

IAG389-01-2013
"MAPIA" Y "ASFALTITA": UNA ALTERNATIVA NATURAL PARA LAS
CARRETERAS
"MAPIÁ" Y "ASFALTITE", UMA ALTERNATIVA NATURAL PARA
ESTRADAS

Norma Cristina Solarte Vanegas
Universidad Pontificia Bolivariana
Bucaramanga, Colombia
norma.solarte@upb.edu.co

David Alberto Santos Montero
Consortio Vial Helios
Bogotá, Colombia
david.santos@consorciovialhelios.com

Ricardo Alfonso Luna Navarro
Consultor Independiente
Bucaramanga, Colombia
ricardolunanavarro@gmail.com

Miller Humberto Salas Rondón
Universidad Pontificia Bolivariana
Bucaramanga, Colombia
miller.salas@upb.edu.co

María Fernanda Serrano Guzmán
Universidad Pontificia Bolivariana
Bucaramanga, Colombia
mariaf.serrano@upb.edu.co

Resumen

La construcción de caminos municipales y calles requieren soluciones con baja inversión económica. Los materiales de bajo costo, de alta disponibilidad y propiedades que se favorezcan la duración prevista para el proyecto, con un costo razonable de mantenimiento son atractivos para los tomadores de decisiones. Hay formaciones rocosas en Colombia, que están impregnados con el petróleo crudo, el cual, por la presión, migra a la superficie, la formación de depósitos de aceite en las cavidades de rocas se tienen en cuenta cuando existen explotaciones de piedra natural impregnada con residuo asfáltico. Dos grupos principales se conocen como "conglomerados asfalto natural", llamado asfaltita como se encuentra en la mina "San Pedro", el estado de Tolima, y se llama "Mortero Asfalto Natural", conocido como minas Mapia el estado de Caldas (municipio de la Dorada), entre otros. Estos materiales tienen diferentes contenidos de asfalto y sirven para la pavimentación de carreteras y caminos locales. La relación de tamaño de partícula también es variable, pero permite que la mezcla con otros

agregados alcance una formulación con una buena operación, utilizando la tecnología de mezcla en frío. Estos materiales son relativamente abundantes y la tecnología necesaria para el procesamiento es tradicional y con bajo impacto ambiental. En este trabajo se presentan los resultados de pruebas de laboratorio de los materiales y el diseño estructural de un tramo en el que se aplicó.

Resumo

A construção de estradas municipais e ruas requerem soluções com baixo investimento econômico. Materiais de baixo custo, alta disponibilidade e com propriedades que garantam a conformidade com a durabilidade esperada no projeto, com custo razoável de manutenção são atraentes para os tomadores de decisão. Existem formações rochosas na Colômbia, que são impregnadas de óleo bruto, que, por pressão, migraram para a superfície, formando depósitos de óleo nos vazios das rochas, consideradas, quando exploradas pedra naturais impregnadas com resíduo asfáltico. Dois grandes grupos são conhecidos como "Conglomerados naturais de asfalto", denominada ASFALTITA como encontrado na Mina "San Pedro", no estado de Tolima, e o denominado "Argamassa de Asfalto Natural", conhecido como MAPIA das minas do estado de Caldas (município de La Dorada), entre outros. Estes materiais têm conteúdo variável de asfalto e servem para a pavimentação de ruas e estradas locais. A proporção de tamanho de partícula também é variável, mas permite que a mistura com outros

agregados chegue a uma formulação com bom funcionamento, utilizando a tecnologia de mistura a frio. Estes materiais são relativamente abundantes e a tecnologia necessária para o processamento é tradicional, com baixo impacto ambiental. Neste trabalho apresentam-se resultados de ensaios de laboratório destes materiais e projeto estrutural de um trecho onde foi aplicado.

