

# **CASO DE ESTUDIO: ANÁLISIS DE FISURAS PREMATURAS EN LA VÍA LA NEVERA – GUANAPALO (NUNCHÍA, CASANARE) EN LAS ABSCISAS K1+340 Y K2+020. CAUSA Y POSIBLE TRATAMIENTO**

## **CASE STUDY: ANALYSIS OF PREMATURE FISSURE, ROAD LA NEVERA – GUANAPALO (NUNCHÍA, CASANARE), ABSCISSAS K1+340 AND K2+020. CAUSE AND POSSIBLE TREATMENT**

Jessica Ximena Sanabria Vargas  
Ingeniera Civil, aspirante a especialista en Ingeniería de Pavimentos  
Universidad Militar Nueva Granada  
Bogotá, Colombia  
[jsanabria@mikosas.com](mailto:jsanabria@mikosas.com)

**Fecha de recepción: 02 de Diciembre de 2015**  
**Fecha de aprobación: 04 de Diciembre de 2015**



**UNIVERSIDAD MILITAR  
NUEVA GRANADA**

**BOGOTÁ  
2015**

## RESUMEN

El lugar de estudio corresponde a la vía La Nevera – Guanapalo (Nunchía, Casanare), la cual luego de quince años de servicio está siendo rehabilitada para brindar servicio a tres municipios que están beneficiados con el proyecto. El diseño de rehabilitación consistía principalmente en retirar la capa de mezclas asfáltica, mantener el material granular existente (clasificada como subbase con alto porcentaje de finos), y posteriormente construir la estructura del pavimento. Sin embargo, durante el proceso constructivo se presentaron ahuellamientos, donde el espesor de la capa del material de subbase existente era menos de cuarenta centímetros, y allí hubo necesidad de retirar y reemplazar por material de río. En las abscisas K1+340 y K2+020, fue construido el diseño original y adicionalmente fue instalada una capa de material de río clasificado, pero posterior a la pavimentación se presentaron fisuras longitudinales. Para el seguido análisis de la patología, los núcleos extraídos reflejaban un comportamiento de propagación de abajo hacia arriba, indicando que la causa posiblemente era de la estructura. Realizando la recopilación de los ensayos de laboratorio al material de los estratos inferiores y la mezcla asfáltica, el seguimiento al proceso constructivo, y las consideraciones del diseño de rehabilitación, fue concluido que el origen más probable sobre la aparición de las fisuras era respuesta a los asentamientos primarios de la fundación de la sección de ampliación del terraplén. Como tratamiento a las fisuras, es propuesto que se adelante un sello para impedir la infiltración de agua superficial a la estructura del pavimento, y aumente el nivel de severidad de la falla.

**Palabras clave:** rehabilitación, expansión, inspección, fisura, comportamiento, asentamiento, falla, tratamiento.

## SUMMARIZE

The study site corresponding to the road La Nevera - Guanapalo (Nunchía, Casanare), which after fifteen years of service is being rehabilitated to service three municipalities that are beneficiaries of the project. Rehabilitation design consisted mainly of removing the layer of asphalt mix, maintaining the existing granular material (classified as subbase with high percentage of fines), and then build the pavement structure. However, during the construction process they were presented ruttings where the thickness of the existing subbase material was less than forty centimeters, and there was no need to remove and replace by river material. In the K1 and K2 + 340 + 020 abscissa, it was built the original design and additionally a layer of river classified material was installed, but after paving longitudinal cracks appeared. For the following analysis of the pathology, the extracted cores propagation behavior reflected from the bottom up, possibly indicating that the cause was the structure. Performing collecting laboratory testing the material of the lower strata and the asphalt mix, monitoring the construction process, and design considerations of rehabilitation, it was

concluded that the most likely origin of the appearance of cracks was responding to primary settlement of the foundation of the extension section of the embankment. As cracks treatment, it is proposed to be brought forward a seal to prevent the infiltration of surface water in the pavement structure, and increase the level of severity of the fault

**Words key:** rehabilitation, expansion, inspection, crack, behavior, settlement, failure, treatment.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto Rehabilitación a la vía Tocaría – Orocué tramo La Nevera – Guanapalo Etapa I Casanare Orinoquía, constituye uno de los más importantes en la inversión a la infraestructura vial del Departamento de Casanare, puesto que la vía comunica a los municipios de San Luis de Palenque, Trinidad, Orocué y el área rural de Nunchía con la capital, Yopal. La vía existente construida en terraplén con material de préstamo lateral, el cual corresponde a arcillas con medio a alto potencial de expansión, CBR menores al 3% y espesores entre 0.20m a 0.40m de material granular, fue en el momento de la intervención para las actividades de rehabilitación en algunos sectores un inconveniente por la baja capacidad de soporte, evidenciado en fallos y/o ahuellamientos (acolchonamientos) presentados en la nueva subrasante.

Este material arcilloso fue remplazado por material granular de río, y así fue conformada una plataforma con mejores características mecánicas. Luego de la construcción de la nueva estructura de pavimento, al inspeccionar la carpeta asfáltica en la abscisa del K1+340 y el K2+020 se detalló una fisura longitudinal cercana al borde, con una longitud entre dos a tres metros y con una amplitud, máxima, de 3mm.

