

**Diseño de un bloque alivianado utilizando poliestireno
expandido, PET, vermiculita como agregados**

**Design of a lightened block using expanded
polystyrene, pet, vermiculite as aggregates**

Víctor Julio Villalta-Góngora¹

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador
villaltag@ulvr.edu.ec

Erika Mabel González-Tobar²

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador
egonzalezto@ulvr.edu.ec

Carlos Luis Valero-Fajardo³

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil - Ecuador
cvalerof@ulvr.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1708

V8-N3 (my-jun) 2023, pp. 383-394 | Recibido: 28 de enero de 2023 - Aceptado: 03 de marzo de 2023 (2 ronda rev.)

1 Topógrafo y Fiscalización de obras civiles
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5575-5695>

2 Ingeniera Civil con una maestría en Ingeniería Civil mención construcción civil sustentable
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3984-1427>

3 Magister en Arquitectura mención Planificación territorial y Gestión ambiental. Docente Investigador y Coordinador de Investigación en la Facultad de Ingeniería
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3292-9327>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

En los últimos años 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 desarrollaron 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. 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 poliestireno expandido, PET, vermiculita. Además, se obtuvo valores de módulo de ruptura de 9,57 MPa, 9,53 MPa y 9,48 MPa, en el tiempo máximo de 28 días, se realizó el 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.

Palabras clave: ingeniería de la construcción; tecnología de materiales; ensayo de materiales; economía de la ciencia; medio ambiente

ABSTRACT

In recent years, the use of recyclable waste has been gaining ground in the field of construction, since the generated waste can be revalued and reduce the impacts that this waste can cause in the environment, without reducing the quality of the constructions. For this reason, the present research work has the objective of designing a lightened block by adding expanded polystyrene, PET, vermiculite to the mortar mixture to differentiate cost-benefit from the traditional market, applying an experimental methodology with a quantitative approach, since it was developed tests to determine the adequate dosage for lightened blocks, and tests of simple compression, absorption, and bibliographic analysis of shrinkage tests by linear drying, visual aspects and marks and resistance to fire. Four tests were carried out on blocks with different dosages, of which the fourth test was optimal for lightened blocks with a dosage of 20% expanded polystyrene, PET, vermiculite. In addition, modulus of rupture values of 9.57 MPa, 9.53 MPa and 9.48 MPa were obtained, in the maximum time of 28 days, the economic and environmental analysis was carried out in comparison with a traditional block. It is concluded that, based on the results, the dosage of block No. 4 is adequate for the elaboration of the lightened blocks, since the tests show that they are within the requirements of the Ecuadorian Construction Standard.

Key words: construction engineering; materials technology; materials testing; economics of science; environment

Introducción

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). Valero, Muñoz y Reyes (2022), “El sector de fabricación de bloques y adoquines es parte de la industria de la construcción” (p. 2131), en esta industria, el uso de bloques alivianado es constante y de vital importancia frente a las demandas de aligeramiento de cargas en estructuras.

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 y 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 endurezca. Cuando el concreto está húmedo, tomará la forma según el molde (Hidalgo y 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 y 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 material cumpliendo un papel de envase principalmente, lo cual este proyecto ayudaría notablemente no solo 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 y Frómeta, 2022).

Se conoce 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 y 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 y Chavarro, 2018).

Método

El presente trabajo considera la metodología de investigación experimental con enfoque cuantitativo, debido a 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. Se emplea como técnica los ensayos de laboratorio de Resistencia a la compresión ASTM C39.

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.

Desarrollo

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 aumentando 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.

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.

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 desencofrarte 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.

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).

