

Analysis of EPS and PVC-U reinforced concrete block for structures

Andy Oblitas-Torres, Wily Yuan Torres-Muñoz, Boris Enrique Oblitas-Gastelo
& Fiorela Anaí Fernández-Otoya

Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica del Perú, Chiclayo, Perú; U20102761@utp.edu.pe, U20102744@utp.edu.pe, C18740@utp.edu.pe, C21106@utp.edu.pe

Received: August 3rd, 2024. Received in revised form: October 11th, 2024. Accepted: October 23th, 2024.

Abstract

Currently, recycling materials is one of the solutions to combat pollution. This research reused EPS (expanded polystyrene) and PVC-U (rigid polyvinyl chloride) in mixtures to manufacture structural concrete blocks, analyzing their behavior in compressive strength. Substitution percentages of 10% and 20% were used, where EPS replaced the fine aggregate and PVC-U replaced the coarse aggregate. The results of physical properties (warping, absorption, suction, dimensional variability) complied with RNE E.070 (National Building Regulations - masonry) and NTP 399.602 (Peruvian Technical Standard - masonry units). The compressive strength of the block with EPS decreased by 14% and 21.63%, while that of the block with PVC-U decreased by 12.69% and 21.79%, but both values remained within the requirements of NTP 399.602.

Keywords: block; concrete; expanded polystyrene; PVC-U y compressive strength.

Análisis del bloque de concreto reforzado con EPS y PVC-U para estructuras

Resumen

En la actualidad, el reciclaje de materiales es una de las soluciones para combatir la contaminación. Esta investigación reutilizó EPS (poliestireno expandido) y PVC-U (cloruro de polivinilo rígido) en mezclas para fabricar bloques de concreto estructural, analizando su comportamiento en la resistencia a la compresión. Se emplearon porcentajes de sustitución del 10% y 20%, donde el EPS reemplazó al agregado fino y el PVC-U al agregado grueso. Los resultados de propiedades físicas (alabeo, absorción, succión, variabilidad dimensional) cumplieron con las normas RNE E.070 (Reglamento Nacional de Edificaciones – albañilería) y NTP 399.602 (Norma Técnica Peruana – Unidades de albañilería). La resistencia a la compresión del bloque con EPS se redujo en un 14% y 21.63%, mientras que la del bloque con PVC-U disminuyó un 12.69% y 21.79%, pero ambos valores se mantuvieron dentro de lo establecido en la NTP 399.602.

Palabras clave: bloque; concreto; poliestireno expandido; PVC-U y resistencia a la compresión.

1 Introducción

El sector de construcción tiene alto consumo en energía y de materias primas, esto genera un importante desperdicio de residuos generados de sus procesos [8]. En las construcciones se generan escombros derivado de las demoliciones del proceso constructivo los cuales no poseen lugares donde puedan verter sus desperdicios por

lo que estos van a parar a lugares donde no son para ese fin, estos desperdicios conllevan a la contaminación del suelo y las aguas superficiales, los cuales son problemas ambientales [9]. Por ello, se ha transformado en un problema tanto ambiental como social en todas las ciudades. La necesidad que existe de reciclar esta materia para disminuir la contaminación ambiental es de mucha importancia en la actualidad. Por eso es necesario poder

reutilizar dichos desperdicios que se generan a diario en nuevas estructuras. En la capital del Perú en promedio al día se generan 19 toneladas de desmonte las cuales van a parar al mar, ríos entre otros lugares [14]. Por otro lado, es importante la reducción de la extracción de agregados debido a que esto disminuiría el impacto al ambiente y el acabamiento de las reservas de los materiales pétreos de las canteras [2]. La demanda de los materiales naturales en la construcción ha aumentado debido a la demanda que se tiene en este sector, lo que está llevando a un desequilibrio ecológico. Por esto existen diversas propuestas de investigaciones que buscan utilizar materiales de desperdicio para la fabricación de unidades de albañilería ecológicas [10].

Existen investigaciones relacionadas al poliestireno como reemplazo para el agregado fino en un bloque de concreto, uno de estos estudios menciona que reemplazo el agregado fino por PET (Tereftalato de polietileno) que utilizó para la mezcla de concreto fue de 5%, 10% y 15%; y también reemplazo 15% de cemento por cenizas volantes la resistencia a la compresión que obtuvo fue que disminuyó en 34.15%; 52.22%; y 56.53% [4]. Por otra parte, un estudio donde se reemplazó 10%, 20% y 30% de agregado fino por plástico PET (Tereftalato de polietileno) en relación con el peso, los resultados que obtuvieron fueron que el adoquín con reemplazo del 20% y 30%, la resistencia a la compresión disminuyó en 28.62% y 85.85%, esto debido al abundante plástico presente en la mezcla era considerable, pero en el reemplazo del 10% los resultados obtenidos de la resistencia son aceptables [3].