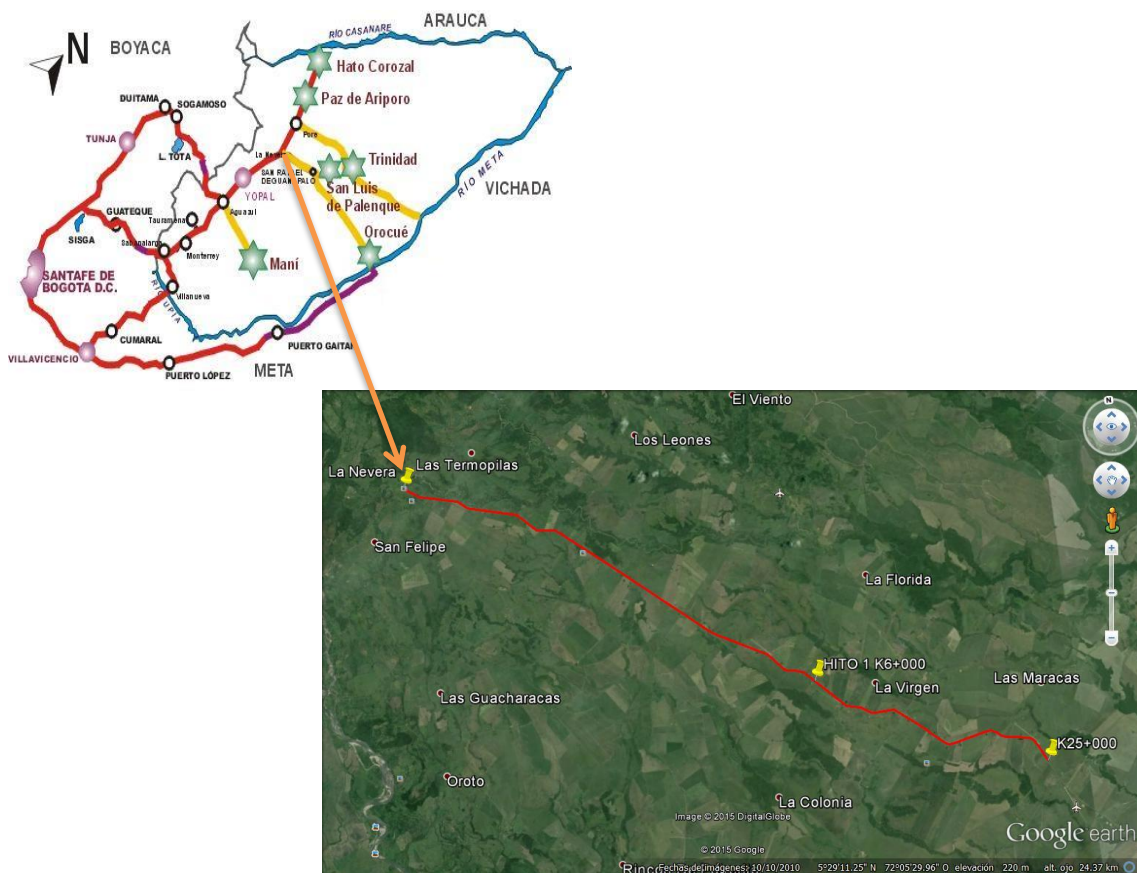
En el presente artículo se presenta el estudio de caso de las fisuras prematuras en la carpeta asfáltica, con el propósito de determinar las posibles causas, realizar el respectivo análisis para concluir cuál es la más probable, proponer algún tipo de tratamiento y posibles medidas preventivas para rectificar el problema.

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1 LOCALIZACIÓN

El inicio del proyecto, sector La Nevera, se encuentra localizado al Nororiente de la capital del departamento de Casanare, a 37.3 km sobre la vía Marginal de la Selva en sentido Yopal – Paz de Ariporo. La vía La Nevera – Guanapalo

comunica los municipios de San Luis de Palenque, Trinidad, Orocué y el área rural de Nuchía, con la capital del departamento, Yopal. Ahora, constituye uno de los más importantes en la inversión a la infraestructura vial del Departamento de Casanare, puesto que la vía comunica a los municipios de San Luis de Palenque, Trinidad, Orocué y el área rural de Nuchía con la capital, Yopal. Por tanto, la administración departamental suscribió el contrato de obra pública para la rehabilitación de 25 kilómetros de la vía en mención, tal como se puede observar en la Imagen 1.



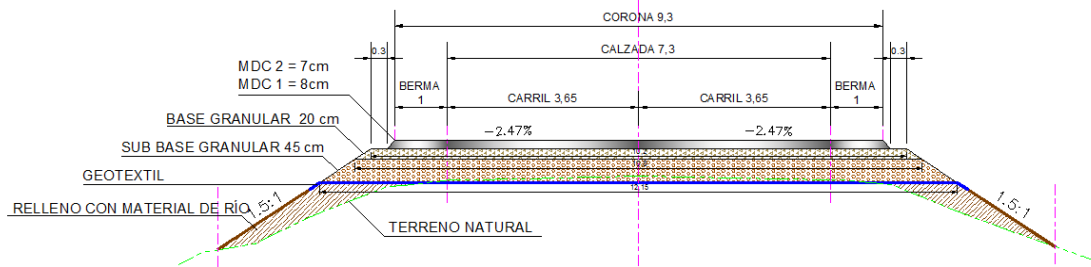
**Imagen 1.** Localización general del proyecto. a) Ubicación del inicio del proyecto en el Departamento de Casanare. b) Demarcación del inicio y el final del proyecto.

