

Caracterización de las asfaltitas de Pesca Boyacá - Cantera Santa Teresa¹

Carlos Hernando Higuera-Sandoval² | Eliana Carmenza Salamanca-Rodríguez⁴ | Cristian Felipe Santos-Chaparro⁴

Recibido:
Enero 25 de 2013

Aceptado:
Mayo 18 de 2013

Resumen

La investigación presenta la factibilidad técnica de utilizar las asfaltitas de la cantera Santa Teresa del Municipio de Pesca Boyacá-Colombia, previo ajuste granulométrico y del ligante bituminoso, para diseñar mezclas densas en caliente (MDC-2) con las metodología Marshall y Ramcodes, acorde a la normatividad del Instituto Nacional de Vías – INVIAS, para la construcción de capas de rodadura en vías de bajos volúmenes de tránsito. La elaboración de mezclas densas en caliente utilizando las asfaltitas o conglomerados asfálticos es factible desde el punto de vista técnico y económico y permite utilizar un recurso natural que abunda en el municipio de Pesca Boyacá-Colombia para mejorar la capa de rodadura de la red vial local y regional donde la intensidad del tránsito y las cargas son bajas, lo cual trae como consecuencia un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de las regiones.

Palabras clave: Asfaltitas, conglomerados asfálticos, mezclas asfálticas, módulo dinámico.

Abstract

The research presents the technical feasibility of use the asphaltites of Santa Teresa in the municipality of Pesca Boyacá-Colombia, after adjustment for particle size and the bituminous binder, of way to get hot (MDC-2) dense mixtures with Marshall and Ramcodes methodology, according to the regulations of the Instituto Nacional de Vías - INVIAS, for the construction of layers of tread at low volumes of transit routes. The preparation of mixtures dense hot using the asphaltites or asphaltic conglomerates is feasible from the technical and economic point of view and allows you to use a natural resource that is abundant in the municipality of Pesca Boyacá-Colombia to improve the layer of the local and regional road network where the intensity of traffic loads are low, which brings as a consequence an improvement of the quality of life of the inhabitants of the regions.

Keywords: Asphaltites, conglomerates asphalt, asphalt mixtures, dynamic module.

¹ Artículo producto de un proyecto de investigación del Programa de Maestría en Ingeniería con énfasis en Infraestructura Vial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

² M.Sc en Ingeniería de Vías Terrestres, Investigador grupo GRINFRAVIAL, Escuela de Transporte y Vías Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Tunja, Colombia.
Correo electrónico: carlos.higuera@uptc.edu.co

³Ingeniera en Transporte y Vías, Investigadora grupo GRINFRAVIAL, Escuela de Transporte y Vías Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Tunja, Colombia.
Correo electrónico: ing.elianasalamanca@gmail.com

⁴Ingeniero en Transportes y Vías, Investigador grupo GRINFRAVIAL, Escuela de Transporte y Vías Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Tunja, Colombia.
Correo electrónico: ing.cfsantos90@gmail.com

Introducción

El municipio de Pesca Boyacá-Colombia presenta varias canteras de conglomerados asfálticos denominados asfaltitas naturales, las cuales se utilizan actualmente para la pavimentación de vías locales o carreteras regionales de muy bajos volúmenes de tránsito. La explotación de este valioso recurso natural, se hace de manera artesanal y las mezclas que se obtienen presentan deficiencia en su granulometría y en la cantidad de bitumen, lo cual trae como consecuencia que estas mezclas, una vez compactadas y puestas en servicio se deterioran rápidamente especialmente presentando daños como deformaciones, fisuración, fatiga y desprendimiento.

Para optimizar este valioso recurso natural el grupo de Investigación y Desarrollo en Infraestructura Vial – Grinfravial- de la Escuela de Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con sede en Tunja – Boyacá, estudio la factibilidad de obtener mezclas densas en caliente (MDC-2) utilizando las metodologías de diseño Marshall y Ramcodes, a fin de cumplir con las especificaciones del Instituto Nacional de Vías para este tipo de mezclas y poderlas utilizar en vías de bajos volúmenes de tránsito.

