



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA  
AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR, CAJAMARCA,  
2015”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Carlos Santiago Gonzales Chávez

**Asesor:**

Ing. Alejandro Cubas Becerra

Cajamarca – Perú

2015

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Gonzales Chávez Carlos Santiago**, denominada:

### **“FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR, CAJAMARCA, 2015”**

---

Ing. Alejandro Cubas Becerra  
**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
**PRESIDENTE**

---

Mcs. Ing. María Salomé De La Torre Ramírez  
**SECRETARIO**

---

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero  
**VOCAL**

## DEDICATORIA

Este trabajo va dirigido hacia  
mis padres, que siempre creyeron y  
confiaron en mí en todo momento y hacia  
toda mi familia que siempre me apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mi familia quienes siempre supieron apoyarme en todos los momentos trascendentales que viví, por invertir tiempo en la culminación de este trabajo de manera correcta.

A mis amigos que lograron ayudarme ya sea con consejos o con tiempo para completar la tesis.

A todos los docentes que transmitieron conocimientos durante la duración de la carrera, ya que con dicha labor contribuyeron a finalizar exitosamente mi carrera.

Gracias al director de carrea de ingeniería civil el Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga por su constante guía y tiempo para la elaboración de esta tesis.

Gracias a mi asesor el Ing. Alejandro Cubas Becerra por su tiempo, guía, consejo, asesoramiento y paciencia para la culminación de esta tesis.

Gracias a la Universidad Privada del Norte por brindar las todas las herramientas para culminar mi carrera.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema.....	1
1.3. Justificación.....	1
1.4. Limitaciones .....	3
1.5. Objetivos .....	3
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	3
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes .....	4
2.2. Bases Teóricas .....	5
2.2.1. <i>Pavimento</i> .....	5
2.2.2. <i>Pavimento flexible</i> .....	5
2.2.3. <i>Elementos estructurales que integran un pavimento.</i> .....	6
2.2.4. <i>Ciclo de vida de los pavimentos</i> .....	9
2.2.5. <i>Factores que afecta de forma directa a los pavimentos</i> .....	10
2.2.6. <i>Tipos de daños en pavimentos flexibles</i> .....	14
2.2.7. <i>Resumen fallas en pavimentos flexibles.</i> .....	53
2.2.8. <i>Cuadro resumen de tipo de fallas en pavimentos flexibles.</i> .....	54
2.3. Definición de términos básicos .....	58
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>59</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	59
3.2. Operacionalización de variables .....	59
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>60</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	60
4.2. Material de estudio.....	60
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	60
4.2.2. <i>Población</i> .....	60
4.2.3. <i>Muestra</i> .....	60
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	61

4.3.1.	<i>Para recolectar datos.....</i>	61
4.3.2.	<i>Para analizar información.....</i>	61
4.3.3.	<i>Procedimiento para el registro de los daños.....</i>	62
4.3.4.	<i>Formatos de inspección.....</i>	63
4.3.4.1.	<i>Parte I: Resumen de deterioros en pavimentos flexibles.....</i>	63
4.3.4.2.	<i>Parte II: Inspección visual de pavimentos flexibles.....</i>	63
4.3.5.	<i>Metodología.....</i>	65
<b>CAPÍTULO 5.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
5.1.	Resultados de la evaluación de las fallas por tipos.....	66
5.2.	Determinación del área afectada por tramos.....	83
5.3.	Determinación del área afectada por severidad.....	85
5.4.	Determinación de la cantidad de fallas por tipo.....	88
<b>CAPÍTULO 6.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>90</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>102</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>104</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1.</b> Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito.....	06
<b>Tabla N° 2.</b> Materiales de base.....	07
<b>Tabla N° 3.</b> Materiales de Sub-Base.....	08
<b>Tabla N° 4.</b> Etapas de deterioro en pavimento flexible.....	09
<b>Tabla N° 5.</b> Selección del tipo de cemento asfáltico.....	12
<b>Tabla N° 6.</b> Resumen tipo de fallas.....	54
<b>Tabla N° 7.</b> Sub muestras.....	61
<b>Tabla N° 8</b> Resumen daños en el pavimento (FL).....	66
<b>Tabla N° 9.</b> Porcentajes de afectación para FL.....	67
<b>Tabla N° 10</b> Resumen daños en el pavimento (FT).....	68
<b>Tabla N° 11.</b> Porcentajes de afectación para FT.....	69
<b>Tabla N° 12.</b> Resumen daños en el pavimento (HUN).....	70
<b>Tabla N° 13.</b> Porcentajes de afectación para HUN.....	71
<b>Tabla N° 14.</b> Resumen daños en el pavimento (PCH).....	72
<b>Tabla N° 15.</b> Porcentajes de afectación para PCH.....	73
<b>Tabla N° 16.</b> Resumen daños en el pavimento (BCH).....	74
<b>Tabla N° 17.</b> Porcentajes de afectación para BCH.....	75
<b>Tabla N° 18.</b> Resumen daños en el pavimento (PC).....	76
<b>Tabla N° 19.</b> Porcentajes de afectación para PC.....	77
<b>Tabla N° 20.</b> Resumen daños en el pavimento (DC).....	78
<b>Tabla N° 21.</b> Porcentajes de afectación para DC.....	79
<b>Tabla N° 22.</b> Resumen daños en el pavimento (FB).....	80
<b>Tabla N° 23.</b> Porcentajes de afectación para FB.....	81
<b>Tabla N° 24.</b> Resumen daños en el pavimento (DSU).....	82
<b>Tabla N° 25.</b> Porcentajes de afectación para DSU.....	83
<b>Tabla N° 26.</b> Porcentaje de afectación total.....	83
<b>Tabla N° 27.</b> Cantidad de fallas según tipo.....	88
<b>Tabla N° 28.</b> Propuestas de solución.....	100