INTRODUCCION

El gobierno nacional colombiano decidió construir la ampliación a doble calzada de la vía que conecta la ciudad de Bogotá con la ciudad de Santa Martha en la costa Caribe, por el costado oriental del país. Este proyecto lo denominó Ruta del Sol y lo dividió en tres (3) tramos, el tramo 1, corresponde a Villeta – Puerto Salgar, el tramo 2, Puerto Salgar – San Roque y el tramo 3, San Roque hasta Valledupar. Este estudio se centra en la socialización de los resultados de la construcción del tramo 1, ejecutado por el Consorcio Vial Helios, CHV, en donde se contempló la adecuación de dos escenarios de infraestructura vial de apoyo al proyecto: Vías internas para los campamentos operativos y habitacionales y la pavimentación de la vía Dindal – Caparrapi, de 16,5 km. En estos dos escenarios se decidió aprovechar los asfaltos naturales y los agregados presentes en la zona de estudio para buscar la disminución de costos, ofreciendo un diseño de espesores en la estructura de pavimento con menores costos y de buena calidad de servicio.

ANTECEDENTES

Los asfaltos no convencionales se vienen usando desde hace algunos años en las zonas aledañas a sus fuentes en la construcción de vías terciarias y locales. Por eso se motivó se decidió que era importante investigar la competencia de los materiales disponibles en la zona. Los asfaltos naturales o materiales asfálticos no convencionales se pueden usar mezclándolos en frío o en caliente con otros agregados para la lograr una mezcla adecuada como capa de rodadura. La

“ASFALTITA” es un asfalto natural compuesto por hidrocarburos principalmente aromáticos con alto peso molecular, de color negro brillante que tiene como función reforzar la estructura del bitumen mejorando la estabilidad y resistencia de mezclas asfálticas.

La “MAPIA” es una mezcla natural de asfalto, solventes, agua, agregado fino y azufre entre otros, que hace las veces de tratamiento superficial, logrando proveer una superficie de rodadura durable y con una gran impermeabilización. Las cantidades de los elementos que conforman la estructura dependen de la formación geológica intervenida por el crudo. Generalmente los asfaltos naturales afloran a la superficie por lo que su profundidad de explotación no es muy alta, pudiéndose hacer con maquinaria convencional.

UBICACIÓN DEL PROYECTO

La Ruta del Sol es un megaproyecto para completar en Colombia una troncal Norte – Sur de doble calzada que conecta la capital con la ciudad de Santa Martha en el Caribe colombiano. En la actualidad los vehículos pesados gastan desde Bogotá a Santa Martha aproximadamente 24 horas, se estima una disminución de 10 horas en el tiempo de recorrido con la nueva vía. A continuación se observa la figura del proyecto Ruta del Sol en la República de Colombia. ().

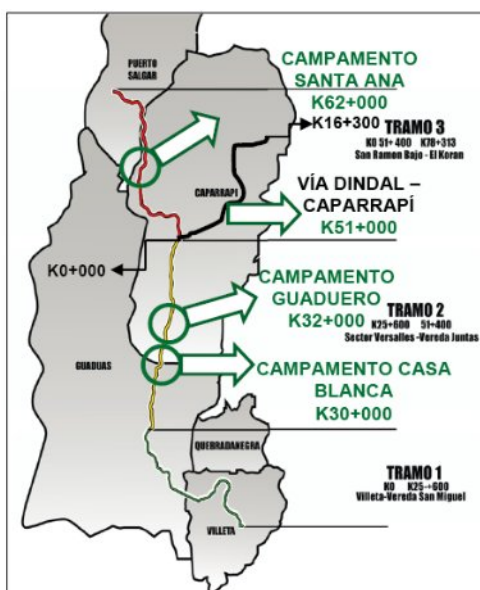
El tramo 1, Villeta – Puerto Salgar, objeto de este artículo, contempla aproximadamente 78 kilómetros de vía y está dividido en tres subtramos que tienen ubicados campamentos estratégicamente. El tercer subtramo por ser completamente de construcción nueva requirió la repavimentación de la vía Dindal – Caparrapí, de 16.4 km aproximadamente, que se convirtió en una vía de servicio para el proyecto y a la cual se le aplicó el asfalto natural.

Figura 1: Ubicación del Proyecto Ruta del Sol en Colombia (ANI)



A continuación se observa la ubicación del Tramo 1 y una panorámica de la vía Dindal – Caparrapi pavimentada y puesta al servicio para los usuarios (Figura 2).

