



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de estudios de postgrado  
Maestría en ingeniería vial**

**EVALUACIÓN DE TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE  
RODADURA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

**ING. CIVIL. JOSÉ HAROLDO LÉMUS NÁJERA  
ASESORADO POR ING. CIVIL. JOSÉ SANTOS MONZÓN**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2010

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**EVALUACIÓN DE TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE  
RODADURA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR**

**ING. CIVIL. JOSÉ HAROLDO LEMUS NÁJERA  
ASESORADO POR ING. CIVIL. JOSÉ SANTOS MONZÓN**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

**MAESTRO EN INGENIERÍA VIAL**

**GUATEMALA, NOVIEMBRE DEL 2010**

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia Garcia Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel dávila calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de león
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

### JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN EL ACTA CORRESPONDIENTE

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADOR	Ing. Cesar Humberto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Álvaro Alfredo Cuellar Manzó
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Galindo Gómez
ASESOR DE TESIS	Ing. José Santos Monzón

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE RODADURA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de postgrado Ingeniería, con fecha 6 de Noviembre de 2007.

**ING. CIVIL. JOSÉ HAROLDO LEMUS NÁJERA**

## DEDICATORIA A

Dios

Mis Padres

José Adolfo Lemus

Francisca del Rosario Nájera

A mis hijos

Ivanna Alexandra, Rogger Adolfo Jaén

Paul

Mis hermanas

Dora Yolanda, Luz Marina

Mi tío

Armando Lemus

A las personas

Especiales para mí

Ivanna, Rogger, Silvia García, L. Beatriz

Homenaje Póstumo

A mis amigos

Ing. Clery U. Grámajo, Ing. Ervin Pérez

Mis amigos en general

## **AGRADECIMIENTOS A**

Dios

Por darme sabiduría, la fuerza y el  
Espíritu de lucha para poder  
Alcanzar mis metas y sueños.

Mis Padres

Por su apoyo incondicional.

A Mis Hijos

Por ser el aliciente de mi vida, de caer y  
Volverme a levantar y conseguir el éxito  
Y el triunfo de todo lo que me proponga en  
Esta vida.

A la Gloriosa Tricentenaria Universidad de San Carlos de  
Guatemala.

A mi amada facultad de Ingeniería.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE.....	I
INTRODUCCIÓN.....	IV
Capitulo 1. Generalidades en el mantenimiento de la capa de rodadura de pavimento flexible.....	1
1.1 Conceptos generales, definiciones y conceptos en general.....	1
1.2 Elementos de la carretera.....	1
1.3 Actividades de conservación.....	2
1.4 Materiales.....	3
Capitulo 2. Diferentes tipos de fallas de la capa de rodadura de pavimento flexible.....	5
2.1 Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles.....	5
2.1.1 Fisuras.....	6
2.1.1.1 Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).....	6
2.1.1.2 Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).....	9
2.1.1.3 Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL o FJT).....	11
2.1.1.4 Fisuras en medialuna (FML).....	13
2.1.1.5 Fisuras de borde (FBD).....	14
2.1.1.6 Fisuras en bloque (FB).....	16
2.1.1.7 Piel de cocodrilo (PC).....	18
2.1.1.8 Fisuración por deslizamiento de capas (FDC).....	21
2.1.1.9 Fisuración incipiente (FIN).....	23
2.1.2 Deformaciones.....	24
2.1.2.1 Ondulación (ond).....	24
2.1.2.2 Abultamiento (AB).....	26
2.1.2.3 Hundimiento (HUN).....	27
2.1.2.4 Ahuellamiento (AHU).....	29
2.1.3 Pérdida de las capas de la estructura.....	31

2.1.3.1 Descascaramiento (DC).....	31
2.1.3.2 Baches (BCH).....	32
2.1.3.3 Parche (PCH).....	34
2.1.4 Daños superficiales.....	36
2.1.4.1 Desgaste superficial (DSU).....	36
2.1.4.2 Pérdida de agregado (PA).....	38
2.1.4.3 Pulimento del agregado (PU).....	40
2.1.4.4 Cabezas duras ó Abrasión (CD).....	41
2.1.4.5 Exudación (EX).....	42
2.1.4.6 Surcos (SU).....	44
2.1.5 Otros daños.....	45
2.1.5.1 Corrimiento vertical de la berma (CVB).....	45
2.1.5.2 Separación de la berma (SB).....	46
2.1.5.3 Afloramiento de finos (AFI).....	48
2.1.5.4 Afloramiento de agua (AFA).....	49
Capitulo 3. Procedimientos para el mantenimiento de la capa de rodadura de pavimento flexible.....	52
3.1 Mezcla asfáltica para relleno baches.....	52
3.2 Escarificación, conformación compactación e imprimación del pavimento existente.....	57
3.3 Tratamientos asfálticos superficiales para fallas menores.....	60
Capitulo. 4 Recomendación del uso de la mezcla en frio para la reparación y mantenimiento de los diferentes tipos de fallas de la capa de rodadura de pavimento flexible.....	65
4.1 Definición de mezcla .....	65
4.2 Agregados Pétreos.....	66
4.3 Material Bituminoso.....	67
4.4 Requisitos para la Mezcla Asfáltica en Frío.....	70
4.5 Procedimiento de construcción.....	71



4.6 Aplicación y Mezcla en la Carretera por Riegos.....	72
4.7 Aplicación y Mezcla en la Carretera por Mezcladora Móvil o Estabilizadora.....	72
4.8 Aplicación y Mezcla en Planta.....	73
4.9 Mezcla asfáltica en frío.....	76
4.10 Como aplicar la mezcla en frio en el mantenimiento de carreteras de pavimento flexible.....	77
4.11 Forma y orden que se requiere para aplicar mezcla en frio para mantenimiento de carreteras de pavimento flexible.....	78
CONCLUSIÓN.....	VI
RECOMENDACIÓN.....	VII
BIBLIOGRAFÍA.....	VIII

## **INTRODUCCIÓN**

### **EVALUACIÓN DE TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE RODADURA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

El “Manual de procedimientos de conservación de carreteras” de la Unidad de Conservación Vial – Covial- destaca que uno de los indicadores más claros del desarrollo de un país es su infraestructura, en la que las vías de comunicación internas juegan un papel fundamental. Los países desarrollados cuentan con carreteras y autopistas de primera calidad y una excelente política de mantenimiento.

En los países sub-desarrollados este indicador se deteriora día a día, debido a una multiplicidad de factores, entre los cuales sobresalen la carencia de un adecuado sistema de mantenimiento vial, el exceso de carga de los vehículos sobre los pavimentos, los sistemas de drenajes inadecuados, las deficiencias constructivas y, sobre todo, la falta de recursos económicos para atender las labores de conservación.

A las causas ya señaladas se agrega una notoria falta de coordinación y planificación entre las diferentes instituciones gubernamentales, en especial las de servicios públicos. Así podemos ver que en vías recién construidas o repavimentadas, a los pocos días se abren zanjas por parte de cualquier organismo o por solicitud de servicios particulares, en urbanizaciones, conjuntos residenciales, edificios, etc.

En Guatemala, el mantenimiento de la red vial pavimentada es administrado por COVIAL, entidad que ejecuta las labores de conservación contrata empresas supervisoras y ejecutoras.

El conocimiento y detección temprana de las fallas que sufren los pavimentos flexibles contribuye enormemente a mejorar su conservación, por lo que el principal cometido de la realización de este documento, se orienta a la identificando de los tipos de falla, su posible causa y las técnicas para su corrección.

Por lo anterior en este documentó se dan a conocer diferentes tipo de fallas que sufre la capa de rodadura por el desgaste físico que está expuesto a tráfico vehicular que transita por la misma, como una herramienta en su mantenimiento y reparación, dado que cada una de ellas es diferente a la otra y las causas que la generan también son particulares en cada caso, con el propósito de contar con mejor conocimiento a la hora de reparar o dar mantenimiento a la capa de rodadura de pavimento flexible, describiremos las fallas más comunes en la capa de rodadura en pavimentos flexibles, mostrando con fotografías, graficas de cada una de ellas, el nombre o abreviatura de la falla, definición del tipo de falla, las causas que la generan, así como sus severidad y evolución probable.

Adicionalmente, se trata brevemente el tema uso de la mezcla asfáltica en frío para la reparación y mantenimiento de las deferentes fallas de la capa de rodadura de pavimento flexible, indicando generalidades de la mezcla, y su aplicación, dadas las ventajas que ofrece su uso cuando los volúmenes a emplear son bajos.

# **1. GENERALIDADES EN EL MANTENIMIENTO DE LA CAPA DE RODADURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

## **1.1 Conceptos generales, definiciones y conceptos en general.**

Para dar coherencia a la descripción de las fallas, se presentan diversas definiciones empleadas en el El “Manual de procedimientos de conservación de carreteras” de la Unidad de Conservación Vial – Covial.

### **Carretera Pavimentada**

Carretera con superficie de rodadura bituminosa (mezcla de asfalto y grava).

### **Carretera no Pavimentada**

Carretera con superficie de rodadura de suelo y/o grava.

## **1.2 Elementos de la carretera en general.**

**Alcantarilla:** Cualquier estructura por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y profundas.

**Base:** Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

**Sección Transversal:** vista vertical a través de la carretera perpendicular a la línea central.

**Calzada:** Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales.

**Carpeta o Superficie de Rodadura:** La parte superior de un pavimento, por lo general de pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular.

**Carretera o camino:** Un calificativo general que designa una vía pública para fines de tránsito de vehículo, y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

**Derecho de Vía:** El área de terreno que el Gobierno suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, anexos y futuras ampliaciones.

**Hombro:** Las áreas de la carretera, contiguas y paralelas a la carpeta o superficie de rodadura, que sirven de confinamiento a la capa de base y de zona de estacionamiento accidental de vehículos.

**Rasante:** El trazo horizontal que determina el nivel superior, sobre la línea central, que se proyecta mantener a lo largo de la carretera. Muestra la elevación y la pendiente del trazo proyectado.

### **1.3 Actividades de conservación**

#### **Conservación de carreteras**

Actividades adecuadas de rutina, periódicas o de emergencia para lograr que siempre estén en las condiciones más parecidas a las de su estado de construcción o renovación: pavimento, hombros, taludes, drenajes y todas las estructuras y propiedades dentro de la zona del derecho de vía. Incluye reparaciones menores y mejoras para eliminar la causa de deterioros y evitar acciones repetidas de conservación.

**El mantenimiento rutinario**, comprende todas aquellas actividades requeridas para conservar una vía de regular a buen estado, las cuales se repiten una o más veces al año. También, incluye aquellas labores de reparación vial destinadas a recuperar elementos menores dañados, deteriorados o destruidos, tal como los barandales de puentes, obras de drenaje menores, señalización vertical y horizontal, muros de retención y actividades afines.

**El mantenimiento periódico**, abarca las obras de conservación vial que se repiten en períodos de más de un año, para mantener la vía a un nivel de servicio de regular a buen estado. Asimismo, abarca las mejoras geométricas requeridas para una sección puntual. También, está considerada la colocación de Sobrecapas sobre pavimentos deteriorados existentes.

**El mantenimiento preventivo**, consiste en actividades y obras de mantenimiento destinadas a prevenir fallas en la vía antes de que ocurran.

**Operaciones de emergencia**, son las actividades e intervenciones obligatorias aplicadas en forma urgente que se realizan como consecuencia de fuerza mayor, tal como el caso de desastres naturales, con el propósito de habilitar la vía de inmediato, permitiendo así el paso vehicular.

#### **1.4 Materiales**

**Materiales.** Los Materiales para realizar esta actividad son:

- Materiales Bituminosos termoplásticos aplicados en frío
- Asfalto Líquido (emulsión)
- Asfalto Líquido modificados con polímeros
- Material Secante (arena)

Los materiales bituminosos termoplásticos y los asfaltos líquidos poseen poca flexibilidad y son susceptibles a la temperatura, por lo tanto, éstos se limitan para utilizarse como llenadores de grietas, debido a que las partículas de fibra que poseen, proporcionan elasticidad mínima al asfalto y no son afectados significativamente por la temperatura.

El material bituminoso termoplástico aplicado en frío debe cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones ASTM D-5893.

El asfalto líquido (emulsión) debe cumplir con los requisitos establecidos en las especificaciones AASHTO M140 para emulsiones asfálticas aniónicas y AASHTO M 208 para emulsiones asfálticas catiónicas.

En ambos casos a una temperatura de aplicación entre 20°C y 70°C.

**Agregado:** Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria, o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

- Agregado grueso: Material retenido por el tamiz de 2.36 mm (No. 8)
- Agregado fino: Material que pasa el tamiz de 2.36mm (No. (8))
- Relleno mineral: Fracciones de agregado fino que pasan el tamiz de 0.60mm (No. 30)
- Polvo mineral: fracciones de agregado fino que pasan el tamiz de 0.075 mm (No. 200.)

## **2. DIFERENTES TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE RODADURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

En esta sección se dan a conocer e identificar las fallas más comunes que presentan los pavimentos flexibles para su mantenimiento, con base a lo indicado en el “Manual de Carreteras del Instituto Mexicano de Transporte”.

### **2.1 Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles**

Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cuatro categorías:

- Fisuras
- Deformaciones
- Pérdida de capas estructurales
- Daños superficiales
- Otros daños

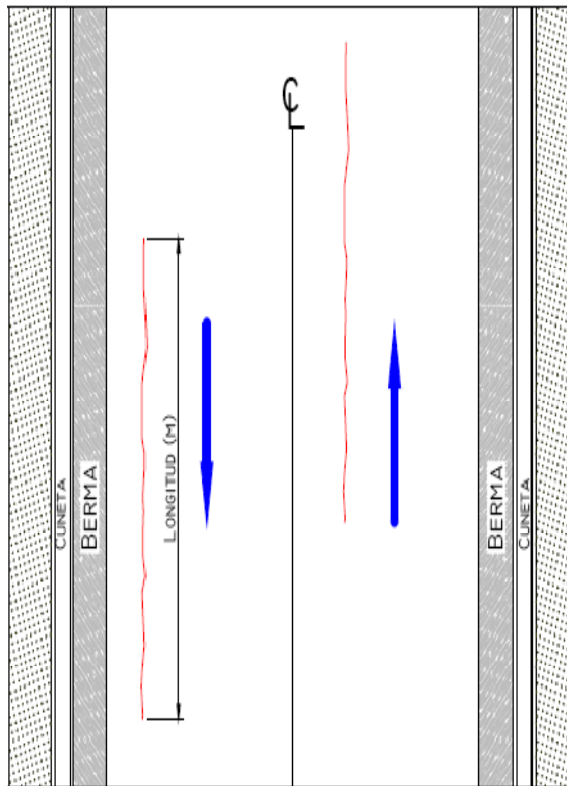
Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores, algunos de los cuales se han establecido mediante la revisión bibliográfica, y otros mediante evaluación de campo y ensayos de laboratorio. A continuación se presenta la definición de cada uno de estos deterioros, sus severidades (clasificadas en Baja, Media y Alta), la forma de medir el daño y las unidades de medida, sus posibles causas y la evolución probable, todo ello acompañado de un registro fotográfico que permita tener una idea más clara de los daños que se pueden encontrar durante una inspección visual típica. La abreviatura con la cual se registrará cada tipo de daño en el formato de campo aparece entre paréntesis.



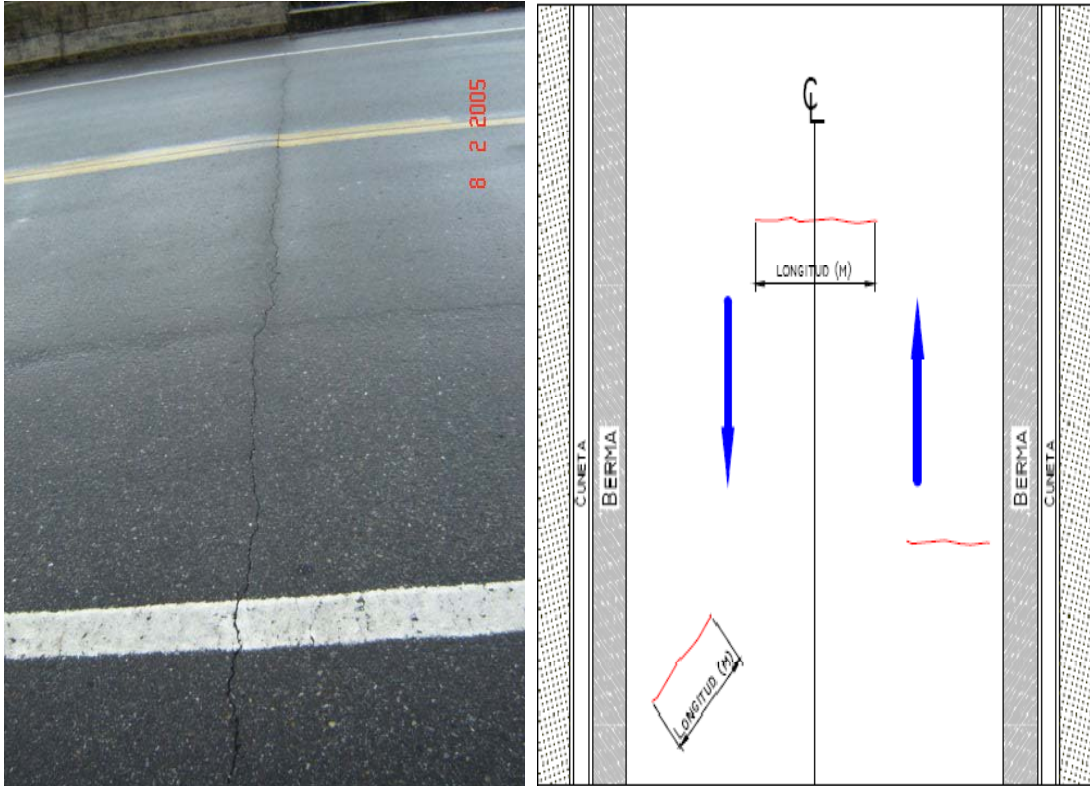
## 2.1.1 FISURAS

**2.1.1.1 Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).** Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

**Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m)**



## Fisura transversal (FT, Unidad de medida: m)



### Causas:

Las causas más comunes a ambos tipos de fisuras, son:

- Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).
- Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.