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N° 1</b> Etapas de deterioro en pavimento flexible.....	09
<b>Gráfico N° 2.</b> Tipos de fallas en pavimentos flexibles .....	53
<b>Gráfico N° 3.</b> Área afectada por tramos .....	84
<b>Gráfico N° 4.</b> Distribución de los daños por severidad Baja .....	85
<b>Gráfico N° 5.</b> Distribución de los daños por severidad Media .....	86
<b>Gráfico N° 6.</b> Distribución de los daños por severidad Alta.....	87
<b>Gráfico N° 7.</b> Cantidad de fallas en el pavimento flexible .....	89

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo evaluar el estado del pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur comprendido entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, que ha sido inspeccionado para identificar y clasificar las fallas, el grado de severidad asociado según los formatos de inspección y establecer unas posibles propuestas de mantenimiento.

Fue necesario una serie de procedimientos que permitieron llegar al éxito de la investigación, desde conocer el tipo de tránsito vehicular y el uso de los formatos para la recolección de datos que permitieron la clasificación de cada tipo de falla en cada tramo analizado, además del grado de severidad asociado (baja, media y alta) y el área que afectó cada uno de estos tipos.

Una vez tomados todos los datos en la vía, se procedió a organizarlos según tipo de fallas, área afectada respecto al total del área de la vía analizada, por severidad y por la cantidad de tipo de fallas. Todo esto para conocer el estado del pavimento e identificar las fallas funcionales para proponer medidas de mantenimiento y de esa forma evitar que se conviertan en fallas estructurales, ya que estas últimas afectan la confiabilidad del pavimento.

Finalmente, la inspección del pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur mediante formatos para pavimentos flexibles, se concluyó que la falla con severidad baja a lo largo de toda la vía es la de parche (PCH) con 198 veces repetidas y un área de 287.74 metros cuadrados.

Palabras clave: pavimento flexible, falla, severidad.

## **ABSTRACT**

This thesis aims to assess the state of the flexible pavement avenida vía de evitamiento sur between óvalo musical and the avenida industrial in the city of Cajamarca, which has been inspected to identify and classify faults, the degree of severity associated according to the inspection forms and possible proposals to establish maintenance.

A series of procedures that allowed achieve success in research, since knowing the type of vehicular traffic and the use of the formats for data collection that allowed the classification of each type of failure in each segment analyzed, and the degree was necessary of (low, medium and high) associated severity and area affected each of these types.

Once all the data taken on the road, we proceeded to organize them by type of failure, affected the total area of the pathway analyzed area, severity and the number of such failures. All this to meet the pavement condition and identify functional failures to propose measures for maintenance and thus prevent them from becoming structural flaws, since the latter affect the reliability of the pavement.

