



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE ADOQUINES HEXAGONALES CON LA UTILIZACIÓN DE
MATERIAL RECICLADO DE PAVIMENTO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingenieras Civiles

AUTORAS: Shirley Micaela Montoya Gallegos
Ariadna Kamyla Nejer Villarroel

TUTOR: Sandri Germanico Castro Angulo

Quito - Ecuador
2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Shirley Micaela Montoya Gallegos con documento de identificación N° 1721214961 y Ariadna Kamyla Nejer Villarroel, con documento de identificación N° 1719148148; manifestamos que: Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



Shirley Micaela Montoya Gallegos
1721214961



Ariadna Kamyla Nejer Villarroel
1719148148

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotras, Shirley Micaela Montoya Gallegos con documento de identificación N° 1721214961 y Ariadna Kamyla Nejer Villarroel, con documento de identificación N° 1719148148; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Artículo Académico: “Diseño y elaboración de adoquines hexagonales con la utilización de material reciclado de pavimento”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieras Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



Shirley Micaela Montoya Gallegos
1721214961



Ariadna Kamyla Nejer Villarroel
1719148148

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sandri Germanico Castro Angulo con documento de identificación N° 0802550301, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaró que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE ADOQUINES HEXAGONALES CON LA UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE PAVIMENTO**, realizado por Shirley Micaela Montoya Gallegos con documento de identificación N° 1721214961 y Ariadna Kamyla Nejer Villarroel, con documento de identificación N° 1719148148, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del 2024

Atentamente,



Ing. Sandri Germanico Castro Angulo, MSc
0802550301

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE ADOQUINES HEXAGONALES CON LA UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLADO DE PAVIMENTO

DESIGN AND PREPARATION OF HEXAGONAL PAVERS WITH THE USE OF RECYCLED PAVEMENT MATERIAL

Shirley Montoya - Gallegos ¹, Ariadna Nejer – Villarroel ²

Resumen

En búsqueda de una solución sostenible para la pavimentación urbano-rural y la reducción de residuos se presenta el trabajo experimental con la finalidad de diseñar y elaborar adoquines hexagonales con agregados de pavimento reciclados, obtenidos mediante el proceso de fresado, que puedan alcanzar una resistencia a la tracción indirecta de 3,6 MPa. Estos adoquines se elaboraron utilizando este material como agregado fino y grueso. En consecuencia, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio con el fin de evaluar las propiedades físico-mecánicas de los materiales, siguiendo las normas correspondientes de la NTE INEN, obteniendo parámetros base para el diseño de mezcla que se empleó en la fabricación de adoquines. Se elaboraron 60 adoquines y fueron curados 28 días, estos se ensayaron a tracción indirecta y a desgaste (método Böhme). Los resultados de la prueba de tracción indirecta arrojaron un cumplimiento a la resistencia a tracción individual con valores superiores a (2,9MPa) y en cuanto para el ensayo de desgaste se obtuvo un valor máximo promedio de 16468,17 mm³/5000 mm².

Palabras Clave: pavimento, material fresado.

Abstract

In search of a sustainable solution for urban-rural paving and waste reduction, experimental work is presented with the purpose of designing and producing hexagonal pavers with recycled pavement aggregates, obtained through the milling process, that can achieve resistance to indirect traction of 3.6 MPa. These pavers were made using this material as fine and coarse aggregate. Consequently, laboratory tests were carried out in order to evaluate the physical-mechanical properties of the materials, following the corresponding standards of the NTE INEN, obtaining base parameters for the mixture design that was used in the manufacture of pavers. 60 pavers were made and cured for 28 days. They were tested under indirect traction and wear (Böhme method). The results of the indirect tensile test showed compliance with the individual tensile strength with values greater than (2.9MPa) and as for the wear test, an average maximum value of 16468.17 mm³/5000 mm² was obtained.

Keywords: pavement, milled material.

¹ Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador.

² Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Politécnica Salesiana – Quito, Ecuador.