Otras causas para la conformación de Fisuras Longitudinales son:

- Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito.
- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

**Severidades:**

- Baja: Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.
- Media: Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar destornillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.
- Alta: Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar destornillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos,

Filler: material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz No. 200.

**Unidad de medición:** Se miden en metros (m). Es posible determinar el área de afectación por este deterioro en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) multiplicando la

longitud total de fisuras por un ancho de referencia establecido en 0,6 m, esto para los fines del análisis del área total afectada.

Cuando en una misma fisura existan diferentes severidades, de ser posible se reportará la longitud correspondiente a cada severidad, de lo contrario se reportará la longitud total de la fisura con el mayor nivel de severidad presente.

Cuando existan varias fisuras muy cercanas, se reportará el área total afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), de ser posible por severidad, de lo contrario, asignando a toda el área la mayor severidad encontrada.

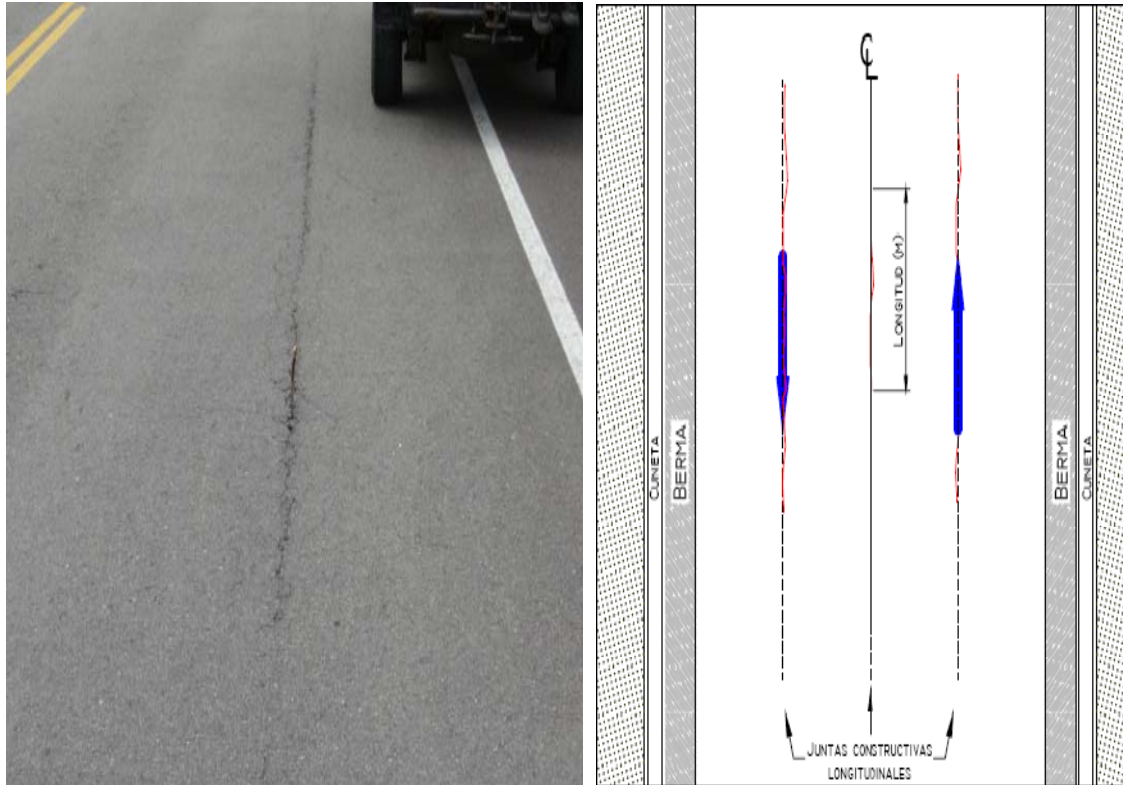
Las fisuras diagonales se clasifican dentro de la categoría de fisuras transversales.

**Evolución probable:** Piel de cocodrilo, desintegración, descascamientos, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

**2.1.1.2 Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT).** Corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación.

Se localizan generalmente en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y en zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico.

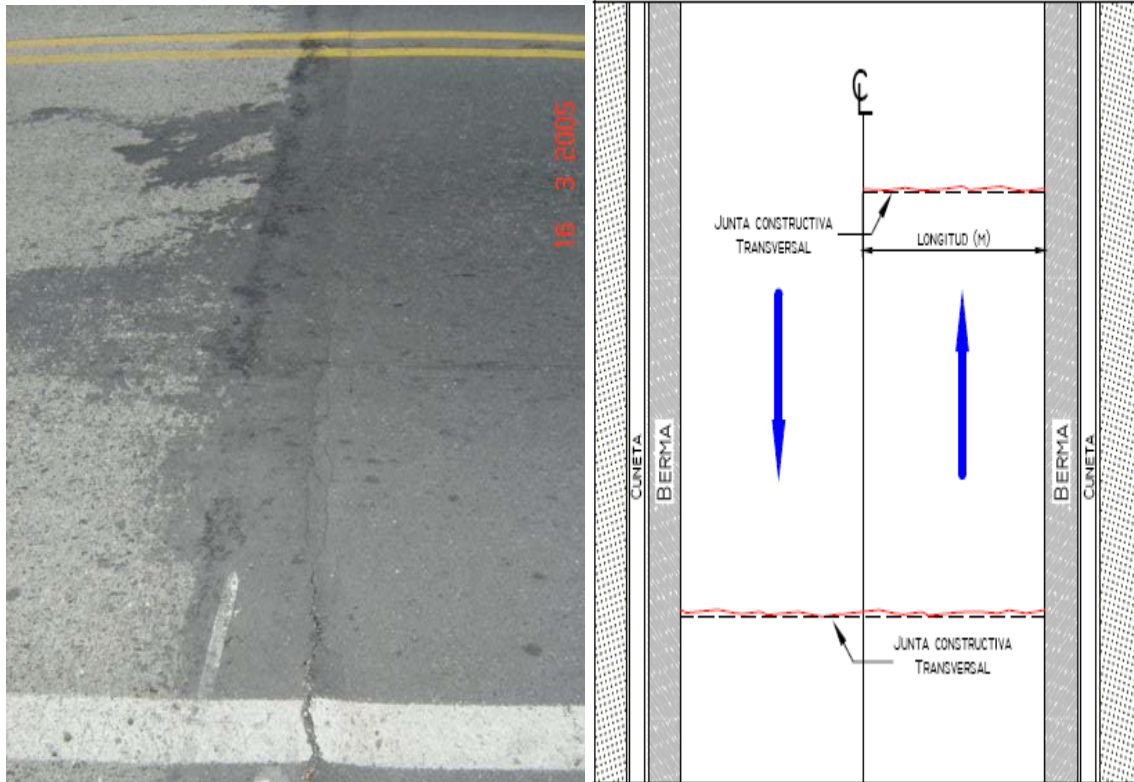
## Fisura longitudinal en junta de construcción (FCL, Unidad de medida: m)



### Causas:

- Carencia de ligante en las paredes de la junta.
- Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad.
- Deficiencias de compactación en la zona de la junta.
- Unión entre materiales de diferente rigidez.

## Fisura transversal en junta de construcción (FCT, Unidad de medida: m)



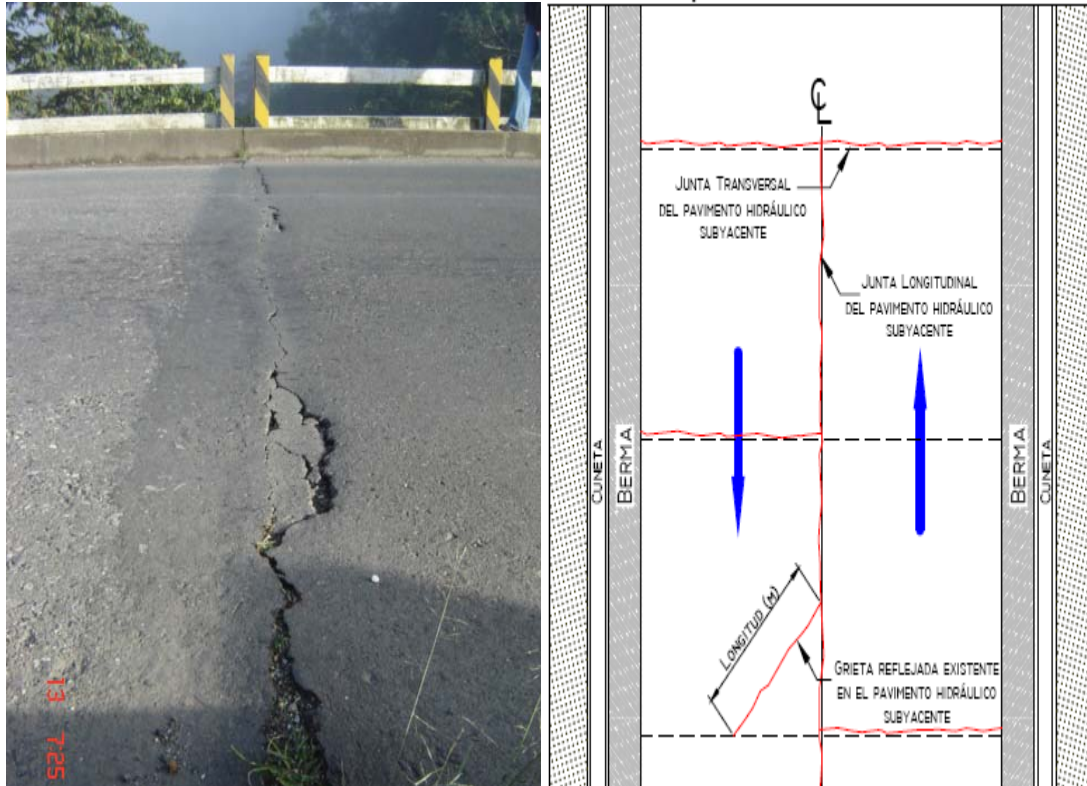
**Severidades y Unidad de medición:** Aplican los mismos criterios mencionados para fisuras longitudinales y transversales.

**Evolución probable:** Pérdida de agregado, descascaramientos, asentamientos longitudinales o transversales, piel de cocodrilo, desportillamientos.

### 2.1.1.3 Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL o FJT).

Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido; tales fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas de dichas placas, en cuyo caso presentan un patrón regular, o también cuando existen grietas en las placas de concreto rígido que se han reflejado hasta aparecer en la superficie presentando un patrón irregular.

**Fisuras por reflexión de juntas en placas de concreto (FJL o FJT, Unidad de medida: m)**



**Causas:** Son generadas por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en éste, debido a los cambios de temperatura y de humedad.

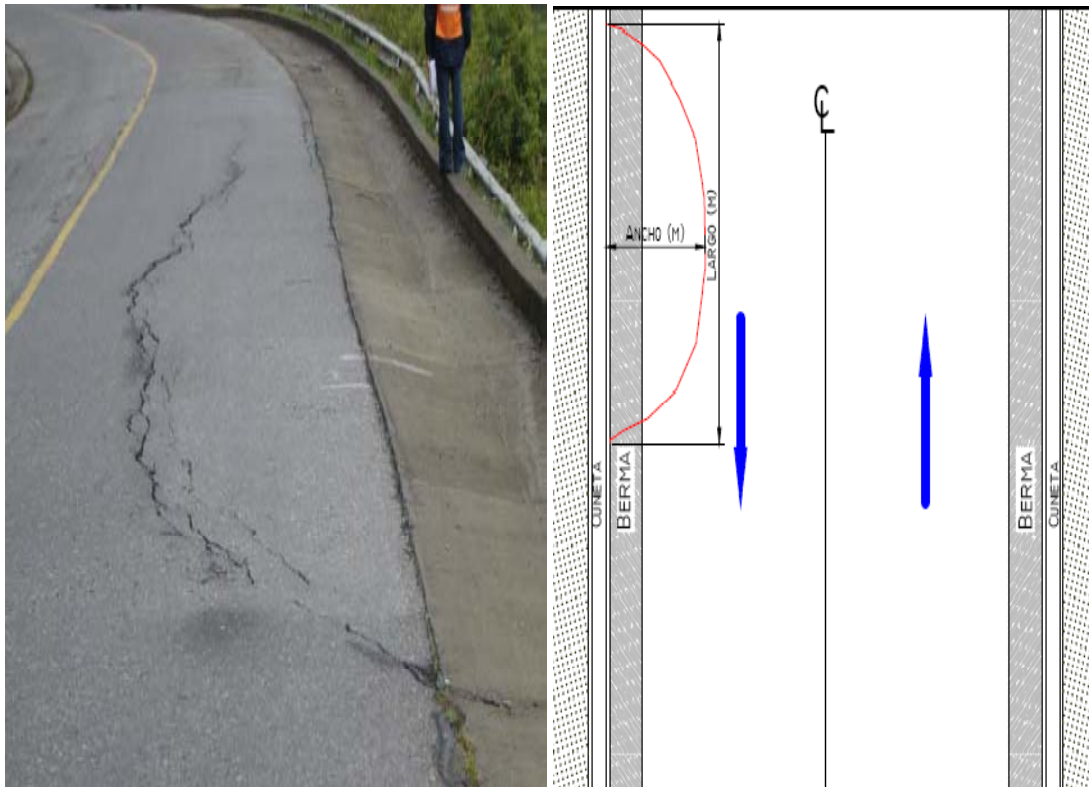
Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque éstas pueden provocar fisuración en las zonas aledañas incrementando la severidad del daño.

**Severidades y Unidad de medición:** Aplican los mismos criterios que para fisuras longitudinales y transversales.

**Evolución probable:** Fisuras en bloque, descascaramientos, baches.

**2.1.1.4 Fisuras en medialuna (FML).** Son fisuras de forma parabólica que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos.

**Fisura en medialuna (FML, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:**

En general, este tipo de fisuras se producen por inestabilidad por efectos locales de desecación, aunque entre otras causas se pueden mencionar las siguientes:

- Falla lateral del talud en zonas de terraplén.
- Falla del talud en zonas de corte a media ladera.
- Ausencia o falla de obras de contención de la banca.



- Desecación producida por la presencia de árboles muy cerca al borde de la vía.
- Consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención.

**Severidades:** Aplica el criterio establecido para fisuras longitudinales y transversales.

**Unidad de medición:** Se debe registrar el área que abarca la media luna en metros cuadrados (m), correspondiente a la longitud de vía afectada multiplicada por el ancho de afectación de la fisura, asignando el grado de severidad correspondiente. Si en la zona también se presenta un hundimiento es necesario reportar su flecha máxima y anotar en las aclaraciones (ver formato para el registro de daños, que está relacionado con la fisura en medialuna.

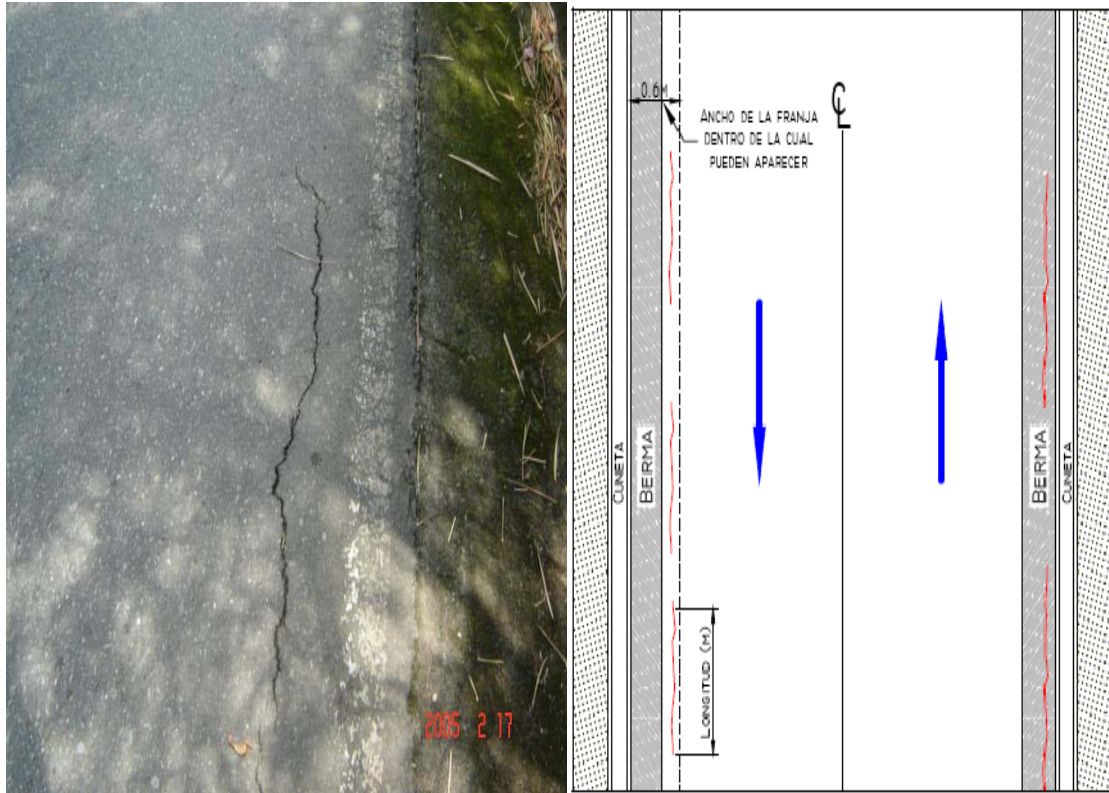
También se debe registrar si la fisura afecta la berma o la cuneta. Para el análisis del área afectada solo se incluyen en el cálculo los daños en el pavimento.

