Descripción de la dosificación para elaborar un bloque tradicional.....	46
Tabla 16. Descripción de la dosificación bloque 1.	47
Tabla 17. Descripción de la dosificación bloque 2.	48
Tabla 18. Descripción de la dosificación bloque 3.	49
Tabla 19. Descripción de la dosificación bloque 4.	50
Tabla 20. Control de calidad de bloque tradicional y bloques con poliestireno, PET y vermiculita - ensayos de compresión.....	58
Tabla 21. Clasificación de acuerdo a la resistencia de los bloques	59
Tabla 22. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso.....	59
Tabla 24. Análisis ambiental.....	60
Tabla 25. Costos de bloques tradicionales	62
Tabla 26. Costos de bloques alivianados	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desecho plástico PET.....	4
Figura 2. Desecho poliestireno expandido.....	4
Figura 3. Vermiculita.....	5
Figura 4. Fabricación de bloques.....	6
Figura 5. Moldeado.....	12
Figura 6. Fraguado.....	13
Figura 7. Curado.....	13
Figura 8. Poliestireno inicial.....	15
Figura 9. Bloques de Poliestireno Expandido.....	15
Figura 10. Residuos de EPS.....	17
Figura 11. Simbología identificación PET.....	18
Figura 12. Generación de Plástico en Ecuador.....	20
Figura 13. Reciclaje Primario.....	22
Figura 14. Reciclaje secundario.....	23
Figura 15. Reciclaje terciario.....	23
Figura 16. Reciclaje cuaternario.....	24
Figura 17. Economía Circular.....	25
Figura 18. Análisis de Ciclo de Vida.....	25
Figura 19. Partes de un bloque.....	41
Figura 20. Dimensiones de un bloque.....	42
Figura 21. Poliestireno.....	43
Figura 22. PET petelizado.....	43
Figura 23. Bloque para prueba de absorción.....	52
Figura 24. Determina masa de la muestra sumergida.....	53
Figura 25. Secado de bloque.....	53
Figura 26. Pesado de bloque seco.....	54
Figura 27. Equipo utilizado en el ensayo a compresión.....	54
Figura 28. Diámetro de la placa superior.....	55
Figura 29. Ensayo de resistencia a la compresión simple de bloques tradicionales.....	56
Figura 30. Ensayo de resistencia a la compresión simple de bloques alivianados.....	56
Figura 31. Ruptura del bloque tradicional.....	56
Figura 32. Ruptura del bloque alivianado.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comportamiento de la resistencia del Bloque Tradicional (BT-1).....	34
Gráfico 2. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (1).....	35
Gráfico 3. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (2).	35
Gráfico 4. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (3).	36
Gráfico 5. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (4).	37
Gráfico 6. Comportamiento de la resistencia de todas las muestras.....	37
Gráfico 7. Dosificación del bloque tradicional.	45
Gráfico 8. Dosificación del bloque tradicional.	46
Gráfico 9. Dosificación de la muestra 1.....	47
Gráfico 10. Dosificación de la muestra 2.....	48
Gráfico 11. Dosificación de la muestra 3.....	49
Gráfico 12. Dosificación de la muestra 4.....	50

INTRODUCCIÓN

La unidad de mampostería de hormigón o bloque de hormigón es un miembro importante y común en la construcción de edificios. El uso de plástico está aumentando rápidamente en todo el mundo, y en Ecuador ha comenzado a acumularse este residuo en los vertederos y generar importantes impactos ambientales por el consumo de botellas plásticas (Chamalé , 2018).

El hormigón es un producto compuesto por cemento, áridos finos y gruesos y agua. Los materiales se mezclan en la proporción requerida para formar el concreto. Para una mezcla normal, la cantidad de mezcla de cemento, arena y agregado se mide por razón de peso o por razón de volumen. Sin embargo, es preferible la relación en peso. Por ejemplo, una mezcla de 1:2:4 significa 1 parte de cemento, 2 partes de árido fino y 4 partes de árido grueso (Hidalgo & Pujades , 2018).

Otros ejemplos de La proporción de la mezcla de hormigón utilizada para producir la resistencia requerida del hormigón es 1:3:6, 1:1.5:3 y 1:4:8. El uso de agua en la mezcla de hormigón se basa en la relación agua/cemento, por ejemplo 0,5 o 0,6. La relación agua/cemento es una relación entre el peso del agua y el peso del cemento utilizado en mezcla de concreto La reacción química entre el cemento y el agua hace que el concreto se endurecer. Cuando el concreto está húmedo, tomará la forma según el molde (Hidalgo & Pujades , 2018).

El bloque de hormigón hueco es un tipo significativo de unidades de mampostería existentes para los constructores y su aplicación está aumentando continuamente. Los bloques huecos de concreto pueden ser utilizados, como alternativas a los ladrillos y piedras tradicionales en la construcción y edificios debido a su menor peso y facilidad de transporte en comparación con otros materiales. Además, proporciona una ventaja de calidad uniforme, así como la rapidez en construcción y la mayor durabilidad (Infante & Valderrama, 2019).

Con respecto a lo económico, los bloques son menos costosos, y consumen menos cemento y menor participación de los trabajadores. Además, se pueden utilizar, en diferentes lugares como las paredes interiores, los muros exteriores de carga, las columnas, los muros compuestos y los muros de contención, etc. Varias investigaciones realizadas particularmente para estudiar el comportamiento a compresión de bloques de hormigón mezclados con otros materiales permiten una gradación mínima de huecos y un tamaño máximo de agregado de 1/4

de pulgada (6,4 mm), generando un alto rendimiento de peso ligero para reducir el costo de los bloques de mampostería de concreto.

El material principal para la elaboración de los bloques alivianados son el plástico de tipo tereftalato de polietileno (PET), el cual en la actualidad se encuentran en grandes cantidades, producto de consumo de productos que tienen este materia cumpliendo un papel de envase principalmente, lo cual este proyecto ayudaría notablemente no solo ayudar a dar solución a uno de los problemas medio ambientales que aquejan hasta la actualidad, sino también en darle un valor agregado a estos residuos al formar parte de la composición de este tipo de bloques (Madrid & Frómeta , 2022).

Se sabe que se necesita mucho tiempo para degradar las botellas PET de desecho en la naturaleza. Debido al rápido aumento en el uso de botellas de PET, se plantea el problema de los residuos sólidos. Como solución, el PET es el plástico más reciclado del mundo. Básicamente, se utilizan dos tipos de procesos de reciclaje para PET: reciclaje químico y reciclaje mecánico. Reutilizar las botellas como bloques de construcción es uno de ellos, especialmente en los países en desarrollo. Se han propuesto diferentes técnicas y diferentes materiales de relleno (Valderrama & Chavarro , 2018).

El plástico de tipo tereftalato de polietileno (PET) puede proporcionar aislamiento de calor que puede reducir el consumo de electricidad para refrigeración, lo cual es muy importante para climas cálidos. Esta investigación pretende estudiar la posibilidad de utilizar botellas PET dentro de los bloques de hormigón tradicionales con el fin de la construcción de edificaciones como bloques alivianados (Valderrama & Chavarro , 2018).

CAPÍTULO I

1.1. Tema

DISEÑO DE UN BLOQUE ALIVIANADO UTILIZANDO POLIESTIRENO EXPANDIDO, PET, VERMICULITA COMO AGREGADOS.

1.2. Planteamiento del problema.

En la actualidad los costos de la construcción de edificaciones tipo vivienda son altos, y uno de los puntos a mejorar son los precios de los materiales para economizar estas edificaciones, igualmente existe una gran demanda de viviendas por parte de los habitantes, generando que la fabricación de bloques vaya en aumento cada día a nivel mundial, por lo que se debe buscar alternativas para la elaboración de bloques de buena calidad y a precios más asequibles.

El uso de bloques a base de arena, cemento y piedra pómez, se utilizan de manera artesanal como fabril en la ciudad de Guayaquil, que se encuentra en la provincia del Guayas Región Costa; Pero su uso como aislante térmico es muy limitado, por lo tanto, se deben buscar alternativas que brinden seguridad y confort a la población, siendo el poliestireno expandido, los componentes plásticos y la vermiculita, una de las alternativas, por ser de fácil adquisición.

El plástico PET o polietileno tereftalato-poliéster, es un polímero plástico que se obtiene a partir del etileno y el paraxileno. Es utilizado para fabricar botellas y otros objetos, constituye uno de los elementos reciclables más usados en todo el mundo, cada vez son más los productos envasados en este material debido a sus cualidades: irrompibles, económico, liviano, impermeable y reciclable; además, desde el punto de vista ambiental, el PET es la resina con mejores características para el reciclado.

Sin embargo, hay una problemática alrededor de este plástico, ya que este material tardar en degradarse hasta 700 años. Su acelerada demanda de producción, el interés por las grandes empresas productoras de alimentos hace que se incremente el impacto ambiental del plástico.

Por otra parte, el porcentaje reciclado de estos recipientes respecto a su producción es muy bajo, y aunque se reciclara la totalidad de estos, no se reduciría significativamente la producción. Esto porque el RPET (PET reciclado) no puede ser usado en la fabricación de

envases para bebidas o alimentos, a menos de que se realice un complejo proceso químico que hasta solo muy pocas empresas de reciclaje han implementado.



Figura 1. Desecho plástico PET.
Fuente: Tecnología del Plástico (2018).

El poliestireno expandido es un material plástico espumado, derivado del poliestireno usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo. Dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia, tales como envases de alimentos, aditamentos de construcción y equipos de laboratorio.

Debido a sus propiedades: Resistencia Mecánica, aislamiento térmico, comportamiento en el agua y vapor de agua, estabilidad dimensional, estabilidad frente a la temperatura, comportamiento frente a factores atmosféricos, comportamiento frente al Fuego, hacen que sea un material con excelentes características para el reciclado. El poliestireno expandido tarda en degradarse hasta 500 años por lo que se vuelve perjudicial para el ambiente;



Figura 2. Desecho poliestireno expandido
Fuente: Ecosiglos (2018).

La disposición final de desechos de manera no controlada o su falta o incorrecta recolección genera que los basurales a cielo abierto. Dentro de estos, los de mayor riesgo son aquellos donde, de forma sistemática e indiscriminada, se arrojan los residuos en arroyos o espacios abandonados o sin control ni protección, quemándolos intencionalmente como forma

de reducir su volumen o por auto combustión y dejarlos para que distintos actores distribuyan a su carga contaminante.

Según los últimos datos del INEC revisados por Plan V, en el 2018 los ecuatorianos arrojaron 12.739,01 toneladas de basura diarias. De ellas, el 11,43% era plástico. Eso representa la cifra colosal de 531.461 toneladas anuales de ese material, lo que equivale al peso de más de 350.000 vehículos medianos.

La vermiculita es un mineral muy liviano, de excelente durabilidad y propiedades aislante de origen natural. Es un mineral micáceo compuesto básicamente por silicatos de aluminio, magnesio y potasio, utilizado como árido para elaborar hormigones de baja densidad, posee excelentes beneficios en materia de aislación, protegiendo la calidad de vida de los agentes externos (temperaturas externas y ruidos) que atentan contra el confort de las viviendas.



Figura 3. Vermiculita
Fuente: Ecología Verde (2019).

El concreto es usualmente utilizado en la elaboración de bloques de hormigón compuestos por agua, arena, cemento portland y grava. Estos componentes combinados producen un bloque de color gris claro con una textura de superficie fina y una elevada resistencia a la compresión. Uno de los problemas básicos del bloque es su peso aportando grandes cargas a la estructura, también su baja resistencia a las acciones físicas, químicas, ambientales.



Figura 4. Fabricación de bloques
Fuente: Recomendación, (2021).

Siendo de 8 kg a 9 kg el peso de un bloque de 10x20x40 cm, en esta investigación se pretende analizar el diseño de un bloque alivianado de baja densidad, mayor durabilidad, resistencia, bajo costo y amigable con el medio ambiente. Por ello surge la necesidad de implementar materiales como el poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregados para el nuevo bloque alivianado.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera contribuirá al sector constructivo, medio ambiente y a la sociedad la elaboración de un bloque alivianado usando como agregado al poliestireno expandido, plástico PET y vermiculita?

1.4. Sistematización del problema

¿Cuáles son las ventajas en el sector constructivo al utilizar un bloque alivianado, utilizando poliestireno expandido, PET y vermiculita?

¿De qué manera se puede reducir la contaminación ambiental al usar como agregados al poliestireno expandido, plástico PET y vermiculita en la elaboración de un bloque?

¿Cómo influye económicamente a la sociedad la elaboración de un bloque alivianado, utilizando poliestireno expandido, PET y vermiculita?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un bloque alivianado añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita a la mezcla de mortero para diferenciar costo beneficio del mercado tradicional.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar la dosificación para un bloque alivianado, por medio de normas para bloques tradicionales, añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregado.
- Analizar la resistencia a compresión del bloque alivianado con poliestireno expandido, PET, vermiculita por medio de ensayos de laboratorio, para obtener la dosificación óptima.
- Comparar los beneficios y costos de la elaboración del bloque, añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita con los del mercado tradicional para la construcción.

1.6. Justificación de la investigación

Al usar como agregado al poliestireno expandido, plástico PET y la vermiculita, se crea un material diferente al tradicional que disminuirá el impacto al ecosistema dando confort a los usuarios, reduciendo costos y cargas estructurales en futuras edificaciones, este proceso permitirá el reciclaje de los materiales evitando su desecho final ya que al ser incinerados causan contaminación al suelo y al aire.

El reciclaje de una materia prima es fundamental para el ahorro en costos y recursos, por lo que, el poliestireno expandido y el plástico PET después de su consumo la mejor ventaja que se obtiene es reciclarlo debido a su resistencia de desgaste; Uno de los puntos más importantes del reciclaje es controlar la contaminación o congestión de los espacios destinados a la disposición final de los residuos sólidos.

La importancia de esta investigación es la indagación planificada que persigue descubrir nuevos materiales y se justifica según el Art 385 de la Constitución de la república del Ecuador de acuerdo con el concepto de investigación, desarrollo e innovación, el cual involucra la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos para desarrollar nuevos

proyectos innovadores y sobre todo ecológicos, coadyuvando al desarrollo sustentable al cual está comprometido este país, lo cual justifica desde el punto ambiental esta investigación.

1.7. Delimitación o alcance de la investigación

Campo: Proyecto de investigación que representa el trabajo de titulación en Educación Superior Tercer Nivel de Grado, en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Área: Ingeniería Civil

Aspecto: Materiales de construcción

Tema: Diseño de un bloque alivianado utilizando poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregados.

Delimitación Espacial: Laboratorio Ruffili Universidad de Guayaquil-parroquia Tarqui-Guayaquil -Guayas.

Delimitación Temporal: 6 meses

1.8. Línea de investigación institucional/facultad

Línea institucional:	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción
Líneas de facultad de Ingeniería, industria y construcción:	Territorio Medio Ambiente y materiales innovadores para la construcción
Sublínea de facultad:	Materiales de construcción

1.9. Hipótesis de la investigación

La adición de partículas de poliestireno expandido, PET, vermiculita en la elaboración del bloque influye en su resistencia a compresión simple. También mejorará el costo beneficio comparándolo con un bloque tradicional para la construcción.

1.10. Definición de las variables

Variable independiente: El bloque con poliestireno expandido, PET, vermiculita, como agregados.

Variable dependiente: Resistencia a la compresión simple

Costo beneficio comparándolo con un bloque tradicional para la construcción.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes históricos

Los bloques de hormigón fueron diseñados por S. Palmer en Estados Unidos y patentado en 1900, las ventajas de este invento se relacionan con la resistencia y durabilidad, además de que se habilitaba la opción de construir un sistema modular.