Autor para correspondencia: smontoyag@est.ups.edu.ec, anejer@est.ups.edu.ec

1. Introducción

La técnica de reciclaje de carpetas asfálticas comenzó con la crisis y escasez del petróleo al final de la segunda guerra mundial, alrededor de los años 70, en Japón, Estados Unidos y Europa. Como consecuencia, el precio del betún subió en picada tomando en cuenta que este es uno de los elementos primordiales para la elaboración de un pavimento asfáltico flexible.” [1]

“En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), gran parte de los deterioros que muestran las carpetas asfálticas corresponden a baches, grietas, ondulaciones y desplazamientos. Entre los métodos más empleados para solucionar dichos deterioros están el reemplazo de la carpeta, renivelación y las sobre carpetas” [2], luego del proceso de extracción llamado fresado. Siendo este material desechado en los botaderos municipales de diferentes sectores del DMQ, donde ingresan grandes cantidades de este material al día sin uso alguno.

Según K. Yucailla [3], en el diseño de adoquines con mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados reciclados y no reciclados, se puede decir que la resistencia a compresión de los adoquines de este material con relación a los nuevos (de materiales convencionales) fue menor. Este no es una medida de comparación ya que los materiales son diferentes, el comportamiento del uno es de mezclas asfálticas flexibles y el otro es de hormigón simple rígido.

Conforme, R. Gutarra [4]. “El análisis de método de diseño de pavimento con adoquines de asfalto se verificó que el porcentaje de absorción de los especímenes de asfalto se encontraron por debajo del límite de 6.00% indicado en la norma, siendo el promedio de los especímenes ensayados de 2.26%. Asimismo, respecto a la resistencia a compresión, los especímenes que partieron de una resistencia de diseño de 380 kg/cm² lograron alcanzar una resistencia promedio de 387.20

kg/cm², valor con el cual se estaría cumpliendo con la resistencia necesaria indicada en la norma para un tipo de tráfico vehicular ligero.”

Siendo así útiles para poder llevarlos a cabo ya que la resistencia promedio de los especímenes ensayados superan la de diseño.

Esta investigación busca la realización de adoquines con material reciclado basándose en soluciones sostenibles para la pavimentación urbano-rural y la reducción de residuos. A medida que el valor de la sostenibilidad y los recursos renovables crecen, es probable que el uso de materiales reciclados en la elaboración de adoquines siga aumentando en el futuro.

En este contexto, se elaboraron los adoquines con material reciclado de asfalto tanto como agregado fino y grueso con la finalidad de establecer su cumplimiento con la normativa de un adoquín convencional y así aportar con una propuesta sustentable para desarrollarse a corto y mediano plazo.

2. Materiales y Métodos

Se utilizaron materiales que fueron evaluados para la consecución de adoquín propuesto.

2.1. Agregados

Se obtuvieron del material reciclado de pavimento de la Av. Morán Valverde, tanto agregado grueso como fino, a los cuales se determinaron las propiedades físico-mecánicas por medio de ensayos de laboratorio, siguiendo las normas vigentes. Lo anterior con el objetivo de diseñar un concreto en el que se sustituyera los agregados pétreos convencionales por pavimento reciclado, y se utilice específicamente en la producción de adoquines.

Se redujeron las muestras según lo estipulado en la NTE INEN - 2566:2010 [3], aplicando el método B “cuarteo manual”. Adicionalmente, se efectuó el

análisis granulométrico acorde a la [4] NTE INEN – 696 [4], para establecer los distintos tamaños de granos presentes en el material. De ello se desprende que el material fresado tiene un tamaño máximo nominal de 1 in y un módulo de finura (MF) de 6,80 para el agregado grueso y para el fino un MF de 3,60. Las curvas granulométricas de cada tipo de agregado se presentan en las Figuras 1 y 2.

el agregado fino la NTE INEN - 856 [5] como se muestra en las tablas 1 y 2.

Tabla 1: Peso unitario y las densidades relativas para el Agregado fino

Pesos Específicos	(g/cm ³)
Peso específico de los sólidos	2,36
(SSS) Peso específico masivo	2,32
Peso específico masivo	2,29

Tabla 2: Peso unitario y las densidades relativas para el Agregado grueso

Pesos Específicos	(g/cm ³)
Peso específico de los sólidos	2,25
(SSS) Peso específico masivo	2,22
Peso específico masivo	2,19

Se continuó con el método prescrito en la NTE INEN - 857 para evaluar el agregado grueso, obteniendo una absorción del 1,18%. Y para el agregado fino absorción de 1,31% según [5] NTE INEN – 856.