**Evolución probable:** Ampliación del proceso (aumento del área afectada), aumento del hundimiento, pérdida de la banca.

**2.1.1.5 Fisuras de borde (FBD).** Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada.

Generalmente se localizan dentro de una franja paralela al borde, con ancho de hasta 0,6 m<sup>2</sup>.

## Fisuras de borde (FBD, Unidad de medida: m)



**Causas:** La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de bermas insuficientes o sobrecarpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma; en estos casos la fisura es generada cuando el tránsito circula muy cerca del borde. Las fisuras que aparecen por esta causa generalmente se encuentran a distancias entre 0,3 m a 0,6 m del borde de la calzada.

**Severidades y unidad de medición:** Aplican los mismos criterios que para fisuras longitudinales y transversales.

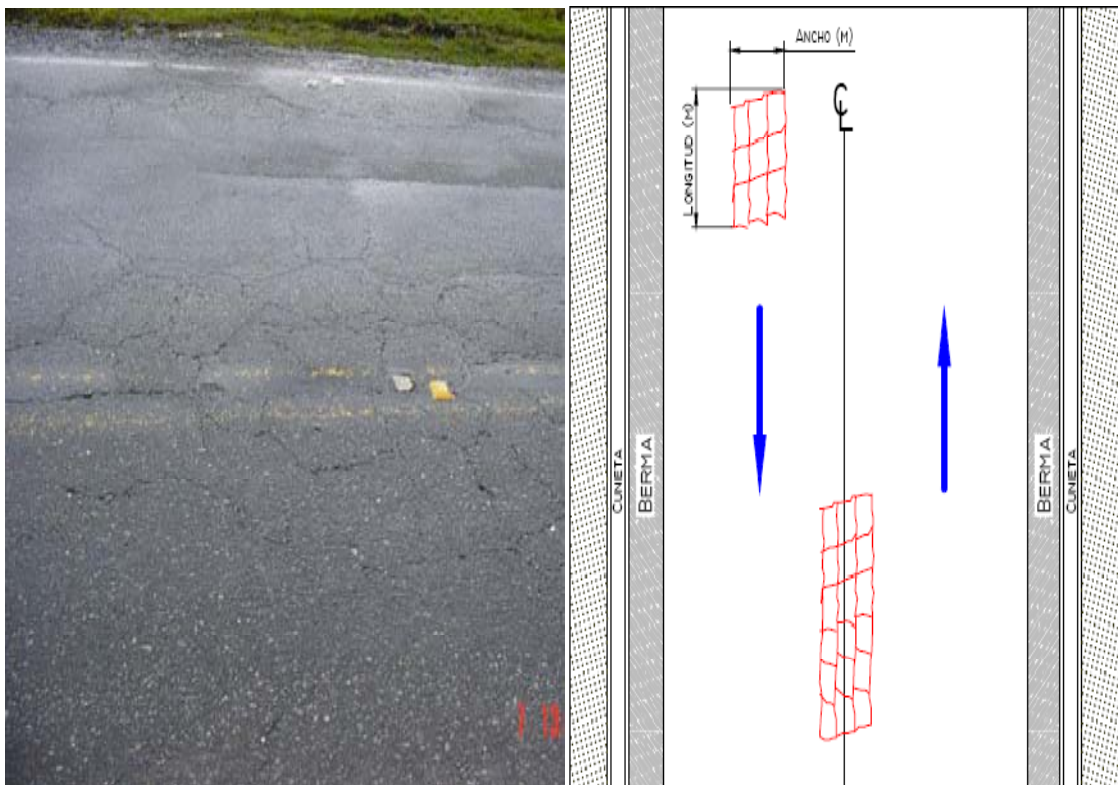
**Evolución probable:** Desprendimiento del borde o descascaramiento.

**2.1.1.6 Fisuras en bloque (FB).** Cuando se presenta este tipo daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0,30 m.

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques aparecen usualmente en áreas no cargadas. Sin embargo, es usual encontrar fisuras en bloque que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito.

Por otra parte, la piel de cocodrilo generalmente está formada por bloques con más lados y ángulos agudos.

**Fisuras en bloque (FB, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:**

- La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo - deformación sobre la mezcla. La presencia de este tipo de fisuras indica que el asfalto se ha endurecido significativamente, lo cual sucede debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un tipo de asfalto inadecuado para las condiciones climáticas de la zona.
- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales estabilizados utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

**Severidades:**

- Baja: Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras de abertura menor que 1 mm, cerradas o con sello, no presentan desportillamiento en los bordes.
- Media: Bloques definidos por fisuras de abertura entre 1 mm y 3 mm, o con sello fallado, que pueden o no presentar desportillamiento en los bordes.
- Alta: Bloques bien definidos por fisuras de abertura mayor que 3 mm, que pueden presentar un alto desportillamiento en los bordes.

**Unidad de medición:** Se registra el área de superficie de pavimento afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Puede existir un área en la que se presenten diferentes severidades, caso en el que se registra el área correspondiente a cada una, de ser posible, o de lo contrario se registra toda el área afectada y se asigna el mayor grado de severidad.

También es posible que este tipo de daño se combine con pieles de cocodrilo, caso en el que se debe registrar cada daño por separado.

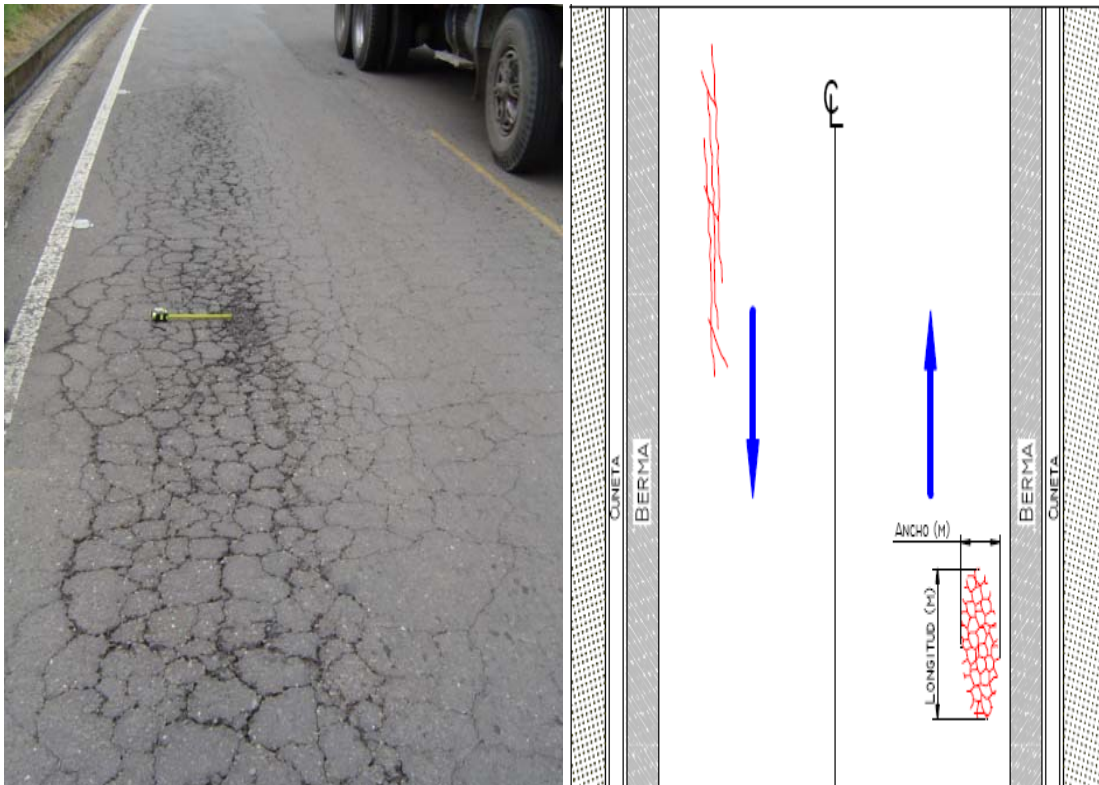
**Evolución probable:** Piel de cocodrilo, descascamientos.

**2.1.1.7 Piel de cocodrilo (PC).** Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.

La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural (por tránsito o por deficiencia de espesor de las capas) sino con otros mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje que afectan los materiales granulares, falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y sub-rasantes expansivas, entre otras. Este tipo

de daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido.

### **Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:** La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica Principalmente debido a:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.

- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

Todos estos factores pueden reducir la capacidad estructural o inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, haciendo que ante el paso del tránsito se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento que se pueden manifestar mediante fisuración.

**Severidades:**

- Baja: Serie de fisuras longitudinales paralelas (pueden llegar a tener aberturas de 3 mm), principalmente en la huella, que no presentan desportillamiento, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.
- Media: Las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.
- Alta: Las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3 mm), se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo.

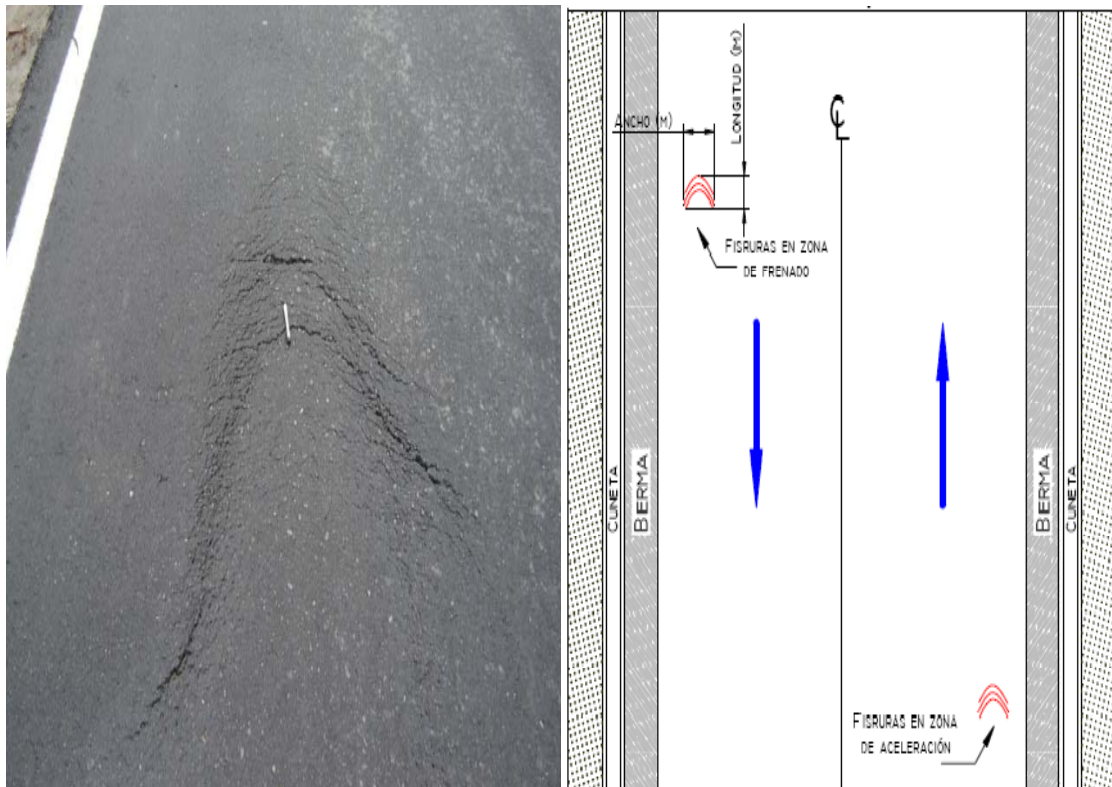
**Unidad de medición:** Se reporta el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Cuando en un área se combinen varias severidades y no sea fácil diferenciar

las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad que se presente.

**Evolución probable:** Deformaciones, descascaramientos, baches.

**2.1.1.8 Fisuración por deslizamiento de capas (FDC).** Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Este tipo de fisuras se genera por acción del arranque o frenado de los vehículos lo que conlleva a que la superficie del pavimento se deslice y se deforme. Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o en intersecciones.

**Fisuración por deslizamiento de capas (FDC, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**





**Causas:** Estas fisuras se presentan usualmente cuando existe una mezcla en la superficie de baja resistencia o por la escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento. Se pueden generar ante el paso de tránsito muy pesado y muy lento, en zonas de frenado y acelerado de los vehículos.

Otras causas pueden ser:

- Espesores de carpeta muy bajos.
- Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.
- Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.
- Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares.

**Severidades:** El nivel de severidad asignado será similar al de las fisuras longitudinales y transversales, teniendo en cuenta además lo siguiente:

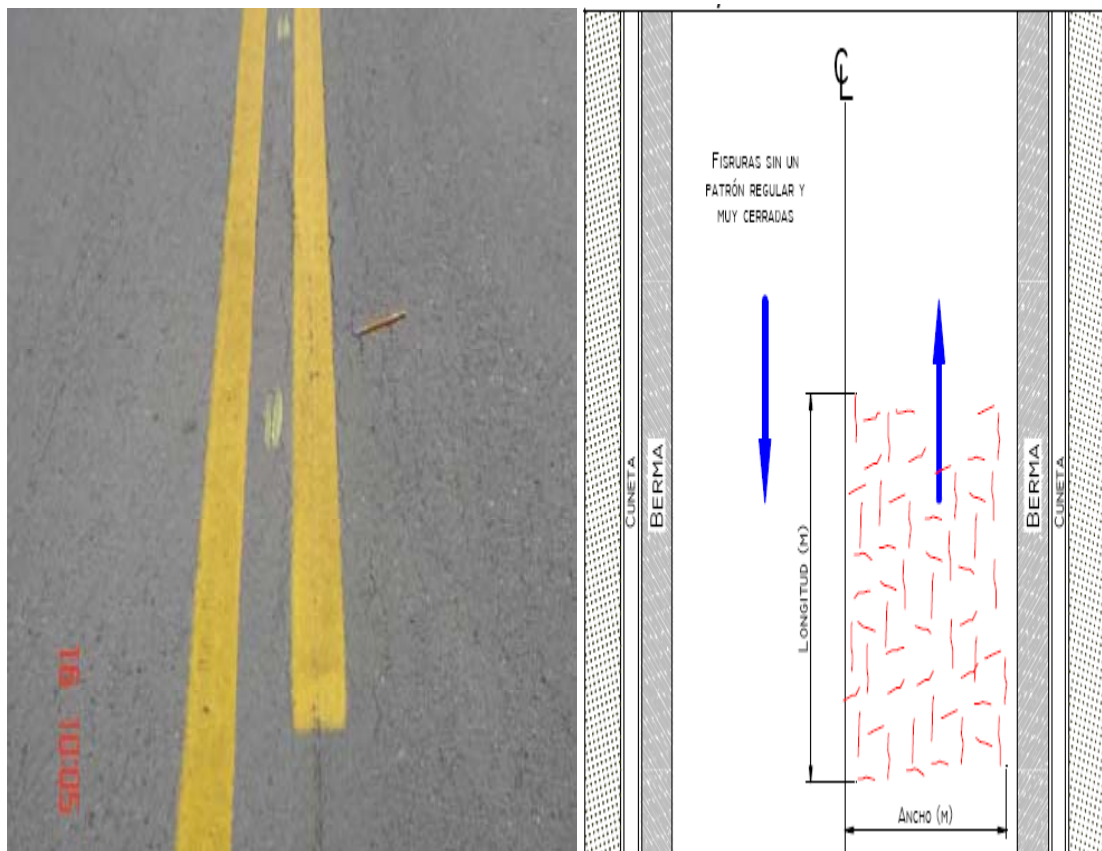
- Baja: Abertura máxima de las fisuras menor que 1 mm.
- Media: Abertura máxima de las fisuras entre 1 mm y 3mm, pueden existir agrietamientos alrededor de las fisuras, con aberturas menores a 1 mm.
- Alta: Abertura máxima de las fisura mayor a 3 mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras y en la zona aledaña, con aberturas mayores que 1 mm.

**Unidad de medición:** Se debe reportar el área afectada por este tipo de deterioro en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) con la mayor severidad presente.

**Evolución probable:** Descascaramientos, baches, hundimientos, abultamientos.

**2.1.1.9 Fisuración incipiente (FIN).** La fisuración incipiente corresponde a una serie de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente no se interceptan. Suelen afectar el concreto asfáltico de manera superficial. Por ser daños muy leves no poseen niveles de severidad asociados.

**Fisuración incipiente (FIN, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:**

- Diferencia de temperatura entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación (temperatura ambiente baja).
- Lluvia durante la colocación del concreto asfáltico.