Los resultados obtenidos demuestran que si es factible fabricar este tipo de mezclas a partir del conglomerado asfáltico o asfaltita y ajustando su gradación y su contenido de bitumen. Las mezclas obtenidas son de gran calidad y cumplen las especificaciones de diseño.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes materiales: las asfaltitas o conglomerados asfálticos naturales provienen de la cantera Santa Teresa del municipio de Pesca – Boyacá (Ver Figura 1), los agregados pétreos para el ajuste granulométrico de la mezcla provienen de la Planta de agregados de

Colconcreto ubicada en el municipio de Tunja – Boyacá y el ligante asfáltico utilizado es penetración 60/70.



Figura 1. Cantera de asfaltita Santa Teresa, Pesca Boyacá-Colombia.

Se utilizaron dos metodologías para el diseño de mezclas asfálticas como son: la metodología Marshall y la metodología Ramcodes. [1]

El método Marshall fue desarrollado por Bruce Marshall en 1940, es uno de los más empleados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en los Estados Unidos, siendo estandarizado por la Sociedad Norteamericana de ensayos de materiales, en la norma ASTM D 1559 (1989), “Resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall”. En Colombia fue adoptado por el Instituto Nacional de Vías, mediante la aplicación de las normas INV-E-735, 736, 745, 748 y 799 – 2007, tal y como lo define el artículo INV-C-450-2007 de las Especificaciones Generales de Construcción del INVIAS -2007. [2], [3] y [4]

El método Ramcodes fue desarrollada por F.J. Sánchez-Leal en el año 1998. También se denomina Marshall Acelerado por Ramcodes o RAM, y utiliza la metodología denominada polígono de vacíos para determinar el porcentaje óptimo de asfalto de la mezcla asfáltica.

Empleando el polígono de vacíos y siguiendo una serie de pasos, el diseño

Marshall tradicional puede ser acelerado, siguiendo los pasos que se indican en la Figura 2. [5] y [6]

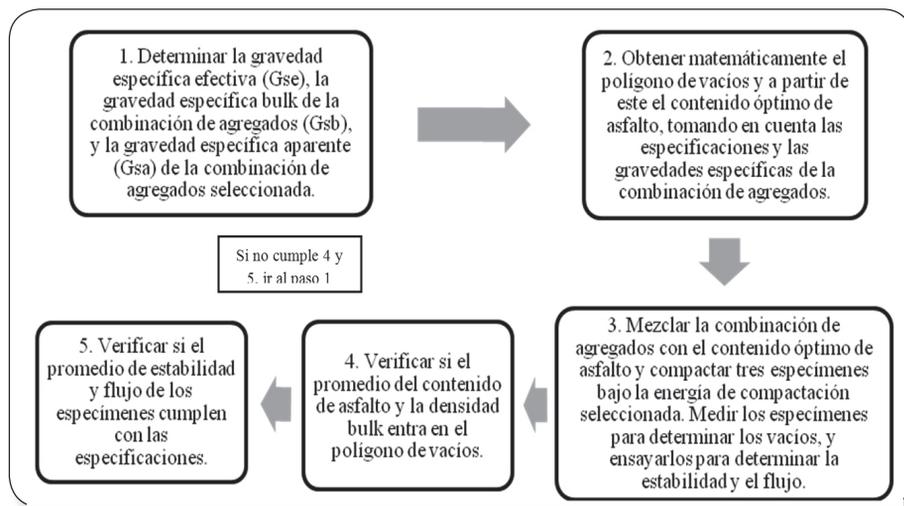


Figura 2. Metodología Marshall acelerado por Ramcodes

Resultados

La caracterización de los agregados, del conglomerado asfáltico o asfaltita y del asfalto se muestra en las Tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1. Caracterización de los agregados