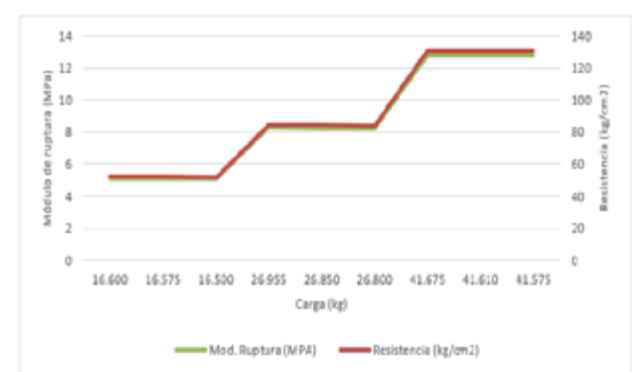
Ensayo de resistencia a la compresión simple

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.**

Figura 1

Comportamiento de la resistencia del Bloque Tradicional (BT-1).

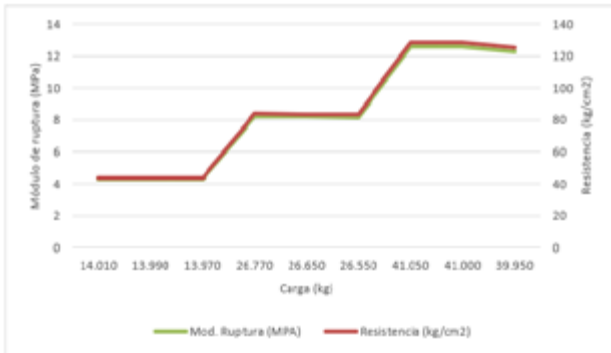


Se representa el comportamiento del bloque tradicional (BT-1) en relación a su resistencia y módulo de ruptura con cargas ascendentes, donde se observa que la carga inicial fue de 16,6 kg, presentando una resistencia de 30 kg/cm^2 ; la carga máxima soportada

fue 41,57 kg, presentando una resistencia de 130 kg/cm² y un módulo de rotura de 12MPa.

Figura 2

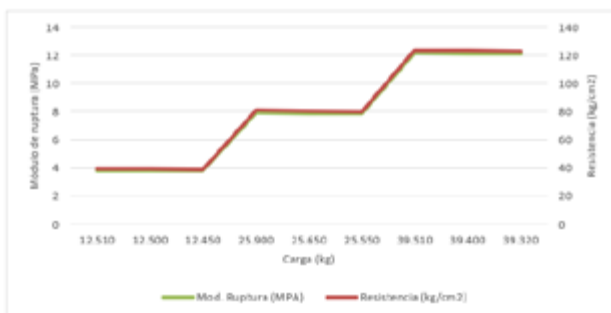
Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (1)



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.

Figura 3

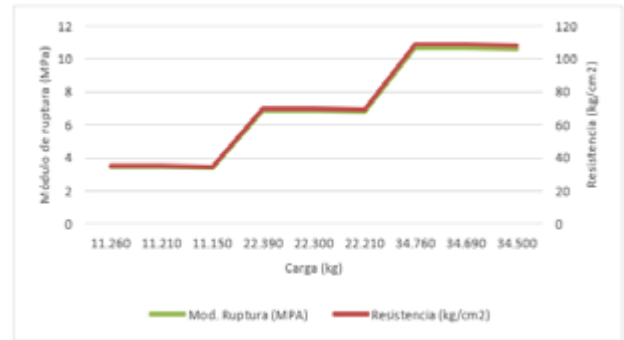
Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (2).



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.

Figura 4

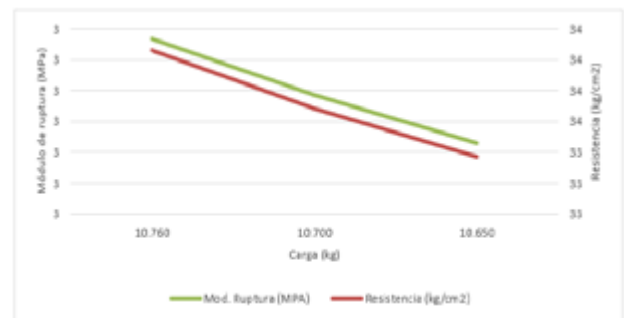
Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (3).