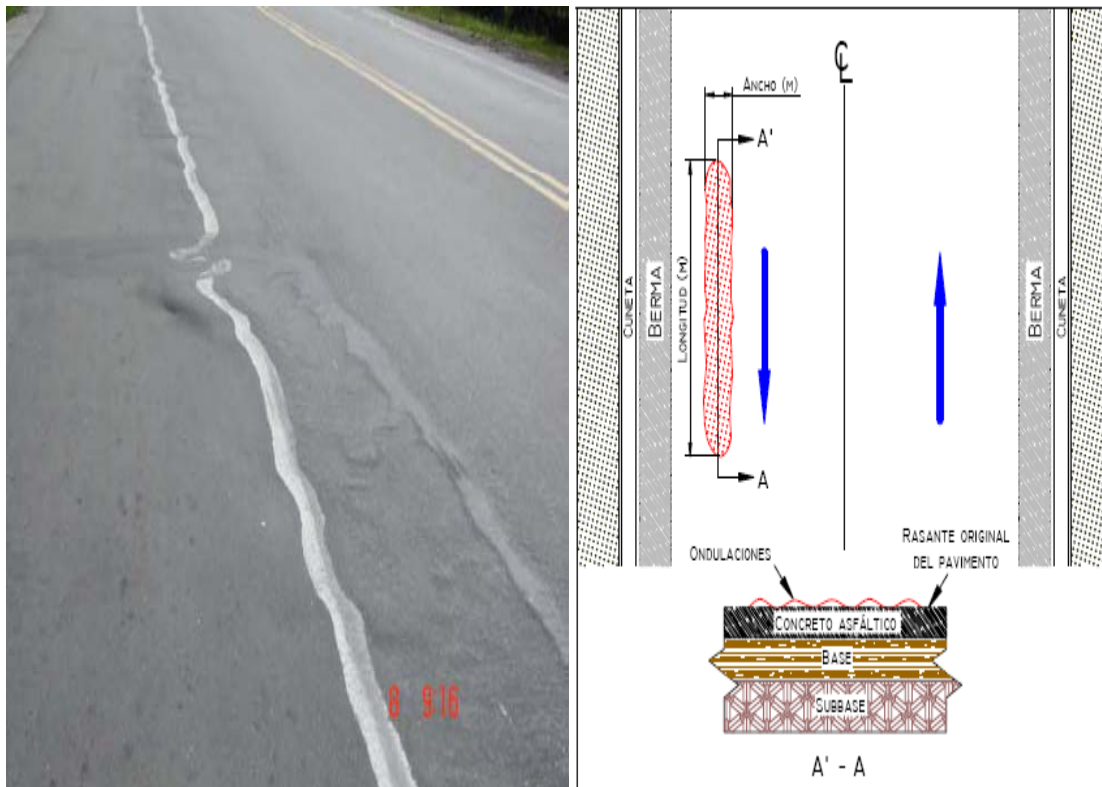
**Unidad de medición:** Se registra el área afectada en metros cuadrados ( $m^2$ ), no tiene grados de severidad asociados.

**Evolución probable:** Piel de cocodrilo de pequeños bloques, pérdida de agregados, fisuras en bloque.

## 2.1.2 DEFORMACIONES

**2.1.2.1 Ondulación (OND).** También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m.

**Ondulación (OND, Unidad de medida:  $m^2$ )**



**Causas:** La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos suelen presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.

Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento. Además también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.

Bajo este contexto, las causas más probables son:

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Exceso o mala calidad del asfalto.
- Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- Falta de curado de las mezclas en la vía.
- Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

**Severidades:**

- Baja: Profundidad máxima menor que 10 mm, causa poca vibración al vehículo, la cual no genera incomodidad al conductor.
- Media: Profundidad máxima entre 10 mm y 20 mm, causa una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

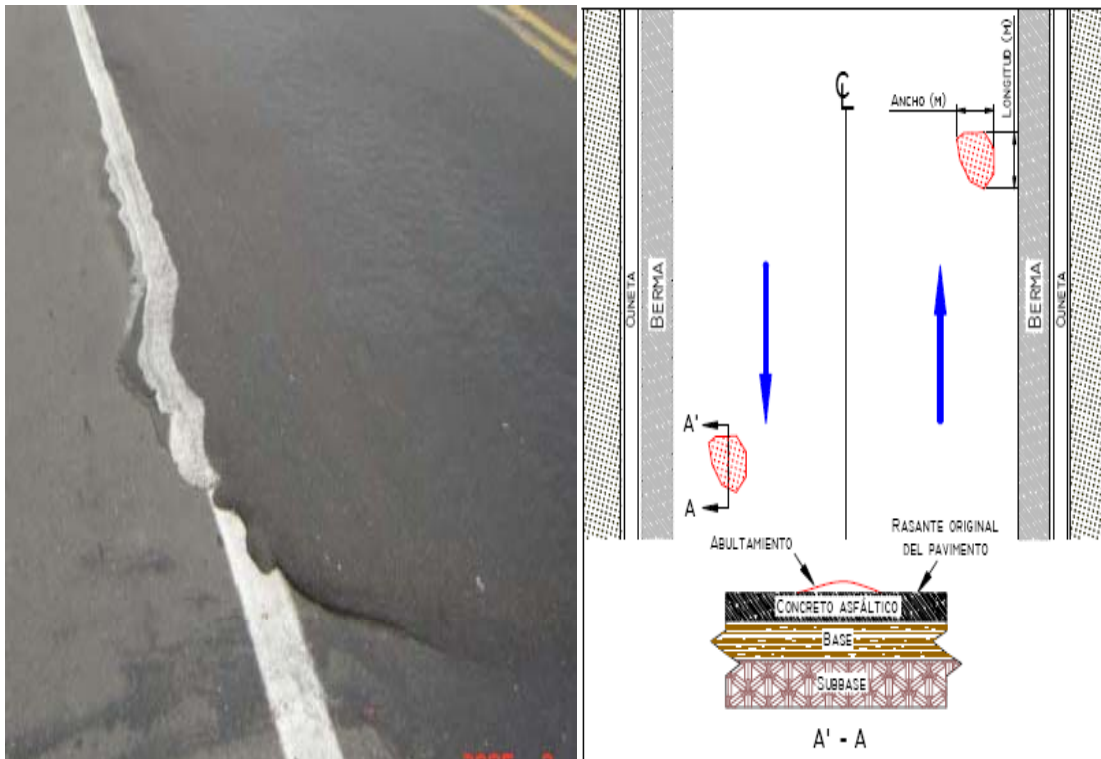
- Alta: Profundidad máxima mayor que 20 mm, causa una vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

**Unidad de medición:** La ondulación se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área afectada.

**Evolución probable:** Exudación, ahuellamiento.

**2.1.2.2 Abultamiento (AB).** Este deterioro se asigna a los “abombamientos” o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.

**Abultamiento (AB, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:** Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico colocado sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo).

También puede corresponder a una ondulación localizada, generada por las mismas causas indicadas en el numeral 2.1.2.1.

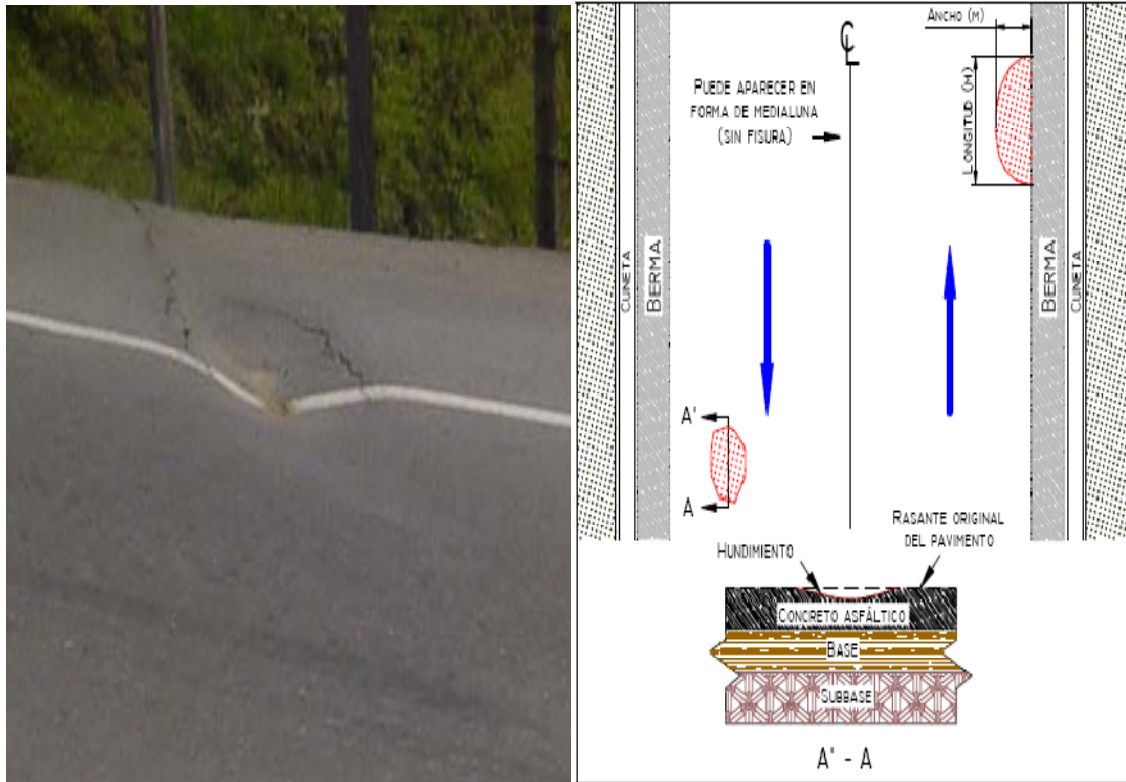
**Severidades y unidad de medición:** Aplican los mismos criterios establecidos para la ondulación.

**Evolución probable:** Fisuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento

**2.1.2.3 Hundimiento (HUN).** Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidropneumático. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones la orientación o la forma del hundimiento, si es fácilmente identificable en campo.

## Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).



**Causas:** Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento:

- Asentamientos de la subrasante.
- Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.
- Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- Diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.
- Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada.
- Inestabilidad de la banca.
- Circulación de tránsito muy pesado.

**Severidades:**

- Baja: Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.
- Media: Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- Alta: Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

**Unidad de medición:** Se cuantifica el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

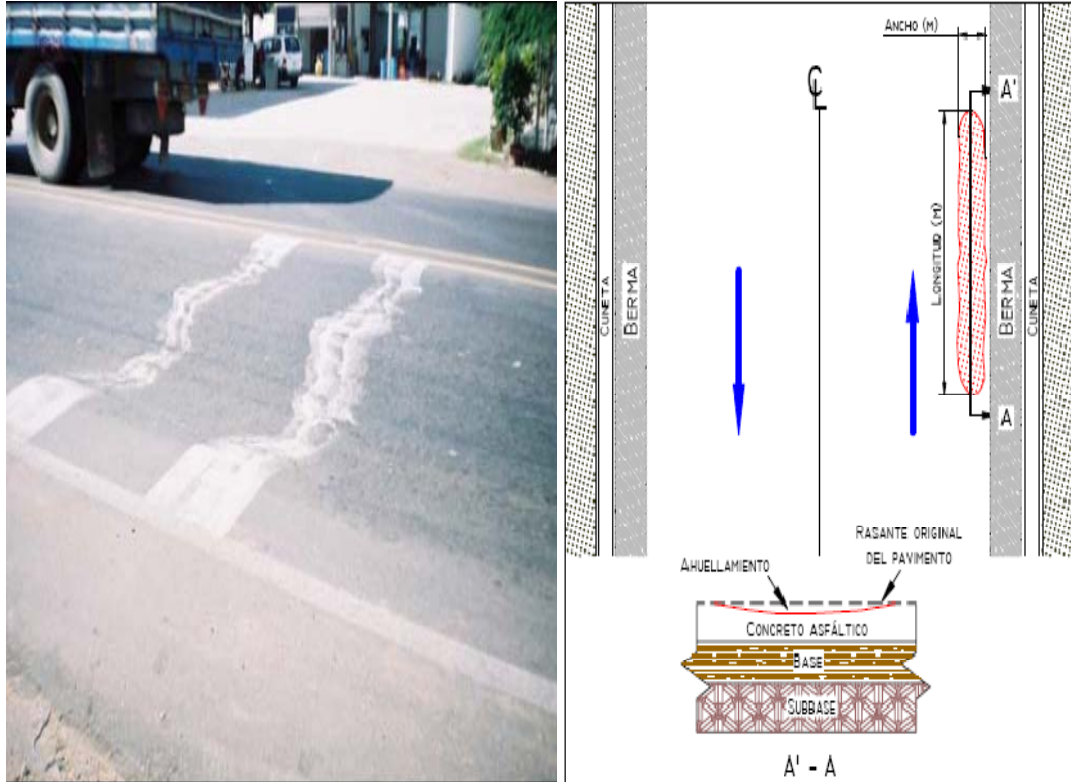
**Evolución probable:** Fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

**2.1.2.4 Ahuellamiento (AHU).** El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilaje por almacenamiento de agua.



## Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Causas:** El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados.

Además, la falla estructural del pavimento puede manifestarse con daños de este tipo debido a una deficiencia de diseño, la cual se manifiesta cuando la vía está sometida a cargas de tránsito muy altas.

### Severidades:

- Baja: Profundidad menor que 10 mm.
- Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.
- Alta: Profundidad mayor que 25 mm.

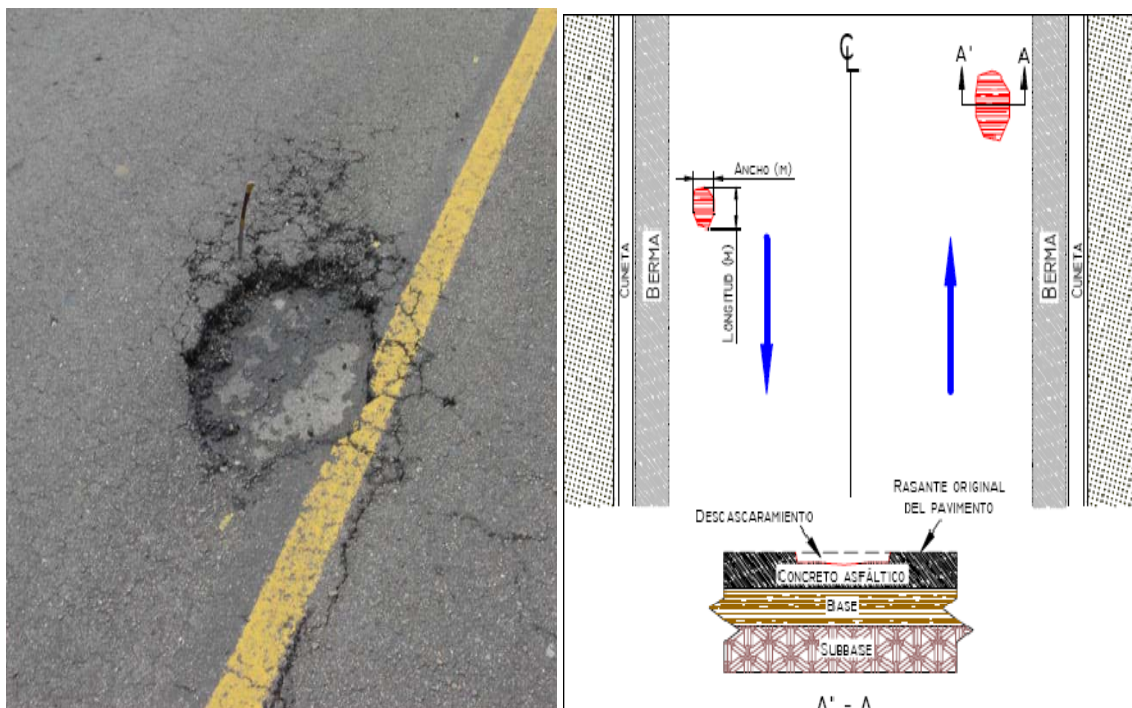
**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados ( $m^2$ ) de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad.

**Evolución probable:** Piel de cocodrilo, desprendimientos.

### 2.1.3 PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA

**2.1.3.1 Descascaramiento (DC).** Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.

**Descascaramiento (DC, Unidad de medida:  $m^2$ )**



**Causas:**

- Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.
- Riego de liga deficiente.
- Mezcla asfáltica muy permeable.

**Severidades:**

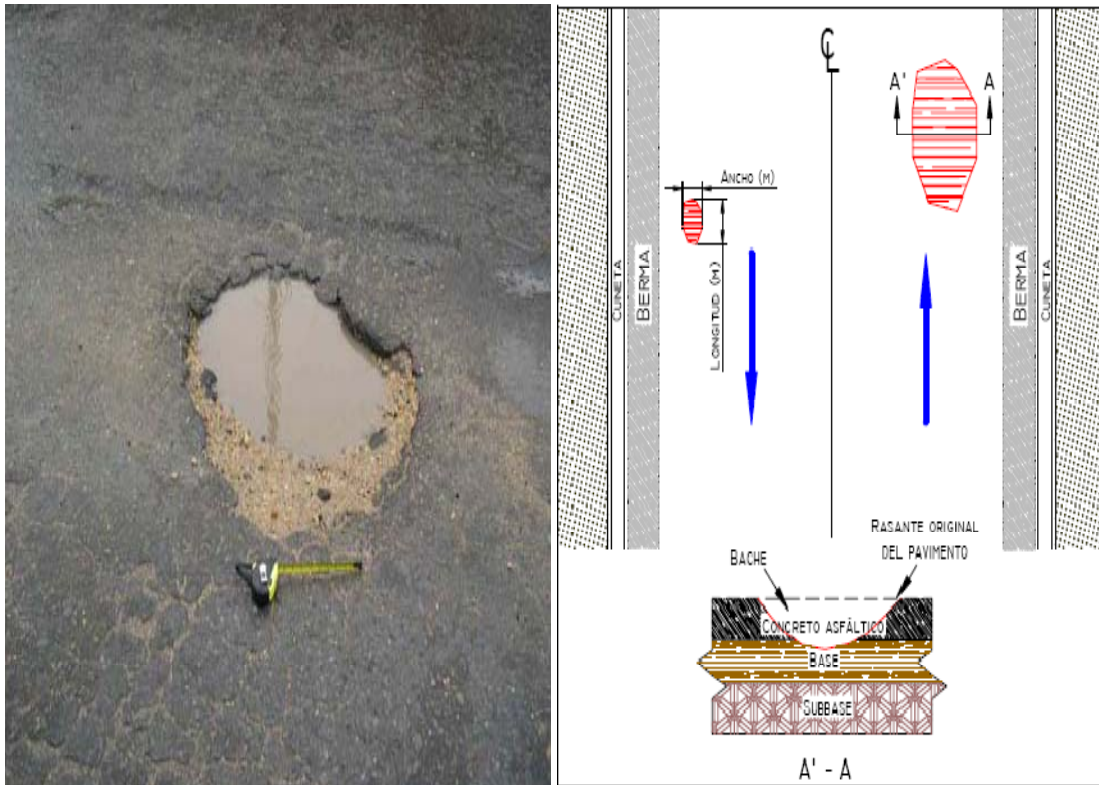
- Baja: Profundidad menor que 10 mm.
- Media: Profundidad entre 10 mm y 25 mm.
- Alta: Profundidad mayor que 25 mm.
- 

**Unidad de medición:** Se registra el área afectada para cada severidad en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Evolución probable:** piel de cocodrilo, bache.