Figura 2: Ubicación del Proyecto tramo 1 (ANI) y Panorama Construida Vía Dindal- Caparrapi



SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA DE PAVIMENTACION

El objetivo general del estudio realizada fue el diseño de la mezcla asfáltica con las materias primas disponibles en la zona (asfaltos naturales y agregado pétreo) y la estructura de pavimento para los campamentos del Guadueño y Santa Ana, así como también para el tramo piloto de la vía Dindal – Caparrapi del tramo 1 del Proyecto Ruta del Sol. Para el cumplimiento de esa meta, se procedió al a caracterización de los materiales y valoración de los mismos de acuerdo a los estándares de calidad según el Instituto Nacional de Vías, INVIAS, e Instituto de Desarrollo Urbano, IDU, los resultados obtenidos para su optimización o ajuste. (Santos et al, 2012)

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PLANTA SAN PEDRO

Los materiales (agregados y asfaltita) a ser utilizadas se tomarían de la Planta San Pedro, en las inmediaciones del área de trabajo. Se procedió a la identificación de las propiedades mecánicas y capacidad de soporte para conocer la posibilidad de ser usados como capas de afirmados, bases, sub-bases, etc.

Asfaltita

La estratigrafía del subsuelo en donde está insertada la asfaltita se puede definir como una mezcla de asfalto natural, agua, azufre y agregados compuestos por cantos rodados de gradación densa. Los contenidos de asfalto residual varían entre dos punto tres por ciento (2.3%) y seis punto cinco por ciento (6.5%) referido al peso de los agregados. En cuanto a la composición química del asfalto residual se han encontrado las siguientes proporciones: 15% de asfaltenos, 85% de maltenos, y entre 3 y 8% de humedad dependiendo de las condiciones climáticas. En la Tabla 1 se muestra le resultado del ensayo SARA o de composición química.

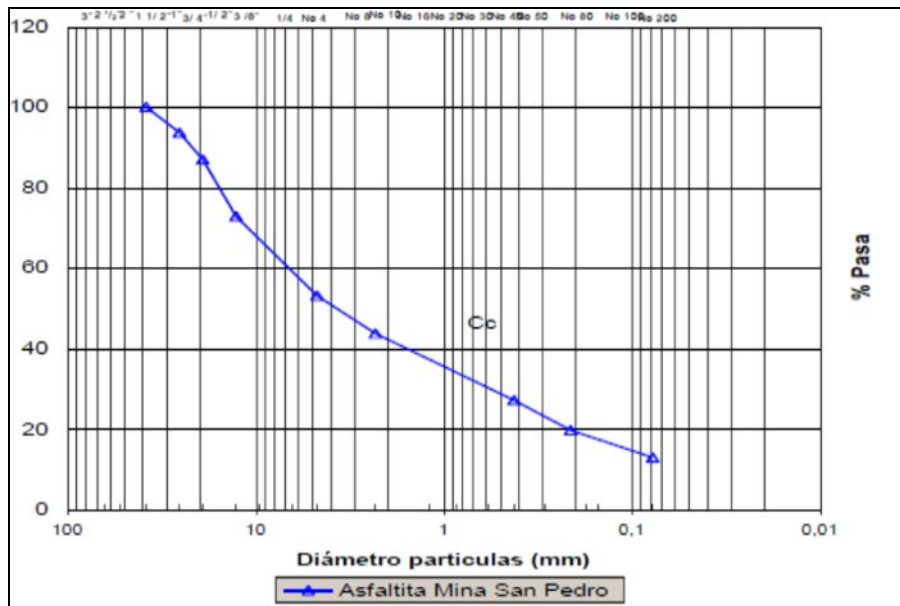
Tabla 1: Composición SARA (Peña, 2010-UNICAUCA)

CONTENIDO ASFALTICO NATURAL	
Contenido de Asfalto Natural %	2,3 a 6,5
Maltenos %	84,6
Asfaltenos %	15,4