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 11,26kg, 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.

Figura 5

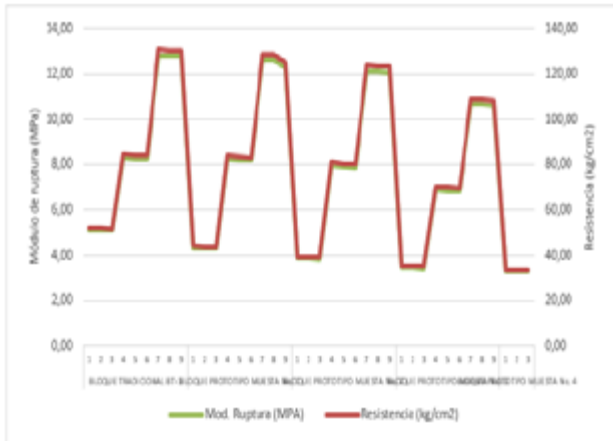
Comportamiento de la resistencia de la muestra prototipo (4).



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 10,76kg, 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.

Figura 6

Comportamiento de la resistencia de todas las muestras.



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.

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.

Figura 7

Prototipo de bloques.



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 bloque 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.

Dosificación de mezcla para cada modelo de bloque.

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.

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

Tabla 1

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		

Tabla 2

Descripción de la dosificación para los bloques cambiando los porcentajes de agregados reemplazándolo por el poliestireno, PET y vermiculita.

Dosificación bloque 1			Dosificación bloque 2			Dosificación bloque 3			Dosificación bloque 4		
Descripción	Cantidad	Unidad	Descripción	Cantidad	Unidad	Descripción	Cantidad	Unidad	Descripción	Cantidad	Unidad
Cemento	3.330	Kg	Cemento	3.330	Kg	Cemento	3.330	Kg	Cemento	3.330	Kg
Arena	5.110	Kg	Arena	5.110	Kg	Arena	5.110	Kg	Arena	5.110	Kg
Piedra	7.280	Kg	Piedra	6.900	Kg	Piedra	6.519	Kg	Piedra	6.136	Kg
Poliestireno expandido	0.127	Kg	Poliestireno expandido	0.255	Kg	Poliestireno expandido	0.383	Kg	Poliestireno expandido	0.511	Kg
Pet	0.127	Kg	Pet	0.255	Kg	Pet	0.383	Kg	Pet	0.511	Kg
Vermiculita	0.127	Kg	Vermiculita	0.255	Kg	Vermiculita	0.383	Kg	Vermiculita	0.511	Kg
Agua	1.980	Kg	Agua	1.980	Kg	Agua	1.980	Kg	Agua	1.980	Kg
Cantidad de material por cada - bloque			Cantidad de material por cada - bloque			Cantidad de material por cada - bloque			Cantidad de material por cada - bloque		
Nota: Disminuyendo el 5% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 5% de poliestireno, PET y vermiculita			Nota: Disminuyendo el 10% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 10% de poliestireno, PET y vermiculita			Nota: Disminuyendo el 15% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 15% de poliestireno, PET y vermiculita			Nota: Disminuyendo el 20% de peso del agregado grueso (piedra) y sustituyendo por 20% de poliestireno, PET y vermiculita		

Resultados

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).

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

$$Módulo\ de\ ruptura\ (MPa) = \frac{Resistencia}{10.2} \quad Ec. 2$$

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

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 3, y con uso de alivianamientos en losas.