En este trabajo buscamos analizar las propiedades tanto mecánicas y físicas del bloque de concreto, sustituyendo en porcentajes de 10% y 20% al agregado fino y grueso por poliestireno expandido (EPS) y cloruro de polivinilo rígido (PVC-U), se realiza estas sustituciones con el objetivo de disminuir el peso del elemento debido a que ayudaría a su trabajabilidad pero sin experimentar disminución en su resistencia requerida, además que el bloque de concreto cumpla con las normas que lo rigen para su utilización en Perú como es la NTP 399.602 y NTP 399.604. También se realizará una comparación con un bloque patrón el cual está elaborado sin ninguna sustitución de sus agregados.

Tabla 1.
Características químicas del cemento Portland

Ensayos	Tipo	Valor	Unidad	Norma de Ensayo	Resultados
MgO	Máximo	6	%	NTP 334.086	1.7
SO ₂	Máximo	3	%	NTP 334.086	2.82
Alcalis equivalente	-	-	%	NTP 334.086	0.8
Pérdida por ignición	Máximo	3.5	%	NTP 334.086	2.8
Residuo inoxidable	Máximo	1.5	%	NTP 334.086	0.6

Fuente: Pacasmayo, 2023

2 Materiales y métodos

2.1 Materiales

2.1.1 Cemento Portland

Se utilizó en la presente investigación un cemento Portland de uso general tipo I. En la Tabla 1 se presentan los requisitos químicos [15].

2.1.2 Agregados

En la mezcla de concreto los agregados que se utilizó fueron obtenidos en la región de Lambayeque-Perú.

2.1.3 Poliestireno expandido (EPS)

Es un plástico espumoso que está compuesto por un 98% aire lo cual le brinda el notorio bajo peso que posee, además puede absorber impactos, también es un buen aislante térmico y acústico. Por estas propiedades es utilizado en diversos ámbitos, uno de ellos es la construcción. Para la recolección del material se visitó los desmontes de las construcciones como proceso de reciclaje.

2.1.4 Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U)

Es un plástico que se puede mezclar o adherirse a otros materiales, según la fabricación puede tener propiedades flexibles o rígidas, lo podemos encontrar en los tubos de fontanería. Para la obtención del cloruro de polivinilo se recurrió a un establecimiento de reciclaje.

2.2 Método

La investigación es de tipo experimental., por ende, se realizaron distintas pruebas de laboratorio para obtener los distintos resultados de la resistencia para luego comparar las resistencias de todas las sustituciones que se realizaron al bloque de concreto respecto a la resistencia de un bloque patrón.

Para su fabricación del bloque de concreto se realizó en una máquina que fabrica este tipo de elemento, para ello se debe de tener las proporciones que se utilizaran de material de agregados y la proporción de agua para una bolsa de cemento la cual tiene un peso de 42.5 kg, debido que estos mismos se mezclaran en el tambor donde después de un tiempo determinado son trasladados por una cinta transportadora hacia la maquina fabricadora de bloques la cual tiene como capacidad de fabricar 6 bloques por vuelta, según el diseño de mezcla se pueden fabricar 42 bloques por cada bolsa de cemento de 42.5 kg. Para cada combinación se deberá realizar el mismo procedimiento, esto nos dará la cantidad de muestra para poder ensayar.

La máquina utilizada está conformada por cuatro partes, la primera es el almacén donde llega la mezcla de concreto por la cinta transportadora para el bloque, la segunda es la plancha vibradora la cual al llegar la mezcla vibra para que

esta entre al molde, como tercer parte se tiene el molde del bloque con las medidas de ancho, largo y alto de 12-39-19 cm que corresponde a un bloque de tipo 12, con doble tronco-piramidal centradas los que permiten que se realice los huecos del bloque y como última parte se tiene la compresora el que se encarga de compactar la mezcla para que no queden vacíos en el bloque.

Una vez que el bloque sale del molde se le traslada al patio donde estará en temperatura ambiente por los siguientes días hasta que llegue la edad de ensayo, donde se le estará curando progresivamente para que el bloque pueda llegar a su máxima resistencia. El número de bloques por ensayo por cada porcentaje de sustitución fue 3 para alabeo, absorción, succión y variabilidad dimensional y 30 para cada porcentaje de sustitución para la resistencia a la compresión. La muestra fue de un total de 132 bloques.

Se utilizó combinaciones de dosificación para cada tipo de bloque a fabricar: bloque patrón, bloque con poliestireno expandido 10% y 20%, bloque con cloruro de polivinilo 10% y 20%. Las proporciones que se utilizaron fue en baldes, que podemos observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Diseño de mezcla

Insumos para 6 bloques de concreto	Cantidad		Altura de la lata	
Arena gruesa	1.333	Latas	44	cm
Arena fina	1.333	Latas	44	cm
Agua	8.061	Litros	14	cm
Cemento portland tipo i	7.083	Kilogramos	11	cm = 1/3 lata

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1. Modo de fallo de ruptura del bloque de concreto. Fuente: Autor.