Agregados Pétreos

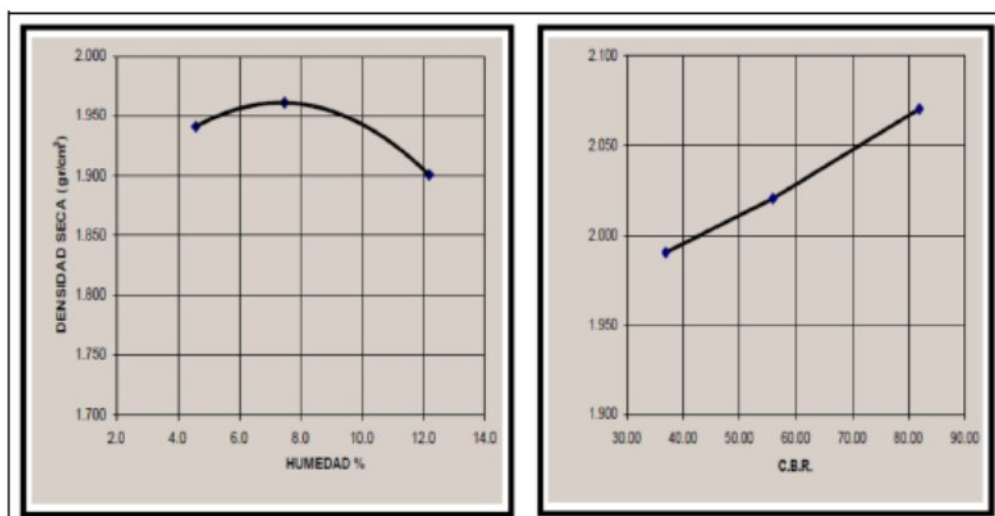
Los agregados pétreos conformantes son cantos rodados y arenas cuarzosas en un alto porcentaje, que con ensayos de extracción y gradación. Los tamaños encontrados están comprendidos entre las cuatro (4") pulgadas hasta quince (15") por ciento de finos pasa No.200. (2).

Figura 2: Granulometría (Peña, 2010-UNICAUCA)



De igual manera se realizaron ensayos de Próctor Modificado, encontrando humedades óptimas variables entre cuatro por ciento (4%) y ocho por ciento (8%) alcanzando densidades máximas secas cercanas a 1913 gr/cm³. Para estos mismos valores, se han logrado alcanzar valores de capacidad soporte CBR entre un veinte (20%) y un ochenta (80%) por ciento. (3). Los cuales son valores satisfactorios. La densidad máxima coincide con cincuenta y cinco (55%) de CBR.

Figura 3: Ensayo de Próctor y CBR (Peña, 2010-UNICAUCA)



Entre los ensayos que adicionalmente han completado la caracterización de los agregados se presenta en la siguiente tabla resumen (Tabla 2)

Tabla 2: Caracterización Agregados (Peña, 2010-UNICAUCA)

CARÁCTERÍSTICA	ENSAYOS UNICAUCA (Año 1998)	ENSAYOS CVH (Año 2012)
DMA (%)	29,30	30,50
Índice Aplanamiento (%)	9,00	11,00
Índice Alargamiento (%)	12,00	15,00
Equivalente de Arena (%)	91,80	87,00
Peso Unitario Suelto (Kg/m³)	1470	1480
Gravedad Específica (g/cm³)	2,248	2,127
Absorción (%)	3,56	4,01
Contenido Agua Natural (%)	[3,00 – 8,00]	3,60
Contenido Asfalto Natural (%)	[2,30 – 6,50]	5,60
Humedad Óptima (%)	[4,00 – 8,00]	6,0
Densidad Próctor Modificado (Grs/cm³)	1920	2,069
CBR (Próctor Modificado) (100%)	81	82,4

CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PLANTA LA MILAGROSA

Para la utilización de los materiales (agregados y mapia) en las infraestructuras mencionadas, era necesario conocer las propiedades mecánicas y capacidad de soporte para conocer la posibilidad de ser usados como capas de afirmados, bases, sub-bases, etc.

Mapia

La mapia es un Conglomerado Asfáltico Natural, COAN, que se utiliza para procesos de infraestructura vial especialmente en la construcción de capas de rodadura, mantenimientos preventivos y la estabilización de capas granulares. En los estratos encontrados están en capas de relativa profundidad y compuestos por arenas, asfalto, solventes, agua y presencia de azufre.