## 2. ESTUDIO DE CASO

### 2.1 DETALLES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

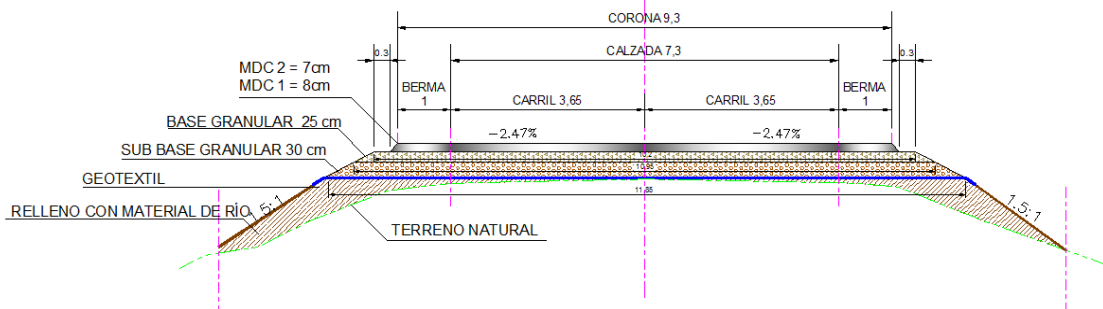
El alcance físico del proyecto son inicialmente, veinte cinco kilómetros a rehabilitar con ampliación de terraplén y calzada. Este tramo dentro del diseño de rehabilitación [1], fue dividido en dos hitos debido a las condiciones del

material remanente en la estructura actual de la vía, en su momento. El primer hito, está subdividido del K0+000 al K6+000 y del K6+000 al K16+000; y el segundo hito desde el K16+000 al K25+000. En las Imágenes 2, 3 y 4, se ilustra la estructura del pavimento para los tramos mencionados.



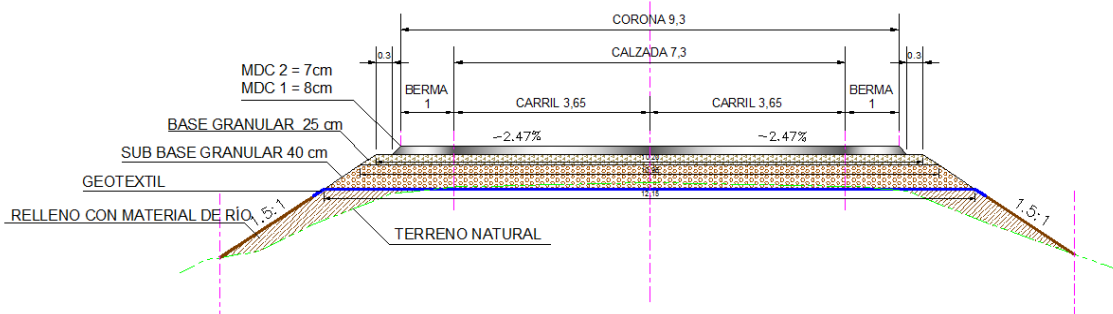
**Imagen 2.** Sección típica Hito 1 K0+000 al K6+000

**Fuente:** Elaboración propia



**Imagen 3.** Sección típica Hito 1 K6+000 al K16+000

**Fuente:** Elaboración propia



**Imagen 4.** Sección típica Hito 2 K16+000 al K25+000

**Fuente:** Elaboración propia

Durante el inicio de las actividades del proyecto, en los primeros seis kilómetros luego de retirar el material de base granular existente para proceder a la conformación de la estructura, se evidenciaron fallos y/o ahuellamientos (acolchonamientos) principalmente donde el material remanente en crudo de río era de espesores entre los quince a treinta centímetros; a esta capa, subyace una arcilla que hace parte del terraplén existente y fue obtenida de

préstamo lateral, con CBR menores al 3%. Debido a esta situación, en algunos tramos del primer hito fue necesario el retiro del material arcilloso en profundidades iguales o superiores a setenta centímetros, para el remplazo con material de río sin clasificar (Imagen 5); por otro lado, donde el material granular remanente tenía un espesor igual o mayor a cuarenta centímetros, era instalada sobre este una capa de aproximadamente 20 cm de material de río tamaño máximo 4 pulgadas (Imagen 6), posteriormente se procedía a la instalación de geotextil y la construcción de la estructura del pavimento.