**2.1.3.2 Baches (BCH).** Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

## Bache (BCH, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Causas:** Este tipo de deterioro puede presentarse por la retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. Este deterioro ocurre siempre como evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.

También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) o de una deficiencia de espesores de capas estructurales. Puede producirse también en zonas donde el pavimento o la subrasante son débiles.

**Severidades:** Se pueden clasificar por profundidad, así:

- Baja: profundidad de afectación menor o igual que 25 mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.
- Media: profundidad de afectación entre 25 mm y 50 mm, deja expuesta la base.
- Alta: profundidad de afectación mayor que 50 mm, que llega a afectar la base granular.

**Unidad de medición:** Se miden en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área afectada, registrando la mayor severidad existente.

**Evolución probable:** Destrucción de la estructura.

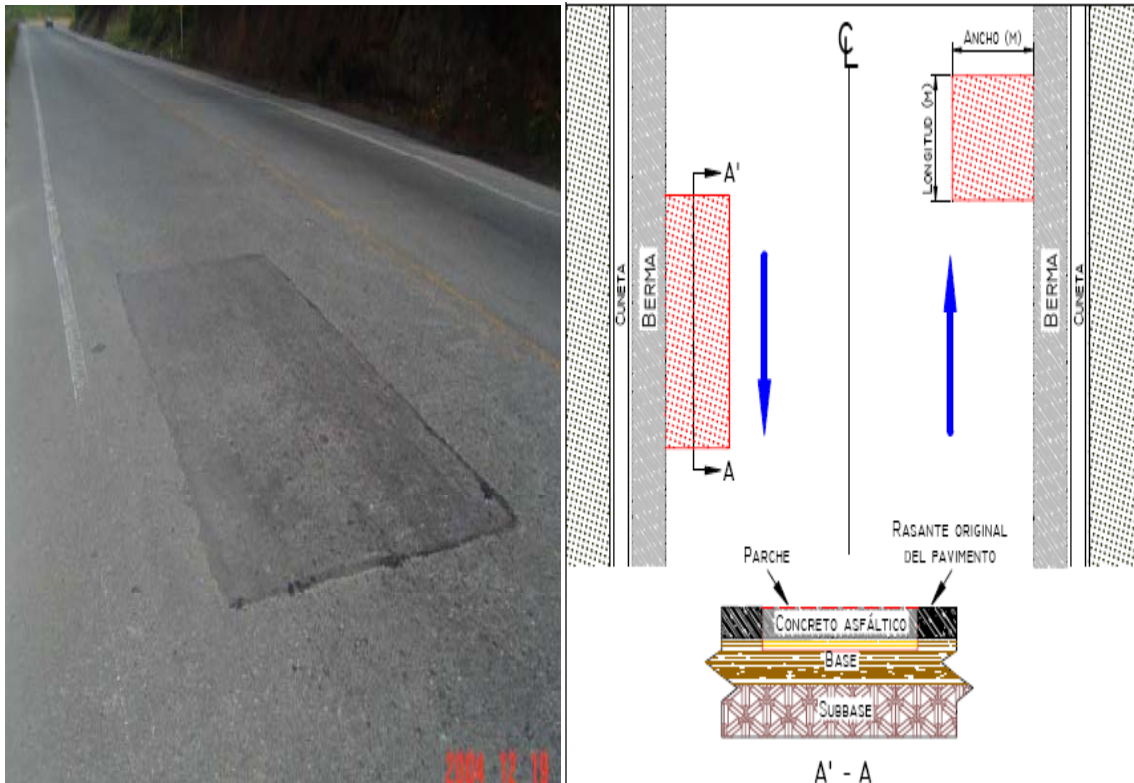
**2.1.3.3 Parche (PCH).** Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.).

A pesar de que dicha área puede no presentar daños en el momento de la inspección, es necesario reportar su extensión porque indica la existencia de un deterioro anterior. Aunque para el registro de los daños en el formato de campo estas intervenciones se reportan como parches, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo del espesor parcial o total de concreto asfáltico, ésta se conoce como parcheo.

- Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo parcial o total de granulares, ésta se conoce como bacheo.

**Parche (PCH, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:** Las causas del deterioro propio del parche pueden establecerse teniendo en cuenta el tipo de daño que presente. Sin embargo, pueden estar asociadas principalmente a:

- Procesos constructivos deficientes.
- Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo (cuando la intervención fue inadecuada para solucionar el problema).
- Deficiencias en las juntas.
- Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche.

**Severidades:**

- Baja: El parche está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.
- Media: El parche presenta daños de severidad baja o media y deficiencias en los bordes.
- Alta: El parche está gravemente deteriorado, presentan daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.

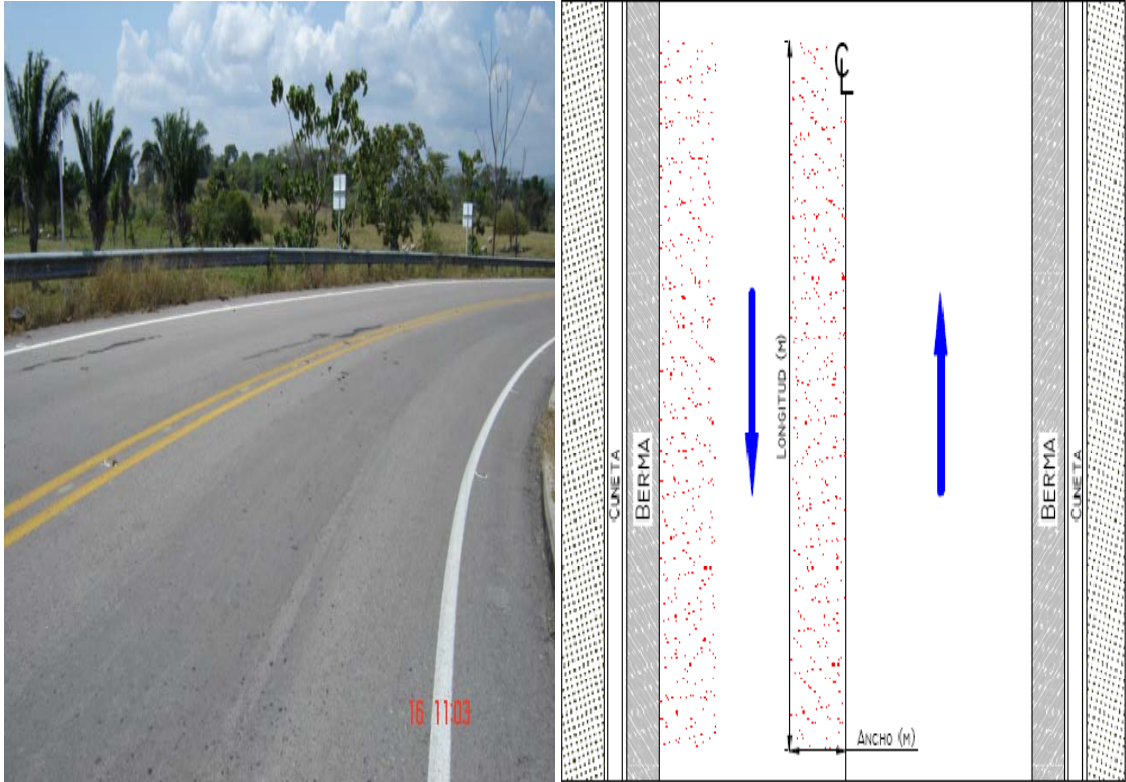
**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Para el reporte del daño es necesario anotar el área del parche y cuando éste sea muy grande y no presente afectación en toda su longitud, se reporta además el área afectada en la parte del formato correspondiente al área de reparación, también debe anotarse en las aclaraciones el tipo de daños presentes en el parche y en las zonas aledañas a él, si éstas últimas están afectadas.

**Evolución probable:** De acuerdo con la naturaleza del daño. Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.

#### **2.1.4 DAÑOS SUPERFICIALES**

**2.1.4.1 Desgaste superficial (DSU).** Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

## Desgaste superficial (DSU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Causas:** El desgaste superficial generalmente es un deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto.

Puede generarse también por las siguientes causas:

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.



**Severidades:**

Baja: Cuando la superficie ha perdido su textura uniforme y se muestra ligeramente áspera o rugosa, con irregularidades hasta de 3 mm aproximadamente.

Media: Cuando la profundidad de las irregularidades es mayor de 3 mm y llega a 10 mm. Se observan las partículas de agregado grueso, y se siente la vibración y una diferencia de sonido de las llantas al transitar sobre el pavimento.

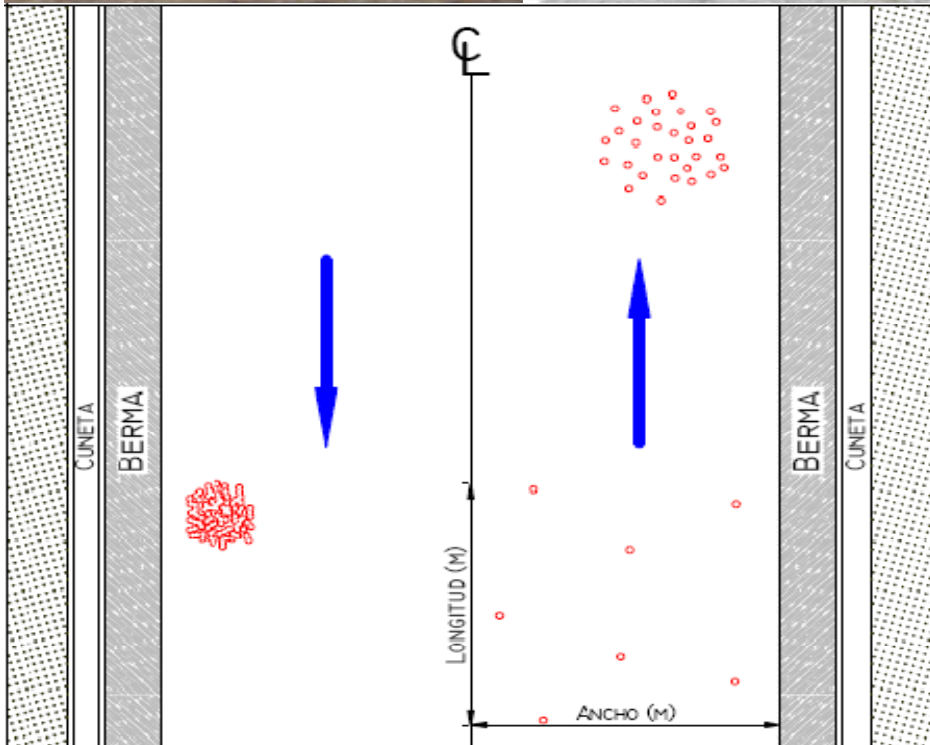
Alta: Si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presentan desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.

**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Evolución probable:** Pérdida de agregado.

**2.1.4.2 Pérdida de agregado (PA).** Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. Este tipo de daño es común en tratamientos superficiales, caso en el que pueden aparecer estrías en la dirección del riego y debe ser reportado como surcos.

**Pérdida de agregado (PA, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



**Causas:**

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

**Severidades:**

- Baja: Los agregados gruesos han comenzado a desprenderse y se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.
- Media: Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.
- Alta: Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 0.05 m, haciendo la superficie muy rugosa y se observan agregados sueltos.

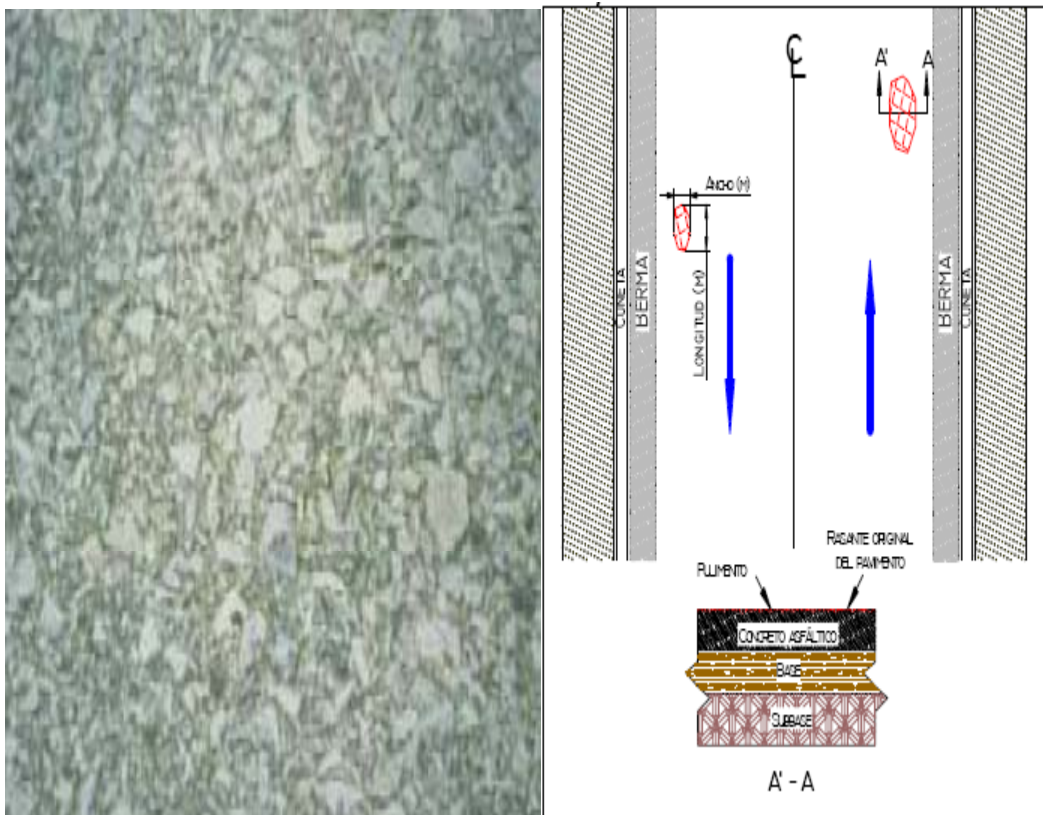
**Unidad de medición:** Se registra el área afectada de acuerdo con la severidad predominante, en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Evolución probable:** Descascaramientos, aumento de la permeabilidad de la estructura, exudación.

**2.1.4.3 Pulimento del agregado (PU).** Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados

angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

### Pulimento del agregado (PU, Unidad de medida: $m^2$ )



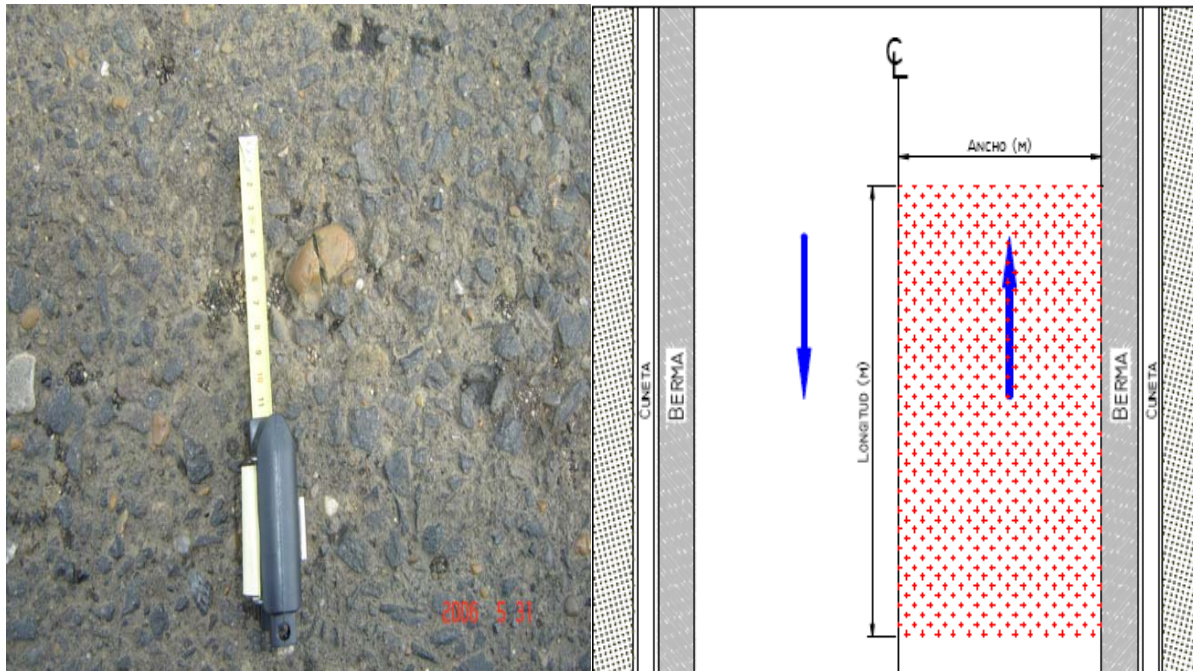
**Causas:** La causa de este tipo de daño radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimento (un ejemplo de esto son las calizas).

**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados ( $m^2$ ) y no tiene ningún grado de severidad asociado.

**2.1.4.4 Cabezas duras (CD). Ó Abrasión** Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto, que puede llegar a

aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para el conductor.