La densidad aparente del agregado grueso y fino se determinaron mediante el procedimiento descrito en la NTE INEN - 858 [7]. Dicha información se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3: Pesos unitarios del agregado grueso y fino

Material	Grueso		Fino	
	Suelto	Varillado	Suelto	Varillado
Peso Unitario (g/cm ³)	1.07	1.21	1.31	1.39

Posterior a ello se obtuvo el contenido de humedad de los agregado fino y grueso, con la finalidad de establecer la cantidad de agua presente en ellos, según la NTE INEN - 862 [8], lo cual se muestra en la Tabla 4.

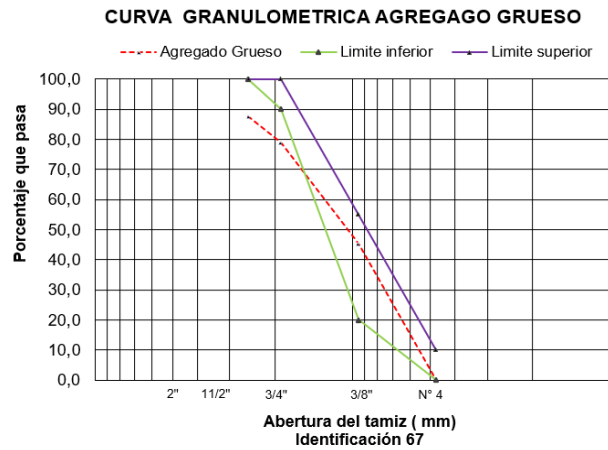


Figura 1. Curva representativa de la granulometría agregado, identificación 67

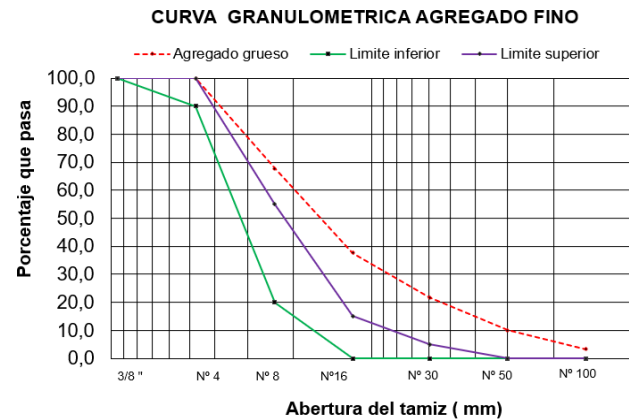


Figura 2. Curva representativa de la granulometría agregado fino

Consecuentemente, se realizaron ensayos para determinar el peso unitario y las densidades relativas de los agregados según lo establecido en la NTE INEN - 857 [6] para el agregado grueso y para

Tabla 4: Porcentajes de humedades (agregado grueso y fino)

Agregados	Porcentajes de humedad
Grueso	0,70
fino	0,85

El diseño del hormigón establece cualificar el árido fino a fin de identificar la presencia de impurezas orgánicas con la inclusión de una cantidad de hidróxido de sodio (NaOH) disuelto en agua y mezclado con el árido, lo cual se realizó el ensayo de colorimetría según la INEN - 855 [9]. Utilizando la escala de colores de Gardner, se obtuvo un color marrón claro después de 24 horas, como se observa en la Figura 3.



Figura 3. Determinación de impurezas – colorimetría (24 horas)

2.2. Material cementante

Para este trabajo se utilizó un cemento Tipo HE, el cual tiene como objetivo principal dar resistencias altas a temprana edad. Este cemento es utilizado usualmente en la producción de adoquines y que presenta excelentes propiedades y por el cumplimiento con la NTE INEN - 2380 [10], por lo que se lo consideró apto para este proyecto.