3 Resultados y discusión

3.1 Propiedades físicas

3.1.1 Variabilidad dimensional

La variación dimensional del bloque de concreto se evaluó con respecto a la NTP 399.604 [11], los resultados que se obtuvieron del ensayo se observan en las Tablas 3-7.

Tabla 3. Bloque patrón

Bloque normal tipo 12	19	12	39
n° bloque de concreto	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	18.6	12.1	39.3
2	18.7	12	39.4
3	18.9	12.1	39.4
Promedio	18.73	12.07	39.37
Variación dimensional:	1.40%	-0.56%	-0.94%
Norma	+2%	+3%	+2%
Cumple			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Poliestireno expandido (EPS) 10%

Bloque normal tipo 12	19	12	39
n° bloque de concreto	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	19.2	12.1	39.2
2	19.4	12	39.2
3	19.5	12.2	39.2
Promedio	19.37	12.10	39.20
Variación dimensional:	-1.93%	-0.83%	-0.51%
Norma	+2%	+3%	+2%
Cumple			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Poliestireno expandido (EPS) 20%

Bloque normal tipo 12	19	12	39
N° bloque de concreto	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	19.4	12.1	39.2
2	19.2	12.1	39.1
3	19.1	12	39.3
Promedio	19.23	12.07	39.20
Variación dimensional:	-1.23%	-0.56%	-0.51%
Norma	+2%	+3%	+2%
Cumple			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 10%

Bloque normal tipo 12	19	12	39
n° bloque de concreto	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	19	12	39.2
2	18.7	12.1	39.3
3	18.5	12	39.3
Promedio	18.73	12.03	39.27
Variación dimensional:	1.40%	-0.28%	-0.68%
Norma	+2%	+3%	+2%
Cumple			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 20%

Bloque normal tipo 12		19	12	39
Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	2	18.6	12.1	39.2
2	3	19.1	12.1	39.3
3	3	18.8	12	39.3
Promedio		18.83	12.07	39.27
Variación dimensional: (mm)		0.88%	-0.56%	-0.68%
Norma		+2%	+3%	+2%
Cumple				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.

Bloque patrón

Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Lado 1 (mm)	Cara (mm)	Lado 2 (mm)	Promedio (mm)
	a	b	a'	b'	
1	2	2	3	4	2.75
2	3	3	4	3	3.25
3	3	2	3	4	3
Promedio (mm)					3.0
Norma					4
Cumple					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.

Poliestireno expandido (EPS) 10%

Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Lado 1 (mm)	Cara (mm)	Lado 2 (mm)	Promedio (mm)
	a	b	a'	b'	
1	2	4	0	1	1.75
2	1	1	3	2	1.75
3	2	3	2	2	2.25
Promedio (mm)					1.9
Norma					4
Cumple					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Poliestireno expandido (EPS) 20%

Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Lado 1 (mm)	Cara (mm)	Lado 2 (mm)	Promedio (mm)
	a	b	a'	b'	
1	1	2	4	2	2.25
2	2	2	3	2	2.25
3	3	3	5	1	3
Promedio (mm)					2.5
Norma					4
Cumple					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 20%

Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Lado 1 (mm)	Cara (mm)	Lado 2 (mm)	Promedio (mm)
	a	b	a'	b'	
1	2	3	1	0	1.5
2	1	4	1	3	2.25
3	1	2	2	2	1.75
Promedio (mm)					1.8
Norma					4
Cumple					

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Alabeo

El ensayo de alabeo se evaluó con respecto a la RNE E0.70 y NTP 399.613 para los bloques que tenían los diferentes porcentajes de sustitución. Los resultados que se obtuvieron se presentan en las Tablas 8-12.

3.1.3 Succión

El ensayo de succión que se realizó a los bloques de concreto teniendo en cuenta la RNE E0.70 de albañilería y NTP 399.602, se pudo obtener los valores que muestran las Tablas 13-17 los cuales están dentro del límite permitido.

Tabla 12.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 20%

Nº bloque de concreto	Cara (mm)	Lado 1 (mm)	Cara (mm)	Lado 2 (mm)	Promedio (mm)
	a	b	a'	b'	
1	5	1	2	2	2.5
2	1	2	5	1	2.25
3	3	1	2	3	2.25
Promedio (mm)					2.3
Norma					4
cumple					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.