**Imagen 5.** Excavación para retiro de material arcilloso y remplazo con material de río sin clasificar.



**Imagen 6.** Proceso constructivo para ampliación de terraplén. a) Excavación para ampliación de terraplén. b) Instalación de material de río sobre material granular existente (espesores iguales o mayores a 40cm)

## 2.2 ANTECEDENTES DE ENSAYOS DE LABORATORIO

### 2.2.1 Características de la subrasante original

El terraplén existente, antes del inicio del proyecto de rehabilitación, estaba constituido en su estructura por un material granular que por la alta presencia de finos y el desgaste, fue catalogado como subbase seleccionada, cuyo espesor a lo largo de los veinticinco kilómetros variaba continuamente. Este



material, estaba soportado sobre una arcilla café con betas rojas y grises, y subyacía otra arcilla gris oscuro de consistencia blanda. En la Imagen 7a y 7b, se observan los registros de apiques hechos cerca de los puntos de análisis y se puede notar el perfil descrito.



**Imagen 7.** Apiques en la vía. a) Apique en la abscisa K1+250. b) Apique en la abscisa K2+000.

A las muestras extraídas del material de subrasante fueron realizados los ensayos de laboratorio para la caracterización del material, tal como se muestra en la Tabla 1 donde se puede identificar el límite líquido (LL), el índice de plasticidad (IP), el porcentaje pasa del tamiz número 200, la clasificación unificada de suelos, y el índice de soporte de California (siglas en inglés CBR). De lo anterior, se deduce que hay similitud entre la información del material arcilloso de la subrasante original en los dos sitios, y adicionalmente que según la inspección visual estos corresponden a un mismo material.

**Tabla 1.** Caracterización de la subrasante

ABSCISA	LL	IP	% PASA TAMIZ 200	CLASIFICACIÓN USC	CBR SUMERGIDO
K1+250	32,7	17,1	86,1	CL	2,3
K2+000	42,8	19,1	93,7	CL	3,0

**Fuente:** Laboratorio José Ibarra Suelos-Carreteras-Asfaltos [2]

Los materiales cohesivos, tienen como una de sus características más relevantes el cambio volumétrico debido a los diferenciales de humedad, es así como debido al régimen climático bimodal durante el año el suelo está sometido a temporadas secas y húmedas, que llevan a la contracción y expansión del mismo. De tal forma es importante determinar el potencial de expansión, lo cual es posible mediante correlaciones con el límite líquido y el índice de plasticidad. En la Tabla 2 y 3, de acuerdo al índice de plasticidad y el límite líquido, respectivamente, este material arcilloso se puede clasificar con un potencial medio de expansión. Sin embargo, es conveniente tener en cuenta que deben ser llevados a cabo otros ensayos de laboratorio para determinar este parámetro.

**Tabla 2.** Predicción de la expansividad a partir del índice de plasticidad

GRADO DE EXPANSIÓN	ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	HOLTZ Y GIBBS	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	<20	0-15	< 12
Medio	12-34	10-35	12-33
Alto	23-45	20-55	23-32
Muy alto	> 32	> 35	> 32

*Fuente:* Normas de ensayo de materiales para carreteras.[3]

**Tabla 3.** Predicción de la expansividad a partir del límite líquido

GRADO DE EXPANSIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	
	CHEN	NORMA IS 1498
Bajo	< 30	20-35
Medio	30-40	35-50
Alto	40-60	50-70
Muy alto	>60	70-90

*Fuente:* Normas de ensayo de materiales para carreteras.[3]

## 2.2.2 Características de la mezcla asfáltica densa en caliente

La mezcla asfáltica en caliente tipo denso MDC-25 es suministrada por la Planta de triturados y asfalto Mikonstrucciones SAS, ubicada en el Municipio de Yopal. La mezcla asfáltica es diseñada de acuerdo a los requerimientos del Artículo 450-13 del Instituto Nacional de Vías INVIAS, los materiales pétreos para su elaboración son obtenidos de la explotación minera de los depósitos aluviales del Río Cravo sur, y el ligante asfáltico utilizado es asfalto convencional de penetración 60/70 refinería Barrancabermeja.

Como parte del control de calidad de la obra, y siguiendo la normatividad del INVIAS, en el mes de junio de 2015 fueron extraídos los núcleos de la carpeta asfáltica en las abscisas K1+300 y K2+000, ubicados cerca donde se presentaron las fisuras, y se realizaron los respectivos ensayos para verificar el cumplimiento de las exigencias mínimas. De acuerdo a la información obtenida de los ensayos de laboratorio, la mezcla asfáltica instalada cumple con los requerimientos de acuerdo al Artículo 450-13 del INVIAS [4], teniendo en cuenta el Nivel de Tránsito II. A continuación, en la Tabla 4 se relacionan los resultados obtenidos del contenido de asfalto, los vacíos con aire, la estabilidad, el flujo y el porcentaje de compactación.