2.3. Diseño y elaboración de la mezcla

Acorde al método del ACI 211.1 – 91 [11], en donde se diseñó la mezcla con los datos previamente obtenidos para posterior elaborar los adoquines:

a) Se escogió un asentamiento adecuado para el tipo de necesidad, estableciendo un asentamiento de 25mm a 50mm; es decir, seco o poco fluido.

b) El tamaño nominal de lin establecido en el análisis granulométrico supuso 193 litros de agua y un contenido de aire atrapado de 1.50%

c) Las condiciones de exposición definidas mediante el código (ACI 318-14 Sección 19.3.1 y 19.3.2) y la revisión de los criterios el código (ACI 318-14 sección 26.4.3.1), contemplaron el diseño de la mezcla de concreto es por resistencia.

d) Mediante un ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes a los 28 días ($f'_{cr}=36$ MPa) se obtuvo una relación agua-material cementante (a/mc).

e) Determinada la relación (a/mc), se calcula el porcentaje de cemento la siguiente fórmula:

$$mc = \frac{a}{\frac{a}{mc}} \quad (1)$$

f) Para finalizar, se realizó el proporcionamiento y corrección de los agregados grueso y fino considerando la humedad y la absorción presente en los agregados, teniendo así los valores en masa de los ingredientes para fabricar el hormigón, como se muestra en la Tabla 5.

2.4. Dosificación del adoquín

Considerando que en la fábrica de los adoquines se los elabora con cantidades basadas en 50kg de cemento, se dosificaron los materiales como se evidencia en la Tabla 5.

Tabla 5: Proporcionamiento y Dosificación del hormigón para los adoquines

Material	Peso kg/m ³	Dosificación	Peso para (50 kg)
Cemento	78,98	1,00	50,00
Arena	112,23	1,40	69,96
Grava	111,12	1,39	69,31
Agua	30,40	0,37	19,01
Aire	15,00	0,00	0,00

2.5. Fabricación de los adoquines

Se mezclaron los materiales y elaboraron 60 adoquines (30 sin aditivo fluidificante y 30 sin este) con una monocapa vertiendo en moldes de 24x22x8.5 cm. Se vibró y compactó a través de una presa hidráulica con la finalidad de uniformar y minimizar los vacíos.

Una vez desmoldados, se dejaron en el exterior a temperatura ambiente durante cuatro días, teniendo en cuenta el reposo en agua para asegurar la inexistencia de pérdidas de humedad. Como se presenta en la Figura 4.

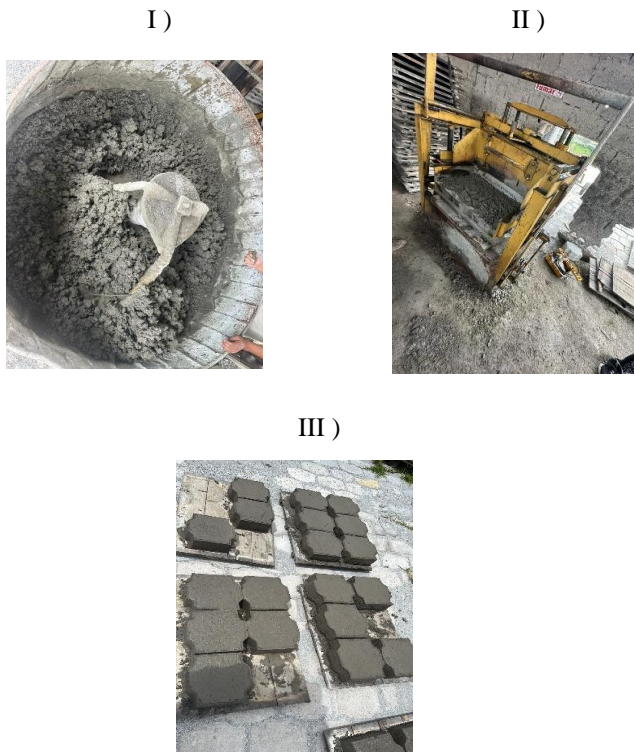


Figura 4. Elaboración de los adoquines. I) mezcla de los materiales II) realización de los adoquines en la vibro-compactadora. III) desmolde de los adoquines.

2.6. Ensayos finales

Para la obtención de los resultados -objetivo de este estudio- fue necesario realizar ensayos de tracción indirecta y desgaste. Para ello se curaron en el laboratorio hasta que cumplan 28 días como se presenta en la Figura 5.



Figura 5. Adoquines sumergidos en agua por 28 días.

2.6.1. Ensayo de desgaste (método Böhme)

Previamente al ensayo de desgaste, se sometió una muestra de 3 adoquines cortados a $(71 \pm 1,5 \text{ mm})$ de arista a un tratamiento térmico en un horno a $(110 \pm 5 \text{ °C})$ [13].