Se presentaban también varias ventajas económicas ya que los bloques eran usados en la construcción de mampuestos. Los bloques de hormigón están conformados por una mezcla de cemento árido grueso y fino con agua los cuales dependiendo su uso varían en sus medidas u otras características en su composición (Carrera & Cevallos Estupiñan , 2017).

Tabla 1. Tipos de Bloques huecos de hormigón y sus usos

TIPO	USO
A	Paredes de carga exteriores, sin revestimiento
B	Paredes de carga exteriores con revestimiento Paredes de carga interiores, con o sin revestimiento
C	Paredes divisoras sin revestimiento
D	Paredes divisoras con revestimiento
E	Losas alivianadas de hormigón armado

Fuente: Norma INEN 638 como se cita en (Sierra, 2017).

Elaborado por: Villalta (2022)

Tabla 2. Especificaciones Técnicas de Bloques

Tipo	Dimensiones Nominales			Dimensiones reales		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
A, B	40	20, 15, 10	20	39	19, 14, 09	19
C, D	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
E	40	10, 15, 20, 25	20	39	09, 14, 19, 24	20

Fuente: Norma INEN 638 como se cita en (Sierra, 2017).

Elaborado por: Villalta (2022)

Tabla 3. Resistencia de Compresión de bloques

Tipo de Bloque	Resistencia a la compresión en MPa a los 28 días
A	6
B	4
C	3
D	2,5
E	2

Fuente: Norma INEN 643 como se cita en (Sierra, 2017)

Elaborado por: Villalta (2022)

La capacidad de absorción de agua de los bloques no podrá ser mayor al 15 %

2.1.2 Proceso de producción de bloques

Los bloques son elementos Modulares pre-moldeados diseñados para el trabajo civil confinado y armado en la cual para su fabricación se utilizan varias maquinarias de vibración, aun así, el acceso a este tipo de recursos en muchas zonas rurales es casi imposible por lo que su fabricación se lo realiza de forma manual en algunos casos (Sierra Guevara , 2017).

La calidad de los bloques está relacionada con la selección de agregados y la correcta dosificación para obtener un mezclado, moldeado y compactación óptima (Carrera & Cevallos Estupiñan , 2017).

Dosificación

Dentro de este proceso se utiliza las parihuelas o también conocidos como cajones de madera, para lo cual se realiza una mezcla de la materia prima, inicialmente es una mezcla seca para luego agregar el agua (Sierra Guevara , 2017).

Mezclado

Para este proceso existen dos alternativas, la primera es el mezclado manual y la segunda es el mezclado mecánico. El mezclado manual no es recomendable debido a la generación de un material no uniforme y la resistencia obtenida es hasta un 50% más bajo que con el mezclado mecánico, se lo utiliza siempre cuando el volumen de hormigón sea bajo y una mayor cantidad de cemento (Sierra Guevara , 2017).

El mezclado mecánico se lo realiza por medio de mezcladoras rotatorias en las cuales se obtienen mezclas uniformes y con todos los componentes bien distribuidos.

El tiempo de mezclado es generalmente un minuto para mezcladoras de $\frac{3}{4}$ m³ de capacidad con un aumento de 15 segundos por cada $\frac{1}{3}$ m³ de capacidad adicional. Se añade el agua antes de haber transcurrido la tercera parte del tiempo de mezclado. En el interior del tanque se mezcla los componentes mediante aspas (Sierra Guevara , 2017).

Moldeado

Una vez culminado el proceso de mezcla, el material resultante pasa una maquina vibradora o bloquera la cual se encarga de compactar la masa a base de presión y vibraciones. Se realiza los bloques mediante capas acomodadas poco a poco a poco mediante palas; mientras más sea el tiempo de vibración se obtendrá mejor resistencia en los bloques. Una vez culminado este proceso se retiran los bloques resultantes y se los pasa a un área de fraguado (Sierra Guevara , 2017).



Figura 5. Moldeado
Fuente: Sierra Guevara, (2017).

Fraguado

Los bloques resultantes son pasados a un área en donde están protegidos del viento, lluvia y sol conocida como área de fraguado, en el ecuador estas áreas son muy poco comunes por lo que los bloques son dejados al aire libre. El tiempo de este proceso es de 4 a 8 horas, pero lo más aconsejable es 24 horas (Sierra Guevara , 2017).

Cuando los bloques son secados al aire libre se acelera la pérdida de humedad por lo que afecta a la resistencia deseada.



Figura 6. Fraguado
Fuente: Sierra Guevara, (2017).

Curado

Este proceso consiste en mantener la humedad del bloque con el fin de que las reacciones químicas del cemento sigan ocurriendo, así se puede obtener un producto de buena calidad y con la resistencia deseada. Si no se cuenta con una cámara de curado se puede regar los bloques con agua durante una semana por tres veces al día (Sierra Guevara, 2017).



Figura 7. Curado
Fuente: Sierra Guevara, (2017).

Manipulación de los bloques

Para la manipulación de este material es muy importante tener en cuenta algunos detalles para no afectar su calidad y salvaguardar la seguridad del operador:

- Uso de casco y botas al momento de manipular los bloques
- No permitir que los bloques caigan al piso, caso contrario estos se romperán

- Los bloques deben estar limpios y ajenos a cualquier otro material en su área de almacenamiento
- En caso de cortar un bloque se deberá utilizar una cortadora adecuada y no contra golpeteo con el piso.

Bloque alivianado

El bloque alivianado es un cambio ecológico en la construcción de mampostería, el objetivo es la sustitución del bloque tradicional fomentando el reciclaje en una sociedad. Se debe tomar en cuenta de que debe cumplir todas las especificaciones técnicas dependiendo el uso que le va a dar. El proceso de mezclado puede cambiar en la dosificación inicial con el fin de obtener un material más ligero y con mayor resistencia (Carrera & Cevallos Estupiñan , 2017).

Poliestireno

El Poliestireno es un polímero que se obtiene del proceso de polimerización del estireno, existen cuatro grupos importantes los cuales son: el Poliestireno cristal el cual es un sólido transparente, duro y frágil; Poliestireno de alto impacto el cual es más fuerte, no quebradizo y capaz de aguantar impactos sin romperse, Poliestireno expandido el cual es muy ligero y el Poliestireno Espumado el cual se utiliza dentro de las aplicaciones de aislamiento además de que puede mojarse sin perder sus propiedades aislantes (Pérez García & Garnica Anguas, 2017).

Poliestireno expandido

Este tipo de Poliestireno está conformado por el 95% Poliestireno y un 5% gas, principalmente es un pentano que forma burbujas que disminuye la densidad del material. Es muy utilizado como un aislante térmico y acústico.

El Poliestireno expandido tiene inicialmente una textura semi viscosa, para su manufactura se utiliza Poliestireno en forma de esferas al cual se le aplica vapor, este procedimiento llena al Poliestireno de millones de bolsas de aire que ayuda a expandirlo convirtiéndolo en un material de baja conductividad térmica (Pérez García & Garnica Anguas, 2017).



Figura 8. Poliestireno inicial
Fuente: Google, (2019).

El producto final contiene un 90% aire, además presenta una resistencia de hasta 60 psi o más.



Figura 9. Bloques de Poliestireno Expandido.
Fuente: Google, (2019).

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Usos del Poliestireno Expandido (EPS)

El poliestireno expandido es un plástico muy utilizado dentro del sector civil, en especial como aislador térmico y acústico, en capo de fabricación de envases y otras aplicaciones de diversas índoles.

Tabla 4. Usos del EPS

Usos del EPS	
Uso	Características
Aislamiento térmico	Muy útil debido a su gran porcentaje de aire, aproximadamente 98%

Relleno de peso ligero	Puede tener una densidad tan baja como 10 kg/m ³ , que es menos que un 1 % de los suelos y rocas. A pesar de su baja densidad; el material tiene una rigidez tal que soporta vehículos, trenes, aviones y construcciones ligeras
Transmisor de fluidos	Altamente permeable si es cortado adecuadamente para que permita el fluido de líquidos.
Amortigua vibraciones	Su alta rigidez y su baja densidad permiten que amortigüe vibraciones de pequeña amplitud y ruido producido por automotores y trenes.
Inclusión compresible	Al material controla el movimiento de suelo o roca, lo que reduce a su vez la carga sobre la estructura.

Fuente: (Pérez García & Garnica Anguas, 2017).

Elaborado por: Villalta (2022)

2.2.2 Ventajas y desventajas del EPS

A continuación, se describen algunas ventajas y desventajas del poliestireno expandido dependiendo la aplicación de este.

- Bajo peso volumétrico
- Modulo dinámico bajo
- Fácil manejo
- Perfecto aislante
- Resistente a efectos medioambientales
- Resistente al PETróleo o productos derivados
- No produce lixiviación
- Es reciclable

2.2.3 Propiedades físicas y mecánicas del EPS

Densidad

Tabla 5. Densidades del EPS

Clasificación	Tipo													
	I		III	I	X	IV	V	II		III	V	I	II	
Densidad, kg/m ³	2	5	8	2	9	8	8	9	1	6	3	9	5	8

Fuente: (Pérez García & Garnica Anguas, 2017).

Elaborado por: Villalta (2022)

Adsorción

Tabla 6. Adsorción del EPS

Clasificación	Tipo												
	I	III	I	X	IV	V	II	III	V	I	II		
Absorción por inmersión	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.3	.0	.3	.3	.3	.3	.3

Fuente: (Pérez García & Garnica Anguas, 2017).
Elaborado por: Villalta (2022)

2.2.4 Problemas Ambientales asociados al EPS

El poliestireno expandido es un material que contribuye al desarrollo industrial y económico debido a su bajo costo, es utilizado de manera frecuente en muchas industrias, aun así, su origen petrolero es un problema debido a su limitación como recurso no renovable, también de que en su producción se genera un grado de contaminación aportando 2000 millones de toneladas de dióxido de carbono (Carrera & Cevallos Estupiñan , 2017).

Este material es químicamente inerte y no biodegradable, lo cual lo convierte en un material eterno convirtiéndolo en un problema ambiental si no se le da una gestión adecuada. El ciclo de vida del Poliestireno expandido es muy corto debido, aunque es un material de un solo uso, estos tipos de material son desechados y transportados a los rellenos sanitarios ocupando un gran espacio debido a su gran cantidad de aire en su composición. En muchos países el poliestireno representa el 13% de los plásticos desechados llegando a un promedio de 3400 toneladas diarias o 102000 toneladas al mes (Carrera & Cevallos Estupiñan , 2017).



Figura 10. Residuos de EPS
Fuente: Google, (2019).

2.2.5 Polietileno Tereftalato (PET)

Es un material que se caracteriza por su ligereza y resistencia mecánica a la compresión, transparencia y brillo, además de que es muy utilizado en la industria alimenticia para la conservación de alimentos debido a que conserva muy bien el sabor y aroma de los mismos; es 100% reciclable lo cual ha provocado el desplazamiento de materiales como el PVC. Actualmente es muy utilizado en la manufactura de envases de bebidas (Chávez & Smith Londoño, 2021).

El PET es producido a partir del petróleo crudo, un kilo de PET está conformado por el 64% de petróleo, 23% de líquidos derivados del petróleo y 13 % aire (Chávez & Smith Londoño, 2021).



Figura 11. Simbología identificación PET
Fuente: Google, (2018).

2.2.6 Usos y aplicaciones del Polietileno Tereftalato (PET)

En la actualidad hay muchos campos de aplicación del PET de alta calidad, entre las cuales se destacan los siguientes sectores:

Tabla 7. Usos del PET

Usos del PET	
Uso	Características
Envase y empaque	Debido a su gran capacidad de conservación de alimentos y bebidas y otros, se han fabricado envases para bebidas carbonatadas, agua purificada, aceites, cosméticos, detergentes y productos farmacéuticos.
Segmento electro-electrónico	Se usa para la fabricación de películas ultra delgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0.5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores.
Fabricación de fibras	En la industria textil se utiliza para la confección de gran variedad de telas y prendas de vestir. Por su resistencia y baja elongación es utilizado en la elaboración de cerdas de brochas y cepillos industriales.

Fuente: (Chávez & Smith Londoño, 2021)

2.2.7 Ventajas y desventajas del Polietileno Tereftalato (PET)

Los envases PET presentan varias ventajas y desventajas dependiendo en el ámbito en el que se lo aplica, así como también por sus características como se detalla a continuación.

- Ligero: tienen muy poco peso
- Transparencia: dentro de la fabricación de envases es muy útil
- No tóxico: tiene gran resistencia a agentes externos
- Resistencia: tienen muy buena intransigencia química y térmica
- Son reciclables: se pueden reciclar indefinidamente con las características propias del proceso
- Flexibles: presentan gran flexibilidad la cual es equilibrada con su rigidez para un mejor manejo
- Impermeables: forman de buena manera barreras en especial con el agua

2.2.8 Propiedades físicas y mecánicas del Polietileno Tereftalato (PET)

Tabla 8. Propiedades Físicas y Mecánicas del PET

Propiedades físicas y mecánicas del PET		
Propiedad	valor	Unidad
Densidad	1,39	g/cm ³
Temperatura de fusión	255	°C
Elongación a la rotura	15	MPa
Módulo de Elasticidad	-	3.700
Dureza Rockwell	-	M96
Resistencia Dieléctrica	22	KV/mm

Fuente: (Quiñonez , 2021)

2.2.9 Degradación del Plástico

Desde que se comenzó a utilizar el PET en la vida cotidiana se produjeron varias toneladas de plástico anualmente a nivel mundial, el problema aumenta cuando el PET tarda aproximadamente 500 años en descomponerse (Quiñonez , 2021).

Los plásticos en general son materiales no biodegradables, lo que significa que no se degradan por la acción de microorganismos. Cuando los plásticos se degradan solo se generan

trazas más pequeñas que se mantienen en el ecosistema. Si bien los plásticos no presentan un riesgo para el ambiente por su toxicidad, su acumulación es un problema mucho mayor al no ser degradado por el entorno (Quiñonez , 2021).

El crecimiento exponencial de la industria del plástico plantea un problema medioambiental debido a la concentración de plástico en forma de residuo, sabiendo que puede ser convertido y reutilizado, vertido accidentalmente en vertederos. La tapa de los envases PET es un tipo de plástico considerado reciclable (Quiñonez , 2021).

2.2.10 Botellas PET en el Ecuador

El mercado de bebidas envasadas maneja aproximadamente 10,6 millones de dólares americanos mensualmente en el Ecuador. Las embotelladoras que generan ganancias dentro del país son Ecuador Bottling Company (EBC), Embotelladoras Nacionales (Embona), Internacional and Ecuatoriana de Refrescos (Pepsi) y Aje Group, esta última se encarga de embotellar las gaseosas de la compañía Coca Cola, convirtiéndose en el 75 % del mercado de bebidas carbonatadas a nivel nacional (Quiñonez , 2021).



Figura 12. Generación de Plástico en Ecuador
Fuente: Google, (2019).

2.2.11 Vermiculita

La vermiculita es un mineral que consiste en silicatos de aluminio, hierro y magnesio extraídos en depósitos superficiales. La vermiculita tiene propiedades exfoliantes cuando se calienta. La velocidad de exfoliación llega a ser 8 veces su tamaño original y convierte los densos copos metálicos en partículas ligeras y porosas que contienen interminables capas de aire. La vermiculita está ligeramente exfoliada y limpia, tiene un alto valor de aislamiento térmico y acústico, no es inflamable e insoluble en agua y tiene la capacidad de absorber líquidos (Perlindustria , 2018).