Finally, the inspection of flexible pavement Avenue south route through avoidance formats for flexible pavements, it was concluded that the low failure along the entire route is the patch severity (PCH) repeated 198 times and an area of 287.74 square meters.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

La construcción de pavimentos en la ciudad de Cajamarca ha ido aumentando debido al incremento del parque automotor que utiliza diariamente las vías que se construyen con el objetivo de brindar mejor comodidad para las personas que lo utilizan, sin embargo los pavimentos de dichas vías presentan deterioros, lo que genera malestar e inseguridad en las personas que conducen sus vehículos por las vías en mal estado. Como ejemplo podemos mencionar la demora en los tiempos de llegada a determinados lugares, el desgaste de llantas y el excesivo consumo de combustible de los vehículos que se produce cuando se acelera y desacelera constantemente; la invasión de carril también se puede atribuir a los pavimentos en mal estado que muchas de las veces genera accidentes de tránsito; otro efecto que acarrea este problema es la mala impresión que generan las fallas a la ciudad, debiéndose tener en cuenta para tomar medidas correctivas y solucionar estos problemas, ya que se sabe que la infraestructura de una ciudad es importante para el desarrollo, puesto que atrae turistas e inversión extranjera (MVCS, 2011).

La mayor parte de la vía de evitamiento sur de la ciudad de Cajamarca, se podría decir que tiene un pavimento flexible deteriorado, ya que esta fue pavimentada hace aproximadamente más de una década y desde entonces es posible que no tuvieron ningún tipo de tratamiento o mantenimiento; cuando se transita por ella es muy fácil observar grietas, daños, fisuras, deterioro superficiales entre otros. Todo esto podría generar costos elevados en mantenimiento o rehabilitación si llegan a ser fallas estructurales, pudiendo detectarse a tiempo cuando aún son fallas funcionales.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuáles son las fallas que presentan severidad con mayor número de incidencia en el pavimento flexible de la Avenida vía de evitamiento sur, Cajamarca, 2015?

### **1.3. Justificación**

Dentro de las principales funciones de un pavimentos son hacer el transito cómodo y seguro, las fallas estructurales del pavimento evaluado harían que se incumplan con estas funciones, por lo que los pobladores y las personas beneficiadas no están del

todo satisfechas con el estado del pavimento, dificultando así, el desarrollo y bienestar de la zona.

Desde la pavimentación de la avenida vía de evitamiento sur hasta la fecha actual es posible que no se haya realizado ninguna inspección ni mantenimiento de esta en su totalidad. La finalidad del estudio radica en la importancia de detectar a tiempo las fallas y sus causas asociadas para poder realizar un correcto y oportuno mantenimiento de estas, para evitar que evolucionen a unas fallas de carácter estructural que generan mayores costos y tiempo de trabajo.

Dada la importancia de esta avenida, es oportuno realizar una evaluación de este pavimento para determinar las fallas principales que este presenta.

- **Justificación Teórica:**

Encontrar la forma de garantizar la integridad de la estructura, que se ve afectada por factores como:

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

- **Justificación aplicativa o practica:**

Garantizar un flujo de tráfico adecuado que genere transitabilidad sin dañar los vehículos.

- **Justificación Valorativa:**

Nos proporcionara la adquisición de metodologías y técnicas adecuadas para evaluar desde una perspectiva científica una problemática específica logrando un mayor conocimiento con respecto a nuestra carrera y ganar experiencia para nuestra vida laboral.



- **Justificación académica:**

Mediante la investigación y los conocimientos adquiridos en la Universidad Privada del Norte se complementará nuestra formación profesional y así un óptimo desempeño posteriormente.

#### **1.4. Limitaciones**

Las limitaciones de la investigación se centran a la escasa información actual en estudios similares y a los antecedentes de la localidad de Cajamarca que refiere para la evaluación de pavimentos flexibles para conocer el estado en que se encuentran.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Evaluar las fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur, Cajamarca, 2015.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Describir las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, 2015.
- Determinar el tipo de severidad que presentan las fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, 2015.
- Establecer propuestas para operación y futuro mantenimiento para pavimentos flexibles en vías de evitamiento.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

En el antecedente más relevante se ha encontrado la siguiente información, que servirá de referencia para nuestro estudio.