Para evaluar el deterioro de los adoquines, se realizó sobre una pista metálica con material abrasivo (alúmina fusa). Se les aplicó una fuerza de $(294 \pm 3 \text{ N})$ mientras gira el disco 22 revoluciones por ciclo a $30 \pm 1 \text{ RPM}$. Dando 16 ciclos a cada una de las 3 probetas (4 ciclos por lado) y determinando la pérdida de masa de ella.

Para calcular el volumen de desgaste expresado en (mm^3) , es necesario determinar la diferencia de masas y la densidad de las probetas.

2.6.2. Resistencia a la rotura por tracción indirecta

Mediante este ensayo se determina la tracción indirecta a través de una prensa hidráulica en una barra de $(16,0 \pm 0,5 \text{ mm})$, y se aplica una carga a una velocidad de $(48 \pm 10 \text{ kN/min})$, la profundidad

de penetración inicial deberá ser $(1,2 \pm 0,4 \text{ mm})$ al llegar a una fuerza de $(20 \pm 5 \text{ kN})$ [13].

3. Resultados y Discusión

3.1. Ensayo de desgaste método Böhme

Se evaluó el desgaste superficial de 3 especímenes con aditivo y 3 sin dativo mediante una pista con rueda metálica. Se presentan los resultados obtenidos en las tablas y figuras 6,7.

Tabla 6: Resultados de desgaste con aditivo (28 días de edad)

CON ADITIVO					
Muestra	Volumen (mm ³)	Masa (g)	Desgaste Total (mm ³ /5000 mm ²)	Desgaste Promedio (mm ³ /5000 mm ²)	Desgaste Promedio (< 20000mm ³ /5000mm ²) Verificación
1	345678,58	735,31	14907,27		
2	342065,73	674,74	16790,49	16428,17	Cumple
3	326548,28	663,43	17586,74		

Tabla 7: Resultados de desgaste sin aditivo (28 días de edad)

SIN ADITIVO					
Muestra	Volumen (mm ³)	Masa (g)	Desgaste Total (mm ³ /5000 mm ²)	Desgaste Promedio (mm ³ /5000 mm ²)	Desgaste Promedio (< 20000mm ³ /5000mm ²) Verificación
1	331540,8	663,37	16005,12		
2	356378,1	712,33	12227,31	13710,43	Cumple
3	353349,3	696,9	12898,85		

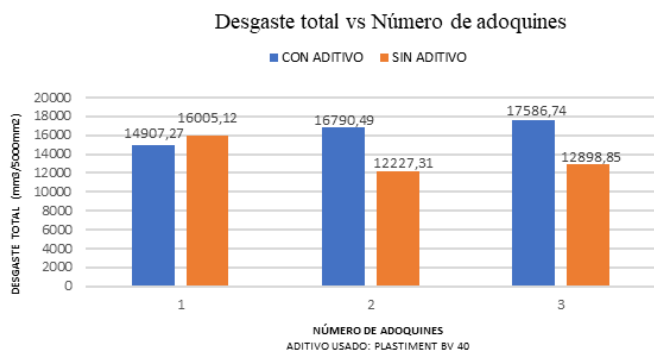


Figura 6. Desgaste vs Numero de adoquines.

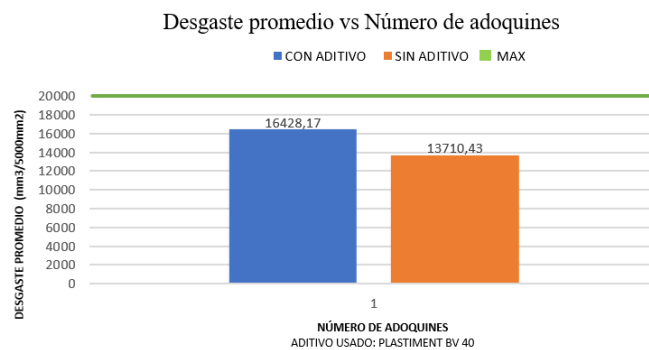


Figura 7. Desgaste promedio vs Numero de adoquines.

Como se indica en la tabla 6 y 7 se obtuvieron los resultados de desgaste promedio. Se puede establecer que tanto para las muestras con aditivo y sin aditivo tienen un desgaste menor a $(20000 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2)$ según la NTE INEN 3040. Sin embargo, las muestras que no contienen aditivo son las que tiene un mejor comportamiento a esta condición, teniendo como desgaste promedio un valor de $13710,43 \text{ (mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2)$.