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA		DESCRIPCIÓN
GRAVA	INV E-227-07	Porcentaje de caras fracturadas (2 caras)	100%	60 % mín.		La muestra a ensayar presenta una textura rugosa, de color gris y amarillo, de olor orgánico, estas partículas presentan su forma angulosa ya que sus bordes son agudos lo cual no presenta pulimiento, es totalmente fracturada.
	INV E-230-07	Índice de aplanamiento	27.80%	≤35		
	INV E-230-07	Índice de alargamiento	26.27%	≤35		
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsa)	2.65	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-223-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsb)	2.53	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-223-07	Gravedad específica y absorción del agregado grueso (Gsb-sss)	2.58	% ABSORCIÓN	1.69%	
	INV E-218-07	Resistencia al desgaste de los agregados Máquina de los Angeles	21.43%	30%		
	INV E-125-07	Limite líquido	16.43	≤40		
	INV E-126-07	Limite plástico	13.51			
	INV E-125-07	Índice plástico	2.92	4 a 9		
INV E-220-07	Sanidad de los agregados frente a la acción	8%	≤12			

Caracterización de las asfaltitas de Pesca Boyacá - Cantera Santa Teresa¹

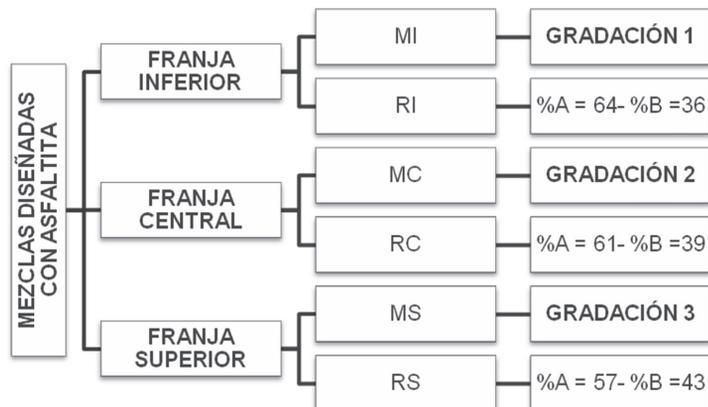
Tabla2. Caracterización de la asfaltita (Cantera Santa Teresa –Pesca - Boyacá)

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA		DESCRIPCIÓN
ASFALTITA	INV E-133-07	Equivalente de arena de suelos y agregados finos (%)	66	50% min		La muestra a ensayar presenta una textura suave, de color negro, de olor orgánico, presenta partículas finas, su condición de humedad es importante al tacto. El porcentaje de equivalente de arena indica que la arena se encuentra limpia, por que la cantidad relativamente de arcilla o contaminantes es baja. Los requisitos del agregado cumple con NT1, NT2, NT3, para bases granulares.
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsb)	2.44	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsb-sss)	2.53	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E-222-07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gsa)	2.69	% ABSORCIÓN	3.65%	
	INV E - 707 - 07	Gravedad específica y absorción del agregado fino (Gb) - LIXIVIADO	1.09	N.A		
	INV-E-732-07	EXTRACCIÓN CUALITATIVA DE ASFALTO (%)	4.1	N.A		
	INV-E-125-07	Limite liquido	17.18	≤40		
	INV-E-126-07	Limite plástico	N.P	4 a 9		
	INV E - 706 - 07	Penetración	224.78	200 - 250		
	INV E - 723 - 07	Destilación	N.P	N.A		
INV E - 709 - 07	Punto de ignición y llama mediante la copa abierta de Cleveland °C	93	≥200°C			

Tabla 3. Caracterización del asfalto

MATERIAL	NORMA	ENSAYO	RESULTADO	VALOR DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN
ASFALTO	INV E - 706 - 07	Penetración (1/10) mm	78.67	70 -80	Sustancia negra, pegajosa, sólida a semisólida a la temperatura de ebullición del agua tiene consistencia pastosa, por lo que se extiende con facilidad.
	INV E - 723 - 07	Destilación (%)	81	-	
	INV E - 707 - 07	Gbulk	1.131	N.A	
	INV-E-714/719-07	Viscosidad SAYBOLT FUROL (SSF)	61.0	60-120 SSF	
	INV E - 712 - 07	Punto de ablandamiento-anillo y bola (°C)	59.1	30 - 200 °C	

Diseño experimental. En la Figura 3, se presenta el diseño experimental para el diseño de las mezclas asfálticas en caliente utilizando las asfaltitas.