### Cabezas duras Ó Abrasión (CD, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



#### Causas:

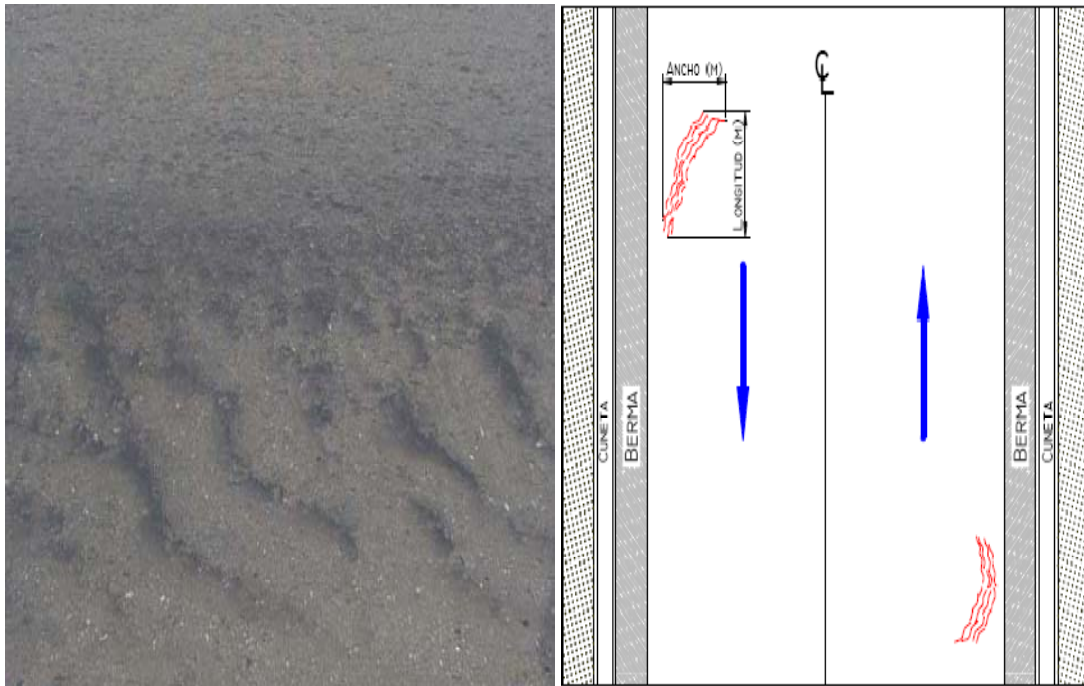
- Uso de agregados gruesos con tamaño inadecuado.
- Distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas.
- Segregación de los agregados durante su manejo en obra.
- Heterogeneidad en la dureza de los agregados.

**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) y no tiene ningún grado de severidad asociado.

**2.1.4.5 Exudación (EX).** Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente

brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa. Es un proceso que puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

### Exudación (EX, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Causas:** La exudación se genera cuando la mezcla tiene cantidades excesivas de asfalto haciendo que el contenido de vacíos con aire de la mezcla sea bajo; sucede especialmente durante épocas o en zonas calurosas. También puede darse por el uso de asfaltos muy blandos o por derrame de ciertos solventes.

**Severidades:** Puede clasificarse de acuerdo con el espesor de la película de asfalto exudado (teniendo en cuenta qué tanto se han cubierto los agregados superficiales):

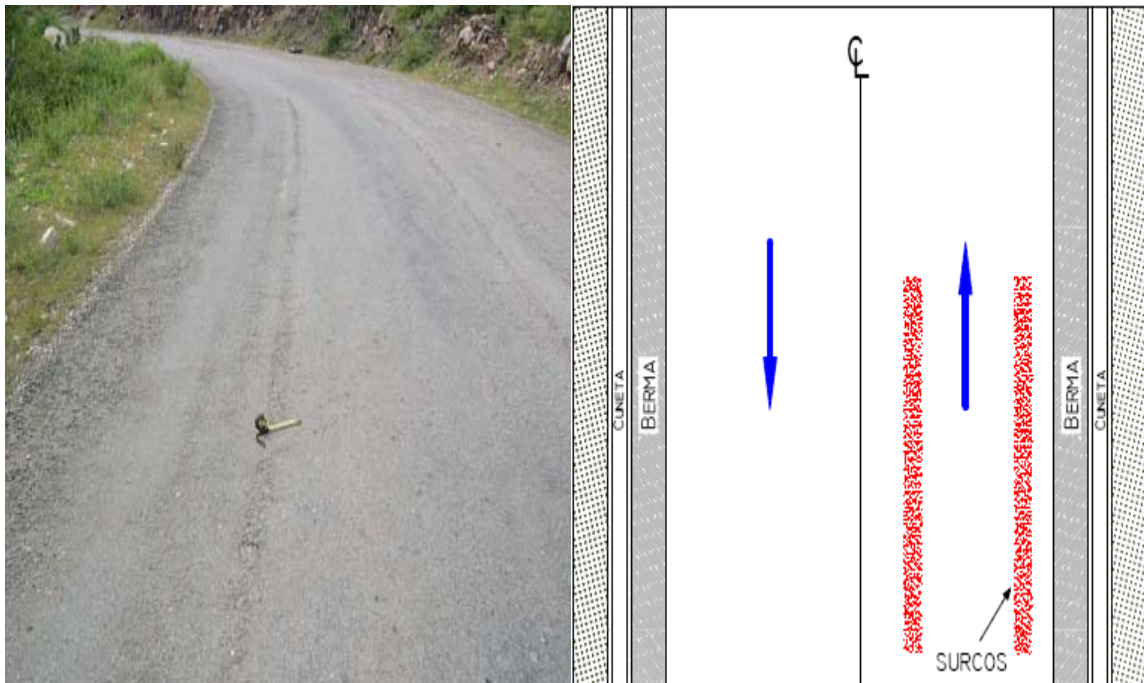
- Baja: La exudación se hace visible en la superficie, aunque en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos.

- Media: Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que conforma una película que cubre parcialmente los agregados, con frecuencia localizada en las huellas del tránsito; se torna pegajoso en los climas cálidos.
- Alta: Presencia de una cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, lo que le da un aspecto húmedo de intensa coloración negra y se torna pegajoso en los climas cálidos.

**Unidad de medición:** Este tipo de daños es medido en metros cuadrados ( $m^2$ ) de acuerdo a la severidad.

**2.1.4.6 Surcos (SU).** Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica.

**Surcos (SU, Unidad de medida:  $m^2$ )**



**Causas:** En tratamientos superficiales se da por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado, lo cual genera el desprendimiento de los agregados; en concreto asfáltico está relacionado con la erosión producida por agua en zonas de alta pendiente.

**Unidad de medición:** Se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) y no tiene ningún grado de severidad asociado.

**Evolución probable:** Pérdida de agregado, descascaramiento, bache.

### **2.1.5 OTROS DAÑOS**

Además de los daños definidos hasta el momento existen otros que pueden aparecer como consecuencia de los primeros, conocidos como afloramientos, los cuales ocurren principalmente debido a la presencia o infiltración de agua en la estructura.

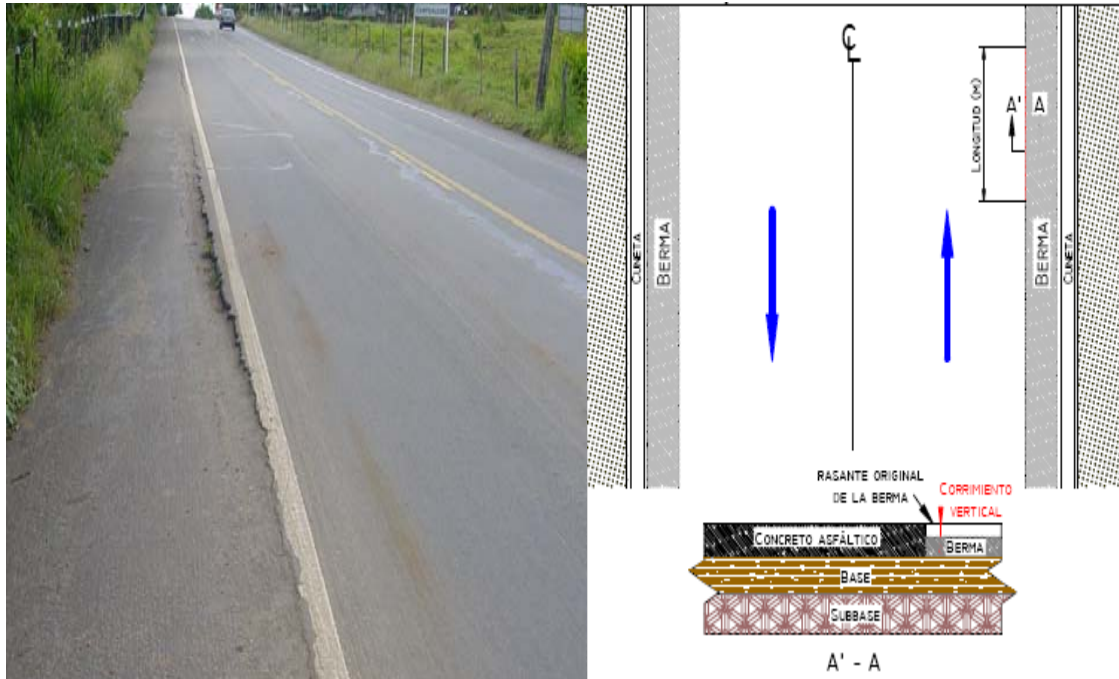
De otra parte, se debe tener en cuenta que la berma puede presentar cualquiera de los daños mencionados hasta aquí, en cuyo caso se reporta el daño encontrado adicionando una B a la sigla del daño correspondiente; además, también pueden existir daños asociados con problemas en la junta entre el pavimento y la berma.

Tanto los afloramientos como los daños en la junta pavimento – berma se definen a continuación.

**2.1.5.1 Corrimiento vertical de la berma (CVB).** Corresponde a una diferencia de elevación entre la calzada y la berma, debido a un desplazamiento de la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, provocando su deterioro.



### Corrimiento vertical de la berma (CV, Unidad de medida: m)



**Causas:** Generalmente sucede cuando existen diferencias entre los materiales de la berma y el pavimento o por el bombeo del material de base en la berma. También puede estar asociado con problemas de inestabilidad de los taludes aledaños.

#### **Severidades:**

- Bajo: Desplazamiento menor que 6 mm.
- Medio: Desplazamiento entre 6 mm y 25 mm.
- Alto: Desplazamiento mayor que 25 mm.

**Unidad de medición:** Este tipo de daño se cuantifica en longitud afectada (m).

**2.1.5.2 Separación de la berma (SB).** Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Este daño permite

la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro.

### Separación de la berma (SB, Unidad de medida: Longitud)



**Causas:** Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes aledaños o con la ausencia de liga entre calzada y berma cuando se construyen por separado.

### Severidades:

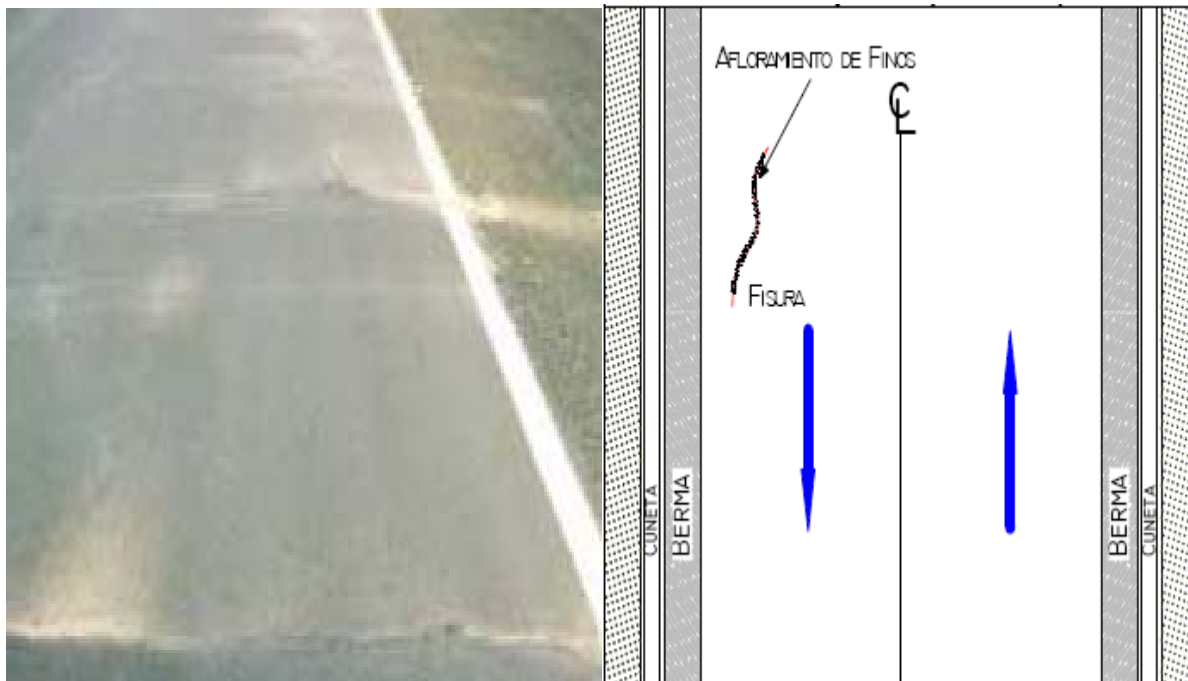
- Baja: Abertura menor que 3 mm.
- Media: Abertura entre 3 mm y 10 mm.
- Alta: Abertura mayor que 10 mm.

**Unidad de medición:** Este tipo de daño se cuantifica en longitud afectada (m).

**Evolución probable:** Puede presentar hundimientos y fisuras de borde.

**2.1.5.3 Afloramiento de finos (AFI).** Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito. La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno. Se encuentra principalmente en pavimentos semirrígidos (con base estabilizada).

**Afloramiento de finos (AFI, Unidad de medida: número de veces que se presenta).**



**Causas:** ausencia o inadecuado sistema de sub-drenaje, exceso de finos en la estructura.

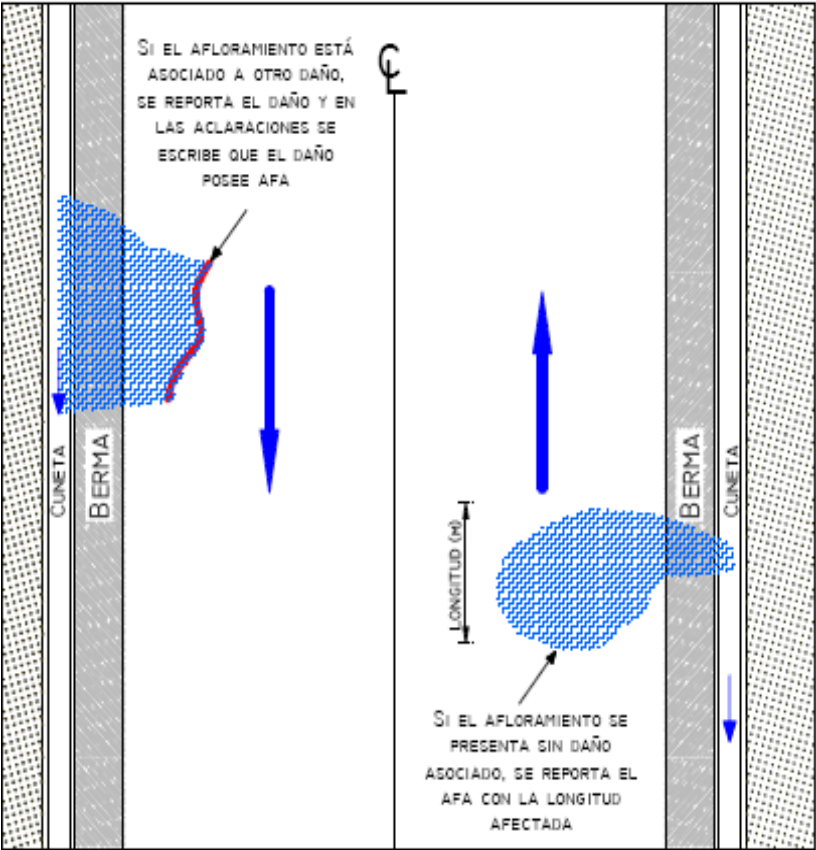
**Severidades:** no tiene grado de severidad definido.

**Unidad de medición:** dado que el afloramiento de finos siempre se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de finos.

**Evolución probable:** piel de cocodrilo, descascamientos, baches.

**2.1.5.4 Afloramiento de agua (AFA).** Presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia.

**Afloramiento de agua (AFA, Unidad de medida: m)**



**Causas:** ausencia o inadecuado sistema de sub-drenaje, filtración de aguas.

**Severidades:** no tiene grado de severidad definido.

**Unidad de medición:** se mide en metros (m) cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua.

**Evolución probable:** piel de cocodrilo, descascaramientos, baches.

El fin de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de área de pavimento afectado, estableciendo los tipos de daño que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia; factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o de programar actividades de campo y de laboratorio para su estudio.

### **3. PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA CAPA DE RODADURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

#### **Definición**

Estos trabajos consisten en reparaciones generales, de las carreteras pavimentadas, las que pueden ser mantenimiento de rutina o mantenimiento periódico. Como se describe en el “Manual de procedimientos de conservación de carreteras” de Coviial, el concepto de reparaciones generales abarca todo tipo de tareas a realizar tanto de carácter localizado y de tamaño limitado como aquellas en las cuales se debe ejecutar una reparación total o parcial de la calzada. El mantenimiento de la red vial pavimentada tiene los siguientes objetivos:

- Mantener impermeable la superficie de la calzada, evitando el paso del agua a través de ella o del borde del pavimento, el cual debilita las capas inferiores en las que está apoyado.
- Mantener y renovar la calidad de la superficie de la calzada y con ello las buenas condiciones de rodadura y seguridad.