3.2. Resistencia a la rotura por tracción indirecta

Se evaluó la tracción indirecta de los adoquines mediante la aplicación de una carga gradual y controlada, esta se registró como la carga máxima que los adoquines soportaron antes de fracturarse. Los resultados de este procedimiento se exhiben en las Figuras y tablas 8 y 9.

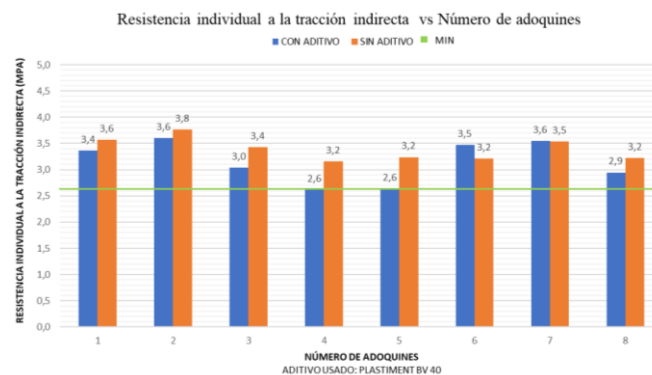


Figura 8. Resistencia a tracción individual indirecta vs Numero de adoquines.

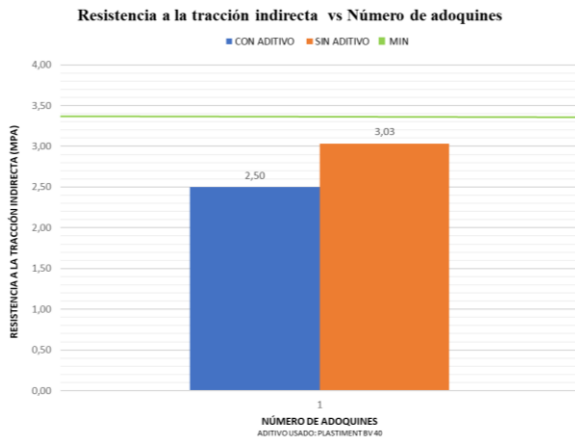


Figura 9. Resistencia a tracción indirecta vs Numero de adoquines

Tabla 8: Resultados a la tracción indirecta con aditivo (28 días de edad)

Muestra	CON ADITIVO			
	Resistencia a tracción indirecta (MPa)	Resistencia a tracción indirecta Verificación ($\geq 2,9\text{MPa}$)	Resistencia aracterística (MPa)	Resistencia característica Verificación ($\geq 3,6\text{MPa}$)
1	3,36	CUMPLE		
2	3,60	CUMPLE		
3	3,03	CUMPLE		
4	2,62	NO CUMPLE	2,50	NO CUMPLE
5	2,64	NO CUMPLE		
6	3,48	CUMPLE		
7	3,55	CUMPLE		
8	2,95	CUMPLE		

Tabla 9: Resultados a la tracción indirecta con sin aditivo (28 días de edad)

Muestra	SIN ADITIVO			
	Resistencia a tracción indirecta (MPa)	Resistencia a tracción indirecta Verificación ($\geq 2,9\text{MPa}$)	Resistencia aracterística (MPa)	Resistencia característica Verificación ($\geq 3,6\text{MPa}$)
1	3,57	CUMPLE		
2	3,76	CUMPLE		
3	3,42	CUMPLE		
4	3,16	CUMPLE	3,03	NO CUMPLE
5	3,24	CUMPLE		
6	3,21	CUMPLE		
7	3,54	CUMPLE		
8	3,22	CUMPLE		

Los resultados con aditivo de resistencia a la tracción indirecta y resistencia característica de 8 especímenes se muestran en la tabla 8, los cuales se aprecian valores entre 2,62 a 3,60 MPa para tracción indirecta, y 2,50 MPa para resistencia característica. Mientras que en la tabla 9 podemos observar resultados sin aditivo que van desde 3,16 a 3,76 MPa para tracción indirecta, y 3,03 MPa para resistencia característica.