Dónde:

M: MARSHALL

R: RAMCODES

I: FRANJA INFERIOR

C: FRANJA CENTRAL

S: FRANJA SUPERIOR

A: GRAVA

B: ASFALTITA

Figura 3. Diseño experimental para el diseño de mezclas asfálticas

El diseño experimental consideró la franja granulométrica de la mezcla densa en caliente tipo 2 de INVIAS y se definieron tres (3) curvas granulométricas que se denominaron gradación superior (MS), gradación central (MC) y gradación inferior (MI). [4] y [7]

Discusión de resultados

Cumplimiento de especificaciones: Los resultados obtenidos de las mezclas asfálticas diseñadas mediante la metodología Marshall y Ramcodes se muestran en la Tabla 4 clasificados por tipo de mezcla según la ubicación en la franja granulométrica especificada MDC-2.

Tabla 4. Resultados óptimos obtenidos para Marshall y Ramcodes

PARAMETRO	MI	RI	MC	RC	MS	RS	Especificación INVIAS – NT1
% ASFALTO	6.00	6.09	6.63	6.91	6.90	7.20	
Gmb (gr/cm ³)	2.196	2.198	2.215	2.211	2.215	2.210	
ESTABILIDAD (Kg)	421	446	603	638	604	625	500
FLUJO (mm)	3.70	3.82	3.74	3.92	3.62	3.70	2 - 4
%Vv	4.00	3.866	4.00	3.898	4.00	3.88	3 - 5
%VAM	15.78	15.784	15.40	15.819	15.35	15.81	≥ 15
%VAF	75.00	75.507	74.10	75.36	73.70	75.402	65 - 80

MI, MC y MS = Metodología Marshall con la gradación Inferior, Central y Superior.
 RI, RC y RS = metodología Ramcodes con la gradación Inferior, central y Superior.

Según los resultados obtenidos en laboratorio y con base las especificaciones y las metodologías Marshall y Ramcodes, se concluye que las mezclas asfálticas elaboradas con sus respectivas franjas cumplen con las especificaciones a excepción de la estabilidad de la mezcla Marshall y Ramcodes con la gradación inferior MI y RI, ya que se encuentra por debajo de la especificación que es 500 kg para un nivel de tránsito bajo (NT1), aunque se debe tener en cuenta que la mayoría de parámetros cumplen e incluso para un nivel de tránsito medio (NT2). Además, las propiedades volumétricas de las mezclas responden a las exigidas por el INVÍAS en el artículo 450-07.

Análisis estadístico. El comportamiento de los resultados obtenidos por ambas metodologías, demuestra que conservan un comportamiento similar tanto para la metodología Marshall como para la metodología Ramcodes, dando a entender que los datos analizados para cada una de ellas conservan una distribución normal observando la poca dispersión entre cada uno de ellos. En conclusión el diseño de las mezclas con asfaltita por medio de la metodología Marshall y Ramcodes tienen similares respuestas [2], [3] y [8].

Análisis técnico: Teniendo como base la metodología Ramcodes que relaciona parámetros y fórmulas extraídas del diseño Marshall, se espera que los resultados obtenidos sean aproximados y/o iguales, esto fue demostrado con los resultados logrados en el laboratorio, donde los resultados de cada metodología fueron semejantes con relación a las propiedades volumétricas y mecánicas de la mezcla. En cuanto al proceso de elaboración del ensayo de laboratorio del diseño, la metodología Marshall es más extensa a diferencia de la metodología Ramcodes. Además, la metodología Ramcodes con su procedimiento del polígono de vacíos ahorra tiempo y recursos necesarios para el óptimo desarrollo del diseño de una mezcla asfáltica [5] y [9].

Análisis económico. La producción de una mezcla asfáltica utilizando las asfaltitas

de Pesca – Boyacá es más económica que una mezcla convencional ya que las asfaltitas aportan material granular y asfalto.

Estimación del módulo dinámico de la mezcla. El módulo dinámico de la mezcla diseñada con asfaltita fue estimado mediante el uso de las correlaciones de Bonnaure y otros, AASHTO-93, Heukelom y Klomp y por el programa de la Shell (BANDS 2.0). El valor estimado de la mezcla asfáltica en caliente utilizando las asfaltitas de Pesca – Boyacá es de 20737 kg/cm² [10], [11] y [12].