Tabla 3

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	40.80	35.7
Clase C	17.34	14.28

Tabla 4

Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

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

Tabla 5

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

N. de Toma	N. de Probetas	No. de Bloque	Fecha muestreo	Edad de Ensayo	Fecha rotura	Sector de fisura	Área cm2	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)	Mod. Ruptura (MPa)
BLOQUE TRADICIONAL BF-1	9	BL-T1-240	03-mar	7	10-mar	centro	319.00	16,600.00	52.04	5.10
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	16,575.00	51.96	5.09
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	16,500.00	51.72	5.07
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	26,955.00	84.50	8.28
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	26,850.00	84.17	8.25
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	26,800.00	84.01	8.24
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	41,675.00	130.64	12.81
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	41,610.00	130.44	12.79
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	41,575.00	130.33	12.78
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	14,010.00	43.92	4.31
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	13,990.00	43.86	4.30
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	13,970.00	43.79	4.29
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 1	9	BP-M1	03-mar	14	17-mar	centro	319.00	26,770.00	83.92	8.23
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	26,650.00	83.54	8.19
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	26,550.00	83.23	8.16
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	41,050.00	128.68	12.62
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	41,000.00	128.53	12.60
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	39,950.00	125.24	12.28
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	12,510.00	39.22	3.84
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	12,500.00	39.18	3.84
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	12,450.00	39.03	3.83
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	25,900.00	81.19	7.96
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	25,650.00	80.41	7.88
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	25,550.00	80.09	7.85
BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 2	9	BP-M2	03-mar	14	17-mar	centro	319.00	39,510.00	123.86	12.14
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	39,400.00	123.51	12.11
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	39,320.00	123.26	12.08
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	11,260.00	35.30	3.46
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	11,210.00	35.14	3.45
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	11,150.00	34.95	3.43
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	22,390.00	70.19	6.88
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	22,300.00	69.91	6.85
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	22,210.00	69.62	6.83
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	34,760.00	108.97	10.68
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	34,690.00	108.75	10.66
			03-mar	7	10-mar	centro	319.00	34,500.00	108.15	10.60

BLOQUE PROTOTIPO MUESTRA No. 4	9	BP-M4	03-mar	7	10-mar	centro	319.00	10,760.00	33.73	3.31			
			03-mar	14	17-mar	centro	319.00	10,700.00	33.54	3.29			
							10,650.00	33.39	3.27				
							20,100.00	63.01	6.18				
							20,050.00	62.85	6.16				
							20,000.00	62.70	6.15				
							31,150.00	97.65	9.57				
			03-mar	28	31-mar	centro	319.00	31,000.00	97.18	9.53			
							30,850.00	96.71	9.48				

Discusión

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.

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.

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.

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 6

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	

Tabla 7

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	

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 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 3,31; 3,29; y 3,37 MPa con un tiempo 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 costos de la elaboración del bloque, añadiendo poliestireno expandido, PET, vermiculita con los del mercado tradicional para la construcción, en donde se pudo determinar que el valor unitario de bloque tradicional es de 0,31 centavos de dólar mientras que el bloque alivianado con poliestireno cuesta 0,41 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.

Cabe resaltar que, aunque el bloque alivianado sea un 33% más costoso considerando el precio de 0.27 centavos, éste bloque cumple con los requisitos de Resistencia establecidos por la normativa ecuatoriana, y posee beneficios ambientales en su fabricación al emplear material reciclados.

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.

Referencias bibliográficas

- ACI318S-14. (2015). *Institute, American Concret.*
- Anónimo. (2019). *Dosificación 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 Físicos. <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 variación agua/cemento en el concreto*.
- Helene, P. (2019). *Materiales reciclados con plásticos para viviendas interés social*.
- Hernández, A. V. (2019). *Fabricación de bloques con residuos plásticos*.
- Hernandez, F. &. (2017). *Metodología de la investigación*.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: **McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V.**
- Hidalgo, D., y 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., y 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., y Frómata, 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 de 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., y 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*.
- Valero, C. L., Muñoz, G. L., y Reyes, M. A. (2022). Adoquín vehicular de capacidad drenante con concha de manglar: un innovador material de construcción. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 2128-2145. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4337/10294#>
- 639, I. (2019). *Instituto De Normalización Ecuatoriana*.