Contiene 90% de arena fina, el contenido de asfalto oscila entre diez (10%) y quince (15%) por ciento. A continuación la composición química del asfalto residual SARA (Tabla 3)

Tabla 3: Composición Química del Asfalto Residual SARA (Corasfaltos-UNICAUCA)

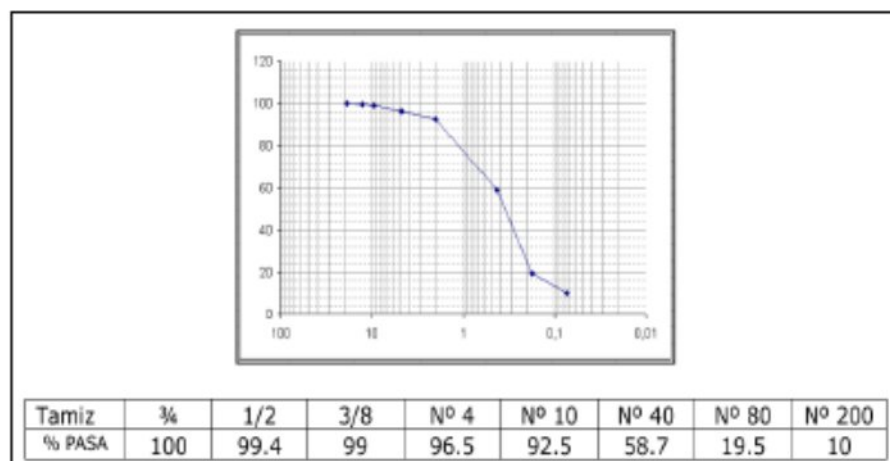
RESULTADOS UTILIZANDO LA CALIBRACION PARA ASFALTO	SATURADOS	AROMATICOS	RESINAS	ASFALTENOS	IC
	12,59	23,40	48,67	15,34	0,39
INTERVALOS DE CONFIANZA	±0.89	±2.11	±1.08	±0.57	

Agregados Pétreos

Los tamaños encontrados están comprendidos entre las tres cuartas (3/4”) pulgadas hasta diez por ciento de finos pasa No.200. La figura 4 muestra la gradación obtenida.

Los ensayos de plasticidad, contenido de materia orgánica, desgaste de los ángeles, sanidad de los agregados, índices de forma, densidad próctor, equivalente de arena, absorción, peso unitario, caras fracturadas, límites y cbr fueron aplicados y cumplidos a satisfacción por los agregados ensayados.

Figura 4: Ensayo Granulométrico Lavado y Tamizado (Peña, 2010-UNICAUCA)



DISEÑO DE MEZCA EN FRÍO UTILIZANDO ASFALTO NATURAL

El diseño de mezclas utilizó un proceso de evaluación por medio del método de ensayo Marshall modificado (25°) a veinticinco grados Celsius. En Colombia el Instituto Nacional de Vías – INVÍAS y el Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, IDU, han normalizado el uso y aplicabilidad de los materiales asfálticos naturales estableciendo especificaciones técnicas.

Tanto para la Asfaltita como para la Mapia se evaluaron 4 juegos de briquetas por cuatro unidades, cada una de cuatro pulgadas (4”) de diámetro por contenido de asfalto hallado. Se completaron 1200 gramos de peso de la briqueta, las cuales fueron hechas con 75 golpes por cara sobre el pedestal de castigo, utilizando martillo automático normalizado de diez (10 lb). Se estableció la densidad próctor del conglomerado, de vital importancia para la determinación de la densidad de servicio en campo. Se consideró un tránsito de diseño de nivel NT1 (menor de

500.000 ejes simples de camión de 8.2 ton) y NT2 (entre 500.000 y 5×10^6 ejes simples de camión de 8.2 ton). Se determinaron los valores de estabilidad, flujo, densidad seca al aire, superficie saturada seca y bulk, estableciendo el contenido de bitumen natural.