Tesis de Homer Daniel Sangay Sangay “Evaluación del estado del pavimento rígido del jirón Alfonso Ugarte - Cajamarca, 2014”, donde se evaluó al pavimento rígido mediante el método del Índice de condición del Pavimento (PCI). El cual nos dice que las fallas con mayor nivel de severidad que se presentan en el pavimento rígido son: losas divididas, parches en mal estado, escamaduras de juntas, agrietamientos lineales, punzomaniento y grietas de esquina. Adicionalmente a eso, nos indica que el pavimento necesita medidas de reparación como: limpieza y sellado de las grietas, reemplazo de parches en mal estado, reemplazo de losas deterioradas por punzomaniento o losas divididas de severidad alta, parcheo profundo donde exista daño severo localizado como en las grietas de esquina y agrietamientos lineales, fresado en las losas con escalamiento y sellado de juntas en las áreas que se ha indicado en cada unidad de muestreo.

Tesis de Jhessy Elian Camposano Olivera y Kenny Víctor García Cardenas “Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método: Índice de condición de pavimentos -2012”, donde se encontraron las fallas de piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento y hundimiento, parcheo, grieta de borde, donde las causas principales son por la condición climática de la zona, las cargas de tránsito y material de baja calidad con bases inestables. Concluyéndose que se debe realizar un mantenimiento intensivo a lo largo de todo el pavimento.

Tesis de Edgar Daniel Rodríguez Velásquez “Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito de Castilla”, 2009, donde las fallas encontradas más frecuentes son de peladura (descascamiento) y corrugación, ambas de severidad baja. Las propuestas de mantenimiento que se dieron son de lechadas asfálticas o slurry seal como procedimientos correctivos o preventivos para la superficie del pavimento.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Pavimento

El pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo (Velásquez, 2009).

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (MTC, 2013).

- Capa de Rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito (MTC, 2013).
- Base: Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ( $CBR \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2013).
- Subbase: Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ( $CBR \geq 40\%$ ) o tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2013).

### 2.2.2. Pavimento flexible

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero

asfáltico, tratamiento superficial bicapa, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013).

En las mezclas asfálticas es fundamental obtener un contenido óptimo de asfalto ya que, es este elemento el encargado de formar una membrana que tenga las adecuadas dimensiones para resistir las sollicitaciones producto del tránsito y de la intemperie (Gamboa, 2009).

**Tabla N° 01. Tipo de carpeta asfáltica según intensidad del tránsito**

<b>Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido</b>	<b>Tipo de carpeta</b>
Mayor de 2000 veh./día	Mezcla en planta de 7.5 cm de espesor mínimo.
1000 a 2000	Mezcla en planta de 5 cm de espesor mínimo.
500 a 1000	Mezcla en el lugar o planta de 5 cm de mínimo.
Menos de 500	Tratamiento superficial simple o múltiple.

Fuente: Lizcano, 2003.

### 2.2.3. Elementos estructurales que integran un pavimento.

#### a. Base.

La base es la capa situada debajo de la carpeta (pavimento flexible). Su función es eminentemente ser resistente, absorbiendo la mayor parte de los esfuerzos verticales y su rigidez o su resistencia a la deformación bajo las sollicitaciones repetidas del tránsito suele corresponder a la intensidad del tránsito pesado. Así, para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante (Miranda, 2010).

**Tabla N° 02. Materiales de Base**

<b>Características</b>	<b>Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría</b>
Límite líquido, en porcentaje (máx.)	25 %
Índice plástico máximo	6 %
Partículas alargadas máximo	35 %
Compactación	100 %
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	100 min
Equivalente de arena, en porcentaje	50 min
Índice de durabilidad en porcentaje	40 min

Fuente: García, 2012.

**b. Sub – Base.**

En los pavimentos flexibles, la subbase es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que brinde un apoyo uniforme y permanente al pavimento.

Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se ubica inmediatamente abajo de las losas de hormigón, y puede ser no necesaria cuando la capa subrasante es de elevada capacidad de soporte.

Su función es proporcionar a la base un cimiento uniforme y constituir una adecuada plataforma de trabajo para su colocación y compactación. Debe ser un elemento permeable para que cumpla también una acción drenante, para lo cual es imprescindible que los materiales usados carezcan de finos y en todo caso suele ser una capa de transición necesaria.

Esta capa no debe ser sujeta al fenómeno de bombeo y que sirva como plataforma de trabajo y superficie de rodamiento para las máquinas pavimentadoras. En los casos que el tránsito es ligero, principalmente en

vehículos pesados, puede prescindirse de esta capa y apoyar las losas directamente sobre la capa subrasante (Miranda, 2010).