Bloque patrón

Nº de bloque de concreto	1	2	3
P. Seco (kg)	12.17	11.92	12.55
P. Seco (gr)	12170	11920	12550
P. Succión (kg)	12.2	11.95	12.58
P. Succión (gr)	12200	11950	12580
Largo (cm)	39.3	39.4	39.4
Ancho (cm)	12.1	12	12.1
Área (cm²)	475.53	472.8	476.74
Succión (gr-200cm²/min)	12.618	12.690	12.585
Promedio =			12.631
Norma			<20
Cumple			

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14.

Poliestireno expandido (EPS) 10%

Nº de bloque de concreto	1	2	3
P. Seco (kg)	11.835	11.485	11.565
P. Seco (gr)	11835	11485	11565
P. Succión (kg)	11.865	11.545	11.595
P. Succión (gr)	11865	11545	11595
Largo (cm)	39.2	39.2	39.2
Ancho (cm)	12.1	12	12.2
Área (cm²)	474.32	470.4	478.24
Succión (gr-200cm²/min)	12.650	25.510	12.546
Promedio =			24.604
Norma			<20

Al momento se asentar los bloques, pasar con brocha a la cara de asentado o rociarlas; para evitar succionar el agua del mortero y perder su resistencia.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15.

Poliestireno expandido (EPS) 20%

N° de bloque de concreto	1	2	3
P. Seco (kg)	10.965	11	11.25
P. Seco (gr)	10965	11000	11250
P. Succión (kg)	11.09	11.08	11.28
P. Succión (gr)	11090	11080	11280
Largo (cm)	39.2	39.1	39.3
Ancho (cm)	12.1	12.1	12
Área (cm ²)	474.32	473.11	471.6
Succión (gr-200cm ² /min)	52.707	33.819	12.723
Promedio =	46.503		
	Norma		<20

Al momento se asentar los bloques, pasar con brocha a la cara de asentado o rociarlas; para evitar succionar el agua del mortero y perder su resistencia.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 10%

N° de bloque de concreto	1	2	3
P. Seco (kg)	11.39	11.83	11.54
P. Seco (gr)	11390	11830	11540
P. Succión (kg)	11.475	11.87	11.58
P. Succión (gr)	11475	11870	11580
Largo (cm)	39.2	39.3	39.3
Ancho (cm)	12	12.1	12
Área (cm ²)	470.4	475.53	471.6
Succión (gr-200cm ² /min)	36.139	16.823	16.964
Promedio =	16.931		
	Norma		<20
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 20%

N° de bloque de concreto	1	2	3
P. Seco (kg)	11.22	11.265	11.235
P. Seco (gr)	11220	11265	11235
P. Succión (kg)	11.3	11.345	11.315
P. Succión (gr)	11300	11345	11315
Largo (cm)	39.2	39.3	39.3
Ancho (cm)	12.1	12.1	12
Área (cm ²)	474.32	475.53	471.6
Succión (gr-200cm ² /min)	33.733	33.647	33.927
Promedio =	33.769		
	Norma		<20

Al momento se asentar los bloques, pasar con brocha a la cara de asentado o rociarlas; para evitar succionar el agua del mortero y perder su resistencia.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Absorción

Al realizar el ensayo de absorción se toma como consideración la NTP E0.70 [13], donde establece que la absorción de un bloque de concreto debe ser menor que 12%. Como se puede observar en las Tablas 18-22, tanto el bloque patrón como los bloques con sustitución de EPS y PVC-U cumple con la norma.

Tabla 18.

Bloque patrón

N° de bloque	Masa de la muestra seca (kg)	Masa de la muestra húmeda (kg)	Absorción (%)
1	12.17	13.03	7.07%
2	11.92	12.73	6.80%
3	12.55	13.365	6.49%
		Prom=	6.79%
		Norma	<12%
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19.

Poliestireno expandido (EPS) 10%

N° de bloque	Masa de la muestra seca (kg)	Masa de la muestra húmeda (kg)	Absorción (%)
1	11.835	12.67	7.06%
2	11.485	12.44	8.32%
3	11.565	12.33	6.61%
		Prom=	7.33%
		Norma	<12%
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20.

Poliestireno expandido (EPS) 20%

N° de bloque	Masa de la muestra seca (kg)	Masa de la muestra húmeda (kg)	Absorción (%)
1	10.965	11.95	8.98%
2	11	11.89	8.09%
3	11.25	12.21	8.53%
		Prom=	8.54%
		Norma	<12%
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 10%

N° de bloque	Masa de la muestra seca (kg)	Masa de la muestra húmeda (kg)	Absorción (%)
1	11.39	12.395	8.82%
2	11.83	12.63	6.76%
3	11.54	12.45	7.89%
		Prom=	7.82%
		Norma	<12%
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22.

Cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) 20%

N° de bloque	Masa de la muestra seca (kg)	Masa de la muestra húmeda (kg)	Absorción (%)
1	11.22	12.29	9.54%
2	11.265	12.19	8.21%
3	11.235	12.145	8.10%
		Promedio =	8.62%
		Norma	<12%
	Cumple		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23.