2.2.12. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Vermiculita

Tabla 9. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Vermiculita

Propiedades físicas de la Vermiculita	
Color	Marrón
Densidad aparente	100-155 Kg/m ³
Densidad Compactada	120 – 180 kg/m ³
Temperatura de fusión	1260 – 1350 °C
Temperatura de ablandamiento	1150 – 1250 °C
pH	6-9
Absorción de humedad	<10%
Índice de refracción	1,5
Conductividad Térmica	<= 0,04 W/mK a 20°C
Calor específico	0,84 KJ/kgK

Fuente: (Perlindustria , 2018)

2.2.13 Usos de la Vermiculita

Este mineral tiene una amplia variedad de usos por sus características térmicas y otras, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes.

- Sustrato en cultivos hidropónicos
- Aislante térmico para chimeneas y calderas
- Absorbentes de humedad y otros contaminantes Líquidos
- Alimento para animales

2.2.14 Composición química de la Vermiculita

Tabla 10. Composición química de la vermiculita

Composición Química	
SiO ₂	35-41%
Al ₂ O ₃	6-10%
K ₂ O	3-6%
MgO	21-26%
Fe ₂ O ₃	6-10%
CaO	2-6%

Fuente: (Perlindustria , 2018)

2.2.14 Reciclaje

Existen diversas técnicas de reciclaje que ayudan a prolongar la vida útil de los desechos, entre los cuales se menciona alternativas de tratamientos primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios. Cada uno tiene una metodología diferente (Jhorman Leonardo & Laura Cristina , 2021).

Tratamiento Primario

Este tratamiento también conocido como re-extrusión es un tipo de reciclaje in situ, se realiza cuando se ingresa residuos, cortes y rebanadas que se agregan al proceso productivo o de extrusión (Jhorman Leonardo & Laura Cristina , 2021).

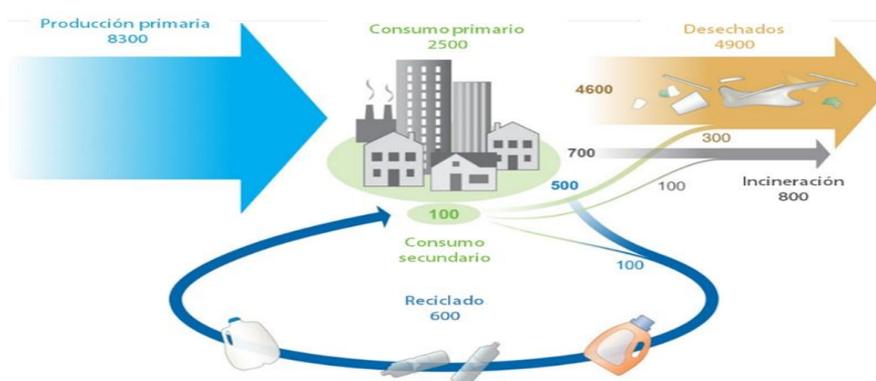


Figura 13. Reciclaje Primario.

Fuente: Google, (2019).

Tratamiento secundario

Es un tipo de tratamiento mecánico en el cual los desechos son utilizados en la fabricación de otros productos. Este tipo de reciclaje consta de trituración, remoción de contaminantes, lavado, secado, aglutinado, extrusión (Jhorman Leonardo & Laura Cristina , 2021).

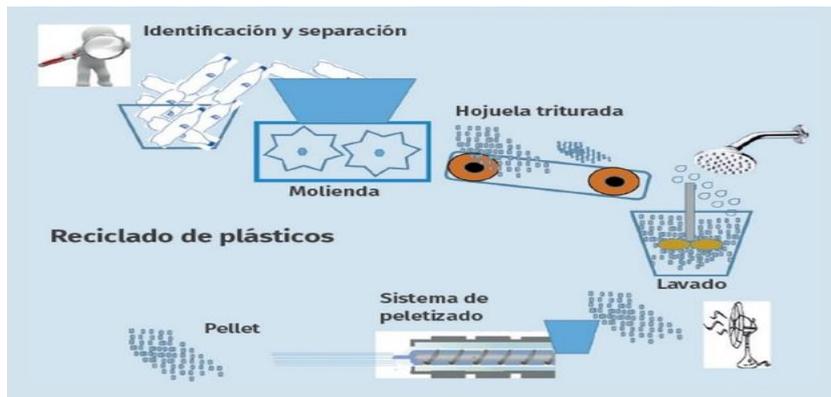


Figura 14. Reciclaje secundario.
Fuente: Google, (2019).

Tratamiento terciario

Este tipo de reciclaje es de forma química el cual implica cambios en la estructura química del material, en esta técnica no se requiere los procesos de purificación, además permite la utilización de estos desechos como materia prima para la producción del mismo material y material de diferentes características en su estructura. Este tipo de tratamiento realiza una descomposición química del polímero con el fin de obtener monómeros de partida o mezcla de hidrocarburos para su empleo como combustibles y otros usos (Jhorman Leonardo & Laura Cristina , 2021).



Figura 15. Reciclaje terciario.
Fuente: Google, (2019).

Tratamiento cuaternario

Este tipo de reciclaje recupera directamente la capacidad calorífica de los desechos cuya composición se basa en la presencia de carbono e hidrogeno, esto hace que liberen mucha energía durante la combustión. Este calor liberado también puede ser transformado en energía mecánica, eléctrica u otro que requiera de calor (Jhorman Leonardo & Laura Cristina , 2021).

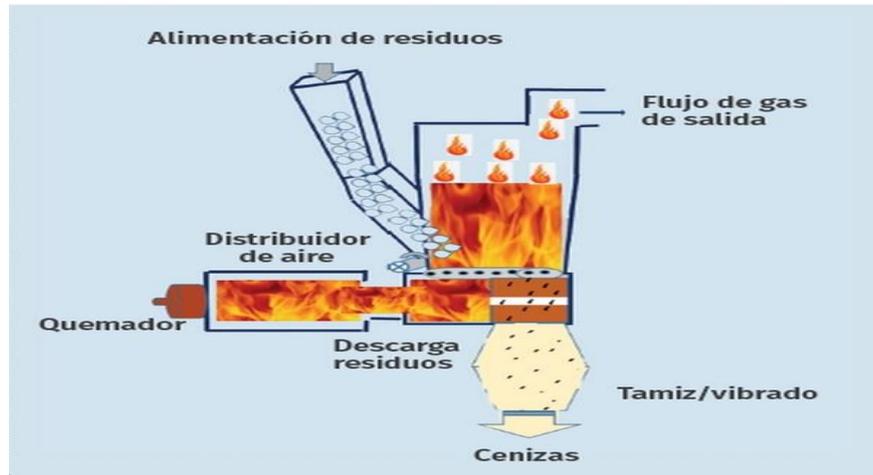


Figura 16. Reciclaje cuaternario.

Fuente: Google, (2019).

2.2.15 Economía Circular

En la actualidad los desechos son vistos como recursos que vuelven a los ciclos productivos por lo que la economía circular es un gran aliado para la consecución de este fin. La economía circular propone un cambio a lo ya tradicional “reducir, reutilizar y reciclar” por un cambio más profundo que incluye la disminución del impacto generado por las actividades antropogénicas en un entorno natural, esta economía se enfoca en generar beneficios en la sociedad desconectado de forma gradual la actividad económica del consumo de recursos no renovables y la planificación de la eliminación de residuos en el sistema (Gallardo Lastra, 2020). Para ello se presenta tres principios:

- Diseñar sin residuos ni contaminación
- Mantener productos y materiales en uso
- Regenerar sistemas naturales

Este sistema menciona que existe un consumo solo en los ciclos biológicos en donde los materiales orgánicos son de fin alimenticio y al finalizar terminan su ciclo mediante la biodegradación anaeróbica. Los ciclos técnicos en cambio recuperan los componentes y materiales a través de estrategias de recuperación y re-manufactura (Gallardo Lastra, 2020).

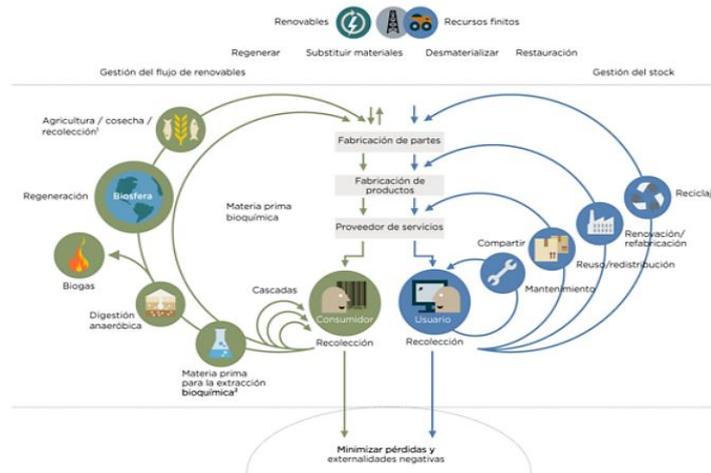


Figura 17. Economía Circular
Fuente: Google, (2019).

2.2.16 Análisis de ciclo de vida

A través de los estudios de ACV se puede identificar que impacto es más significativo o que etapa del ciclo de vida de un producto es el más contaminante; constituye una metodología que compara materiales o procesos alternativos que cumplen una misma función. Para lograr eso es necesario saber el concepto de entradas y salidas de un sistema, las entradas son materiales, agua y energía requerida para la fabricación de un producto (Gallardo Lastra, 2020).

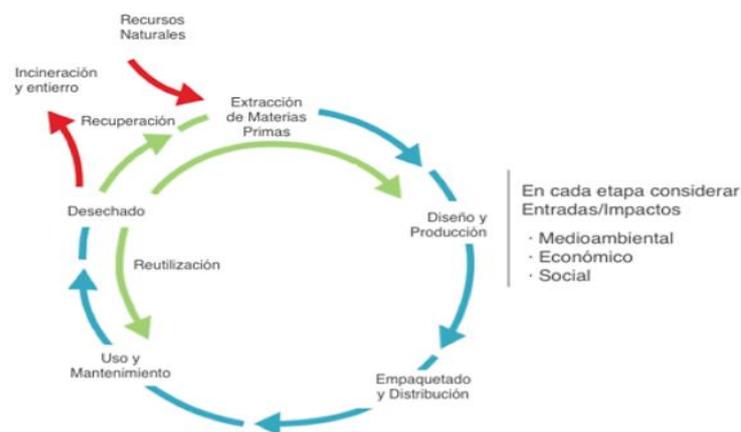


Figura 18. Análisis de Ciclo de Vida.
Fuente: Google, (2019).

2.2.17 Construcción sostenible

Este tipo de construcción es aquella que realiza un compromiso con el ambiente, mediante el uso de materiales alternativos y eco-eficientes en el campo de la construcción. Para lograr eso se sigue algunos principios que se detallan a continuación:

- Reutilización de recursos
- Conservación de recursos
- Utilización de elementos estructurales elaborados a partir de desechos reutilizables
- Correcta gestión de desechos generados y gestión adecuada del ciclo de vida del material utilizado
- Disminución de emisiones tóxicas dentro del proceso productivo de fabricación de elementos para la construcción
- Reducción de consumo de energía
- Protección del medio ambiente

La construcción es un medio de desarrollo para todas las sociedades el cual implica también un agotamiento natural y uso irresponsable de los recursos naturales. Este problema abre varias oportunidades de investigación para encontrar alternativas de materiales amigables con el medio ambiente (Ovalle Córdoba, 2020).

En muchos países desarrollados existen políticas estandarizadas que ayudan con esta idea de construcción sostenible, existen una variedad de sistemas aplicados en la construcción civil enfocadas a las viviendas unifamiliares básicas (Ovalle Córdoba, 2020).

La construcción sostenible pretende hacer que las sociedades sean más respetuosas con el medio ambiente e incluso incrementar la calidad de vida de las personas. Muchas industrias han incorporado numerosos materiales sostenibles en donde se incorpora tecnologías que mejoran su funcionamiento y valor sostenible (Ovalle Córdoba, 2020).

Este tipo de construcción presenta varias ventajas económicas y ecológicas entre las cuales se pueden mencionar las siguientes.

- Costes iniciales en donde las edificaciones que aplican este tipo de construcción cuestan lo mismo e incluso menos que con el método de construcción tradicional.
- El consumo de energía es menor
- El poder como materias primas los desechos que pueden presentar un problema ambiental.

2.3. MARCO LEGAL

2.3.1 Normativa General

Para la elaboración de los bloques alivianados se debe tomar en consideración las especificaciones técnicas, leyes, normas y reglamentos que están vigentes en el Ecuador y que se encuentran publicados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15. Esta norma es obligatoria dentro del ámbito de construcción civil, además se toma en consideración las normas INEN.

- NTE INEN 2619 (Bloques huecos de hormigón, unidades relacionadas y prismas para mampostería).
- NTE INEN 152 (Cemento portland)
- ASTM C617 (Practica estándar para capsulas cilíndricos especímenes de concreto)
- NTE INEN 488 (Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la comprensión de morteros en cubos de 50 mm de arista)
- ASTM C1314 (Método de prueba estándar para resistencia a la comprensión de la mampostería Prismática)

CAPÍTULO III

3.1 MARCO METODOLÓGICO

3.1.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de esta investigación se considera un tipo de investigación experimental con enfoque cuantitativo, ya que se pretende comparar un bloque tradicional de hormigón convencional con el nuevo bloque añadiendo como agregado el poliestireno, PET y vermiculita, llevando a cabo ensayos para determinar sus propiedades.

Behar (2008), explica que la investigación experimental se fundamenta en el seguimiento de un protocolo, y la manipulación de variables determinadas y cuantificables, que de acuerdo a los resultados se puede aprobar o rechazar la hipótesis planteada. Al experimentar con las variables se deberá realizar una manipulación contralada, con el objetivo de tener resultados correlacionado entre variables, para ello, se realizarán en los laboratorios pruebas de rotura de los bloques para comprobar su resistencia a la compresión y se estudiar los resultados de las diferentes dosificaciones de los materiales según los objetivos planteados.

3.2 Metodología de la investigación

Investigación experimental

La investigación es experimental cuando se verificará la hipótesis mediante un procedimiento intencionado por parte del investigador, asegurándose que las manipulaciones de las variables independientes tengan un efecto en el comportamiento de la variable dependiente. La investigación es de tipo experimental puesto que se debe elaborar un grupo de bloques mediante adiciones en porcentaje de poliestireno, PET y vermiculita, así determinar y comparar la resistencia a compresión mediante ensayos en el laboratorio.

Investigación Descriptiva.

La investigación descriptiva indaga, determina y selecciona las características fundamentales del objeto en estudio para futuros resultados. Esta investigación es descriptiva debido a que se investiga y describe todas las características y propiedades que concierne a la elaboración de bloques y el uso de los materiales alternativos, además se detalla los eventos y resultados que se producen en el proceso de investigación.

Investigación de laboratorio.

Una investigación experimental de laboratorio influye en casi todas las variables independientes, permiten mantener un control y dar validez externa del objeto en estudio. La investigación es de laboratorio ya que se necesita determinar las características y propiedades de los agregados y materiales para la elaboración de bloques, así mismo se requieren de equipos para realizar los ensayos, de tal modo se pueda obtener y mostrar resultados verídicos.

3.3 Técnicas

Ensayos de Laboratorio: Las técnicas que se han utilizado en este proyecto de investigación fueron diseño de la mezcla y ensayos de resistencia a la compresión de bloques utilizando poliestireno, PET y vermiculita.