**Tabla N° 03. Materiales de Sub-Base**

<b>Características</b>	<b>Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría</b>
Limite líquido, en porcentaje (máx.)	25 %
Índice plástico máximo	6 %
Partículas alargadas máximo	35 %
Compactación mínima	100 %
Valor relativo de soporte estándar saturado, en porcentaje	100 min
Equivalente de arena, en porcentaje	50 min

Fuente: García, 2012.

**c. Sub – rasante.**

Esta capa debe ser capaz de resistir los esfuerzos que le son transmitidos por el pavimento. Interviene en el diseño del espesor de las capas del pavimento e influye en el comportamiento del pavimento. Proporciona en nivel necesario para la subrasante y protege al pavimento conservando su integridad en todo momento, aún en condiciones severas de humedad, proporcionando condiciones de apoyo uniformes y permanentes.

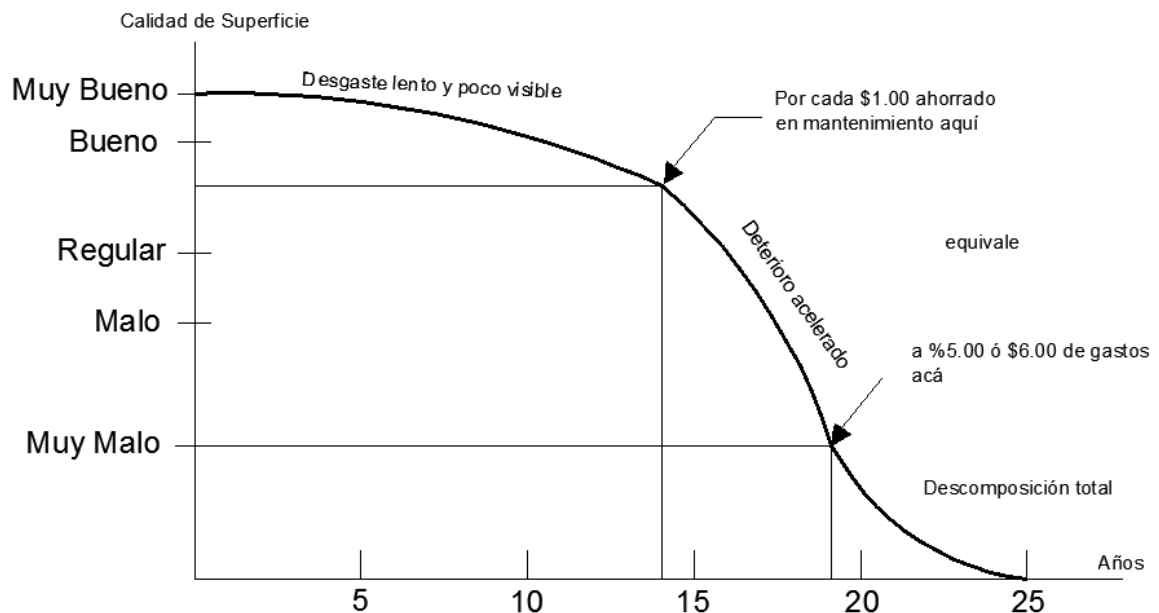
Con respecto a los materiales que constituyen la capa subrasante, necesariamente deben utilizarse suelos compactables y obtener por lo menos el 95% de su grado de compactación (Miranda, 2010).

### 2.2.4. Ciclo de vida de los pavimentos

Los pavimentos sufren deterioros constantes debido a las solicitaciones externas (lluvia, tránsito, etc.), el efecto que estas producen es permanente y puede resultar en un pavimento intransitable (Gamboa, 2009).

El deterioro de un pavimento se da desde una etapa inicial, con un deterioro casi imperceptible hasta el deterioro total. Es por ello que los pavimentos se proyectan para que sirvan un determinado número de años, esta proyección es denominada ciclo de vida útil (Gamboa, 2009).

**Gráfico N° 1. Etapas de deterioro en pavimento flexible.**



Fuente: Naciones Unidas, 1994.