**Tabla 4.** Resultados de ensayos a los núcleos extraídos

ABS	LADO	ESPESOR DE PROBETA (cm)	% VACÍOS LLENOS DE ASFALTO	% VACÍOS CON AIRE	ESTABILIDAD (kN)	FLUJO	% COMPACTACIÓN
					(Va)		
K1+300	DER	8,5	66,8	5,6	1739	3,10	94,9
K2+000	EJE	8,5	68,3	5,2	1727	3,18	94,8

**Fuente:** Mikonstrucciones SAS



## 2.3 INSPECCIÓN VISUAL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO

En septiembre del 2015, se ha ejecutado lo correspondiente a toda la estructura del pavimento del primer hito. De tal forma, se procedió a inspeccionar el estado de la carpeta asfáltica para continuar con la demarcación vial. Fue así, como en la abscisa del K1+340 y el K2+020 se detallaron unas fisuras longitudinales cercanas al borde de la carpeta. En seguida, se encuentra en detalle lo encontrado en los sitios de análisis.

### 2.3.1 Abscisa K1+340

El primer tramo fisurado se encuentra en la abscisa K1+340, y como se puede observar en la Fotografía 5a y 5b, está ubicada en una tangente de la vía a una distancia de cincuenta y sesenta centímetros del borde de la carpeta asfáltica. En el lugar, no se hizo remplazo del material existente en el terraplén al existir un remanente de material granular superior a 40cm. La fisura tiene una distancia de aproximadamente dos metros, y un ancho en la parte más crítica de 3mm, como se aprecia en la Imagen 8.



**Imagen 8.** Ubicación de la fisura. a) Ubicación de la fisura desde el borde de la carpeta asfáltica. b) estimación de longitud de la fisura

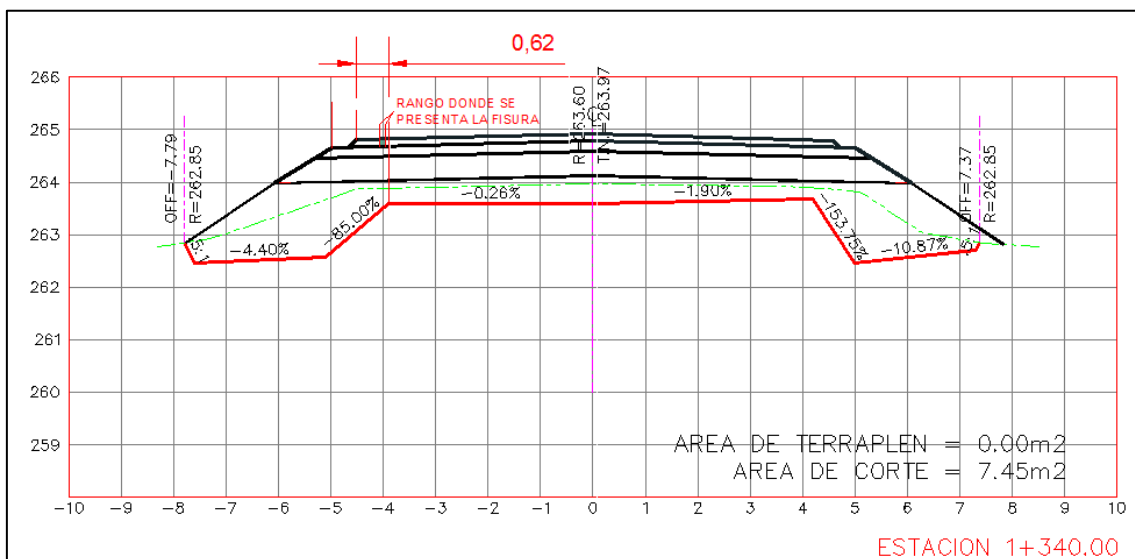
**Fuente:** elaboración propia



**Imagen 9.** Ancho promedio de la fisura.

**Fuente:** elaboración propia

A los lados de la fisura no se presentan diferencias de nivel, y además de ello no hay evidencia de fisuras laterales en el área observada. En la Imagen 10, se muestra la sección transversal del terreno natural, el corte para la ampliación y el terraplén conformado. Así mismo, en esta se indica la la distancia entre el borde de la carpeta asfáltica y la proyección de la junta de ampliación, comparado con la ubicación de la fisura longitudinal.



**Imagen 10.** Sección transversal abscisa K1+340.

**Fuente:** elaboración propia

### 2.3.2 Abscisa K2+020 – K2+040

El segundo tramo que presenta fisura, se encuentra ubicado entre las abscisas K2+020 y K2+040. Como se observa en la Fotografía 7, este tramo corresponde a una curva en la vía y se aprecia que la huella vehicular está distante de donde se está originando la fisura. En la fotografía 8, se observa

que la fisura está en un rango de treinta a cuarenta centímetros del borde del asfalto, tiene una longitud de aproximadamente 3 metros, y un máximo de ancho de 3 mm. Al igual que en la fisura de la abscisa K1+340, no existen más fisuras en el área de estudio y no hay diferencias de nivel en la carpeta asfáltica.



