

Influencia de la adición del 0.2%, 0.3% y 0.4% de tereftalato de polietileno en las propiedades de resistencia y permeabilidad de pavimento de concreto

Influence of the improvement of 0.2%, 0.3% and 0.4% of polyethylene terephthalate on the strength and permeability properties of concrete pavement

Jazmin Alejandra Solórzano Ordinola¹, Marco Antonio Cerna Vasquez Junior²

Recibido: Febrero 2022

Aceptado: Mayo 2022

Resumen. - El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del uso del PET reciclado en la elaboración de concreto para pavimentos, con la finalidad de promover su uso racional en lugar de desecharlo y disminuir la contaminación ambiental que representa el plástico PET. En esta investigación se comparó el concreto con agregado patrón diseñado para una resistencia de $f'c=280$ kg/cm² con adiciones al 3%, 4% y 5% de PET en los ensayos de permeabilidad, compresión axial y flexión. Los resultados muestran que el PET en un 0.3% mejora la resistencia a la compresión, mientras que en un 0.4% de PET mejora la flexión y permeabilidad. Se concluye que si se busca la mayor resistencia se utilice menor dosificación de PET y si se busca mayor flexión y permeabilidad se utilice mayor porcentaje de PET. Este estudio demostró que el PET si influye significativamente en las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable en pequeñas adiciones.

Palabras clave: Pet, Concreto, Compresión, Flexión, Permeabilidad.

Summary. - *The objective of the research is to determine the effect of the use of recycled PET on the permeability, compressive strength, and flexure of the permeable pavement $f'c=280$ kg/cm². The methodology is applied type, experimental design, and quantitative approach. Permeable concrete is a type of porous pavement that seeks to solve the problems of traditional pavements, since traditional pavements, by not having an adequate gutter, tend to accumulate rainwater causing various accidents due to lack of inertia and decrease in pavement life. PET is a material that is found everywhere as waste, this material tends to resist tensile loads. The results show that 0.3% PET improves compressive strength, while 0.4% PET improves flexing and permeability. It is concluded that if the greatest resistance is sought, a lower dosage of PET is used and if greater flexing and permeability is sought, a higher percentage of PET is used. This study showed that PET does have a significant influence on the compressive strength, flexural strength, and permeability of pervious concrete.*

Keywords: Pet, Concrete, Compression, Bending, Permeability.

¹ Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo. Chiclayo – Perú, jsolorzanoor@ucvvirtual.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2279-3182>

² Maestro en Ingeniería, Universidad César Vallejo. Trujillo – Perú, mcernav@ucvvirtual.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8259-5444> <https://orcid.org/0000-0001-8599-753X>

1. Introducción. - A nivel mundial, el problema más conocido en la costa, países altos y zonas silvestres es el anegamiento de las carreteras provocado por las altas precipitaciones. Esto implica que la superficie de rodaje es de los puntos críticos conllevando a que se desintegre, al no tener una superficie permeable que permita dirigir el agua a través de conductos o vacíos [1].

A lo largo de los años, la necesidad del hombre de construir, lo ha obligado a añadir adiciones a la tierra y al concreto, lo que se ha visto reflejado en innovaciones en la ingeniería para dar solución a problemáticas sociales y técnicas [2].

Un dato muy importante es que el principal problema en el Perú y en el mundo es la contaminación ambiental proveniente del PET (tereftalato de polietileno). Esto se refleja en las 844.000 toneladas cada año u 8,9 kg/individuo/año, por lo cual, tratamos de darle un uso útil añadiéndolo al concreto [3].

La geografía peruana es tan diversa que en varios lugares se presentan inconvenientes de acceso, lo que ocasiona una sobreabundancia en zonas específicas, por lo que el estado peruano ha encontrado la manera de disminuir este exceso ampliando la cantidad de concesionarios [4]. Esta solución es importante pero no vital, ya que debe ir de la mano con una correcta configuración de mezclas según las necesidades requeridas según clima y geografía para pavimentos permeables [5].

En función a lo indicado, se tiene como objetivo general el determinar el efecto del uso del PET reciclado en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión de un pavimento permeable. Según la explicación de la problemática se plantea el siguiente problema general ¿Qué efecto tiene el uso de PET reciclado en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del pavimento permeable $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$?