El ciclo de vida del pavimento puede clasificarse en cuatro etapas, estas son:

**Tabla N° 04. Etapas de deterioro en pavimento flexible.**

<b>Etapas 1: Construcción</b>	En esta etapa, el estado del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios. El costo en el que se ha incurrido hasta esta etapa es la construcción del paquete estructural.
<b>Etapas 2: Deterioro imperceptible</b>	El pavimento ha sufrido un desgaste progresivo en el transcurso del tiempo, el deterioro en esta etapa ya existe pero es poco visible y no es apreciable por los usuarios. Generalmente el mayor daño se produce en la superficie de rodadura debido al tránsito y clima. Para disminuir el deterioro o desgaste se hace necesario aplicar una serie de medidas de mantenimiento y conservación, si no se efectúan la vida útil del pavimento se reduce drásticamente. El camino sigue estando en buenas condiciones y sirviendo adecuadamente a los usuarios, el costo del mantenimiento anual esta alrededor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción. El estado del camino varía desde excelente a regular.
<b>Etapas 3: Deterioro acelerado</b>	Después de varios años, los elementos del pavimento están cada vez más deteriorados, la resistencia al tránsito se ve reducida. La estructura básica del pavimento está dañada, esto lo podemos constatar por las fallas visibles en la superficie de rodadura. Esta etapa es corta, ya que la destrucción es bastante acelerada. El estado del camino varía desde regular hasta muy pobre.
<b>Etapas 4: Deterioro total</b>	Esta última etapa puede durar varios años y constituye el desgaste completo del pavimento. La transitabilidad se ve seriamente reducida y los vehículos empiezan a experimentar danos en sus neumáticos, ejes, etc. Los costos de operación de los vehículos aumenta y la vía se hace intransitable para autos.

Fuente: Menéndez, 2003.

### 2.2.5. Factores que afecta de forma directa a los pavimentos.

Según lo expuesto en la tesis de Guadalupe, 2011, Los factores que, independientemente del método y calidad del diseño de un pavimento, afectan en forma predominante a este, pueden considerarse comprendidos en los siguientes tres grupos:



a) Características de los materiales que constituyen la capa subrasante.

Los materiales que constituyen la capa subrasante de un camino o una aeropista juegan un papel importante en el comportamiento y espesor requerido de un pavimento flexible. Para ello hay que determinar las características de los materiales y esto se logra aplicando los conocimientos de la mecánica de suelos, ya que los pavimentos caen dentro de la especialidad; y no solo se refiere a la terracería y subrasante, sino también a lo que es la sub-base y base, cuyas propiedades mecánicas e hidráulicas definen en buena parte un problema de pavimentación.

b) El clima.

Hay un factor climático principal que afecta a los pavimentos, es la precipitación pluvial, ya sea por acción directa o por la elevación de las aguas freáticas. Usualmente, en el proyecto de un pavimento se toma o se obliga el diseño y la construcción de estructuras adicionales de drenaje, aparte del drenaje que normalmente se encuentra en una obra vial o al empleo de diseños especiales para el pavimento.

Las heladas, en climas rigurosos y suelos susceptibles pueden ser fuente de un gran número de problemas para el pavimento.

Aunque también las temperaturas y los cambios abruptos afectan los diseños, sobre todo las losas de concreto, pues inducen esfuerzos muy importantes en estas estructuras.

En el Perú la gestión vial se viene trabajando con información climática nacional producida por el Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (en adelante SENAMHI). En general la información requerida por la metodología de diseño tradicional, en cuanto a temperaturas por regiones o cuencas y valles, está relativamente bien cubierta (MTC, 2013).

c) El tránsito.

El tránsito produce las cargas a que el pavimento va a estar sujeto. Respecto al diseño de los pavimentos interesa conocer la magnitud de estas cargas, las presiones de inflado de las llantas, así como el área de contacto, su disposición y arreglo en el vehículo, la frecuencia y número de repeticiones de las cargas y las velocidades de aplicación (MTC, 2013).

Estas características de las cargas son muy difíciles e imposibles de reproducir en laboratorios con los fines de investigación. El estudio de los pavimentos es hasta hoy algo así casi puramente empírico (MTC, 2013).

d) Conocimiento de la demanda para estudio.

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino.

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio.

Para cada uno de los tramos además de la demanda volumétrica actual deberá conocerse la clasificación por tipo de vehículos (MTC, 2013).

e) Temperatura.

Un criterio muy importante a tenerse en cuenta es que normalmente en los territorios altos andinos del Perú las temperaturas del pavimento en los meses de Junio a Octubre presentan variaciones diarias en rango cercano a 40 grados centígrados y principalmente fenómenos de heladas con fuertes radiaciones solares y vientos fríos.