Pesos del bloque de concreto

	Peso seco (kg)	Peso húmedo (kg)	Promedio (kg)	KG-diferencia
Bloque patrón	12.213	13.042	12.628	
Eps 10%	11.628	12.480	12.054	0.573
Pvc-u 10%	11.587	12.492	12.039	0.588
Pvc-u 20%	11.240	12.208	11.724	0.903
Eps 20%	11.072	12.017	11.544	1.083

Fuente: Elaboración propia.

3.1.5 Peso del bloque de concreto

Respecto al ensayo realizado los resultados obtenidos se muestran que el peso del bloque con poliestireno expandido y PVC-U respecto al bloque patrón disminuye siendo 1.083 kg su máxima disminución, la Tabla 23 muestra los valores.

3.2 Propiedades mecánicas

3.2.1 Resistencia a la compresión

Los valores que se obtuvieron del ensayo de la resistencia a la compresión se observan en las Tablas 24-32 podemos observar la probabilidad de ocurrencia. Además, en las figuras 2-5 se tiene la campana de gauss de cada una de las sustituciones. Los resultados si cumplen con lo establecido en la NTP 399.602 donde se indica que la resistencia mínima de un bloque de concreto de uso estructural debe ser de 75 kg/cm² [12], sin embargo, se muestra que al sustituir el agregado fino por poliestireno expandido en porcentajes de 10% y 20% la resistencia disminuyo en 14% y 21.63% y al sustituir el agregado grueso por cloruro de polivinilo rígido (PVC-U) en porcentajes de 10% y 20% su resistencia disminuyo en 12.69% y 21.79%. En otro estudio se sustituyó el agregado fino por EPS en 20%, 30%, 40% y 50% tuvo como resultado que se redujo su resistencia has un 64% en el último remplazo [1]. Otro estudio que tiene los mismos porcentajes de remplazo de EPS con 20%, 30%, 40% y 50% sus resultados dieron que la máxima disminución de resistencia fue del 57% con respecto a la muestra [7]. Por otra parte, se sustituyó a la piedra por plástico (PEAD) en porcentajes de 25 y 50 obteniendo como resultado una disminución en peso de 9,7% y 12,02% pero en cambio su resistencia bajo en 29,17% y 48,5% [5]. En cambio, [6] quien realizo un adoquín sustituyendo el agregado fino por plásticos menciona que el porcentaje que se debería de usar debe de estar entre 20% y 30% debido a que con estas cantidades de sustitución la resistencia disminuye en un 20% pero se encuentra dentro de la resistencia mínima.

Tabla 24. Bloque patrón

Nº de bloque	Resistencia (kg/cm ²)	F (x)
1	142.610	0.068
2	145.430	0.100
3	150.350	0.057
Promedio/media =	146.130	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Bloque - EPS 10%

Nº de bloque	Resistencia (kg/cm ²)	F (x)
1	87.57	0.002
2	94.495	0.005
3	96.88	0.006
4	99.15	0.007
5	101.42	0.008
6	107.93	0.012
7	109.77	0.013
8	116.545	0.018
9	121.32	0.020
10	122.66	0.020
11	123.02	0.020
12	125.16	0.021
13	125.235	0.021
14	126.76	0.021
15	127.155	0.021
16	128.670	0.021
17	129.150	0.021
18	130.860	0.020
19	133.805	0.020
20	137.135	0.018
21	143.410	0.015
22	144.145	0.014
23	144.880	0.014
24	146.290	0.013
25	147.275	0.012
26	148.260	0.012
27	148.260	0.012
28	149.410	0.011
29	153.940	0.008
30	158.470	0.006
Promedio/media =	127.634	
Desv-estandar (kg/cm²)	19.244	

Fuente: Elaboración propia.

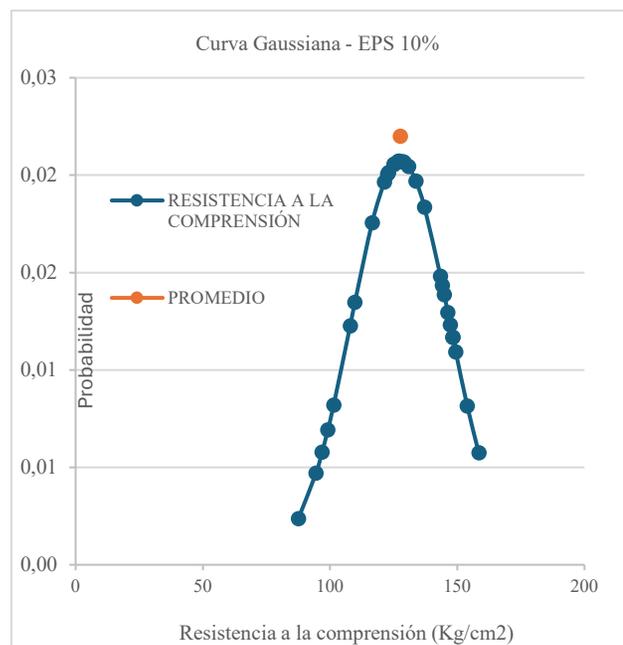


Figura 2. Curva Gaussiana - EPS 10%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26.
Probabilidad de ocurrencia EPS-10%