**Imagen 11.** Ubicación de la fisura desde el borde de la carpeta asfáltica.

**Fuente:** elaboración propia

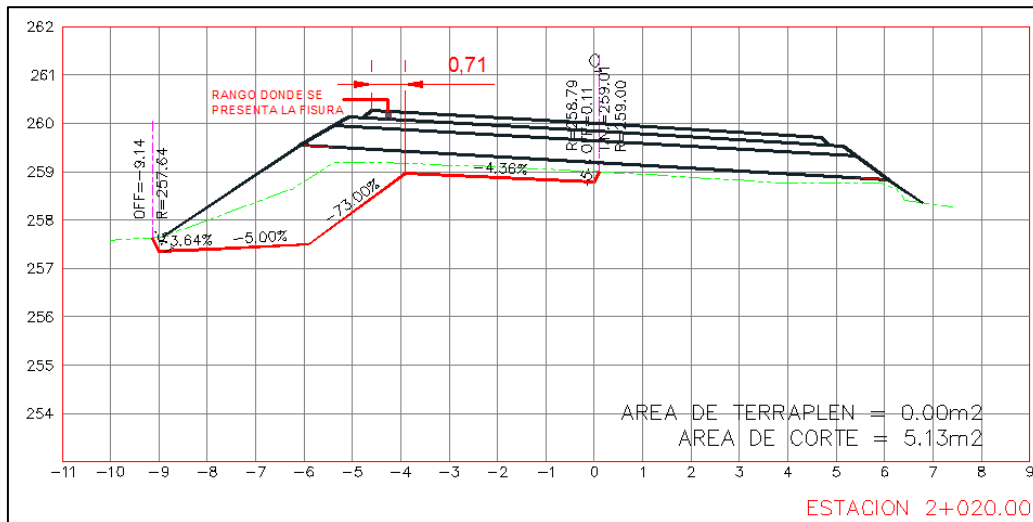


**Imagen 12.** Longitud y ancho de la fisura. a) Ubicación de la fisura desde el borde de la carpeta asfáltica, se observa la longitud aproximada. b) Estimación de ancho de fisura.

**Fuente:** elaboración propia



En el lugar, no se hizo remplazo al encontrar un espesor del material granular remanente de sesenta a setenta centímetros, y se obedeció el diseño en cuanto a realizar únicamente ampliación y mejoramiento con crudo de 4 pulgadas. Luego de haber revisado lo anterior, se hizo la proyección de la junta de ampliación (Imagen 13) hacia la carpeta asfáltica en la sección transversal, encontrando que está próxima a la misma.



**Imagen 13.** Sección transversal abscisa K2+020.

**Fuente:** elaboración propia

## 2.4 COMPORTAMIENTO DE LA FALLA EN EL PAVIMENTO

El comportamiento de propagación de las fisuras, es un parámetro que puede indicar su posible origen y para lograr determinarlo de manera precisa fueron extraídos núcleos en distintos puntos a lo largo de la misma. En la Imagen 14, se observa que la fisura está en todo el espesor de la carpeta asfáltica, y cambia de dirección al llegar a la segunda capa de MDC-2.



**Imagen 14.** Núcleo 1 Abscisa K1+340. a) núcleo extraído en el sitio donde tiene un mayor ancho. b) Orificio del núcleo extraído en la carpeta asfáltica.

**Fuente:** elaboración propia

Un segundo núcleo en la abscisa K1+340 fue extraído donde la fisura aún no tiene un ancho pronunciado, y en la abscisa K2+200 se tomó un único núcleo donde la fisura tiene un mayor ancho. En ambos núcleos es posible establecer el comportamientos iguales de propagación de la falla de abajo hacia arriba, como se detalla en la Imagen 15a y 15b, lo cual puede ser indicio de que la causa del origen es la misma.



**Imagen 15.** Núcleos 2 y 3. a) Núcleo 2 en la abscisa K1+340. b) Núcleo 3 en la abscisa K2+200.

**Fuente:** elaboración propia

Este tipo de comportamiento, conocido como fisura de abajo hacia arriba, ha sido relacionado con la fatiga de la mezcla asfáltica cuando esta presenta el tipo de falla conocida como piel de cocodrilo (*alligator cracking*). Sin embargo, en investigaciones en los Estados Unidos sobre fisuras prematuras en la carpeta asfáltica [5], donde se realiza un comparativo entre las fisuras de arriba hacia abajo (*top - down*) y de abajo hacia arriba (*bottom - up*), consideran que aunque las dos son problemas serios, esta última está más relacionada con un subdiseño de la estructura del pavimento y que indica un cambio en las prácticas del diseño estructural; mientras que cuando la propagación es de arriba hacia abajo, está más relacionado con los materiales de la mezcla asfáltica y se presenta generalmente en la trayectoria de la llanta o en el centro del eje del vehículo.

### 3. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la revisión bibliográfica y la información expuesta en el presente artículo, seguidamente se realizan comentarios al respecto:

- ❖ La Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras [6], del Instituto Nacional de Vías, en su Capítulo II es clara en indicar que el área de ampliación debe ser dentro de lo posible, muy similar tanto en sección transversal como en materiales a la estructura de pavimento existente. Sin embargo, tal como se ha descrito en los detalles del proceso constructivo, en la sección de ampliación se ha



conformado una estructura de pavimento de acuerdo a los diseños, y que está cimentada en material de río sin clasificar; lo cual no tiene mayor concordancia con el cuerpo del terraplén existente, donde como se ha mencionado se encuentra material arcilloso a profundidades de 60 cm, desde el nivel superior del material granular remanente.