Los resultados del diseño de mezcla obtenido para la asfaltita (izquierda) y para la mapia (derecha), se presentan en las tablas 4:

Tabla 4: Diseño de Mezcla con Asfaltita y con Mapia

Diseño de Mezcla Con Asfaltita		Diseño de Mezcla Con Mapia	
Granulometría:	Según uso granulométrico	Granulometría:	Según uso granulométrico
Contenido de asfalto natural:	5,6%	Contenido de asfalto natural:	10,6%
Densidad bulk briqueta:	2,233 Grs/cm ³	Densidad bulk briqueta:	2,245 Grs/cm ³
Estabilidad:	497 Kgs (1094 Lbs)	Estabilidad:	593 Kgs (1305 Lbs)
Fluencia:	3,1 mm – 12,4 (1/100")	Fluencia:	2,9 mm – 11,6 (1/100")
Relación estabilidad/flujo:	160	Desgaste máquina los ángeles (B.M.):	22,9
Inmersión/compresión:	82,5%	Inmersión/compresión:	81%

Se concluyó que en el caso de la mapia el porcentaje de asfalto requerido es el doble del requerido en la asfaltita, lo que indica que por exceso podría presentarse deformabilidad. Se decidió mezclar material de agregado pétreo de mejores especificaciones para garantizar una mayor calidad y durabilidad.

TRAMO DE PRUEBA VÍA DINDAL - CAPARRAPÍ

Se realizó un tramo de prueba (2012) con un material asfáltico natural, con el fin de conocer la manejabilidad y establecer los niveles de densidad adecuados. Adicionalmente, evaluar las condiciones superficiales mecánicas mediante la obtención de módulos elásticos provenientes de retro-cálculo por medio del uso del deflectómetro tipo FWD (Falling Weight Deflectometer) tipo LWD (Ligh Weight Deflectometer) de la superficie de subrasante.

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Campamentos Santa Ana y Guaduro

Tránsito. Para el tránsito NT1 de diseño de acuerdo al estudio de la zona se tuvo en cuenta el volumen de materiales (aprox. $1.400.000 \text{ m}^3$) que se transportará máximo 10 años de servicio, utilizando como vehículo tipo C3. Se consideró un factor de daño de 3.76, logrando un valor de Setecientos veinticinco mil ejes simples de 8.2 ton (725.000 ejes).

Características del Clima. Se utilizó la información obtenida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en cuanto a precipitación media mensual y temperatura. La temperatura del Municipio de Caparrapí es veintitrés (23°C) grados Celsius. La precipitación se observa en la siguiente tabla 5.

Tabla 5: Precipitación Media Mensual y Elevación (CVH)

ESTACIÓN	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
IDEAM 2306016	San Pablo	Caparrapí	1.200 msnm	2369.9 mm
IDEAM 2306011	Caparrapí	Caparrapí	1.270 msnm	1645.7 mm

Subrasante. Se realizaron cinco (5) apiques (Figura 5) que arrojaron los resultados resumidos en la tabla 6.

Figura 5: Exploración Subsuelo (CVH)



Tabla 6: Resumen Ensayos del Subsuelo (CVH)

ENSAYO	APIQUES REALIZADOS					PROM
Plasticidad	1	2	3	4	5	
Límite Líquido (%)	29	30	32	28	32	30
Límite Plástico (%)	13	16	16	16	16	15
Índice de Plasticidad (%)	16	14	16	12	16	15
Pasa Tamiz 200 (%)	72	39	71	64	25	54
Gradación						
Gravas (%)	2	32.3	0.9	11	44.8	18
Arenas (%)	25.8	29	28.3	25.2	30.1	27
Finos (%)	72	72	70.9	63.8	25.1	61
Resultados Compactación						
Densidad Máxima (g/cm³)	1.918	1.997	1.952	2.033	1.952	1.954
Humedad Óptima (%)	8	9.8	10	9.5	11.5	9
CBR						
CBR Corregido (0,1")	4	2.7	4.1	3.2	3.1	3.5
CBR Corregido (0,2")	2	1.3	2	1.5	1.5	1.7
Capacidad Soporte (Al 95%)	10.2	4.1	4.5	3.2	0.9	4.6
Expansión (%)	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.11

Método AASHTO 1993. Utilizando la metodología AASHTO 1993, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 7): Siendo la primera columna de espesores los construidos en definitiva