Se puede decir que los especímenes sin aditivo cumplen en su totalidad a la resistencia a tracción indirecta con valores superiores a 2,9 MPa mencionados en la NTE INEN 3040; como se muestra en la figura 9. Sin embargo, ninguno de los especímenes cumple con la resistencia característica puesto que estos presentan valores inferiores a 3,6MPa mencionados en la NTE INEN 3040; como se presenta en la figura 9.

4. Conclusiones

Los agregados al ser un material reciclado, presentan propiedades diferentes a un material convencional, lo cual, impide ajustarse a un diseño estándar de hormigón y presentar desempeños deseados.

En el diseño de mezcla para la elaboración de adoquines, se obtuvo una cantidad de 50,3% para agregado fino y 49,7% para agregado grueso.

Durante el proceso de elaboración de los especímenes se pudo observar que el alto porcentaje de material asfáltico (9.03%) afectaba de cierta forma a la mezcla ya que este impedía la correcta adherencia de este con el material cementante.

El ensayo de desgaste por el método Böhme estableció un desgaste inferiores a (20000 mm³/5000 mm²) para ambos casos. Sin embargo, para

las muestras sin aditivo presenta un valor mucho más bajo ($13710,43 \text{ mm}^3 / 5000 \text{ mm}^2$).

La tracción indirecta en los adoquines, estableció que los especímenes sin aditivo cumplen una resistencia individual a la tracción indirecta superando los (2,9 MPa) mínimos establecidos en la norma, a diferencia de los especímenes con aditivo que no cumplen. Con ello se puede inferir que el aditivo con distintos componentes químicos pudo alterar de distintas formas las propiedades del hormigón, generando algún tipo de reacción que impide que este trabaje de manera correcta con el cementante.

Para el caso de la resistencia característica ninguno de los especímenes ensayados cumple una resistencia adecuada, puesto a que presentan valores inferiores a (3,6 MPa) estipulados en la norma.

Se puede concluir así que el material reciclado de pavimento no es un material con el cual se pueda fabricar adoquines para uso vehicular, puesto que, al presentar un alto contenido de asfalto, este impide la adherencia de los agregados al cementante y también debido a que es un material impuro lo cual causa reacciones frente a otros materiales usados. Debido a esto su resistencia será inadecuada para trabajarlo frente a tráfico pesados. El material puede ser utilizado de eficazmente para uso peatonal ya que no requiere resistir a altas cargas.

Finalmente se sugiere para investigaciones posteriores sobre la incorporación de material reciclado de pavimento en adoquines, se recomienda triturar el agregado para asegurar que cumpla con las propiedades físico-mecánicas. Además, se sugiere considerar la combinación de este material reciclado con un material

convencional, con el fin de mejorar la adherencia de las partículas al cemento.

Referencias

- [1] D. López «Crisis del petróleo de 1973» Economipedia, 2020.
- [2] J. Sanz, «Reciclado de asfalto: Técnicas e importancia» VISE, México, 2018.
- [3] NTE INEN - 2566:2010 “Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-6, 2010.
- [4] NTE INEN – 696 “Áridos. Análisis Granulométrico en los Áridos, Finos y Gruesos” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-9, 2011.
- [5] NTE INEN – 856 “Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Fino” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1- 10, 2010.
- [6] NTE INEN – 857 “Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Árido Grueso” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1- 10, 2010M.
- [7] NTE INEN – 858 “Áridos. Determinación de la Masa Unitaria (Peso Volumétrico) y el Porcentaje de Vacíos” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-7, 2010.
- [8] NTE INEN – 862 “Áridos para Hormigón. Determinación del Contenido Total de Humedad” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-4, 2011.
- [9] NTE INEN – 855 “Áridos. Determinación de las Impurezas Orgánicas en el Árido Fino para Hormigón” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-4, 2010.

- [10]NTE INEN – 2380 “Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp.1- 11, 2011.
- [11]D. Sánchez, J. Osoro “Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas” 3ra ed., vol 1, Ed. Nomos Impresores, Colombia, 2010, pp. 186-204.
- [12]NTE INEN – 3040 “Adoquines de hormigón, requisitos y métodos de ensayo” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-45, 2015.
- [13]NTE INEN – 3040 “Adoquines de hormigón, requisitos y métodos de ensayo” Instituto Ecuatoriano de Normalización, pp. 1-45, 2015.