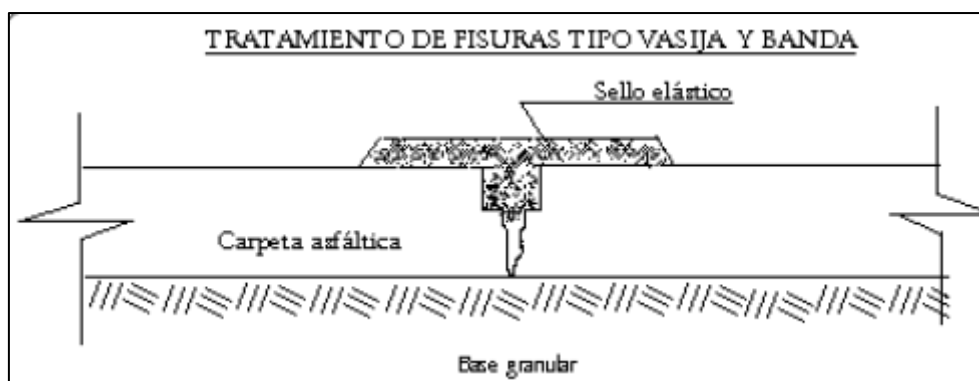
Adicionalmente, es de mencionar otro aparte de la guía donde hace referencia al proceso constructivo en cuanto a una adecuada compactación de los materiales de la zona ampliada, para prevenir asentamientos diferenciales y agrietamientos a lo largo de la junta de construcción. Este concepto, fue aplicado durante la construcción de la ampliación pero cabe anotar que el registro para el control y seguimiento en obra de los materiales instalados, es la toma de densidades y ello aunque indique un porcentaje de compactación, no es la medida para indicar si la plataforma de cimentación se ha deformado lo suficiente y no va a presentar los seguidos asentamientos primarios, por efecto de las cargas vehiculares.

- ❖ En los primeros kilómetros rehabilitados, el plano de la junta de ampliación fue hecho en una sola escala con alta pendiente, y en la base una sobre excavación para generar un tipo de “llave” con el material de cimentación. Aun así, es recomendable que la sección de ampliación sea en dos o tres escalas, de acuerdo a la altura del terraplén, para así no generar un único posible plano de falla que permita un desplazamiento de un material sobre el otro.
- ❖ La revisión de los ensayos de laboratorio realizados a la mezcla densa en caliente, da cuenta que cumple con los requerimientos de la normatividad INVIAS para su aprobación. Además, de acuerdo a la revisión de estudios de caso, las fisuras de propagación de arriba hacia abajo son aquellas relacionadas con los materiales de la mezcla asfáltica y en la primera etapa de la falla es de esperar que luego de la aparición de la primera fisura, se presenten otras paralelas e incipientes que luego se conectan entre sí. [7]
- ❖ Siguiendo la información en cuanto a la caracterización de las fallas en los pavimentos, las fisuras en estudio están catalogadas como una falla de borde de baja severidad, al estar paralela a la vía y a una distancia entre 0.30m y 0.60m del borde exterior del pavimento [8]. De la causa, se encuentra que se debe al debilitamiento de la base o la subrasante por las condiciones climáticas, o por falta de soporte lateral o inclusive por terraplenes construidos con materiales expansivos [9]. En este caso de estudio, las arcillas catalogadas como grado medio de expansión, tal como se explicó en el subcapítulo de Características de la subrasante original, no son determinantes para establecer que es la principal causa de la aparición de las fisuras. Por otra parte, estas son fallas puntuales y que no se han presentado en otros sitios, que al igual que en estos, el material arcilloso no ha sido removido, y se encuentra a profundidades superiores a cuarenta centímetros de material granular remanente.

Finalmente, luego del análisis anterior sobre los materiales de construcción del pavimento y los procedimientos constructivos, se deduce que la causa más probable dentro de las mencionadas son los asentamientos primarios que se están presentando en la fundación de la ampliación del terraplén, que a su vez lo complementa el haber generado un plano vertical entre la unión del terraplén existente con la ampliación, lo cual no garantiza una adherencia entre los dos y conlleva a un plano de falla o dilatación.

#### 4. TRATAMIENTO DE FISURA

Inicialmente, hay que tener claridad en cuanto a que mientras la fisura esté abierta, significa tener un punto de infiltración de aguas superficiales (lluvia) desde la carpeta asfáltica hasta la estructura del pavimento, lo cual puede conllevar a deformaciones en la misma. Por lo anterior, es necesario adelantar el procedimiento adecuado para prevenir que aumente el nivel de severidad de la falla. Al respecto, los tratamientos para este tipo de fisuras no son muy variados y del tema principalmente se recomienda que para fisuras mayores a 3mm, ampliar la sección de la misma con la utilización de una herramienta conocida como ruteadora, para lograr una mayor superficie de adherencia y posteriormente instalar el material de sello, el cual debe poseer características elásticas como lo puede ser un asfalto modificado con polímeros (Imagen 16) [10]. Por otra parte, como medida de prevención ante la aparición de fisuras se puede brindar a la estructura del pavimento un refuerzo con geomalla, instalada en las capas granulares para que sean absorbidos mejor los esfuerzos de tensión generados desde la subrasante [11].



