

Capítulo 8. Aplicación de agregados reciclados de concreto para mezclas asfálticas de pavimentos: un aporte para la construcción del desarrollo sostenible

Javier Mauricio Sánchez Losada

Juan Gabriel Bastidas-Martínez

Eliana Martínez Rojas

Universidad Piloto de Colombia

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods) fueron contemplados por diversos gobernantes mundiales en el año 2015 con el propósito de erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. Para tal fin, se planearon quince objetivos, los cuales hacen parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible que sería desarrollada en un periodo de quince años. Las estrategias para el cumplimiento de los ods articulan diversas áreas de conocimiento. Para el caso de la aplicación del noveno ods (“Industria, innovación e infraestructura”), se vislumbra el campo de la ingeniería civil por permitir analizar, diseñar, construir y mejorar la calidad de obras civiles, principalmente de estructuras de pavimentos. Los pavimentos son estructuras de materiales técnicamente seleccionados que proporcionan una capa de rodadura por donde transitan los vehículos, los cuales generan la integración e impuso al desarrollo económico de una determinada región.

Para el caso colombiano, articulado al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, se contempla la ejecución y realización del Plan Maestro de Transporte Intermodal (PMIM), que tiene por objetivo realizar la integración del país por medio de los diferentes modos de transporte (fluvial, marítimo, aéreo y terrestre). En Colombia, la red vial primaria, a cargo del Instituto Nacional de Vías, está compuesta aproximadamente por 9.114,06 kilómetros, de los cuales el 75.11% está constituido por vías pavimentadas, el 24.69% por vías sin pavimentar y el 0.20% está en estado de intervenciones. El estado y las condiciones de la red vial primaria pavimentada y sin pavimentar, en Colombia, se presentan en la figura 1.

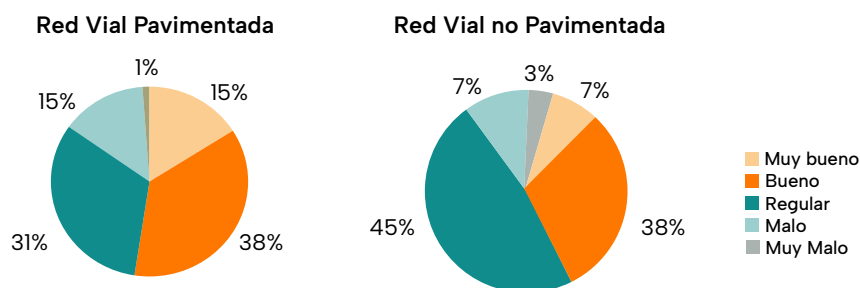


Figura 1. Estado de la red vial primaria pavimentada y no pavimentada

Fuente: Elaboración de Eliana Martínez con base en datos tomados de INVIAS, 2018.

A partir de los datos presentados en la figura 1, se deduce que el 52.62% de las vías primarias pavimentadas se encuentran en buen estado y, el 47.28% restante, en condiciones de regulares a malas. Por otro lado, de la red vial primaria no pavimentada, solamente el 9.43% se encuentra en buen estado.

Por añadidura, la necesidad de materias primas para la construcción de obras civiles conlleva la demanda de materiales pétreos naturales. En este sentido, la aplicación de materiales alternativos en obras civiles contribuye a reducir la explotación de agregados vírgenes, lo cual permite la conservación y protección de ecosistemas. Diversos estudios reportan la utilización de los Agregados Reciclados de Concreto (RCA, por sus siglas en inglés) como materiales para obras de ingeniería civil, principalmente en capas de pavimentos. Algu-

nos estudios se refieren a la utilización de RCA en capas de subbases y bases para pavimentos (Arm, 2000; Cardoso *et al.*, 2016; Bassani y Tefa, 2018). Otros estudios se refieren a la utilización de RCA en mezclas asfálticas para capas de rodadura de pavimentos (Paranavithana y Mohajerani, 2006; Rafi, Qadir y Siddiqui, 2011; Pasandín y Pérez, 2013; Pérez y Pasandín, 2017, entre otros). A partir de los trabajos consultados en la literatura, es posible inferir que la utilización de materiales alternativos ha sido una técnica en constante investigación, por cumplir con los aspectos técnicos de los pavimentos y proponer una práctica sostenible en la ingeniería civil (Huang, Bird y Heidrich, 2007). A pesar de que el reciclaje del RCA en países desarrollados es común, en Colombia los estudios e investigaciones sobre aplicaciones con materiales reciclados de RCA han sido escasos, muy sectorizados y limitados en sus alcances (Castaño *et al.*, 2013). En las principales ciudades de Colombia, la cantidad de residuos de demolición y construcción de donde provienen los RCA es de aproximadamente 100.000 toneladas por día (Silva *et al.*, 2016). Ante este panorama, se busca la creación de nuevas prácticas en la ingeniería civil que propongan la utilización de los residuos de agregados alternativos con el fin de buscar nuevas fuentes de materiales para carreteras.