Tabla 7: Diseño de la Estructura de Pavimento (CVH) en los Campamentos

CBR (%)	ESPESORES (cms)			APORTES ESTRUCT.		COEF. DRENAJE		SN DISEÑO			MESES EN LOS QUE SE DARÁ MTTO. MAYOR
	MAPIA	AFIR	Total	MAPIA	AFIR	MAPIA	AFIR	MDC	BG	SN	
4,0	15	30	45	0,2	0,11	1	0,90	1,18	1,17	2,35	10 - 15
4,0	20	35	55	0,2	0,11	1	0,90	1,57	1,36	2,94	22 - 30
4,0	20	45	65	0,2	0,11	1	0,90	1,57	1,75	3,33	40 - 50

Vía Dindal - Caparrapí

Estudio Geotécnico. El estudio geotécnico fue exhaustivo, llegando a sectorizar seis tramos, pues contenían diferentes características de soporte. Se calcularon los módulos de resiliencia para la subrasante utilizando el equipo LWD, lo cual permitió la definición de los subtramos.

Tránsito. El número de ejes equivalentes de 8.2 Ton empleado fue para cinco (5) años 560.609, para diez (10) años 1.229.166 y para 20 años 3.322.441.

Método AASHTO 1993. Utilizando la metodología AASHTO 1993, se obtuvieron los siguientes resultados y se verificaron por un método mecanicista (Tabla 8).

Tabla 8: Diseño de la Estructura en la Carretera por tramos de abscisado

SECTORES DE DISEÑO	K0+000 – K0+500	K0+500 – K3+050	K3+050 – K6+600	K6+600 – K9+050	K9+050 – K13+600	K13+600 – K16+300
MÓDULO DE DISEÑO SUBRASANTE Kg/cm ²	654	654	907	765	1449	1565
Carpeta Asfáltica	7.5*	7.5*	7.5*	7.5*	7.5*	7.5*
Base Granular	29	29	23	26	15	15
Subbase Granular	15	15	15	15	15	15
Mejoramiento	30	-	-	-	-	-
Espesor Total (cms)	81	51	75	78	67	67

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Las estructuras de pavimento resultantes se postularon para construcción en los tramos indicados, pero en la actualidad su aplicación se hizo efectiva en la adecuación de las vías internas y de operación de los campamentos del CVH mostrando un comportamiento totalmente satisfactorio.

CONCLUSIONES

El asfalto natural se constituyó en una alternativa compuesta con material agregado mejorado para ofrecer una mayor competencia y mejorar el nivel de servicio recibido por las personas que habitan y operan en los campamentos de la carretera. La carretera Dindal – Caparrapí se construyó con el uso de materiales de asfalto natural, teniendo en cuenta el perfil estratigráfico de la vía y los resultados de los módulos obtenidos con el equipo Light Weight Deflectometer – LWD. Adicionalmente, se trabajaron seis (6) sectores de diseño y se calcularon seis (6) estructuras de pavimento conformadas con carpeta asfáltica (utilizando asfalto natural) base granular, subbase granular y subrasante mejorada. Durante la operación se comprobó que era importante el sello de la superficie por medio de tratamientos superficiales o slurry seal cuando se usan asfaltos naturales en una capa de rodadura, con el fin de ofrecer un nivel de servicio adecuado. La vía se pudo en servicio en septiembre 9 del 2013.

REFERENCIAS

Arenas Lozano, Hugo León. Asfaltos Naturales la Fórmula MD NC, (2003) Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca. El Poirá S. A.
 Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá D.C, (2005) Especificaciones Generales y Particulares.
 Instituto Nacional de Vías, (2007) Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.
 Montejo Fonseca, Alfonso. (2008). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Tomo I. 3ed. Universidad Católica de Colombia.
 Peña Caicedo, Jorge Javier. (2010) Los morteros asfálticos naturales, una alternativa ecológica para el mejoramiento de una red vial: De lo empírico a lo técnico. Popayán. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad del Cauca.
 Santos M. David A, Luna N. Ricardo A. Asfaltos Naturales: La mapia y asfaltita, alternativas de construcción en obras de infraestructura vial en el contrato Ruta del Sol tramo 1. Universidad Pontificia Bolivariana. 2012.