#### **3.1 Mezcla asfáltica para relleno de baches.**

##### **Descripción**

Consiste en la excavación, extracción y retiro de todo material inadecuado por debajo de la superficie del pavimento existente hasta llegar a la capa no alterada. La colocación en sucesivas capas de material compactadas (no mayor de 10 cm) hasta alcanzar la subrasante, este puede ser base de grava o de roca triturada, para luego colocar mezcla asfáltica la que puede ser fría o caliente. Las causas principales de la aparición del bache son:

- Baja calidad de materiales en la construcción del pavimento.
- Infiltración de agua.
  
- Disgregación del material bajo la acción del tráfico.
  
- Estado siguiente al desarrollo de grietas en piel de cocodrilo o de hundimiento. Por ir ampliando progresivamente el hueco y se formaran lo tanto si no se procede al relleno del bache, este se nuevos baches.

### **Propósito**

Corregir daños o defectos superficiales, tales como peladuras, desintegraciones, fisuramiento tipo piel de cocodrilo, daños en la base y sub-base debido a la fatiga y fracturamiento que ha sufrido la carpeta asfáltica.

### **Criterio**

Cuando estos daños aislados afecten el normal desplazamiento del tránsito constituyendo depresiones que se perciben al circular sobre estas y que su origen no este relacionado con las capas inferiores (como por ejemplo mal drenaje de las aguas subterráneas) y en tanto que el área promedio de estos daños no exceda, de 20 m<sup>2</sup> o no cubra en total mas del 30% de la sección a reparar, mayores extensiones corresponde un proceso de rehabilitación

### **Recursos**

Mano de Obra.

Una cuadrilla de bacheo regularmente está constituida por un caporal y 6 peones.

### **Equipo**

1 Camión de volteo

1 Rodillo manual ó plancha vibratoria



1 martillo neumático liviano opcional

### **Herramientas**

Palas, carretillas, escobas, Piochas, rastrillos cantaros.

### **Materiales**

Asfalto (RC 250 o Emulsión de corte rápido o medio) a razón de 0.3 a 0.6 litros por metro cuadrado. Mezcla asfáltica (en frío o Caliente)

### **Procedimiento de ejecución**

1. Señalización del sector de los trabajos.
2. Marcado de la zona a reparar con tiza u otro elemento dibujando un rectángulo debiendo ser dos de sus lados perpendicular al eje del camino.
3. Cortar el bache por el rectángulo en forma pareja y vertical.
4. Quitar todo el material suelto y toda el agua que esta contenida dentro del rectángulo.
5. Profundizar el bache hasta encontrar material firme y seco, si este estuviera húmedo se debe dejar abierto el tiempo necesario hasta que se seque.
6. Recortar el fondo del bache de modo que quede plano, horizontal, sin material suelto y compactarlo.



7. Impermeabilizar o ligar la base con el material bituminoso adecuado.



8. Colocación de la mezcla asfáltica (fría o caliente) en una o dos capas de espesor similar, mediante el uso de rastrillos extendedores, sin permitir la segregación de los materiales.



9. Compactación de la mezcla con plancha vibratoria y mazos apisonadores aprobados, asegurándose que la ultima capa compactada que al mismo nivel que el pavimento lindante. En caso de que superficie a rellenar con mezcla asfáltica sea mayor de los 10 m<sup>2</sup> es aconsejable por el costo y el rendimiento distribuir con terminadora o patrol y usar un compactador neumático autopropulsado y una aplanadora de rodillo liso también autopropulsada.



## NOTA

En el caso de que la falla sea profunda se procederá a remover y restituir todo el material de base y sub-base suelto, antes de la colocación de la mezcla asfáltica.

Después de verificar el acabado de los trabajos se procede a retirar la señalización temporal

### **3.2 Escarificación, conformación compactación e imprimación del pavimento existente.**

#### **Descripción**

Este trabajo consistirá en la escarificación, desintegración del material constitutivo de la carpeta asfáltica o del tratamiento asfáltico del pavimento original del camino, humedecimiento, mezclado, vuelto a conformar, y compactado de la mezcla lograda.

El trabajo descrito deberá hacerse de modo tal que la capa escarificada llegue a mezclarse con el material de base presente en la estructura del pavimento y/o con el material de base que pudiera agregarse con fines de reforzar la estructura y el espesor de la misma.

#### **Propósito**

Corregir los daños y deformaciones generalizados en la calzada, a efecto de constituir una base que soportará inicialmente las cargas de tráfico y que posteriormente recibirá una nueva carpeta asfáltica.

#### **Criterios**

Se realizará en tramos de carretera excesivamente dañados, donde exista la presencia generalizada de baches.

## **Recursos**

Mano de Obra

1 Caporal

1 Topógrafo

6 Peones

2 Banderilleros

## **Equipo**

1 camión de volteo

1 Motoniveladora

1 Camión regador de agua

1 Rodo vibratorio o Rodillo liso

1 Regador de Asfalto

1 Escarificadora (del tipo CAT RR – 250)

1 Barredora mecánica

## **Herramientas**

Palas

Escobas

Piochas

## **Procedimientos de ejecución**

1. Señalización del sector de los trabajos.

2. Utilizando nivelación de precisión, el supervisor tomará las secciones transversales del camino y en tramos máximos de veinte metros, nivelará previo a la ejecución de los trabajos. Amojonar el eje del camino o los diferentes puntos si se tratase de una curva.

3. Ingreso del Escarificador para el proceso de desmenuzado y desintegración de la capa de material a tratar. Cuando la superficie de rodadura a tratar la constituya algún tipo de tratamiento superficial asfáltico se podrá aceptar el uso del desgarrador de la Motoniveladora apoyado por un equipo auxiliar vibro compactador, necesario para lograr resultados similares.

4. Quitar todo el material mayor de 1 ½”.

5. Acumular el material en promontorios extendidos longitudinalmente, incorporar el nuevo material si fuese necesario, humedecer uniformemente a medida que se mezcla el material escarificado.



6. Concluida con la tarea anterior se comienza el tendido del material y se procede a la compactación con un Rodo vibro compactador que debe ser de tal diseño, peso y calidad que permita obtener la densidad especificada. También es conveniente hacer algunas pasadas con un rodillo neumático con el fin de compactar el material más fino que queda en la superficie).

7. Nivelación y posterior corte de la base.

8. Barrido y sopado para eliminar todo el polvo suelto, para lograr una mejor penetración del asfalto rebajado en la base. Previo a esta operación se debe

efectuar un riego tenue de toda la base para poder así mitigar el polvo restante que no pudo sacar la barredora mecánica.

9. Riego de Imprimación de la base con el material bituminoso adecuado, MC-70 o Emulsión (SS-1, CSS-1,MS-1)de corte rápido o medio a razón de0.95 a 1.9 litros por metro cuadrado.

10. Cierre del sector hasta producido el corte del asfalto rebajado entre 48 y 72 horas. Después de aplicado el riego.

11. Retirar los dispositivos de señalización temporal.

### **3.3 Tratamientos asfálticos superficiales para fallas menores.**

#### **Descripción**

Consiste en la colocación de una capa de revestimiento de poco espesor, formada por riegos sucesivos y alternados de material bituminoso y agregados pétreos. La que no da un refuerzo de estructura sino simplemente protege la base de la acción del tiempo y del desgaste. Los tratamientos superficiales no corrigen depresiones, ni deformaciones, ni agrietamientos fuertes, solamente logran una capa impermeable.

#### **Propósito**

Dotar al pavimento de mejores condiciones de impermeabilidad, suavidad para el manejo, prolongar la vida útil del paquete estructural, dar una solución técnica – económica al problema del mantenimiento.

#### **Criterio**

Se puede realizar un tratamiento superficial para tratar una superficie amplia de carretera donde la misma este desgastada en gran parte la capa de rodamiento,

pero su estructura está en condiciones de recibir cargas. Cuando la superficie impermeable esta agrietada y permite la entrada de agua en la estructura del camino, la textura de la superficie es inadecuada y se ha reducido la resistencia al deslizamiento.

### **Recursos**

Mano de obra

1 caporal

2 banderilleros

2 peones para el extendido

2 peones para la terminación

1 vigilante nocturno

### **Equipo**

1 Terminadora de asfalto

1 Barredora Mecánica

1 Camión distribuidor de asfalto

1 Rodillos con ruedas

1 Rodo vibratorio

Camiones de volteo

### **Herramientas**

Palas,

Escobas/Cepillos

Piochas

Carretillas

Rastrillos



## **Materiales**

El material Asfáltico usado será cemento Asfáltico de penetración 85-100. Deberá cumplir con todos los requisitos de las Especificaciones para Materiales Asfálticos. El material asfáltico para el riego de liga será RC 250.

## **Procedimientos de ejecución**

1. Señalización del sector donde se ejecutara la carpeta asfáltica, colocación de conos, carteles de seguridad y personal para desviar el tránsito, en general se realiza primero un carril para permitir la circulación por el otro carril.

2. Barrer la superficie total de calzada, con esto se evita que el tránsito levante polvo que se irá a depositar en el riego de liga impidiendo el ligamento entre la nueva carpeta y la existente, también se debe mantener siempre húmedo el hombro por mismo motivo, hasta que esté perfectamente limpia.

3. Marcar la superficie de la calzada con una cuerda por el borde de la calzada como límite de la obra, para aseg RC-250

Usar la traza del borde del riego de liga.

4. Fuera del sector de la obra se verifica el funcionamiento del regador de asfalto, temperatura en que se encuentra el ligante. Se debe usar bidones partidos para recoger el ligante soltado de manera de no contaminar el ambiente.

5. Concluida con la tarea anterior se ajusta la altura de la barra de riego de modo que cada punto de la superficie reciba ligante de tres salidas diferentes, además se ajusta el ángulo de la barra para obtener un riego uniforme en toda la calzada

6. Colocación de bandas de papel fuerte en posición que asegure juntas transversales limpias en el comienzo y fin tramo.

7. El regador se coloca ha unos 15 m antes del comienzo del tramo a regar, es para poder entrar al sector con la velocidad calculada para la cantidad de litros por metro cuadrado, cuando llega ala zona de las bandas de papel el operario que va en la cola del camión regador abre la barra de riego y la cierra cuando pasa por la otra banda, en todo el transcurso el camión debe ir a la misma velocidad siempre.

8. Con todas estas precauciones se procede a efectuar el riego de liga cuyas proporciones podrán variar entre 0.2 a 0.4 litros por metro cuadrado. . La temperatura de aplicación será de 60 a 80 grados centígrados. Antes de colocar el concreto asfáltico se deberá esperar un tiempo mínimo de una hora (1 hora) para permitir la evaporación del solvente del asfalto RC-250.

9. Se verifica que la plancha de la terminadora de asfalto este limpia en orden de a evitar defectos en la aplicación. A continuación se procede a calentarla para que no se pegue al principio de la extensión, conjuntamente se debe hacer una calibración previa de la plancha con las alturas requeridas (en general se colocan tacos de madera con la altura requerida), verificar que la tolva de la terminadora este limpia de material frío y seca.

10. Una vez concluidas las tareas anteriormente especificadas se comienza con el extendido de la mezcla cuyo espesor y ancho se ira corrigiendo hasta alcanzar el requerido por el contrato. Cuando la parte trasera de un camión vuelca la carga sobre la extendedora, se debe tener cuidado de no hacerlo de golpe.

11. La compactación inicial se hace con el rodillo neumático (compactador de llantas). Es importante, en el empleo de esta maquina que las ruedas estén limpias, para evitar que se pegue material de la carpeta, que la presión de las ruedas sea la misma para todas e igual a 6 kg/cm<sup>2</sup>.

12. Para obtener buena compactación, el rodillo de trabajar con sus ruedas motrices tan próximo como sea posible a la terminadora. Hacer pasadas paralelas comenzando desde el borde hacia en centro en la primera media calzada y desde el centro hacia afuera en la segunda media calzada. El numero de pasadas completas depende del espesor y material de la mezcla

13. La segunda etapa de la compactación, se desarrolla con una apisonadora de rodillo de acero vibratorio. Se debe tener especial cuidado en reducir gradualmente la velocidad, al final de cada pasada, de forma que se pueda invertir la marcha sin tirones. Cuando se use esta maquina se debe comprobar además que los rodillos estén limpios para evitar dejar marcas en la superficie, asegurarse que el sistema de riego contiene agua y que funciona. La apisonadora debe ir borrando las huellas dejadas por el rodillo de neumáticos, y debe hacer el mismo recorrido que el de neumáticos. La recorrido que el de neumáticos. La compactación se debe terminar antes que el material se enfríe demasiado.

14. Se ejecuta de la misma manera la otra media calzada.

**NOTA:** La carpeta será expuesta en servicio cuando haya endurecido, y en ningún caso antes de las seis horas de haberse completado la compactación.

#### **4. RECOMENDACIÓN DEL USO DE LA MEZCLA EN FRÍO PARA LA REPARACIÓN y MANTENIMIENTO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLAS DE LA CAPA DE RODADURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE.**

Dado que el uso de mezclas asfálticas en frío puede resultar muy favorable, técnica y económicamente para actividades de reparación y mantenimiento de pavimentos flexibles, particularmente cuando se deban emplear bajos volúmenes o en forma muy dispersa en un tramo carretero, en la presente sección se revisa, de conformidad a las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (Edición 2005), en que consiste dicha mezcla, presentándose además, la forma de aplicar la mezcla en frío en el mantenimiento de carreteras de pavimento flexible.

El uso de la mezcla en frío es aplicable y rentable en volúmenes pequeños, para su fabricación no necesita planta de fabricación, pues esta mezcla se puede trabajar en situ y el volumen necesario que requiera el tipo de falla a reparar.

**4.1 Definición de mezcla:** Es la mezcla de agregados pétreos nuevos mezclados en frío con material bituminoso, en la carretera o en planta para constituir la capa de superficie del pavimento o esta misma mezcla, combinada con agregados recuperados de una carpeta existente y material bituminoso para constituir la capa de base de una carpeta. Cuando se efectúen trabajos de recuperación de pavimentos existentes, para este componente. La mezcla puede ser de textura abierta o cerrada, dependiendo de las características de graduación de los agregados pétreos y según se establezca.

**4.2 Agregados Pétreos:** Los agregados pétreos deben consistir en piedra o grava de buena calidad, solamente clasificados sin triturar, o cuando así lo requieran los planos, deberán triturarse combinando el producto obtenido, con agregados recuperados, si así se requiriera, arena pétreo y polvo de roca, naturales o de trituración, según el caso.

**Los agregados pétreos deben llenar los requisitos siguientes:**

1. Abrasión, AASHTO T 96                                      40% máximo
2. Desintegración al sulfato de sodio,                      15% máximo  
(5 ciclos), AASHTO T 104
3. Caras fracturadas, 1 cara                                      40% mínimo (\*)
4. Partículas planas o alargadas, ASTM D 4791      15% máximo (\*)
5. Equivalente de arena, AASHTO T 176                      35 mínimo
6. Índice Plástico, AASHTO T 90                                      6% máximo
7. Límite Líquido, AASHTO T 89                                      25% máximo

**Tipos de Graduación para Mezcla Asfáltica en Frío.**

Estándar mm	Tamiz N°	Porcentaje por peso que pasa un tamiz de abertura cuadrada (AASHTO T 11 y 27)							
		TIPO "A"		TIPO "B"		TIPO "C"		TIPO "D"	
		38.1 mm (1 1/2") máximo		25 mm (1") máximo		19 mm (3/4") máximo		12.5 mm (1/2") máximo	
		<u>A-1*</u>	<u>A-2*</u>	<u>B-1*</u>	<u>B-2*</u>	<u>C-1</u>	<u>C-2*</u>	<u>D-1*</u>	<u>D-2*</u>
38.1	1 1/2"	100	100						
25.0	1"	95-100	90-100	100	100				

19.0	3/4"	-	-	90-100	90-100	100	100		
12.5	1/2"	25-60	60-80	-	-	90-100	90-100	100	100
9.5	3/8"	-	-	20-55	60-80	-	-	85-100	90-100
4.75	4	0-10	25-60	0-10	35-65	0-15	45-70	-	60-80
2.36	8	0-5	15-45	0-5	20-50	0-5	25-55	-	35-65
1.18	16	-	-	-	-	-	-	0-5	-
0.300	50	-	3-18	-	3-20	-	5-20	-	6-25
0.075	200	0-2	1-7	0-2	2-8	0-2	2-9	0-2	2-10

#### 4.3 Material Bituminoso.

**Asfaltos líquidos:** Los asfaltos líquidos están compuestos por Cemento Asfáltico diluidos en solventes de evaporación rápida (RC, que gradualmente están cayendo en desuso), mediana (MC) o lenta (SC). Generalmente los solventes en los asfaltos líquidos de curado rápido consisten en gasolinas o naftas, en los de curado medio consiste en kerosén y en los de curado lento consisten en aceites de baja volatilidad. Los asfaltos líquidos utilizados para la elaboración de la mezcla asfáltica en frío.

**Emulsión asfáltica:** Las emulsiones asfálticas están formadas de tres ingredientes básicos: cemento asfáltico (AC), agua y agente emulsivo. Se le podrán agregar aditivos a las emulsiones asfálticas, tales como estabilizadores, aditivos antidesvestimiento, aditivos para el control del fraguado o polímeros para mejorar las propiedades reológicas del asfalto.

Existen dos tipos de emulsiones: las aniónicas, las cuales tienen cargas electroquímicas negativas y las catiónicas, con cargas electroquímicas positivas. En principio, las emulsiones aniónicas tienen mayor afinidad con agregados pétreos con cargas positivas, tales como agregados ricos en carbonato de calcio, mientras que las emulsiones catiónicas cubren mejor a los agregados pétreos de tipo sílico.