2. Marco Teórico. - El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicación en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea [1].

En lo que respecta al diseño del pavimento de concreto permeable, se debe abordar desde un punto de vista estructural para garantizar la capacidad de absorber los esfuerzos y mantener su integridad durante la vida de diseño. Y, por otro lado, desde un punto de vista hidráulico para así validar la capacidad de gestionar el agua del evento máximo de lluvia para el cual ha sido diseñado [2].

El procedimiento constructivo de un sistema de pavimento de concreto permeable es diferente al empleado en la creación de pavimentos de concreto convencional; además, su criterio de aceptación no está basado en la resistencia a compresión, sino en la porosidad y permeabilidad, por lo tanto, tiene una perspectiva diferente [3].

La estructura de los pavimentos permeables consiste por lo general en tres capas: a) una superficie de rodaje que permite la entrada del agua, que puede ser de diferentes materiales como asfalto, concreto (pavimentos porosos), arcilla, grava, pasto, b) una capa de base de material granular fino, la cual permite una instalación adecuada de la superficie de rodaje y c) una capa compuesta por una matriz de material granular de gran tamaño o por módulos o geo-células plásticas donde el agua se almacena (sub-base) [4].

En cuanto a cómo probar el concreto permeable, este debe ser diseñado para obtener una resistencia a la compresión entre 400 psi y 4000 psi (2.8 y 28 MPa), sin embargo, no se especifica o acepta en base a la resistencia. Un punto más importante es el contenido de vacíos. La aceptación se basa normalmente en la densidad (peso unitario) del pavimento en el sitio. Una tolerancia aceptable es de más o menos 80 kg/m³ de la densidad de diseño [1].

3. Metodología. - En el experimento se elaboraron 04 diseños de mezclas de concreto con diferentes porcentajes de PET reciclado (0%, 0.2%, 0.3%, 0.4%). Se moldearon un total de 48 probetas cilíndricas y 36 vigas, siendo las variables de evaluación que se midieron la resistencia a la compresión axial (ASTM C 39), resistencia a la flexión (ASTM C 78) y permeabilidad o Infiltración de Agua (ACI 522R-10). Para estos especímenes se consideraron tiempos de curado de 7, 14 y 28 días.

Para la fabricación del concreto se consideró cemento portland tipo I con una resistencia de diseño de 280kg/cm². Se utilizaron gradación de agregados de 3/8" y 1/2" de la cantera Tres Tomas. En la presente tabla se presentan las principales propiedades de los agregados utilizados.

Tipo de agregado	Agregado Grueso (3/8")	Agregado Grueso (1/2")
Peso específico (seca)	2.58 gr/cm ³	2.61 g/cm ³
Peso específico (aparente)	2.69 gr/cm ³	2.71 g/cm ³
% Absorción	1.61%	1.53%
Peso unitario suelto	1486 kg/m ³	1365 kg/m ³
Peso unitario compactado	1695 kg/m ³	1543 kg/m ³
% Humedad	0.85%	0.16%
% Vacíos	12.10%	17.90%

Tabla I. Propiedades físicas de los agregados utilizados.

Las mezclas fueron dosificadas sin considerar agregado fino para cumplir con los parámetros de la norma ACI 522R para concretos permeables; en la tabla siguiente se presentan la dosificación utilizada para la fabricación del concreto.

Materiales	Peso 1m³ (KG)	Proporciones en volumen
Cemento	372.28	1
Agregado grueso	1573.24	4.23
Agua	151.51	17.30

Tabla II. Diseño de mezcla para agregado de 1/2"

Materiales	Peso 1m³ (KG)	Proporciones en volumen
Cemento	372.28	1
Agregado grueso	1705.06	4.58
Agua	143.05	16.33

Tabla III. Diseño de mezcla para agregado de 3/8"

4. Resultados y discusión. -

4.1. Resistencia a la compresión axial. - Se evaluaron 03 muestras de cada probeta cilíndrica de concreto con y sin PET reciclado para edades de curado de 7, 14, 28 días. Se presentó fractura de lados en la parte superior e inferior. Los resultados obtenidos cumplieron los requerimientos de la NTP 339.034 y se muestran a continuación:

Adición de PET Reciclado	Resistencia a la compresión axial (Kg/cm ²)		
	07 días	14 días	28 días
0 %	193.52	251.68	281.68
0.2%	194.02	252.92	282.78
0.3%	194.63	253.28	283.64
0.4%	193.08	251.14	281.03

Tabla IV. Resistencia a la compresión axial

En cuanto a la resistencia a compresión axial de probetas de concreto, los resultados son constantes para las adiciones 0.2%, 0.3% y 0.4% investigadas. En comparación con [6] se observa que, el concreto logró una mejoría al adicionar el PET en un 0.5%, ya que la resistencia a la compresión aumentó en un 12.33% a comparación de su diseño patrón, por ello coincidimos en que el PET si influye positivamente. Es importante resaltar que los resultados de [7], nos indican que para porcentajes mayores a 0.5% se presentan disminuciones considerables en esta propiedad del concreto.

4.2. Resistencia a la flexión. - Se evaluaron 03 vigas de concreto para cada condición de adición de PET reciclado para edades de curado de 7, 14, 28 días. A continuación, se presentan los resultados promedios:

Adición de PET Reciclado	Resistencia a la flexión (Kg/cm ²)		
	07 días	14 días	28 días
0 %	22.99	30.77	36.50
0.2%	23.72	32.16	38.59
0.3%	24.70	34.34	40.83
0.4%	25.64	36.09	43.62

Tabla V. Resistencia a la flexión

Para el caso de la resistencia a la flexión, todas las adiciones estudiadas mejoraron esta propiedad. Pero, se obtuvo un incremento máximo del 19.51% al adicionarse 0.4% de PET reciclado. Estos resultados son similares con lo indicado por [8], que al adicionar PET al 0.50% se incrementa un

valor de 14.04%. Con ello se demuestra que a mayor cantidad de PET se mejora la resistencia a la flexión del concreto dándole la calidad adecuada.

4.3. Permeabilidad. - Para el tiempo de 28 días se evaluaron 03 muestras cilíndricas para cada condición de adición de PET reciclado. Se indican los valores promedios:

Adición de PET Reciclado	Permeabilidad (cm/s)
	28 días
0 %	0.53
0.2%	0.56
0.3%	0.60
0.4%	0.63

Tabla VI. Permeabilidad del concreto

Para el caso de la permeabilidad, se evidencia que a mayor cantidad de adición PET, se incrementó la permeabilidad de manera proporcional. Cabe mencionar que los resultados cumplen lo dispuesto por el ACI 522R-10, en cuanto al coeficiente de permeabilidad del concreto permeable que debe estar dentro del rango de 0.1582 cm/s a 1.22 cm/s. Es importante indicar que todo lo mencionado se consolida con lo indicado por (6), que menciona que los valores más altos obtenidos se debieron a elaborar un diseño de mezclas que solo posee agregado grueso y por ende tiene más volumen de vacíos, lo cual drena el agua a través de su estructura.

4.4. Comparativo. - En función a las figuras I y II, si se busca mejorar la resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad, el porcentaje más adecuado es 0.3% de PET. Esto se considera bajo las condiciones de diseño, tipo de agregados y proporción del PET.

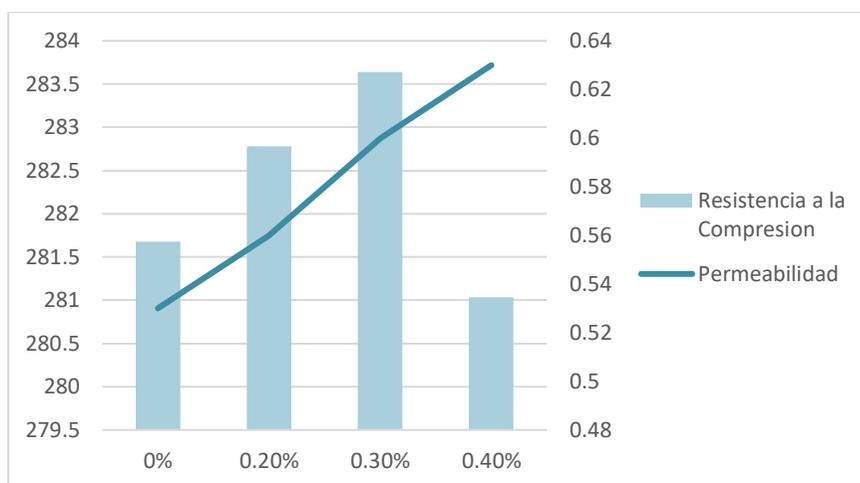


Figura I. Gráfica de Resistencia a la compresión Vs Permeabilidad.