Probabilidad	Resistencia		
68.20%	114.280	a	137.913
95.20%	100.925	a	148.191
100.00%	87.570	a	158.470

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27.
Bloque - EPS 20%

N° de bloque	Resistencia (kg/cm2)	F (x)
1	87.53	0.005
2	90.17	0.007
3	91.55	0.009
4	92.81	0.010
5	99.2	0.019
6	100.025	0.020
7	102.84	0.024
8	106.6	0.029
9	106.695	0.029
10	107.03	0.029
11	107.46	0.029
12	108.5	0.030
13	109.685	0.031
14	110.87	0.031
15	111.9	0.031
16	113.760	0.031
17	114.155	0.031
18	114.200	0.031
19	114.650	0.031
20	115.100	0.030
21	116.375	0.029
22	117.560	0.028
23	120.135	0.025
24	120.850	0.024
25	120.920	0.024
26	121.840	0.023
27	125.170	0.018
28	131.940	0.009
29	133.605	0.007
30	142.040	0.002
Promedio/media =	111.839	
Desv-estandar (kg/cm2)	12.7497	

Fuente: Elaboración propia.

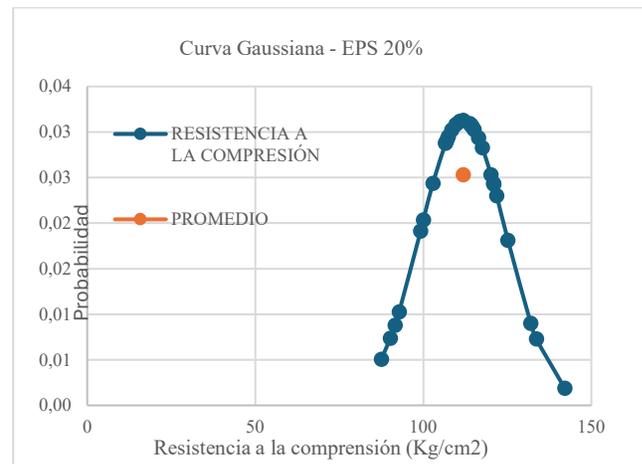


Figura 3. Curva Gaussiana - EPS 20%
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28.
Probabilidad de ocurrencia EPS-20%

Probabilidad	Resistencia		
68.20%	103.736	a	121.906
95.20%	95.633	a	131.973
100.00%	87.530	a	142.040

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.
Bloque - PVC-U 10%

N° de bloque	Resistencia (kg/cm2)	F (x)
1	91.98	0.004
2	94.18	0.005
3	96.525	0.006
4	101.07	0.009
5	105.405	0.011
6	111.91	0.016
7	112.52	0.016
8	115.555	0.018
9	116.23	0.018
10	116.63	0.018
11	119.77	0.019
12	120.55	0.020
13	122.51	0.020
14	123.92	0.020
15	125.135	0.021
16	126.755	0.021
17	127.630	0.021
18	129.720	0.020
19	130.040	0.020
20	131.110	0.020
21	132.500	0.020
22	132.680	0.020
23	135.320	0.019
24	139.420	0.016
25	139.615	0.016
26	151.210	0.009
27	156.905	0.006
28	161.530	0.004
29	161.530	0.004
30	162.600	0.004
Promedio/media =	126.415	
Desv-estandar (kg/cm2)	19.3793	

Fuente: Elaboración propia.

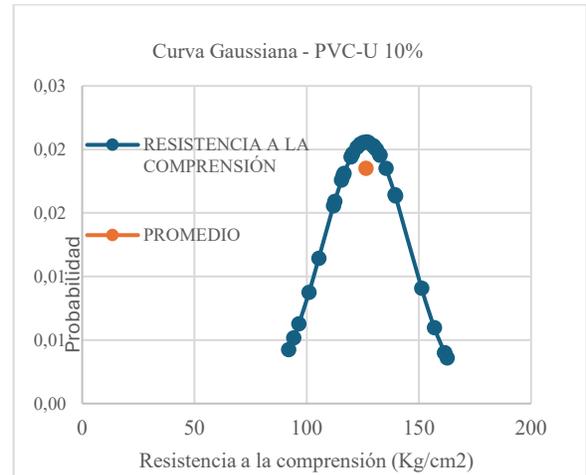


Figura 4. Curva Gaussiana - PVC-U 10%
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30.
Probabilidad de ocurrencia PVC-U-10%