Espacio para justificar la sostenibilidad

De acuerdo con lo anterior, el propósito de la investigación consiste en evaluar la influencia que tiene el reemplazar el material convencional por agregados alternativos de tipo RCA en la fabricación de mezclas asfálticas. Se diseñaron dos mezclas asfálticas para capa de rodadura de un pavimento flexible de tipo MDC-19, según los requisitos de las especificaciones del INVIAS (2013). La primera mezcla se elaboró con agregados convencionales y la segunda, con sustitución de la fracción gruesa de agregados por RCA (aproximadamente 21% en masa total de los agregados). Después de obtener el contenido óptimo de asfalto para cada mezcla, se realizó la determinación de la Resistencia a la Tracción Indirecta (RTI) en condiciones secas y húmedas, con el fin de observar la susceptibilidad de la adherencia de los materiales alternativos en la mezcla.

Materiales y métodos

Materiales

Las características físicas del Cemento Asfáltico (CA) tipo 60-70 utilizado se presentan en la Tabla 1. A partir de los resultados presentados, se puede concluir que estos cumplen con los requisitos de calidad exigidos para la fabricación de mezclas asfálticas densas en caliente (MDC-19) según el artículo 450 (INVIAS, 2013).

Tabla 1. Características físicas del CA 60-70

Ensayo	Método	Unidades	Especificación	Resultados
Ensayos en el asfalto original				
Gravedad específica	AASHTO T 228-04	-	-	1.012
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	ASTM D5/D5M	0.1 mm	60-70	62.5
Índice de penetración	NLT 181	-	-1.2/+0.6	-0.94
Viscosidad (60 °C)	ASTM D4402	Poises	1500 mínimo	1770
Punto de ablandamiento	ASTM D-36	°C	48-54	49
Ductilidad (25 °C, 5cm/min)	ASTM D-113	cm	100 mínimo	>105
Punto de inflamación	ASTM D3143	°C	230 mínimo	289
Ensayos en el residuo de asfalto después del RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)				
Pérdida de masa	ASTM D-2872	%	0.8 máximo	0.63
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s), porcentaje con respecto a la penetración inicial	ASTM D5	%	50 mínimo	77

- Agregados Pétreos Convencionales (APC) y Agregados Reciclados de Concreto (RCA)

En la Tabla 2 se presentan las características físicas de los agregados pétreos convencionales y los RCA utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica convencional MDC-19 y la mezcla alternativa con RCA. Para cumplir con las especificaciones del artículo 450 (INVIAS, 2013), se construyó la granulometría, considerando los valores promedio de la franja granulométrica tipo MDC-19 de la especificación para la elaboración de las mezclas asfálticas (ver Figura 2).

Tabla 1. Características físicas del CA 60-70

Ensayo	Método	Especificación	Resultados APC	Resultados RCA
Gravedad específica/ Absorción agregado fino	ASTM C 128	---	2.64/2.5 %	---
Gravedad específica/ Absorción agregado grueso	ASTM C 127	---	2.52/1.62 %	2.34/6.82 %
Caras fracturadas (1 cara)	ASTM D 5821	85 % mínimo	89 %	95 %
Índice de alargamiento	BS812-105.1	10 % máximo	8.9 %	7.8 %
Índice de aplanamiento	BS812-105.2	10 % máximo	7.6 %	6.4 %
Índice de plasticidad	ASTM D4318	No plástico	No plástico	No plástico
10 % de finos (resistencia en húmedo)	BS812 Parte 110-1990	100 kN mínimo	133 kN	102 kN
Micro-Deval	ASTM D6928	20 % máximo	18.8 %	21.5 %
Desgaste a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles	ASTM C131	25 % máximo	23.7 %	32.0 %