**Imagen 16.** Tratamiento de fisura tipo vasija y banda

**Fuente:** Tratamiento de fisuras en carpeta asfáltica

## 5. CONCLUSIONES

Identificar el tipo comportamiento de la falla en un pavimento, es indispensable para definir inicialmente cuáles pueden ser las causas más probables que llevaron a su aparición. Así en cuanto a la fisura de propagación de abajo hacia arriba (*bottom – up*), está relacionada con problemas posiblemente estructurales ya es un primera visión del caso de estudio, lo que conlleva a revisar detalladamente información referente a diseño estructural del pavimento, ensayos de laboratorio y caracterización de materiales. De los cuales, es indispensable llevar un registro en obra como seguimiento al control de calidad de la misma, así mismo cuando en una rehabilitación de un pavimento no se tiene claridad sobre las propiedades mecánicas de los materiales existentes, llevar a cabo los ensayos de laboratorio brinda información para tomar decisiones respecto al diseño cuando así lo amerite.

La presencia de material arcilloso en los estratos inferiores, y más aún cuando es conocido que este ha sido producto de préstamo lateral, debe significar una evaluación inicialmente cualitativa con los límites de Atterberg y el índice de plasticidad para determinar el grado de expansión, siendo este un parámetro importante en regiones de clima cálido donde el régimen de lluvias es marcado y estos materiales cohesivos están expuestos a diferenciales de humedad que acontece en cambios volumétricos. Esto puede dar indicios de sitios puntales donde se requiera un estudio directo sobre el material, y así se tiene un criterio adicional al CBR, con el propósito de establecer si la intervención para el retiro del mismo debe hacerse a profundidad y ser remplazado por material granular.

El efectivo comportamiento de la estructura del pavimento, además de un diseño adecuado requiere el complemento de los procedimientos constructivos, y es así que para este caso en particular donde se refiere a una ampliación de terraplén, se recomienda no generar un plano vertical entre el terraplén existente y la nueva sección, puesto que ello puede conllevar a una falla o debilidad en la estructura que facilite la distensión de esfuerzos no previstos que supera la resistencia de los materiales afectados, y por tanto la propagación hacia la carpeta asfáltica. Adicionalmente, la las capas conformadas para la sección de ampliación deben ser debidamente compactadas, con lo que disminuye el riesgo de aparición de este tipo especial de falla.

Las fisuras en el pavimento asfáltico, deben ser selladas con inmediatez para evitar que las aguas superficiales (lluvias) se logren infiltrar a la estructura, afectando a los capas granulares de la estructura las cuales brindan soporte al pavimento, que al permitir su avance no desarrolla la misma respuesta mecánica ante las cargas impuestas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] COMPAÑÍA COLOMBIANA DE CONSULTORES S.A.. Estudios y diseños de rehabilitación de la vía Tocaría – Orocué tramo La Nevera – Guanapalo. Bogotá D.C.: CCC S.A., Noviembre 2012.

[2] IBARRA, Jose. Informe técnico: Estructura de pavimento vía La Nevera – Guanapalo Yopal – Casanare. Tauramena (Casanare): Laboratorio Jose Ibarra, 2015.

[3] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (Colombia). Normas de ensayos de materiales para carreteras. INV E-132-13. Bogotá D.C.: El instituto, 2013. E 132-5.

[4] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (Colombia). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Artículo 400. Bogotá D.C.: El instituto, 2013. 450-1 p.

[5] WILLIAMS, R. Christopher; and SHAIDUR R.. Premature asphalt concrete pavement cracking. Washington D.C.: Oregon Department of Transportation and Federal Highway Administration, Junio 2015. Report No. FHWA-OR-RD-15-16.

[6] INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (Colombia). Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. 485 p.

[7] HESP, Simon A.M., *et al.* Asphalt pavement cracking: analysis of extraordinary life cycle variability in eastern and northeastern Ontario. En: International Journal of Pavement Engineering [En Línea]. Junio, 2009. Vol. 10, No. 3. Disponible en: <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c4c14eab-49ca-474e-bf19-215cc682d97d%40sessionmgr120&vid=0&hid=110>>

[8] CORREDOR, Gustavo; y CORROS, Maylin. Evaluación de pavimentos [diapositivas]. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010. 189 diapositivas a color.

[9] EUROPEAN PAVEMENT AND ASSET MANAGEMENT CONFERENCE. (3: 7-9, Julio, 2008: Coimbra, Portugal). Study of the causes and remedies of premature surface cracking of asphalt pavements. Coimbra: Universidad de Minho, 2008. 15 p.

[10] CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL. (10: 2001: Puno, Perú). Tratamiento de fisuras en carpetas asfálticas. Puno: Instituto de la construcción y gerencia. 3 p.

[11] INTERNATIONAL CONFERENCE ON MAINTENANCE AND REHABILITATION OF PAVEMENTS AND TECHNOLOGICAL. (4: 2005: Alemania). Prevention of reflective cracking – the successful use of polyester asphalt reinforcement grids.