Probabilidad	Resistencia		
68.20%	114.937	a	138.477
95.20%	103.458	a	150.538
100.00%	91.980	a	162.600

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31.
Bloque - PVC-U 20%

N° de Bloque	Resistencia (kg/cm2)	F (X)
1	96.57	0.006
2	104.07	0.009
3	104.14	0.009
4	105.61	0.010
5	107.08	0.010
6	109.005	0.011
7	110.2	0.012
8	110.985	0.012
9	111.56	0.012
10	113.87	0.013
11	115.85	0.014
12	116.46	0.014
13	117.41	0.014
14	117.8	0.014
15	119.05	0.015
16	120.775	0.015
17	124.620	0.016
18	125.400	0.016
19	130.550	0.016
20	137.765	0.015
21	144.980	0.014
22	145.000	0.014
23	153.270	0.010
24	153.270	0.010
25	154.945	0.010
26	157.775	0.009
27	162.280	0.007
28	170.810	0.004
29	179.340	0.002
30	185.930	0.001
Promedio/media =	130.212	
Desv-estandar (kg/cm2)	24.6177	

Fuente: Elaboración propia.

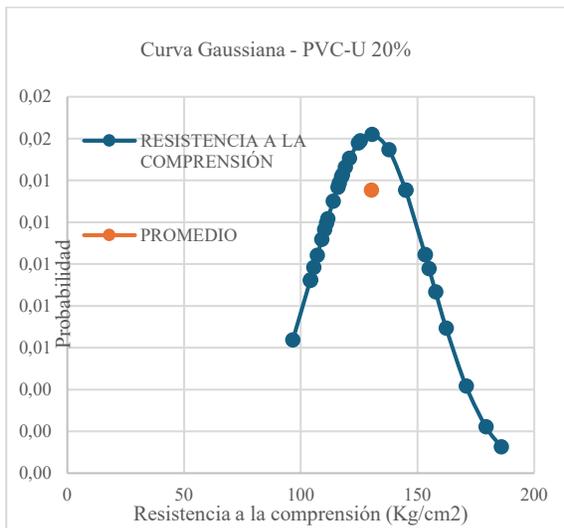


Fig. 5. Curva Gaussiana - PVC-U 20%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32.
Probabilidad de ocurrencia PVC-U-20%

Probabilidad	Resistencia		
68.20%	118.998	a	148.785
95.20%	107.784	a	167.357
100.00%	96.570	a	185.930

Fuente: Elaboración propia.

4 Conclusiones

Al sustituir a uno de los agregados por EPS o PVC-U el peso del bloque de concreto disminuye en promedio 900gr con respecto al bloque patrón.

En términos de propiedades físicas y mecánicas, cumplen con todas las especificaciones. Sin embargo, hay una observación en el ensayo de succión por parte del PS en 10% y 20% y por parte del PVC-U en 20%. Por ello, se recomienda humedecer más el lado del asentamiento del bloque de concreto para evitar que succione agua del mortero, lo que evita la pérdida de resistencia del mortero y mejora la adherencia del asentamiento.

La resistencia a la compresión entre el bloque de EPS y PVC-U se observa que la sustitución de estos agregados disminuye su resistencia respecto al bloque patrón, además el bloque con EPS disminuya más su resistencia a comparación del bloque PVC-U.

Se aconseja que en trabajos posteriores de investigación se utilice un aditivo para que la resistencia a la compresión del bloque de concreto no disminuya, de esta manera se pueda sustituir un porcentaje mayor de un material que ayude a reducir el peso del bloque.

Bibliografía

- [1] Nurain-Izzati, M.Y., Suraya-Hani, A., Shahiron, S., Sallehuddin-Shah, A., Mohamad-Hairi, O., Zalipah, J., Noor-Azlina, A.H., Mohamad-Nor-Akasyah, W.A., and Nurul-Amirah, K., Strength and water absorption properties of lightweight concrete brick. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 513, art. 012005, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/513/1/012005>
- [2] Rakshvir, M. y Barai, S.V., Estudios sobre hormigón a base de áridos reciclados. Waste Management Research, 24, pp. 225-233, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X06064820>
- [3] Cabanillas, H.B., Influencia del PET reciclado en la resistencia a la compresión de adoquines convencionales en la ciudad de Trujillo. Tesis de licenciatura. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/24147>
- [4] Fauzan, Zakaria, R.F., Nugraha, D.A.M., and Jauhari, Z.A., The effect of pet and Ldpe plastic wastes on the compressive strength of paving blocks. International Journal of GEOMATE, 24(101), pp. 94-101, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21660/2023.101.g12250>
- [5] Mendoza, V., Pérez, C., Rodríguez, M., y Ortiz, S., Bloques de concreto con sustitución de residuos sólidos de polietileno de alta densidad. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=605772532005>
- [6] Arif, S., Ovy, S., and Tan, N., Strength of paving block by replacing up to 40% of fine aggregate by weight with plastic waste, E3S Web of Conferences 429, art. 05027, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342905027>
- [7] Suraya, H., A., Nurain-Izzati, M.Y., Sallehuddin-Shah, A., Shahiron, S., Mohamad-Hairi, O., Mohd-Sufyan, A., Mohamad-Luthfi, A.J., Zalipah, J., Mohamad-Nor Akasyah, W.A., and Nurul-Amirah, K., Strength and water absorption properties of lightweight concrete brick containing expanded polystyrene and palm oil fuel ash. IOP