Las emulsiones se clasifican de acuerdo al tiempo de fraguado de las mismas, siendo éstas RS, MS, SS y QS, que significan de fraguado rápido, medio, lento y ultra-rápido, respectivamente. Las emulsiones asfálticas utilizadas en la mezcla asfáltica en frío.

1. No se debe permitir la existencia de llamas o chispas cerca de estos materiales. El control de temperatura debe efectuarse en mezcladoras, distribuidoras u otro equipo diseñado y aprobado para este propósito.
2. Nunca deben usarse llamas para examinar los tambores, tanques de asfalto u otros contenedores en los que se hayan almacenado estos materiales.
3. Todos los vehículos que transporten estos materiales deben ser ventilados adecuadamente.
4. Únicamente el personal con experiencia podrá supervisar y manipular estos materiales.

El material bituminoso que se utiliza en las mezclas en frío depende de varios factores. Depende del procedimiento de elaboración: si es elaborada en planta central o en la carretera. Depende del uso que se le vaya a dar a la mezcla: como material para capa asfáltica o como material para bacheo. Para capa asfáltica, depende del tipo de graduación de los agregados: si es cerrada o

abierta. Para bacheo, depende del tiempo en que se vaya a utilizar la mezcla: de inmediato o si se va a apilar para uso posterior.

### Requisitos para los Materiales Bituminosos según su Aplicación

Tipo de Aplicación de la Mezcla en Frío	Asfaltos Líquidos						Emulsiones Asfálticas					
	Curado Medio (MC)			Curado Lento (SC)			Aniónicas				Catiónicas	
	250	800	3,000	250	800	3,000	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2s	SS-1, SS-1h	CMS-2, CMS-2h	CSS-1, CSS-1h
Mezclas elaboradas en Planta Central												
Mezclas para capas de base y de superficie asfáltica												
• Graduación abierta							X	X			X	
• Graduación cerrada	X	X	X	X		X			X	X		X
Mezclas para Bacheo												
• Bacheo, uso inmediato	X	X			X					X		X
• Bacheo, apilamiento	X	X		X	X							
Mezclas elaboradas en Carretera												
Mezclas para capas de base y de superficie asfáltica												
• Graduación		X	X		X	X	X	X			X	



abierta												
• Graduación cerrada	X	X		X	X				X	X		X
Mezclas para Bacheo												
• Bacheo, uso inmediato	X	X			X				X	X		X
• Bacheo, apilamiento	X	X		X	X							

**4.4 Requisitos para la Mezcla Asfáltica en Frío:** La mezcla asfáltica en frío debe llenar los requisitos establecidos en la siguiente tabla, de acuerdo con el resultado de los ensayos de Estabilidad Marshall AASHTO T 245, ASTM D 1559 para mezclas con asfaltos líquidos, y Estabilidad Marshall Modificado, según el manual MS-14, del Instituto de Asfalto para mezclas con emulsión.

#### Requisitos para la Mezcla Asfáltica en Frío

METODO DE DISEÑO	VALORES LIMITES	
	<u>MINIMO</u>	<u>MAXI MO</u>
<u>MARSHALL</u> (AASHTO T 245, ASTM D 1559 y MS-14)		
• Número de golpes de compactación en cada extremo del espécimen	50	
1. Con emulsión asfáltica	75	75
2. Con asfaltos líquidos		75
• Estabilidad de acuerdo al uso de la mezcla	2,224 N	
1. Para bacheo	(500 libras)	
2. Para pavimentación	3,336 N	16

• Fluencia en 0.25 mm (0.01 pulgada)	(750	225
• Relación Estabilidad/Fluencia (lb./0.01 pulg.)	libras) 8	15
• Porcentaje de vacíos con aire en la mezcla compactada	120	
• Sensibilidad a la humedad AASHTO T 283 Resistencia retenida	3	
1. Con emulsión asfáltica		80
2. Con asfaltos líquidos	50 %	
• Porcentaje de vacíos relleno con asfalto	75 %	
	65	

**4.5 Procedimiento de construcción:** El procedimiento debe determinar: la localización de la planta de producción de agregado pétreo, el tipo del mismo; el sistema de producción de la mezcla, si es en planta central fija o en la carretera; la forma de almacenamiento y calentamiento del material bituminoso; la producción y preparación del agregado pétreo, incluyendo el polvo mineral; las características de la unidad mezcladora; el diseño de la mezcla, la fórmula de trabajo, los resultados de los ensayos de laboratorio, el procedimiento de dosificación del material bituminoso, la forma de transporte y el control del tránsito.

La fórmula de trabajo deberá incluir la graduación de la mezcla y proporciones de combinación de los agregados si así corresponde, el contenido de material bituminoso y aditivos antidesvestimiento si así se requiere, y los resultados de los ensayos de laboratorio.

**Cantidad de Aplicación:** La cantidad de emulsión asfáltica puede variar entre 3.5 y 8.5% y, al utilizar asfaltos líquidos, entre 3 a 8% con respecto al peso seco del material.

Cuando se utiliza el sistema de riegos cada aplicación no debe exceder de 2 litros (0.53 galones) por metro cuadrado.

**Mezcla del Material Bituminoso:** La mezcla asfáltica en frío puede ser hecha en carretera o en planta.

**4.6 Aplicación y Mezcla en la Carretera por Riegos:** La aplicación del material bituminoso puede ser efectuada por medio de riegos sucesivos con tanque distribuidor a presión, sobre el agregado previamente extendido en una capa de espesor máximo de 10 centímetros, procediéndose de inmediato a efectuar la mezcla, utilizando de preferencia maquina estabilizadora o mezcladora pulverizadora, hasta que se obtenga una coloración uniforme del material. Seguidamente se debe colocar en camellones la mezcla efectuada, extender la nueva capa de agregado y proceder al siguiente riego y operación de mezcla, hasta completar la cantidad de material para cubrir el espesor de capa de mezcla asfáltica especificada.

El espesor mínimo de la capa a regar, nunca debe ser menor del doble del tamaño máximo del agregado.

**4.7 Aplicación y Mezcla en la Carretera por Mezcladora Móvil o Estabilizadora:** La aplicación del material bituminoso, puede ser efectuada por medio de planta mezcladora móvil ó máquina estabilizadora, equipadas con sistema acoplado de tanque alimentador de material bituminoso, efectuándose previamente, el esparcido del material pétreo en capas de espesor uniforme o

en camellones de sección transversal geométrica uniforme, con la cantidad de material para formar la capa de mezcla asfáltica en frío del espesor indicado en la sección típica de pavimentación.

**4.8 Aplicación y Mezcla en Planta:** Se debe utilizar una planta de mezclado equipada con zarandas, tolvas, dispositivos para dosificar por peso o por volumen, capaces de controlar con exactitud la cantidad de agregado mineral y material bituminoso que entra en la mezcladora y con básculas para medir la cantidad de mezcla producida.

**Curado de la mezcla:** Cuando se utilizan asfaltos líquidos, según el tipo y grado del mismo, debe airearse la mezcla hasta lograr la evaporación de por lo menos el 80% de los solventes, antes de proceder a la conformación final y compactación de la mezcla.

El tiempo de curado es variable según las características de los materiales y condiciones del clima, por lo que éste debe ser determinado previamente, por medio de ensayos de laboratorio y de campo.

El curado puede ser efectuado en la planta fija o en la carretera, según lo determine el procedimiento de construcción.

**Transporte de la mezcla:** La mezcla debe ser transportada de la planta al lugar de su colocación por medio de vehículos con palangana de volteo debidamente limpia, y cubiertos con lona u otro material que preserve la mezcla del polvo y la lluvia durante el trayecto. Cuando se trata de mezcla con asfaltos líquidos, el transporte puede efectuarse antes o después de transcurrido el tiempo de curado, dependiendo de la forma establecida en el procedimiento de construcción.

**Tendido:** La mezcla transportada a la carretera, cuando se trate de mezcla en planta que no necesite curado adicional, debe colocarse y tenderse con máquina pavimentadora autopropulsada especial para este trabajo, que permita ajustar el espesor y el ancho a tender, asegurando su esparcimiento uniforme en una sola operación en un ancho no menor de 3 metros.

Cuando se trate de mezcla efectuada con materiales bituminosos que requieran curado, puede ser colocada en camellones o montones, procediéndose después de transcurrido el tiempo de curado, a su tendido y conformación final, para ser compactada.

El espesor de cada capa no debe ser mayor de 100 milímetros. El espesor de la capa nunca debe ser menor del doble del tamaño máximo del agregado.

**Afinamiento y Compactación:** La mezcla asfáltica debe de ser uniformemente compactada hasta alcanzar el 100% de la densidad máxima de laboratorio. La compactación en el campo se comprobará de preferencia según AASHTO T 230.

Cuando el espesor a construir excede de 100 milímetros, el material debe colocarse, tenderse y compactarse en dos o más capas, de espesor no menor del doble del tamaño máximo del agregado. Siempre que se efectúe la construcción en varias capas, debe colocarse un riego de liga entre las mismas cuando la capa inferior haya sido abierta al tránsito antes de ser cubierta con otra capa.

La compactación se deberá efectuar desde los lados hacia el centro, en dirección paralela a la línea central de la carretera.

**Requisitos de clima:** No se permite efectuar aplicación de material bituminoso en la carretera cuando la temperatura ambiente sea de 10°C o menos, cuando esté lloviendo, o cuando la humedad del agregado afecte la calidad y uniformidad de la mezcla.

No se permite el esparcimiento de mezcla efectuada en planta cuando esté lloviendo o cuando la humedad de la superficie a recubrir sea perjudicial, y pueda ocasionar fallas en el pavimento.

**Control de Calidad de los Materiales:**

**Abrasión, Desintegración al Sulfato de Sodio y Desvestimiento:** En cada banco se debe efectuar un ensayo por cada 20,000 metros cúbicos de material producido.

**Caras Fracturadas y Partículas Planas y Alargadas:** Se deben efectuar ensayos cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos de cada banco, y seguidamente por cada 5,000 metros cúbicos de material producido.

**Granulometría:** Se debe efectuar un ensayo por cada 200 metros cúbicos de los primeros 1,000 metros cúbicos producidos, y seguidamente un ensayo cada 400 metros cúbicos.

**Características de Plasticidad y Equivalente de Arena:** Se deben efectuar ensayos por cada 2,000 metros cúbicos de agregado producido, incluyendo el polvo mineral.

**Mezcla Asfáltica:** El Contratista debe tomar muestras de acuerdo a AASHTO T 168 y efectuar un ensayo completo de estabilidad y características de la

mezcla, incluyendo porcentaje de material bituminoso residual (tomando en cuenta la pérdida de volumen del solvente por evaporación y debido a las operaciones de curado, de acuerdo con el tipo y grado de material bituminoso utilizado) y graduación de los agregados minerales después de la extracción, AASHTO T 30, por cada 400 metros cúbicos de mezcla colocada y compactada.

#### 4.9 Mezcla asfáltica en frío.

Si los ensayos efectuados a la mezcla asfáltica no llenan los valores estipulados para cada una de las características indicadas, según el método de diseño elegido y/o está fuera de los límites de la fórmula de trabajo, cuando ésta última sea procedente, la mezcla asfáltica será rechazada si rebasa de las siguientes tolerancias, respecto a los valores máximos y mínimos.

Requisitos de la Fórmula de Trabajo	Tolerancia en más o en menos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porcentaje de vacíos de la mezcla total</li> </ul>	➤ 1.0%
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porcentaje de vacíos rellenos con asfalto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2.0 %</li> <li>➤ 0.4 % en peso de la mezcla total</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contenido de material bituminoso</li> </ul>	

#### Control de Calidad y Tolerancias en los Requisitos de Construcción:

**Compactación:** Se establece una tolerancia de un 2% en menos del porcentaje de compactación, respecto de la densidad de laboratorio obtenida, para aceptación de capa de mezcla asfáltica en frío.

Se debe efectuar un ensayo representativo por cada 400 metros cuadrados de mezcla, de cada una de las capas que se compacten.

Las densidades no deben ser efectuadas a una distancia menor de 20 metros en sentido longitudinal sobre la superficie compactada que se está controlando, a menos que se trate de áreas delimitadas para corrección.

**Espesor:** El espesor de capa de mezcla asfáltica en frío, se debe verificar al efectuar cada ensayo de control de compactación según AASHTO T 230, a menos que se hayan utilizado los métodos no destructivos, en cuyo caso se deben efectuar perforaciones cada 800 metros cuadrados, para verificación del espesor. Se establece una tolerancia de  $\pm 5$  milímetros, pero el promedio aritmético de los espesores determinados cada kilómetro, no debe diferir en más de 2.5 milímetros del espesor estipulado en los planos.

**Superficie:** La conformación de la superficie terminada de la capa de mezcla asfáltica en frío debe ser verificada mediante la utilización de una regla recta rodante ó una regla o varilla de 3 metros de longitud graduada, determinándose si la altura es constante sobre la superficie en sentido transversal y longitudinal. No se permiten irregularidades mayores de 2.5 milímetros en el sentido paralelo al eje de la carretera ni mayores de 5 milímetros en el sentido transversal.

**Aceptación:** La aceptación de la capa de mezcla asfáltica se debe efectuar, hasta que ésta se encuentre, en el ancho total indicado en las secciones típicas de pavimentación, debidamente compactada.

#### **4.10 Como aplicar la mezcla en frío en el mantenimiento de carreteras de pavimento flexible.**

1. Como en todo trabajo de mantenimiento, se debe limpiar bien la superficie que se va reparar esto para quitar varios contaminantes que no podrían ser nocivos para una correcta adherencia del material viejo, con el nuevo material, en nuestro caso sería mezcla en frío.



2. Verter el asfalto en frío sobre la superficie a tratar, extendiéndolo con rastrillo o útil al efecto.
3. Compactar con rodillo, manual con un pisón o rueda de un vehículo.
4. Hay que tener en cuenta que el proceso de compactación lleva consigo una pérdida de volumen, por lo que se deberá verter la cantidad de producto necesaria para que, una vez compactado, quede a la cota deseada. Cuanto más gruesa sea la capa, mayor pérdida de volumen se producirá.

#### 4.11 Forma y orden que se requiere para aplicar mezcla en frío para mantenimiento de carreteras de pavimento flexible.



Limpiar



Verter



Compactar



Listo para el tráfico

**Otras aplicaciones donde se usa mezcla en frío**



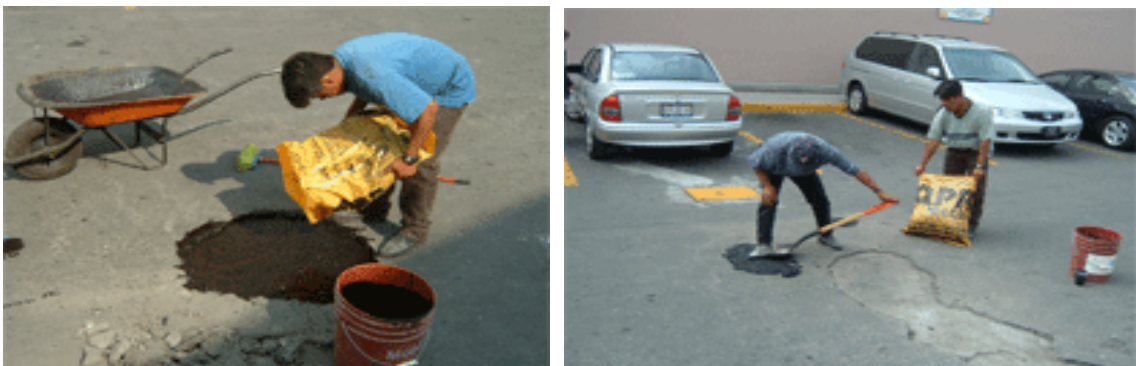
**Sellado de fisuras**



**Reparaciones de alcantarillado en carreteras pavimentadas**



**Reparaciones de canalización de tubería en carreteras pavimentadas**



**Mantenimiento y reparación de parqueos**

## **CONCLUSION**

Las carreteras son un patrimonio nacional enorme y requieren conservación para mantenerlas en condiciones satisfactorias y ofrecer circulación segura y con bajo costo al usuario, con velocidad apropiada.

El conocimiento y detección temprana de las fallas que sufren los pavimentos flexibles contribuye enormemente a mejorar su conservación, siendo importante contar con información que permita identificar los tipos de falla, su posible causa y las técnicas para su corrección.

El uso de mezclas asfálticas en frío puede resultar muy favorable, técnica y económicamente para actividades de reparación y mantenimiento de pavimentos flexibles, particularmente cuando se deban emplear bajos volúmenes o en forma muy dispersa en un tramo carretero, dado que para su fabricación se puede trabajar en situ y el volumen necesario que requiera el tipo de falla a reparar.

Finalmente, se debe hacer énfasis en un programa de mantenimiento no es de reparar las fallas, mediante mantenimiento rutinario, sino más bien evitar que las fallas ocurran mediante un mantenimiento preventivo.

## **RECOMENDACIONES**

Difundir este documento a los profesionales y las empresas que prestan servicios de mantenimiento de la red vial pavimentada flexible, como un herramienta de identificación de los tipos de fallas, para hacer la propuesta técnica de reparación y mantenimiento de las fallas de la capa de rodadura de pavimento flexible.

Dados los métodos de contratación del mantenimiento de las carreteras con pavimentos flexibles, Incentivar la consideración del uso de mezclas asfálticas en frío, dadas las ventajas que ofrece su uso de pequeños volúmenes

Los avances tecnológicos para realizar actividades de mantenimiento, unidos con la utilización de nuevos materiales, forzan a revisar periódicamente los documentos que se relacionen con el mantenimiento vial.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda edición 1985,
2. Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda edición 2000.
3. Manual de procedimientos de conservación de carreteras. Unidad de Conservación Vial – COVIAL. 2001.
4. Tipos de Fallas del Pavimentó Flexible, Manual de carreteras Instituto Mexicano del Transporté.
5. NORMAS AASHTO, edición 2009.