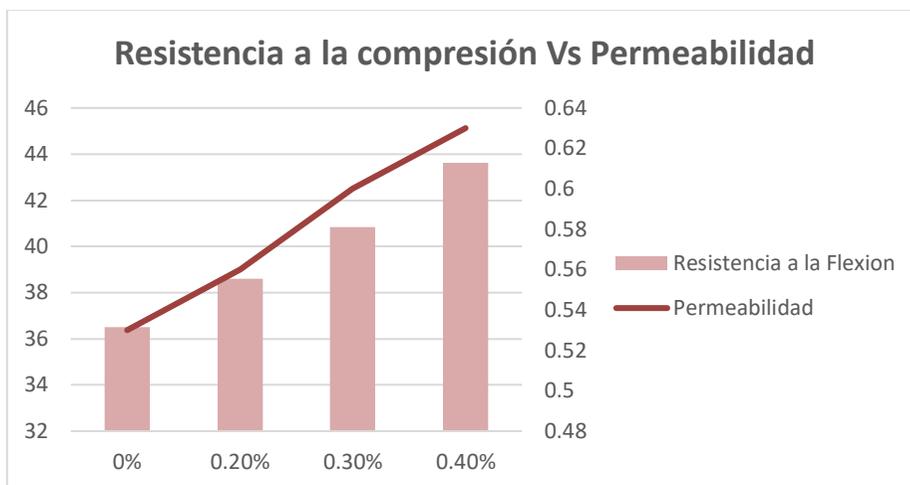


Figura II. Gráfica de Resistencia a la flexión Vs Permeabilidad.

5. Conclusiones y recomendaciones. - De acuerdo con los resultados de este estudio, en los concretos fabricados con PET reciclado se aprecia un comportamiento más favorable para un mayor porcentaje de PET. Tenemos para cada caso, en resistencia a la compresión para el 0.3% y resistencia a la flexión y permeabilidad al 0.4%.

Como conclusión, se puede establecer el uso del PET en pavimentos permeables tiene efectos importantes tanto estructural y económicamente.

Se recomienda utilizar el PET en diversos porcentajes y medidas ya que su aplicación en la construcción sería vital desde un punto de vista ambiental porque habría una disminución de la contaminación, mejorar la calidad de vida y plantear nuevas técnicas de construcción.

6. Referencias

- [1] M. Espinoza Perez y L. Quispe Rimache, «Comportamiento mecánico del concreto con incorporación del PET para canales de riego erosionables del distrito de Nueva Cajamarca, 2020,» Moyobamba, 2020.
- [2] National Ready Mixed Concrete Association - NRMCA, «Concreto Permeable,» El concreto en la práctica: ¿Qué, por qué y cómo?, n° CIP 38, p. 2, 2020.
Available: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2819.pdf
- [3] S. Arango, «360 en concreto,» [En línea].
Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto> [Último acceso: 10 Marzo 2022].
- [4] C. Aire, «Instituto Mexicano del Concreto y Cemento,» [En línea].
Available: <https://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>.
[Último acceso: 10 Marzo 2022].
- [5] E. Cárdenas, Á. Albiter y J. Jaimes, «Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la tenían del recurso agua,» CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva, vol. 24, n° 2, 2017.
- [6] A. Bautista Pereda, «DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA PLUVIALES SEGÚN LA NORMA ACI 522R-10,» Lima, 2018.
- [7] I. Reyes Montoya, «Diseño de un concreto con fibras de Polietileno Tereftalato (pet) reciclado para la ejecución de losas en el asentamiento humano Amauta - Ate - Lima Este,» Lima, 2018.
- [8] A. Ghadafi y C. Kankam, «Strength Characteristics of Recycled Polyethylene Fibre Reinforced Concrete,» Journal of Materials Science Research and Reviews, vol. 7, n° 3, pp. 33-41, 2021.