- Diseño de mezcla
- Bloques de hormigón. requisitos y métodos de ensayo (INEN 3066)
- Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39

3.4 Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron:

- Equipos usados en el laboratorio de mecánica de suelo y concreto

RUFILIN

- Balanza electrónica digital
- Balanza mecánica
- Tara
- Molde
- Tizón
- Equipo de presa hidráulica (ensayo a compresión)
- Formatos de laboratorio elaborados por los autores del proyecto
- Fichas de observación

Siendo el caso del presente proyecto de titulación, que emplea objetivos relacionados con la recopilación de información, propiedades de los materiales, teoría y los estándares del tema, normas, donde se buscará principalmente obtener las características físicas y mecánicas de los bloques según las diferentes dosificaciones, el análisis e informe de las muestras con los resultados de la observación de los experimentos y los establecidos en las normas y reglamentos, con la finalidad de comprobar si cumplen con lo especificado en la NORMA NTE INEN 638 y 3066 y su costo beneficio.

Para su efecto se analizarán diferentes dosificaciones tomando en cuenta como diseño de partida la del bloque tradicional, para nuestro prototipo de bloque se ha considerado disminuir la piedra chispa y compensar agregando el poliestireno, PET y vermiculita a la mezcla del mortero.

3.5 Población

Una población es el conjunto de todos de elementos que se quiere investigar, estos elementos pueden ser objetos, acontecimientos, situaciones o grupo de personas, los cuales concuerdan con una serie de especificaciones planteadas por el investigador. Es necesario establecer con claridad las características de la población, con la finalidad de delimitar cuáles serán los parámetros muestrales (Hernández y otros, 2014).

La población de la investigación de nuestro proyecto está constituida por bloques elaborados con arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita en el laboratorio, considerando diferentes proporciones de los materiales empleados, para luego evaluar su dosificación y resistencia de cada prototipo de bloque, para ser utilizados en la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Guayaquil.

Para esta investigación la población será la cantidad de bloques a estudiar, la cual se basó en la norma INEN 3066, que explica el número mínimo de bloques a ensayarse por la prueba de absorción, en donde son 3 bloques, y para el ensayo de resistencia a la compresión según la norma ASTM C39 son 3 bloques. Por tanto, según la norma se requieren mínimo 3 bloques por cada muestra, aumentando 9 bloques más considerando el periodo de rotura de cada espécimen, para tener mayor información con la que se pueda comparar y tener valores más representativos. Se muestreó un total de 45 bloques con diferentes dosificaciones de arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita.

3.6 Muestra

La muestra es un subconjunto de casos de una población la cual se refiere a la parte pequeña y representativa del total, la cual será objeto de estudio o análisis, y se puede clasificar en probabilística y no probabilística; el presente trabajo presenta una muestra no probabilística, en la cual la elección de los elementos no depende de la probabilidad, es decir que no se sigue una metodología para su cálculo, sino es determinada según los propósitos del investigador mediante criterios de selección usando discriminantes (Hernández y otros, 2014).

Tabla 11. Tabla comparativa muestra población y cantidad de bloques a ensayar.

Bloques a comparar (Diferente dosificación)	Cantidad de ensayos de bloques			Total
	7 días	14 días	28 días	
Bloque tradicional BT-1	3	3	3	9
Bloque prototipo muestra No. 1	3	3	3	9
Bloque prototipo muestra No. 2	3	3	3	9
Bloque prototipo muestra No. 3	3	3	3	9
Bloque prototipo muestra No. 4	3	3	3	9
TOTAL				45

Elaborado por: Villalta (2022)

3.7 Procedimiento de recolección de datos

Una vez seleccionado el diseño de investigación apropiada y la muestra adecuada, según con el problema materia de estudio e hipótesis, en la etapa siguiente se recolectan los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo, análisis o casos. La recopilación de datos implica el desarrollo de un plan de proceso detallado que nos permita recopilar datos para un propósito particular. (HERNANDEZ, 2014)

Para nuestro proyecto de investigación, en la etapa inicial se realizó el acopio de la arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, se analiza y verifica el estado de dichos materiales, en caso de ser necesario se realiza el proceso de secado de los materiales que serán usados en la mezcla de hormigón para la elaboración del bloque, una vez establecida la dosificación de un bloque tradicional, se procede a dosificar en diferentes proporciones los materiales a emplear en la elaboración de los 4 prototipos de bloques, para evaluar su resistencia con la del bloque tradicional, siempre disminuyendo la cantidad de los

agregados tradicionales (piedra chispa) y aumentado las cantidades de poliestireno, PET y vermiculita.

Una vez elaborado los bloques se procede a la toma de pruebas a la compresión en el laboratorio, todos estos ensayos de acuerdo a lo establecido en los procedimientos técnicos y normas vigentes, así como también, las fechas de la obtención de los bloques, para las respectivas pruebas de resistencia a la compresión axial ASTM C39

3.8 Análisis de resultados

Los resultados de los ensayos de densidad, absorción y resistencia a la compresión simple de los bloques tradicionales y los bloques alivianados en todas sus dosificaciones se reflejarán en las tablas y gráficos, los cuales detallaran los datos para su respectivo análisis; los registros fotográficos más importantes se los colocará en el capítulo de propuesta, y los demás se los pasará a los anexos.

3.8.1. Elaboración de las muestras

- Como primera fase, se determinó las dosificaciones de cada muestra, realizando un total de 45 bloques, incluidos los bloques con dosificación tradicional.
- Posteriormente se elaboró las muestras, donde las materias primas arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, son separadas en taras y puestas en un recipiente amplio.
- Las materias primas son colocadas en un molde amplio donde son pesadas en la balanza electrónica de acuerdo a la dosificación determinada para cada bloque.
- Una vez pesado la materia prima se procede a realizar a mezclar los materiales.
- Se procede a verter agua y mezclar hasta obtener una masa homogénea y consistente de los agregados. que permita la trabajabilidad del hormigón.
- Se moldea los bloques tan cerca como sea posible del lugar donde van a hacer almacenados durante las primeras 24 horas. El molde metálico debe estar libre de residuos de materiales antes empleados, además antes del llenado con una brocha se cubre la parte interior del molde con una película de desencofrante no reactivo para evitar que el hormigón se adhiera al molde.

- A continuación, se debe verter la mezcla en el molde metálico, de manera proporcionada, compactándolas a medida que se agregan las capas, cuyo espesor oscilará entre el 10% y el 20% de la altura del molde. La compactación debe resultar en un material sin excesiva segregación, ni aparición de flujo de lechada en exceso.

- Cada capa será compactada con el tizón, se realiza golpes para que se vaya asentando el hormigón de manera uniforme. El hormigón residual sobre la parte superior del molde será retirado mediante el uso de una llana de acero, nivelando cuidadosamente la superficie verificando que la mezcla haya quedado correctamente vertida sobre el molde.

- Una vez elaborado los bloques se mantendrán en el molde al menos 16 horas, protegidas de impactos, vibraciones y deshidratación, a una temperatura entre $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en climas cálidos), con la finalidad de fraguar de manera natural.

- Se procede con el curado de los bloques, en donde son retirados del molde, se enumera y coloca fecha de elaboración. Los bloques deben sumergirse en agua saturada con hidróxido de calcio a una temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, o en una cámara a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa 95%, por un periodo de 24 horas.

3.8.2. Ensayo de absorción y densidad

El ensayo de absorción se realiza siguiendo los procesos de saturación y secado

Saturación.

- Las unidades para ensayar deben estar sumergidas por completo en agua a una temperatura 16°C y 27°C , por un lapso de 24 a 28 horas antes del ensayo.

- Se procede sacarlas del agua y se deja escurrir durante 60 segundos sobre la malla metálica, se retira el agua visible de la superficie empleando un paño húmedo.

- Se determina la masa de cada unidad completamente sumergida, y se registra este valor como M_s (masa de la muestra sumergida).

- Este procedimiento se lo repite cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %.

El secado

- Luego de determinar la masa saturada de las unidades ensayadas, se procede a secarlas en un horno ventilado, entre 100°C y 115 °C.
- Se pesan las unidades cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre las dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %. Se registra el resultado como M_d (masa de la muestra seca al horno).

3.8.3. Ensayo de resistencia a la compresión simple

- La muestra para los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques debe estar compuesta por tres unidades en perfectas condiciones, enteros y sin defectos.
- Los bloques son ubicados en la máquina de prueba, donde son sometidos a diferentes cargas ascendentes hasta llegar a su fallo o ruptura.

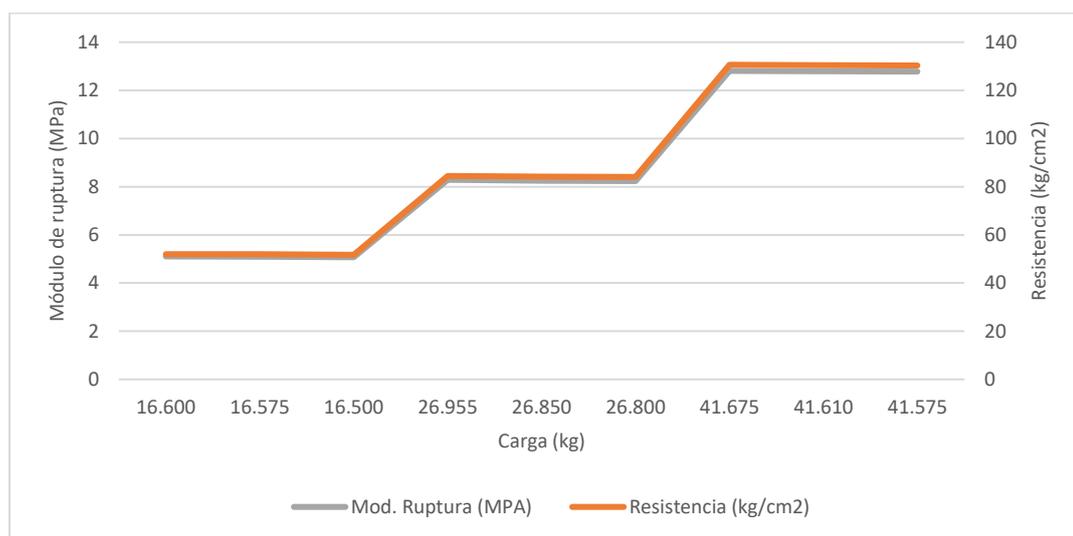


Gráfico 1. Comportamiento de la resistencia del Bloque Tradicional (BT-1).
Elaborado por: Villalta (2022)

El gráfico 1 presenta el comportamiento del bloque tradicional (BT-1) en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 16,6 kg, presentando una resistencia de 30 kg/cm²; la carga máxima soportada fue 41,57 kg, presentando una resistencia de 130 kg/cm² y un módulo de rotura de 12MPa.

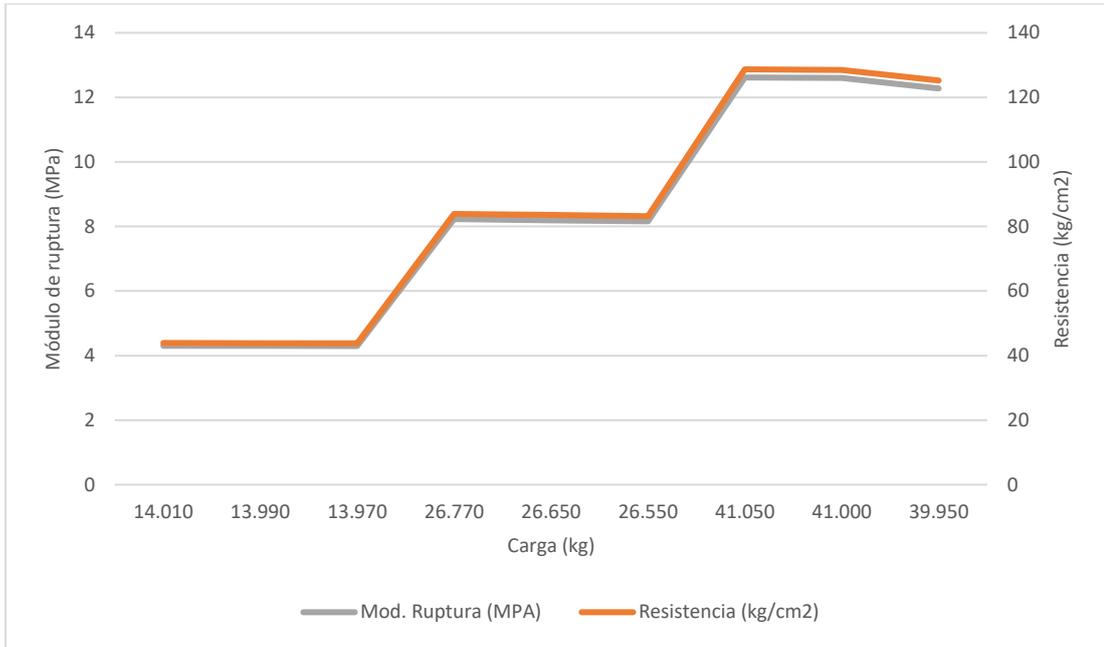


Gráfico 2. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (1)
Elaborado por: Villalta (2022)

El gráfico 2 presenta el comportamiento del prototipo 1 en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 14,01 kg, presentando una resistencia de 43,92 kg/cm²; la carga máxima soportada fue 39,9 kg, presentando una resistencia de 125,24 kg/cm² y un módulo de rotura de 12MPa.

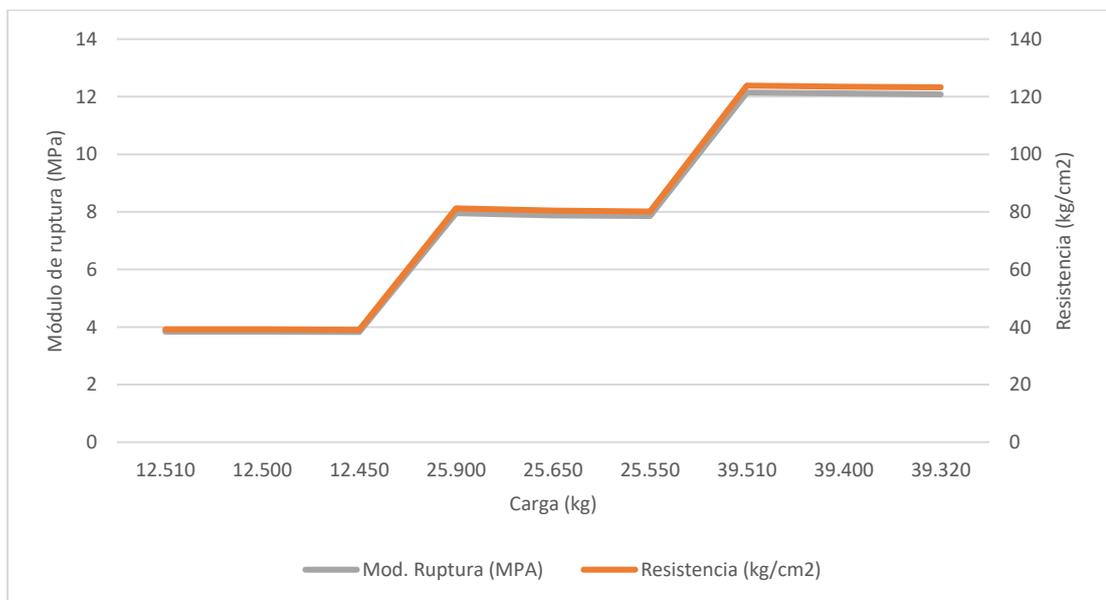


Gráfico 3. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (2).
Elaborado por: Villalta (2022)

El gráfico 3 presenta el comportamiento del prototipo 2 en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 12,51 kg, presentando una resistencia de 40 kg/cm²; la carga máxima soportada fue 39,32 kg, presentando una resistencia de 123 kg/cm² y un módulo de rotura de 12MPa.