- Conference Series: Materials Science and Engineering, 513, art. 012004, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/513/1/012004>
- [8] Luciano, A., Cutaia, L., Altamura, P., y Penalvo, E., Cuestiones críticas que obstaculizan una práctica generalizada de reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) en los países de la UE y acciones a emprender: la perspectiva de las partes interesadas. *Sostenible Química y Farmacia*, 29, art. 100745, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100745>
- [9] Devaki, H., y Shanmugapriya, S., ACV sobre enfoques de gestión de residuos de construcción y demolición: una revisión. *Materiales hoy: Actas*, 65(2), pp. 764-770, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.286>
- [10] Ceballos-Medina, S., González-Rincón, D.C., y Sánchez, J.D., Reciclaje de residuos de construcción y demolición (RC&D) generados en la Universidad del Valle Sede Meléndez para la fabricación de adoquines. *Revista Ion*, 34(1), pp. 27-35, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18273/revion.v34n1-2021003>
- [11] NTP 399.604, Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto., 1^{ra} ed., Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, [en línea]. 2002. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/557527189/22136-399-604>
- [12] NTP 399.602, Unidades de Albañilería. Bloques de concreto para uso estructural. Requisitos., 1^{ra} ed., Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, [en línea]. 2002. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/450875231/393015147-NTP-399-602-pdf-pdf>
- [13] RNE E.070., Albañilería, Reglamento Nacional de Edificaciones, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, [en línea]. 2019. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5blTu7uyv/view>
- [14] León, J.P., En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos. *El Comercio Perú*. [en línea]. agosto 26, 2017. Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-generan-19-mil-toneladas-desmonte-dia-70-mar-rios-noticia-453274-noticia/>
- [15] Pacasmayo. (2023). Cemento Tipo I “Estructural”. [en línea]. Disponible en: <https://ecosaco.cementospacasmayo.com.pe/wp-content/uploads/2023/10/FICHA-INFORMATIVA-TIPO-I-.pdf>
- A. Oblitas-Torres**, estudiante del décimo ciclo de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica del Perú, Chiclayo, Perú. ORCID: 0009-0005-9528-4476
- W.Y. Torres-Muñoz**, es BSc. en Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica del Perú, Chiclayo, Perú. ORCID: 0009-0008-1381-0180
- B.E. Oblitas-Gastelo**, MSc. en Administración de Empresas con mención en Finanzas: Proyectos de Inversión por la Universidad ESAN. Ing. Civil por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. Auditor en la Contraloría General de la República del Perú desde el 2006. Jefe de OCI en la Municipalidad Provincial de Chiclayo y anteriormente en Zona Registral II - Chiclayo - SUNARP, Gerencia Regional de Salud Lambayeque y Gobierno Regional Lambayeque. Docente de postgrado en la Universidad Cesar Vallejo y Señor de Sipán en Gestión Pública y de pregrado en diversas universidades de Lambayeque como Ingeniería Civil. Ha recibido reconocimientos por su labor destacada y ha participado como ponente en conferencias y congresos sobre control en obras públicas. ORCID: 0000-0001-6791-4016
- F.A. Fernández-Otoya**, Dra. en Ciencias de la Educación por la Universidad de Málaga en España. Esp. en Gestión y Didáctica de Programas de Educación a Distancia otorgado por la PUCP. Esp. en Educación Virtual graduada de la UNED en Madrid, España. Esp. en Administración y Planificación de la Educación a Distancia, graduada de la UNAM en México. Esp. en Enseñanza a Distancia por medio de la Red Interamericana de Formación en Educación y Telemática en Canadá. Participa en eventos académicos. Coordinadora Académica para Programas de Formación Continua. Coordinadora del Grupo de Investigación e Informática Educativa y TIC. Consultora externa de Proyectos de Investigación otorgados por el FONDECYT en Chile. Participa en eventos académicos como miembro del Comité Científico. Autora de artículos en revistas científicas. Realiza Estancias de Investigación y Académicas en naciones de Europa, América del Norte y Latinoamérica. ORCID: 0000-0003-0971-335X