Conclusiones

Según las metodologías empleadas Marshall y Ramcodes, se concluye que es factible técnica y económicamente obtener mezclas asfálticas en caliente tipo MDC-2, para vías de bajos volúmenes de tránsito, utilizando las asfaltitas de Pesca – Boyacá.

En cuanto a la fórmula de trabajo se encontró que la mezcla más eficiente está constituida por: el 61% de agregados y el 39% de asfaltita, con un porcentaje óptimo de asfalto de 6.5%, peso específico de 2.215 gr/cm³, estabilidad de 603 kg, flujo de 3.74 mm, vacíos de 4.0%, vacíos en los agregados minerales de 15.4% y vacíos llenos de asfalto de 74.1%

El coeficiente estructural de la mezcla asfáltica, según la metodología AASHTO-98, es de 0.36/pulg y el módulo dinámico estimado de la mezcla es de 20737 kg/cm².

La metodología Ramcodes es de gran utilidad para el diseño, producción y control de calidad de mezclas asfálticas y garantiza el cumplimiento de los parámetros volumétricos exigidos en las especificaciones de construcción, a través del procedimiento denominado polígono de vacíos.

De acuerdo al análisis económico, la producción de una mezcla asfáltica en caliente utilizando las asfaltitas de Pesca - Boyacá presenta costos menores a los de la mezcla

convencional, siendo evidente su viabilidad económica.

Con relación a la utilización de la mezcla asfáltica en caliente con las asfaltita de la cantera Santa Teresa del municipio de Pesca-Boyacá es aceptable su uso y cumple con todas las especificaciones INVIAS.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Escuela de Transporte y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por el apoyo brindado en la realización del proyecto de investigación.

Referencias

- [1] HUANG, Yang H. Pavement analysis and design. Pearson. Prentice Hall. Second edition. 2004.
- [2] SANCHEZ LEAL, Freddy J, et al. RAMCODES: Metodología racional para el análisis de densificación y resistencia de geomateriales compactados. Descripción de la metodología y campo de aplicación. Publicación Técnica 200 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2002.
- [3] SÁNCHEZ-LEAL, Freddy. J.. Metodología racional para el diseño de mezclas asfálticas. Cartagena: 4tas jornadas internacionales del asfalto, 2004.
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras. Norma INV E-748-07.2007.
- [5] SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.
- [6] AGUIRRE B, Siervo y GÚISA, Rubén. Evaluación del comportamiento de mezclas bituminosas MDC con agregados pétreos, escoria granulada, alquitrán y cemento portland. UPTC. Tesis 2012.
- [7] DELGADO ALAMILLA, Horacio, et al. Influencia de la granulometría en las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica. Metodología RAMCODES en las mezclas asfálticas. Publicación Técnica 299 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2006. ISSN 0188-7297. Citado SÁNCHEZ-LEAL, F. J. Manual de aplicación RAMCODES. Venezuela: Solestudios C.A. 2008.
- [8] GÓMEZ G, Yilbert y RODRÍGUEZ C, Ronald. Planteamiento de la metodología Ramcodes en especificaciones colombianas para diseño de mezclas asfálticas. UPTC. Tesis; 2011.
- [9] MAYORGA PINTO, Alfonso y OBREGON PORRAS, Raúl. Utilización de asfaltitas en pavimentos. Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander-UIS, Bucaramanga 1990
- [10] HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Determinación de módulos dinámicos de mezclas asfálticas, formulas generales y ejemplos de aplicación, curso de diseño de pavimentos. Tunja. 2005.
- [11] GARNICA ANGUAS, Paul, et al. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Método de diseño MARSHALL. Publicación Técnica: 246 ed. Sanfandila, Querétaro, México. 2004.
- [12] AGUIRRE, Benavides Siervo Andrés, GÚISA, Velandia Rubén Darío. Tesis. Evaluación del comportamiento de mezclas bituminosas mdc-2 con agregados pétreos, escoria granulada, alquitrán y cemento portland. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Transporte y Vías. Tunja. 2012.