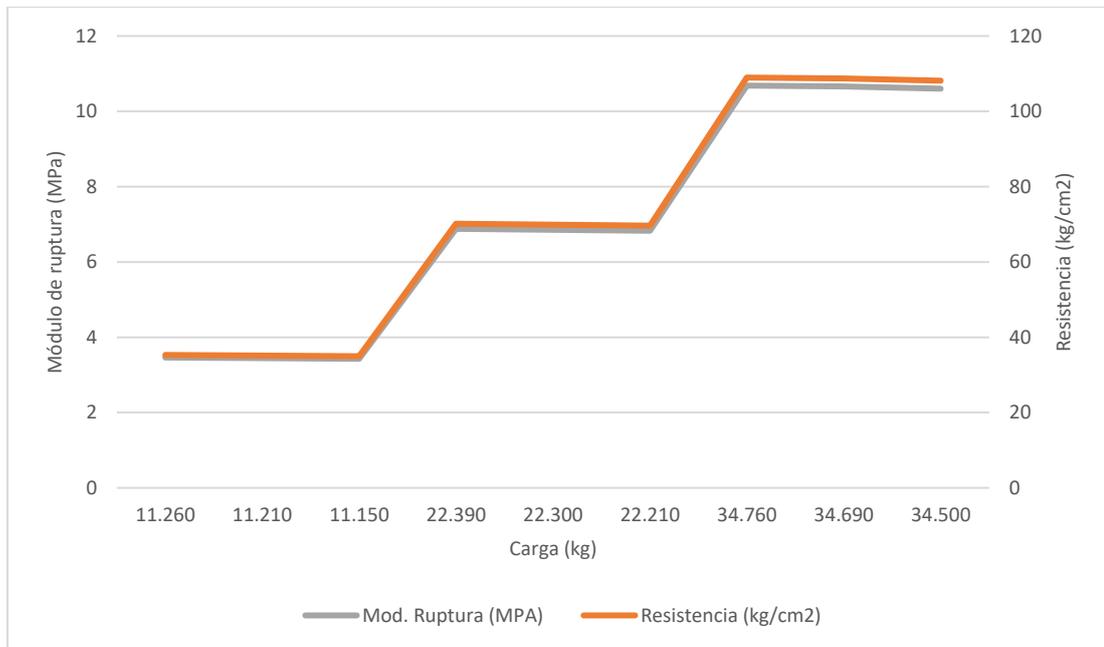


Gráfico 4. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (3).
Elaborado por: Villalta (2022)

El gráfico 4 presenta el comportamiento del prototipo 3 en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 11,26 kg, presentando una resistencia de 35,30 kg/cm²; la carga máxima soportada fue 34,5 kg, presentando una resistencia de 108,15 kg/cm² y un módulo de rotura de 10MPa.

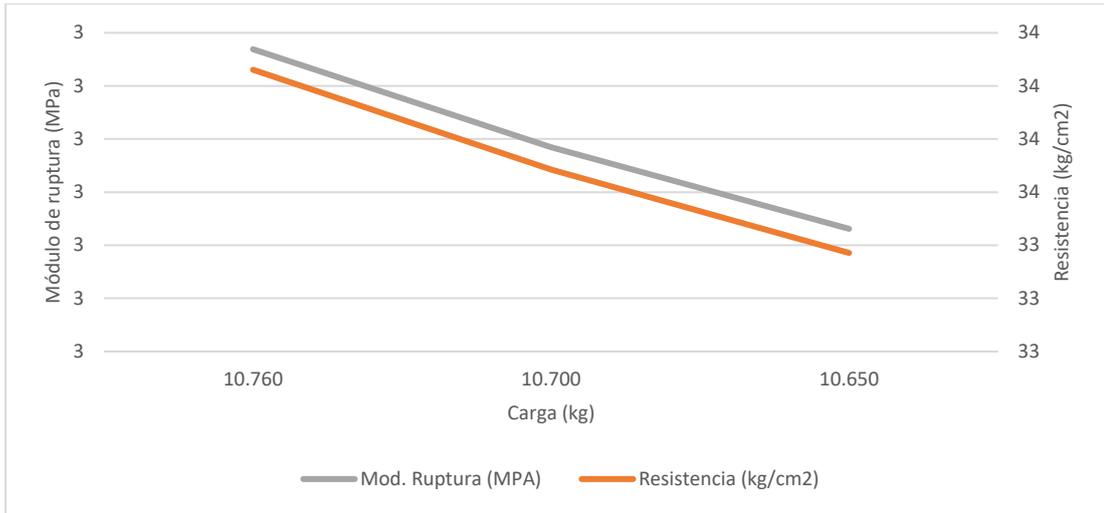


Gráfico 5. Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (4).
Elaborado por: Villalta (2022)

El gráfico 5 presenta el comportamiento del prototipo 4 en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 10,76 kg, presentando una resistencia de 33,73 kg/cm²; la carga máxima soportada fue 30,85 kg, presentando una resistencia de 96,71 kg/cm² y un módulo de rotura de 9,48MPa.

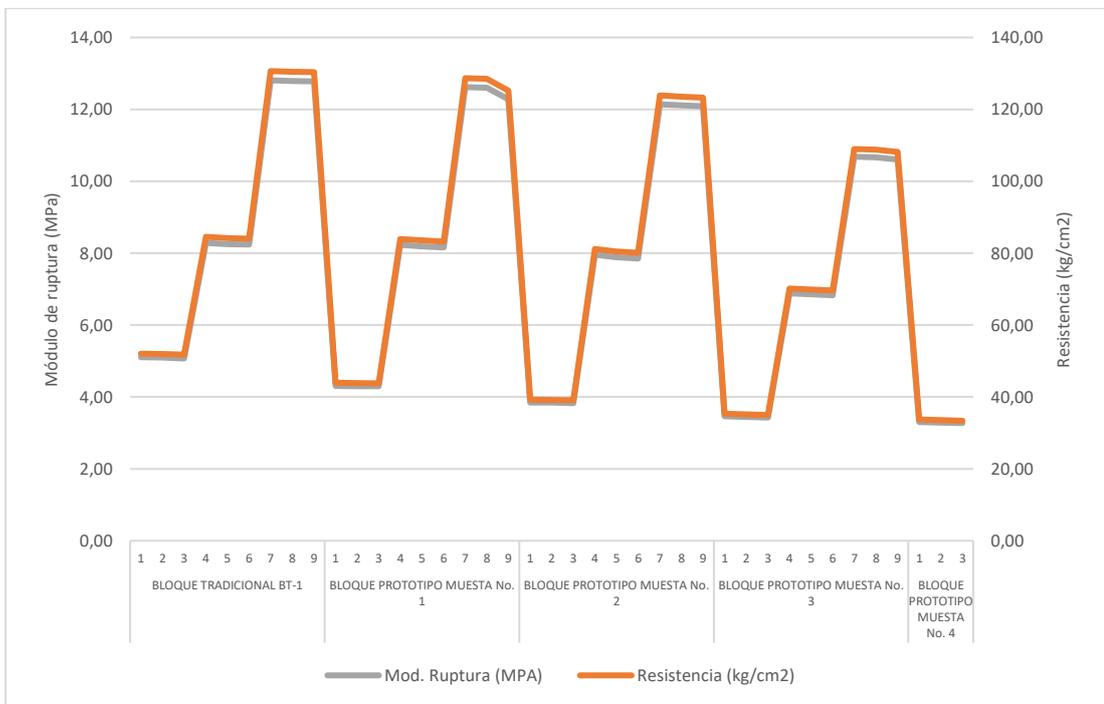


Gráfico 6. Comportamiento de la resistencia de todas las muestras.
Elaborado por: Villalta (2022)

Como se puede observar el gráfico 6, los bloques que presentaron mayor módulo de ruptura fueron el bloque tradicional (BT-1) y el bloque prototipo 1. En el primer caso, la resistencia mínima fue de 5,10 MPa y máxima de 12,78 MPa. El prototipo 1 presentó un módulo de ruptura mínimo de 4,31 MPa, y un valor máximo de 12,28 MPa. El resto de los prototipos presentaron valores bajos, siendo el prototipo 4 el de menor valor la resistencia mínima fue de 3,31 MPa y un valor máximo de 9,48 MPa.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA

4.1 Propuesta

Considerando que en nuestro país no existe una normativa sobre el tipo de bloque propuesto, empleando el poliestireno, PET y vermiculita, es necesario tomar como punto de partida la dosificación de un bloque tradicional compuesto con los materiales arena, piedra chispa, cemento y agua con el que se realizará los procesos de ensayos de compresión, absorción y costos de los mismos para su respectiva comparación y lograr un bloque que cumpla con las normas establecidas del (NET INEN 3066, pág. 2, 2016).

Para su efecto se analizarán diferentes dosificaciones tomando en cuenta como diseño de partida la del bloque tradicional, para nuestro prototipo de bloque se ha considerado disminuir la piedra chispa y compensar agregando el poliestireno, PET y vermiculita a la mezcla del mortero.

Para cumplir con los objetivos generales y específicos de esta investigación se realizaron los siguientes procedimientos.

Se elaboró un bloque tradicional cuyas medidas son longitud 40 cm altura 20 cm espesor 10 cm utilizando arena, piedra chispa, cemento y agua.

Por medio de ensayos de laboratorio se analizó la resistencia de cada bloque elaborado con arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, utilizando diferentes dosificaciones y se compara la resistencia con el bloque tradicional que se encuentra establecida por el (NTE INEN 3066, pág. 2, 2016).

Este proyecto de investigación de tipo experimental que se ha desarrollado en el Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffili de la ciudad de Guayaquil. Los resultados de los ensayos de compresión de los bloques se compararán de acuerdo a la tabla INEN.

Tabla 12. Clasificación de los bloques huecos de hormigón y resistencia mínima a la compresión.

Tipo	Uso	Resistencia mínima a la compresión (MPa)* a los 28 días.
A	Paredes exteriores de carga, sin revestimiento.	6
B	Paredes exteriores de carga, con revestimiento. Paredes interiores de carga, con y sin revestimiento.	4
C	Paredes divisorias exteriores, sin revestimiento.	3
D	Paredes divisorias exteriores, con revestimiento. Paredes divisorias interiores, con y sin revestimiento.	2.5
E	Losas alivianadas de hormigón armado.	2

1MPa=10.20 kg/cm².

Fuente: (Civil, 2019)
Elaborado por: Villalta (2022)

Actualmente el INEN modifico la norma INEN 639, por la actual INEN 3066, en la cual el cuadro de los tipos de resistencia mínima a la compresión simple se redujo a lo siguiente:

Tabla 13. Tipos de resistencia mínima a la compresión simple.

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

1 MPa = 10,2 kg/cm²

Fuente: (Civil, 2019)
Elaborado por: Villalta (2022)

4.2 Proceso para la Elaboración de Bloques

En nuestro medio los bloques elaborados de manera artesanal tienen un proceso de elaboración poco regularizado, es decir, cumplen con muy poco control de calidad y su

producción es menor que la industrial. Existen varios lugares donde se elaboran bloques de hormigón de manera artesanal, con la finalidad de satisfacer en menor escala la demanda del sector de la construcción, actualmente en nuestro país no existen empresas dedicadas a la fabricación artesanal de los bloques donde incluyan como parte de sus agregados poliestireno, PET y vermiculita.

Bloques para mampostería.

Un bloque de hormigón es una “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 3066, pág. 2, 2016). Por otro lado (Centero & Rodríguez, 2018) complementan que, en un bloque prefabricado de hormigón, el área neta es menor en un 75% o más del área bruta y las dos secciones son medidas en un mismo plano paralelo a la celda hueca del bloque.

Partes del bloque.

En la Figura 23 se puede apreciar la nomenclatura de las partes de un bloque de hormigón donde “ l ” es el largo, “ a ” el ancho, “ h ” la altura, “ E_p ” el espesor de la pared, el cual debe ser el mismo en los dos extremos del bloque y “ E_t ” el espesor del tabique interior y exterior. (Ver figura 23)

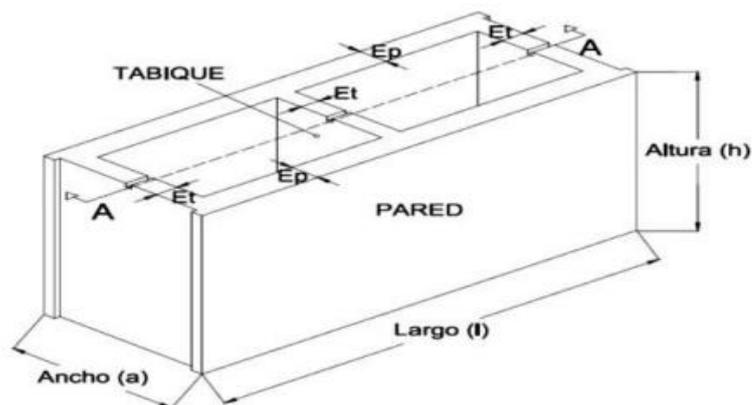


Figura 19. Partes de un bloque.
Elaborado por: Villalta (2022)

Medidas para la elaboración del bloque.

Para nuestro proyecto de titulación se elaboró un bloque con las siguientes medidas, longitud 40 cm, altura 20 cm, espesor 10 cm, y comprende 3 huecos en su interior. (Ver figura 24)

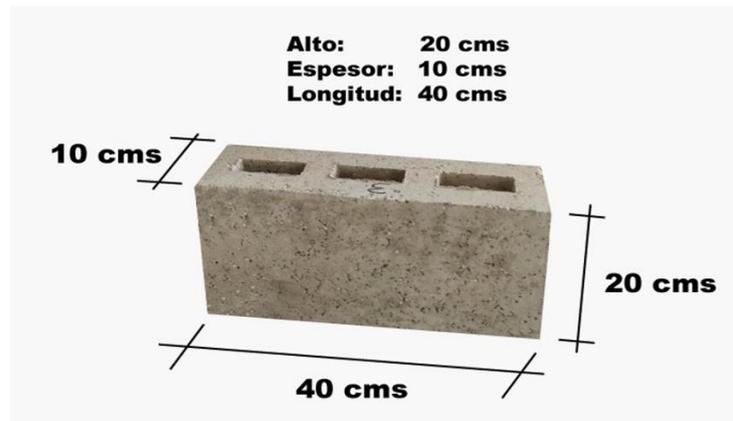


Figura 20. Dimensiones de un bloque.
Elaborado por: Villalta (2022)

Materias primas para la elaboración del bloque.

Las materias primas para la elaboración de nuestro bloque del proyecto de titulación son, arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita. El hormigón a utilizarse en la elaboración del boque estará regido con los siguientes materiales, según la norma INEN 638.

- Cemento portland, que cumpla la norma INEN 152, “Cemento portland. Requisitos” y la norma INEN 1548, “Cemento portland especial. Requisitos”.
- Áridos finos (arena), que cumpla con la norma INEN 872, “Áridos para hormigón. Requisitos”.
- Áridos grueso (piedra chispa), que cumpla con la norma INEN 872, “Áridos para hormigón. Requisitos”.
- Agua dulce limpia, que cumpla con la norma INEN 2169, “Calidad de agua, muestreo, manejo y conservación de muestras”.
- El poliestireno expandido es un material plástico espumado, derivado del poliestireno usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo. Dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia, tales como envases de alimentos, aditamentos de construcción y equipos de laboratorio.



Figura 21. Poliestireno.
Fuente: Villalta (2022).

➤ El plástico PET o polietileno tereftalato-poliéster, es un polímero plástico que se obtiene a partir del etileno y el paraxileno. Es utilizado para fabricar botellas y otros objetos, constituye uno de los elementos reciclables más usados en todo el mundo, cada vez son más los productos envasados en este material debido a sus cualidades: irrompibles, económico, liviano, impermeable y reciclable; además, desde el punto de vista ambiental, el PET es la resina con mejores características para el reciclado.

La pelletización del plástico es el proceso de comprimir o moldear un material en forma de una bolita. Los pellets plásticos típicamente tienen forma de aspirina y son producidos en una cortadora de placa o son cilindros en ángulo recto que se fabrican en una línea de cadenas o hebras. De cualquier manera, ellos son la opción de material preferido para moldeo por inyección, extrusión de perfiles, y mezcladores que reintroducen recuperados de desperdicios en los procesos con material virgen.



Figura 22. PET petelizado.
Fuente: Villalta (2022).

4.3 Técnica de la Dosificación

El objetivo de este proyecto de investigación es analizar y comparar diferentes dosificaciones aumentando y disminuyendo los materiales, para elaborar los bloques. Este proceso consiste en ir disminuyendo la piedra chispa por los materiales poliestireno, PET y vermiculita.

Para ello se ha considerado partir la dosificación de un bloque tradicional ya que se cuenta con el diseño exacto para la elaboración de 15 bloques.

4.4. Descripción del Proceso de Elaboración del Bloque en el Laboratorio

La elaboración de los bloques y ensayos de compresión se los realizará en el Laboratorio Dr. Ing. Arnaldo Ruffili de la ciudad de Guayaquil.

- **Dimensión del bloque.**

Para nuestro proyecto de titulación se elaboró un bloque con las siguientes medidas, longitud 40 cm, altura 20 cm, espesor 10 cm.

- **Material para la elaboración del bloque.**

Las materias primas para la elaboración del bloque, arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita.

4.5 Dosificaciones utilizadas para la elaboración de cada bloque.

- **Dosificación diseño de mezcla modelo para bloque tradicional.**

Para la elaboración de los bloques ha considerado un diseño de mezcla modelo de un hormigón convencional de resistencia a la compresión de 24 MPa, partiendo como base para la comparación de las mezclas con los distintos porcentajes de poliestireno, PET y vermiculita.

La mezcla modelo nos permitirá determinar cómo afecta a la resistencia a la compresión del hormigón luego de ser sustituidos en diferentes porcentajes de peso con relación al agregado grueso, manteniendo constantemente el valor de la relación agua/cemento.

En la tabla 16 se expresan los materiales y sus porcentajes de peso para un saco de 50 kg de cemento como resultado del diseño para dosificación.

Tabla 14. Descripción de la dosificación para bloque tradicional.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	50,00	Kg
Arena	76,70	Kg
Piedra	115,00	Kg
Agua	28,50	Kg
Cantidad de material (15 bloques)		

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación del diseño de mezcla modelo permitirá elaborar 15 bloques tradicionales.

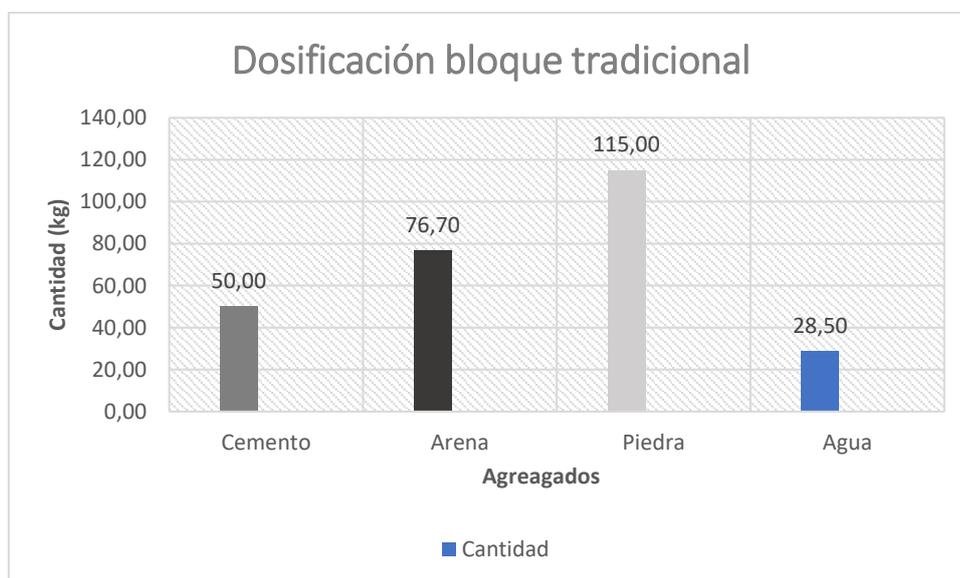


Gráfico 7. Dosificación del bloque tradicional.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

- **Dosificación de mezcla modelo para elaborar un bloque tradicional.**

Tomando como base inicial la dosificación de la mezcla de un hormigón convencional de resistencia a la compresión de 24 MPa, se ha procedido a dividir para el número de bloques que rinde las cantidades descritas en la tabla 15, como resultado se obtuvo la siguiente dosificación:

Tabla 15. Descripción de la dosificación para elaborar un bloque tradicional.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3,33	Kg
Arena	5,11	Kg
Piedra	7,67	Kg
Agua	1,98	Kg
Cantidad de material por cada - bloque		

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación descrita en la tabla 15 nos permitirá elaborar un bloque tradicional.

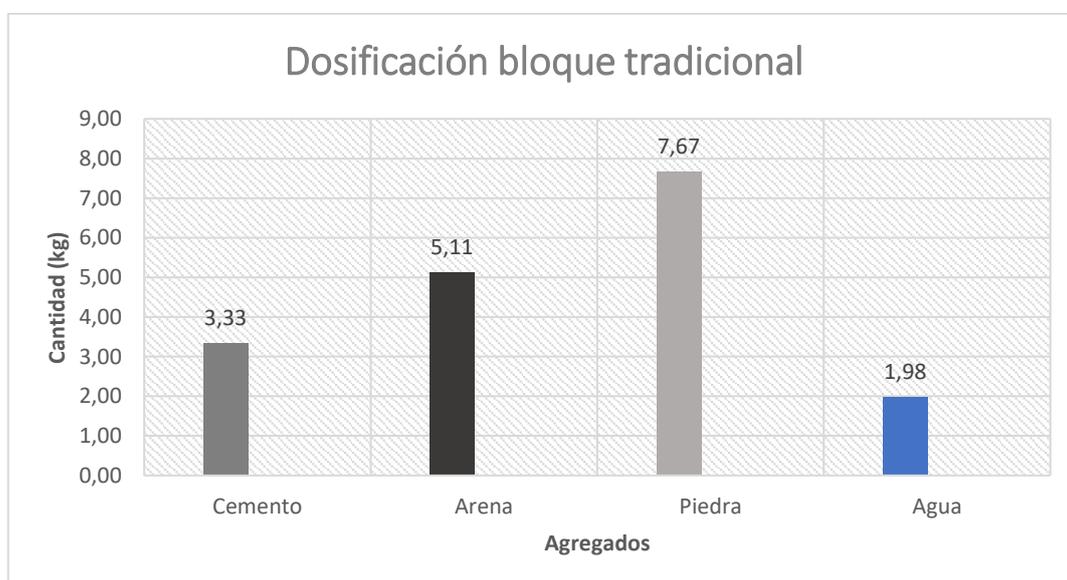


Gráfico 8. Dosificación del bloque tradicional.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

- **Dosificación de bloque 1.**

Para la elaboración del bloque prototipo no. 1 se ha considerado modificar el diseño de la mezcla de hormigón convencional, disminuyendo el 5% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 5% de poliestireno, PET y vermiculita.

En la tabla 16 se expresan los materiales y sus porcentajes de peso para elaborar un bloque como resultado del diseño para dosificación.

Tabla 16. Descripción de la dosificación bloque 1.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3,330	Kg
Arena	5,110	Kg
Piedra	7,280	Kg
Poliestireno expandido	0,127	Kg
PET	0,127	Kg
Vermiculita	0,127	Kg
Agua	1,980	Kg

Cantidad de material por cada - bloque

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación descrita en la tabla 16 se considera sustituir 5% de poliestireno, PET y vermiculita.

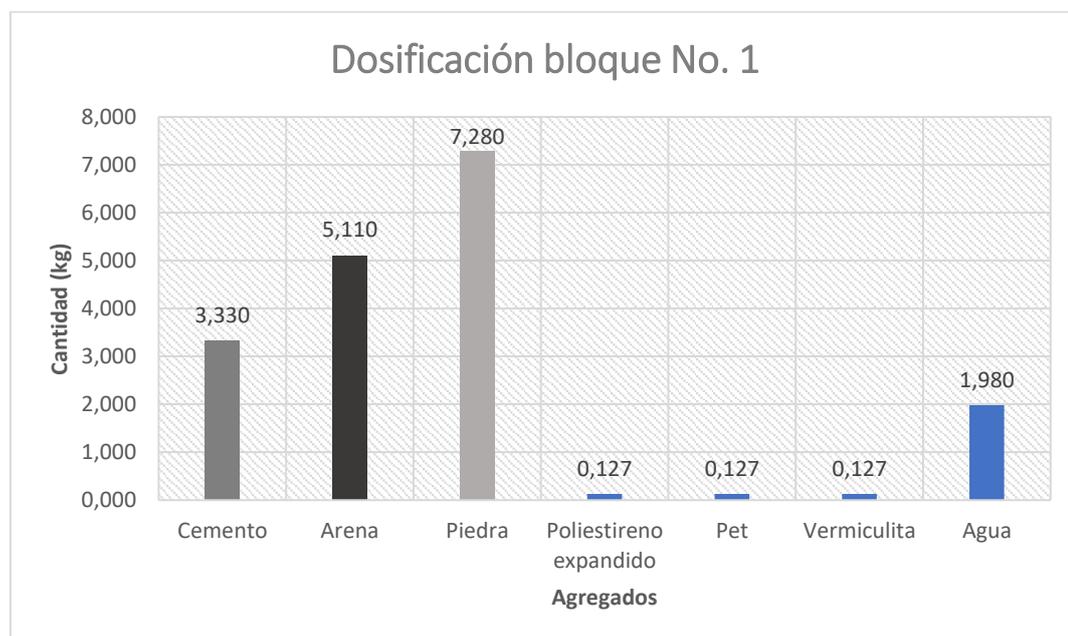


Gráfico 9. Dosificación de la muestra 1.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

- **Dosificación de bloque 2.**

Para la elaboración del bloque prototipo no. 2 se ha considerado modificar el diseño de la mezcla de hormigón convencional, disminuyendo el 10% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 10% de poliestireno, PET y vermiculita.

En la tabla 17 se expresan los materiales y sus porcentajes de peso para elaborar un bloque como resultado del diseño para dosificación.

Tabla 17. Descripción de la dosificación bloque 2.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3,330	Kg
Arena	5,110	Kg
Piedra	6,900	Kg
Poliestireno expandido	0,255	Kg
PET	0,255	Kg
Vermiculita	0,255	Kg
Agua	1,980	Kg

Cantidad de material por cada - bloque

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación descrita en la tabla 17 se considera sustituir 10% de poliestireno, PET y vermiculita.

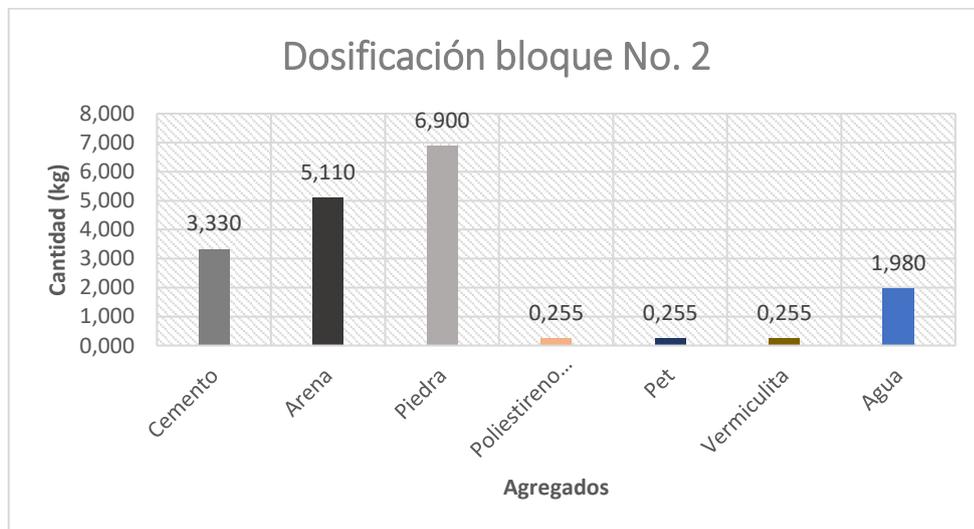


Gráfico 10. Dosificación de la muestra 2.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

- **Dosificación de bloque 3.**

Para la elaboración del bloque prototipo no. 3 se ha considerado modificar el diseño de la mezcla de hormigón convencional, disminuyendo el 15% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 15% de poliestireno, PET y vermiculita.

En la tabla 18 se expresan los materiales y sus porcentajes de peso para elaborar un bloque como resultado del diseño para dosificación.

Tabla 18. Descripción de la dosificación bloque 3.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3,330	Kg
Arena	5,110	Kg
Piedra	6,519	Kg
Poliestireno expandido	0,383	Kg
PET	0,383	Kg
Vermiculita	0,383	Kg
Agua	1,980	Kg

Cantidad de material por cada - bloque

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación descrita en la tabla 18 se considera sustituir 15% de poliestireno, PET y vermiculita.

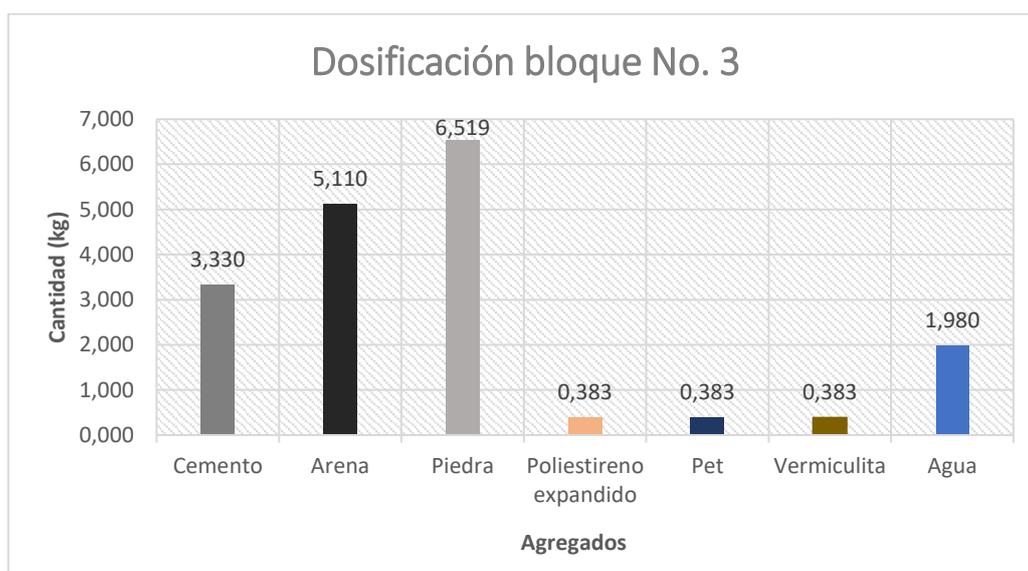


Gráfico 11. Dosificación de la muestra 3.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

- **Dosificación de bloque 4.**

Para la elaboración del bloque prototipo no. 4 se ha considerado modificar el diseño de la mezcla de hormigón convencional, disminuyendo el 20% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 20% de poliestireno, PET y vermiculita.

En la tabla 19 se expresan los materiales y sus porcentajes de peso para elaborar un bloque como resultado del diseño para dosificación.

Tabla 19. Descripción de la dosificación bloque 4.

Dosificación		
Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3,330	Kg
Arena	5,110	Kg
Piedra	6,136	Kg
Poliestireno expandido	0,511	Kg
PET	0,511	Kg
Vermiculita	0,511	Kg
Agua	1,980	Kg

Cantidad de material por cada - bloque

Elaborado por: (Villalta , 2022)

La dosificación descrita en la tabla 19 se considera sustituir 20% de poliestireno, PET y vermiculita.

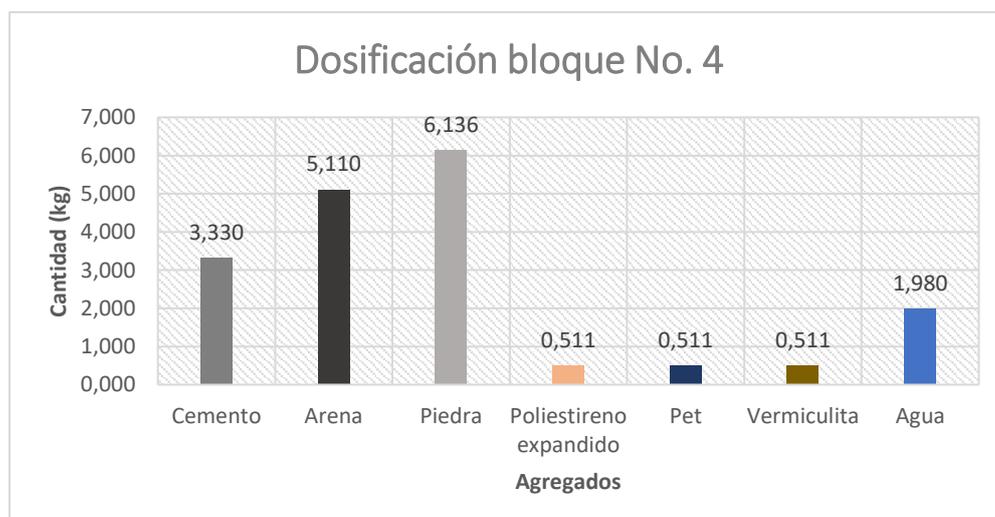


Gráfico 12. Dosificación de la muestra 4.

Elaborado por: (Villalta , 2022)

Una vez establecida las diferentes dosificaciones de la mezcla para cada bloque se procede a realizar el mezclado de materiales y elaboración de bloques Anexo 1.

4.6 Ensayos realizados a los bloques

4.6.1 Ensayo de absorción y densidad

Para este tipo de ensayo, la norma NTE INEN 3066 indica cual es el proceso normado para poder realizarlo, el cual consiste en sumergir a los bloques por 24 horas, logrando saturar todos los poros de los especímenes, para posteriormente secarlos. Se toma el peso saturado del bloque y por último el peso del mismo totalmente seco, con estos datos se puede obtener el porcentaje de absorción de agua del espécimen.

Los agregados utilizados para la elaboración de los bloques presentan poros internos, conocidos como abiertos, es decir absorben el agua o la humedad sin necesidad de ser sometidos a presión. Esta propiedad hace que el bloque de hormigón también adquiera esta característica y absorba el agua que se encuentre en su entorno. Los ensayos generalmente lo cuantifican como un porcentaje de absorción, donde, en los bloques de baja calidad, los poros más grandes absorben aún más agua, reduciendo su eficiencia (Gareca & Andrade, 2020).

Se comprende como absorción al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco. Se refiere al ingreso de moléculas de agua en un material poroso con el que contacte directamente, siguiendo el gradiente de energía en la interfaz (Díaz & Torres, 2018).

La capacidad de absorción de los agregados se determina a través del incremento del peso de una muestra seca al horno, luego de un periodo de 24 horas de inmersión en agua y secada superficialmente. Esta condición representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

Para realizar los ensayos de absorción en los bloques se debe cumplir con las siguientes condiciones:

Aparatos y equipos.

- Balanza, con una exactitud de $\pm 1\text{g}$ de la masa de la muestra más pequeña.
- Alambre, de acero galvanizado de al menos 1 mm de diámetro.
- Malla metálica, formada por varillas de al menos 9,5 mm de diámetro.
- Proteger los bloques de impactos y vibraciones.
- Los bloques debieron cumplir con el proceso de curado.

4.6.2 Preparación, preservación de la muestra y unidades ensayadas

La muestra para los ensayos de los bloques debe estar compuesta por tres unidades en perfectas condiciones, enteros y sin defectos.

Procedimiento

- **Saturación**

1.- Las unidades a ensayar deben estar sumergidas por completo en agua a una temperatura $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un lapso de 24 a 28 horas antes del ensayo.

2.- Se procede sacarlas del agua y se deja escurrir durante 60 segundos sobre la malla metálica, se retira el agua visible de la superficie empleando un paño húmedo.

3.- Se determina la masa de cada unidad completamente sumergida, y se registra este valor como M_s (masa de la muestra sumergida).

4.- Este procedimiento se lo repite cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %.



Figura 23. Bloque para prueba de absorción.
Elaborado por: (Villalta, 2022).



Figura 24. Determina masa de la muestra sumergida.
Elaborado por: (Villalta, 2022).

- **Secado**

1.- Luego de determinar la masa saturada de las unidades ensayadas, se procede a secarlas en un horno ventilado, entre 100°C y 115 °C.

2.- Se pesan las unidades cada 24 horas hasta que la diferencia de la masa entre las dos pesadas consecutivas sea inferior al 0,2 %. Se registra el resultado como M_d (masa de la muestra seca al horno).



Figura 25. Secado de bloque.
Elaborado por: (Villalta, 2022).



Figura 26. Pesado de bloque seco.
Elaborado por: (Villalta, 2022).

4.8. Ensayo de resistencia a la compresión simple

La resistencia a la compresión simple es una propiedad fundamental, donde para determinarla, se elaboran probetas de hormigón en cilindros de 100 x 200 mm, sin embargo, la elección del cilindro se encuentra en función del tamaño del agregado. Para determinar si un hormigón es de calidad o no, las muestras constituidas se ensayan tomando como base la edad de 28 días, porque según la literatura, en ese tiempo llega al 100% de su resistencia total, sin embargo, puede variar a otras edades especificadas, de esta manera se puede tener una idea de que resistencia puede desarrollarse a lo largo del tiempo.

En la figura 27 se puede observar la localización del equipo de ensayo referido, y la forma correcta de utilización para el ensayo a compresión simple de bloques de hormigón según la norma NTE INEN 3066.

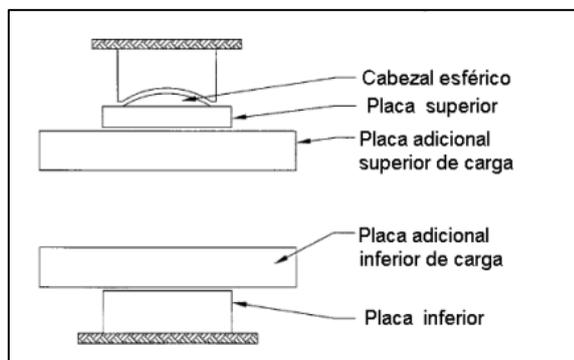


Figura 27. Equipo utilizado en el ensayo a compresión.
Fuente: NTE INEN 3066.

Para este método de ensayo se considera que el diámetro de la placa superior debe ser igual a la dimensión máxima horizontal medida a través del círculo creado por la porción esférica de la placa superior.

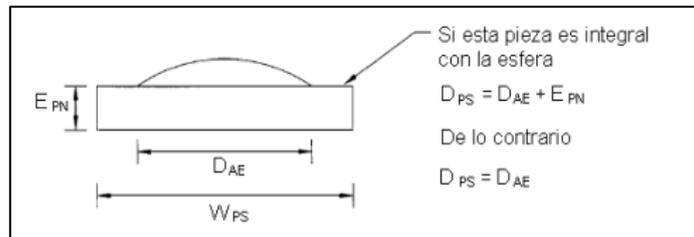


Figura 28. Diámetro de la placa superior.
 Fuente: NTE INEN 3066.

4.8.1 Preparación, preservación de la muestra y unidades ensayadas

La muestra para los ensayos de resistencia a la compresión de los bloques debe estar compuesta por tres unidades en perfectas condiciones, enteros y sin defectos.

Procedimiento

El ensayo de resistencia a la compresión simple consistió en colocar las muestras de cada una de sus dosificaciones en la máquina, donde fueron comprimidos hasta el fallo, indicando que el material llegó a su mayor resistencia frente a los requerimientos a los que fueron sometidos. Posteriormente se procede a registrar la carga máxima a la que fue sometida cada muestra, calculando la resistencia con cada una de las cargas aplicadas usando la ecuación (1), y el módulo de ruptura (ecuación 2).

$$\text{Resistencia a la compresión (kg/cm}^2\text{)} = \frac{P_{max}}{A_n} \quad (1)$$

donde P_{max} es la carga máxima de compresión (kg), y A_n es el área neta del bloque (cm²).

$$\text{Módulo de ruptura (MPa)} = \frac{\text{Resistencia}}{10,2} \quad (2)$$

Se aplicó cargas de 16 kg hasta 31 kg aproximadamente en los bloques, tanto los tradicionales como los alivianados para los cuatro prototipos.



Figura 29. Ensayo de resistencia a la compresión simple de bloques tradicionales.
Elaborado por: (Villalta, 2022).



Figura 30. Ensayo de resistencia a la compresión simple de bloques alivianados.
Elaborado por: (Villalta, 2022).



Figura 31. Ruptura del bloque tradicional.
Elaborado por: (Villalta, 2022).



Figura 32. Ruptura del bloque alivianado.
Elaborado por: (Villalta, 2022).

En la figura 31 y 32 se observa que los bloques tanto tradicionales como los alivianado han alcanzado su punto de resistencia máxima hasta llegar al fallo, siendo evidente en la parte central de los mismos.

Tabla 20. Control de calidad de bloque tradicional y bloques con poliestireno, PET y vermiculita - ensayos de compresión.

CONTROL DE CALIDAD HORMIGONES - ENSAYOS DE COMPRESIÓN										
N. de Toma	N. de Probetas	No. de Bloque	Fecha muestreo	Edad de Ensayo	Fecha rotura	Sector de fisura	Área cm ²	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Mod. Ruptura (MPa)
BLOQUE TRADICIONAL BT-1	9	BL-T1-240	3-mar	7	10-mar	centro	319,00	16.600,00	52,04	5,10
								16.575,00	51,96	5,09
								16.500,00	51,72	5,07
			3-mar	14	17-mar	centro	319,00	26.955,00	84,50	8,28
								26.850,00	84,17	8,25
								26.800,00	84,01	8,24
			3-mar	28	31-mar	centro	319,00	41.675,00	130,64	12,81
								41.610,00	130,44	12,79
								41.575,00	130,33	12,78
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 1	9	BP-M1	3-mar	7	10-mar	centro	319,00	14.010,00	43,92	4,31
								13.990,00	43,86	4,30
								13.970,00	43,79	4,29
			3-mar	14	17-mar	centro	319,00	26.770,00	83,92	8,23
								26.650,00	83,54	8,19
								26.550,00	83,23	8,16
			3-mar	28	31-mar	centro	319,00	41.050,00	128,68	12,62
								41.000,00	128,53	12,60
								39.950,00	125,24	12,28
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 2	9	BP-M2	3-mar	7	10-mar	centro	319,00	12.510,00	39,22	3,84
								12.500,00	39,18	3,84
								12.450,00	39,03	3,83
			3-mar	14	17-mar	centro	319,00	25.900,00	81,19	7,96
								25.650,00	80,41	7,88
								25.550,00	80,09	7,85
			3-mar	28	31-mar	centro	319,00	39.510,00	123,86	12,14
								39.400,00	123,51	12,11
								39.320,00	123,26	12,08
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 3	9	BP-M3	3-mar	7	10-mar	centro	319,00	11.260,00	35,30	3,46
								11.210,00	35,14	3,45
								11.150,00	34,95	3,43
			3-mar	14	17-mar	centro	319,00	22.390,00	70,19	6,88
								22.300,00	69,91	6,85
								22.210,00	69,62	6,83
			3-mar	28	31-mar	centro	319,00	34.760,00	108,97	10,68
								34.690,00	108,75	10,66
								34.500,00	108,15	10,60
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 4	9	BP-M4	3-mar	7	10-mar	centro	319,00	10.760,00	33,73	3,31
								10.700,00	33,54	3,29
								10.650,00	33,39	3,27
			3-mar	14	17-mar	centro	319,00	20.100,00	63,01	6,18
								20.050,00	62,85	6,16
								20.000,00	62,70	6,15
			3-mar	28	31-mar	centro	319,00	31.150,00	97,65	9,57
								31.000,00	97,18	9,53
								30.850,00	96,71	9,48

Elaborado por: Villalta (2022)

Los resultados muestran que el prototipo de bloque número 4 tiene valores de módulo de rotura que van desde 3,27 MPa a 3,31 MPa, ubicándolos como clase C según la tabla 22, y con uso de aliviamientos en losas.

Tabla 21. Clasificación de acuerdo a la resistencia de los bloques

Descripción	Promedio 3 bloques (kg/cm²)	1 bloque (kg/cm²)
Clase A	140,76	126,48
Clase B	40,8	35,7
Clase C	17,34	14,28

Elaborado por: Villalta (2022)

Tabla 22. Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

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

Elaborado por: Villalta (2022)

4.9. Análisis ambiental

A través del tiempo se ha evidenciado la necesidad de buscar materiales alternativos que generen condiciones óptimas para el diseño y construcción de obras civiles. En la actualidad los materiales convencionales presentan características de durabilidad, resistencia, trabajabilidad y costos elevados.

El impacto socioambiental que provoca la generación de residuos orgánicos e inorgánicos sin destino final adecuado es alarmante en la actualidad. Por lo anterior, se propone un uso más técnico del plástico (PET) en la construcción.

Los bloques tradicionales dentro de su elaboración generan una serie de impactos ambientales, por lo que, al comparar con los bloques alivianados, se muestra que este último tiene menos impactos ambientales en su fabricación, como resultado del uso de materiales PET principalmente. En la tabla a continuación se muestra los impactos generados en su proceso de fabricación.

Tabla 23. Análisis ambiental

Impacto Ambiental	Tradicional	Alivianado
Aire	<p>Los bloques tradicionales en su fabricación generan gran cantidad de partículas suspendidas en el ambiente, principalmente de PM10 (Angulo, 2021).</p>	<p>Los bloques alivianados dentro de su composición utilizan cemento y arena en bajas cantidades, y se sustituye la piedra por agregados de PET y vermiculita, lo cual significa que se disminuye las emisiones de partículas suspendidas dentro de su fabricación (Alvarado & Torres, 2021).</p>
Agua	<p>Los bloques tradicionales dentro de su fabricación requieren de una gran cantidad de aditivos necesarios para mejorar su durabilidad y resistencia, por lo que, al contacto al agua en la fase inicial de fabricación, se generan aguas con cargas inorgánicas procedentes de dichos aditivos (Angulo, 2021).</p>	<p>Los bloques alivianados utilizan la misma cantidad de agua para su fabricación, sin embargo, debido al uso del PET y la vermiculita como materiales suplentes a la piedra para mejorar su durabilidad, estos no requieren de muchos aditivos adicionales, por lo que las aguas residuales tienen menor carga contaminante (Alvarado & Torres, 2021).</p>
Suelo	<p>Para la fabricación de los bloques tradicionales, se requiere de la extracción de materiales como cemento, arena y piedra, lo cual afecta a los lugares de extracción, canteras, al desestabilizar la geomorfología del suelo (Angulo, 2021).</p>	<p>El uso de PET como material para la elaboración de los bloques alivianados significa una gran ayuda en la gestión de estos residuos que están en gran abundancia, por lo que, al ser parte de un producto, se ayuda a que estos materiales no sean contaminantes para el suelo (Alvarado & Torres, 2021).</p>

Elaborado por: Villalta (2022)

4.9.1 Beneficios de emplear plástico (PET) en la elaboración de un bloque:

El uso del PET para la elaboración de bloques de hormigón, se trata de una nueva alternativa que se le puede dar a este material, se trata de un proyecto de impacto ambiental, social y productivo:

- **Ambiental.**

El uso del PET para la fabricación de bloques, generará que las personas encargadas de recolectar este material de las calles incrementen la recolección diaria y por ende esto reducirá los desechos plásticos en las calles, contribuyendo con el medio ambiente, reduciendo los residuos sólidos contaminantes en el entorno.

- **Social.**

Tanto para las personas que se encargan de recolectar residuos sólidos en las calles como para las personas que reciben los desechos en los centros de acopio, se puede extraer materiales para la elaboración de los bloques con productos de residuos reciclados de plástico, gracias a esta iniciativa esta actividad beneficia económicamente a muchas personas generando ingresos económicos a sus familias.

- **Productivo.**

Como un material innovador el uso del plástico en la elaboración de bloques, responde a la necesidad de la construcción de viviendas de interés social de una manera sostenible y amigable con el medio ambiente, permitiendo mejoramiento del hábitat generando posibilidad de emprendimientos productivos por la fabricación.

Además del beneficio ambiental y social el uso del PET también ofrece la ventaja de una mejor aislación térmica.

4.10. Análisis económico

El análisis económico se basó en los gastos que la elaboración del bloque genera, como los costos de agua, piedra, cemento, arena; los costos de mano de obra, herramientas y equipos como la concretara y bloquera, etc., según los precios establecidos a nivel nacional.

Tabla 24. Costos de bloques tradicionales

Bloque tradicional					
Insumos materiales	Unidad	Cantidad		Costo unitario	Costo total
Agua	m3	0.002		\$0.45	\$0.00
Piedra	m3	0.002		\$17.50	\$0.04
Cemento	qq (50kg)	0.012		\$7.64	\$0.09
Arena		0.001		\$17.50	\$0.02
Total parcial					\$0.15
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	jornada / hora	Costo / hora	Rendimiento	Costo
Albañil	0.6	2.9	\$1.74	0.0125	\$0.02
Ayudante	0.7	2.73	\$1.91	0.0125	\$0.02
Total parcial					\$0.05
Equipos					
Bloquera	0.6	6	\$3.60	0.0125	0.05
Concretera	0.6	3.39	\$2.03	0.0125	0.03
Herramienta menor	1	0.05	\$0.00	0.015	0.00
Total parcial					0.07
Valor total					\$0.27

Elaborado por: Villalta (2022).

Tabla 25. Costos de bloques alivianados

Bloque alivianado					
Insumos materiales	Unidad	Cantidad		Costo unitario	Costo total
Agua	m3	0.0020		\$0.45	\$0.00
Piedra	m3	0.0017		\$17.50	\$0.03
Cemento	qq (50kg)	0.0120		\$7.64	\$0.09
Arena	m3	0.0010		\$17.50	\$0.02
PET y vermiculita	lb	0.0400		\$2.60	\$0.10
Total parcial					\$0.24
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	jornada / hora	Costo / hora	Rendimiento	Costo
Albañil	0.6	2.9	\$1.74	0.0125	\$0.02
Ayudante	0.7	2.73	\$1.91	0.0125	\$0.02
Total parcial					\$0.05
Equipos					
Bloquera	0.6	6	\$3.60	0.0125	0.05
Concretera	0.6	3.39	\$2.03	0.0125	0.03
Herramienta menor	1	0.05	\$0.00	0.015	0.00
Total parcial					0.07
Valor total					\$0.36

Elaborado por: Villalta (2022).

Para el análisis de costos, se consideró el precio en Ecuador de los insumos, mano de obra, maquinaria y herramientas utilizadas en la fabricación de bloques tradicionales y los bloques alivianados, con la disminución del 20% de piedra que se calculó en el presente trabajo de investigación, y aumento de PET y vermiculita.

Los resultados determinaron que los bloques tradicionales cuestan 0,27 centavos, y 0,36 centavos cuesta el bloque alivianado realizado, es decir un aumento del 33% más al valor estándar.

CONCLUSIONES

- Se identificó la dosificación para un bloque alivianado, por medio de normas para bloques tradicionales, añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita como agregado, siendo la dosificación del bloque No. 4 la adecuada para la fabricación de bloques alivianados, restando el 20% a la cantidad de piedra para incluir 20% de los agregados (Poliestireno - Pret - Vermiculita).

- Se analizó la resistencia a compresión del bloque alivianado con poliestireno expandido, PET, vermiculita por medio del ensayo de resistencia a la compresión simple, del cual se obtuvo valores del bloque No. 4 de módulo de ruptura de 9,57 MPa, 9,53 MPa y 9,48 MPa con una edad de ensayo de 28 días, resultados que la catalogan como bloque alivianado según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, cumplimiento con el segundo objetivo específico del presente trabajo investigativo.

- Se contrastó los beneficios para el medio ambiente al usar materiales reciclados como el poliestireno expandido, PET, cuyo análisis demuestra que el uso de este material disminuye los impactos a los componentes aire, agua y suelo, por la revalorización de los residuos, disminuyendo la cantidad de desechos que se almacenan en los rellenos sanitarios.

- Comparar los beneficios y costos de la elaboración del bloque, añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita con los del mercado tradicional para la construcción, en donde se pudo ver que el valor unitario de bloque tradicional cuesta 0,27 centavos de dólar mientras que el bloque alivianado con poliestireno cuesta 0,36 centavos de dólar, sin embargo, el costo del bloque alivianado tradicional actualmente fluctúa entre los 0,30 y 0,46 centavos de dólar por lo que el precio establecido es adecuado.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN) desarrolle una norma que regularice la producción de bloques alivianados usando materiales reciclados para generar bloques amigables con el medio ambiente.
- Se recomienda a los entes gubernamentales desarrollar campañas de revalorización de PET y vermiculita, reciclaje y separación de materiales plásticos para la fabricación de este tipo de bloques, para de esta forma reducir la acumulación de desechos y fomentar el reciclaje entre los ciudadanos.
- Se recomienda a los nuevos investigadores llevar a cabo un análisis de aislamiento acústico y térmico, siguiendo la normativa aplicable nacional e internacional para determinar sus propiedades y poder ser usada de mejor manera en el campo de la construcción.
- Se recomienda a los nuevos investigadores llevar a cabo estudios y ensayos de durabilidad del material en condiciones climáticas extremas, para considerar parámetros climatológicos y meteorológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- 639, I. (2019). *Instituto De Normalizacion Ecuatoriana*.
ACI318S-14. (2015). *Institute, American Concret*.
- Anónimo. (2019). *Dosificacion de Hormigon*.
<https://ocw.unican.es/pluginfile.php/811/course/section/869/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf>
- ASTM. (2014). *ASTM C330-04*.
- ASTM. (2019). *American society for Testing and materials*.
- Behar, D. (2008). *Introducción a la Metodología de la Investigación*. Bogotá: Editorial Shalom.
- Briones, M. M. (2019). *Recursos Naturales*.
- Canet, J. M. (2020). *Resistencia de Materiales y Estructuras*.
- Catedra de Ingenieria Rural. (2019). *Catedra de Ingenieria Rural*.
- Chamalé , J. (2018). Fabricación y evaluación experimental de unidades de mampostería de concreto celular de espuma preformada.
- Civil. (2019). *Modulo de Finura de Agregados*.
- Construcción, A. Y. (2019). <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html>
- Díaz, J., & Torres, H. (2018). *Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]*.
- Diccionario de la lengua Española*. (2019).
- Ecosiglos. (2018). *Ecosiglos*. <https://ecosiglos.com/que-es-el-poliestireno-expandido-y-como-tratarlo/>
- ECURED. (2020). Granulometria. *Ecured*. <https://www.ecured.cu/Granulometr%C3%ADa>
- enseñanza, F. d. (2019). *Tipos De Esfuerzos Fisicos*.
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>
- Gareca, M., & Andrade, M. P. (2020). Nuevo material sustentable: ladrillos ecológicos a base de residuos inorgánicos. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* , 18(21), 25-61.
- Guevara, G. (2019). *Efecto de la variacion agua/cemento en el concreto*.
- Helene, P. (2019). *Materiales reciclados con plasticos para viviendas interes social*.
- Hernández, A. V. (2019). *Fabricacion de bloques con residuos plasticos*.
- Hernandez, F. &. (2017). *Metodologia de la investigación*.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V.
- Hidalgo, D., & Pujades, L. (2018). COMPORTAMIENTO NO-LINEAL DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA DE CONCRETO CON REFUERZO INTEGRAL. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 23(1).
- Infante, J., & Valderrama, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información tecnológica*, 30(5), 25-36.
- Leon, M. P. (2020). *Scielo*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000200003
- Madrid, M., & Frómeta, Y. (2022). Análisis de ciclo de vida en bloques de hormigón: comparación del impacto producido entre bloques tradicionales y con subproductos. *Informes de la Construcción*, 74(566), e438-e438.
- Maria Herrera, G. M. (2019). *Manual de construcción de mampostería del concreto*.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Norma Ecuatoriana de la Construcción, Peligro Sísmico, diseño sísmo resistente parte 1*.
- Morales. (2019). *Contaminación en fuentes hídricas*.
- Pérez García, N., & Garnica Anguas, P. (2017). *Evaluación de las propiedades mecánicas del poliestireno expandido*. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte .
- Pozo. (2018). *Reemplazo de productos artificiales a naturales*.
- Rafael Domínguez, M. L. (2019). *Recursos naturales*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/1/S1900378_es.pdf
- Recomienda. (2021). *Recomienda.org*. https://www.recomienda.org/mjob_post/fabricacion-de-bloques/
- Rodríguez, C. &. (2019). *Características Constructivas de los bloques*.
- Tipos de Investigación. (2019).
- Toiral, J. (2019). *Researchgate*. https://www.researchgate.net/publication/320544346_Caracterizacion_granulometrica_de_las_plantas_productoras_de_arena_en_la_Republica_Dominicana_su_impacto_en_la_calidad_y_costo_del_hormigon
- Valderrama, M., & Chavarro, L. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases PET en el Valle del Cauca. *Revista Lasallista de investigación*, 15(1), 67-74.

ANEXO 1 - Mezclado de materiales y elaboración de bloques.

Las materias primas arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, son separadas en taras y puestas en un recipiente amplio.



Materiales arena, piedra chispa



Poliestireno, PET y Vermiculita

2.- Las materias primas arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, son colocadas en un molde amplio donde son pesadas en la balanza electrónica de acuerdo a la dosificación determinada para cada bloque.



Pesado de arena



Pesado de piedra chispa.



Pesado de cemento.



Pesado de Poliestireno, PET y vermiculita.



Pesado de agua.

3.- Una vez pesado la materia prima se procede a realizar a mezclar los materiales: la arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita.



Arena lista para el mezclado



Piedra lista para el mezclado.



Cemento listo para el mezclado.



Arena, piedra chispa, cemento, agua, poliestireno, PET y vermiculita, listos para el mezclado.



Material seco mezclado in situ.



Mezclado en seco de arena, piedra chispa, cemento, PET y vermiculita.



Agregando poliestireno a la mezcla de los materiales

4.- Una vez integrada la materia prima se procede a verter agua y empezamos mezclar hasta obtener una masa homogénea y consistente de los agregados. que permita la trabajabilidad del hormigón.



Agregando agua a la mezcla de los materiales.



Mezcla lista para la elaboración del bloque.

5.- Lugar del moldeado. – Moldear los bloques tan cerca como sea posible del lugar donde van a hacer almacenados durante las primeras 24 horas. Ubicar los moldes obre una superficie rígida libre de vibraciones. En lo posible evitar sacudidas. Golpes inclinaciones o rayado de la superficie de los bloques cunado sean transportados al lugar de almacenamiento.



Lugar de moldeo del bloque.

6.- Preparación del molde metálico. - Se prepara el molde metálico, dejando limpia de residuos de materiales antes empleados, ante del llenado con una brocha se cubre la parte interior del molde con una película de desencofrante no reactivo para evitar que el hormigón se adhiera al molde.



Molde metálico para elaboración del bloque.

7.- Llenado del molde. – Se procede a verter la mezcla en el molde metálico, de manera proporcionada, la compactación se efectuar inmediatamente después del vertido de la primera capa del hormigón en el molde, de forma tal que se obtenga una compactación completa y sin excesiva segregación, ni aparición de flujo de lechada en exceso. El llenado del molde se realiza por capas cuyo espesor oscilará entre el 10% y el 20% de la altura del molde

Cada capa será compactada con el tizón, se realiza golpes para que se vaya asentando el hormigón de manera uniforme. El hormigón residual sobre la parte superior del molde será retirado mediante el uso de una llana de acero, nivelando cuidadosamente la superficie verificando que la mezcla haya quedado correctamente vertida sobre el molde.



Llenado del molde con hormigón.



Vertido de hormigón en el molde.



Compactación del hormigón en el molde.



Llenado completo de hormigón en el molde.

- **Fraguado.**

Una vez elaborado los bloques se mantendrán en el molde al menos 16 horas, protegidas de impactos, vibraciones y deshidratación, a una temperatura entre $20^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ ($25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en climas cálidos), con la finalidad de fraguar de manera natural.



Proceso de fraguado del bloque.

- **Curado de bloques.**

El curado de los bloques de hormigón consiste en mantenerlos húmedos para evitar la evaporación del hormigón no endurecido y poder obtener unos bloques de excelente calidad que cumpla con la resistencia requerida. Se recomienda que el proceso de curado se lo realice como cualquier producto de hormigón.

Una vez que el hormigón haya fraguado por completo se procede a desmoldar y retirar los bloques del molde metálico esto es en un periodo de 24 ± 8 horas después de ser moldeados, se enumera y coloca fecha de elaboración, se inicia con el proceso de curado hasta inmediatamente antes del ensayo, los bloques deben estar sumergidos en agua saturada con hidróxido de calcio a una temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, o en una cámara a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y a una humedad relativa 95%, por un periodo de 24 horas.



Desencofrado del bloque.



Bloque enumerado.



Proceso de curado de bloques.