La temperatura afecta directamente la deformación de la carpeta asfáltica (CA); y las variaciones de temperaturas produce tensiones en la CA. Las temperaturas bajas tienen influencia en la aparición del agrietamiento por fatiga la que se potencia con

el ahuellamiento. Por otra parte las temperaturas altas tienen influencia en el ahuellamiento de la CA.

En función de las temperaturas regionales distintas debe seleccionarse la aplicación de asfaltos con rangos distintos de penetración, tal como se indica en el cuadro de Selección del tipo de cemento asfáltico del MTC que se presenta a continuación (MTC, 2013)

**Tabla N° 05. Selección del tipo de cemento asfáltico.**

<b>Temperatura Media Anual</b>			
<b>24 °C o más</b>	<b>24°C – 15°C</b>	<b>15°C – 5°C</b>	<b>Menos de 5°C</b>
40 – 50 ó	60 - 70	85 – 100	Asfalto Modificado
60 – 70 ó		120 - 150	
modificado			

Fuente: MTC, 2013.

f) Las precipitaciones de lluvias.

Las lluvias afectan fuertemente los requerimientos del diseño de las capas granulares y del diseño de los pavimentos, sea directamente por su presencia superficial sobre la superficie del camino y su percolación hacia el interior del pavimento, o sea por el efecto originado por la presencia de aguas cercanas al camino en lagunas y en corrientes de aguas superficiales y/o subterráneas que elevan el nivel de la napa freática bajo la plataforma del camino y la modifican según corresponda al periodo mensual de las lluvias. Un nivel freático alto cercano a las capas superiores de la subrasante de diseño del proyecto, pueden desestabilizarlas por el fenómeno de la capilaridad del material utilizado (MTC, 2013).

## **2.2.6. Tipos de daños en pavimentos flexibles**

Según el Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, Bogotá, 2006, se clasifica de la siguiente forma:

### **A. 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
- Perdidas de capas estructurales
- Daños superficiales
- Otros daños

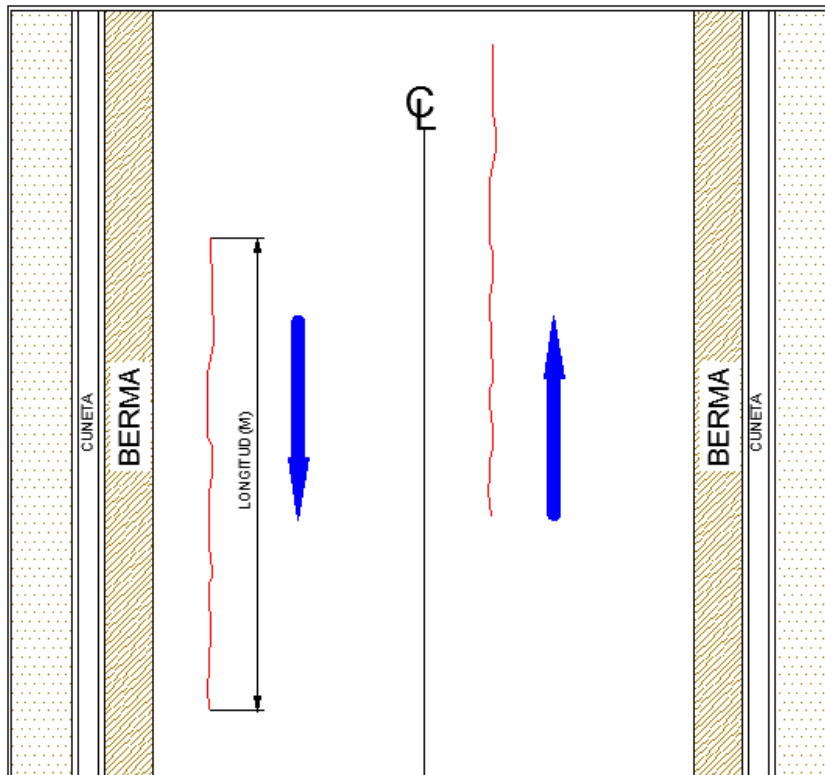
Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores, algunos de los cuales se han establecido mediante la revisión bibliográfica, y otros mediante evaluación de campo y ensayos de laboratorio. A continuación se presenta la definición de cada uno de estos deterioros, 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 de figuras que permite al lector tener una idea más clara de los daños que se pueden encontrar durante una inspección visual típica. La abreviatura con la cual se registrara cada tipo de daño en el formato de campo aparece entre paréntesis.

### **A.1. FISURAS**

#### **A.1.1. Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).**

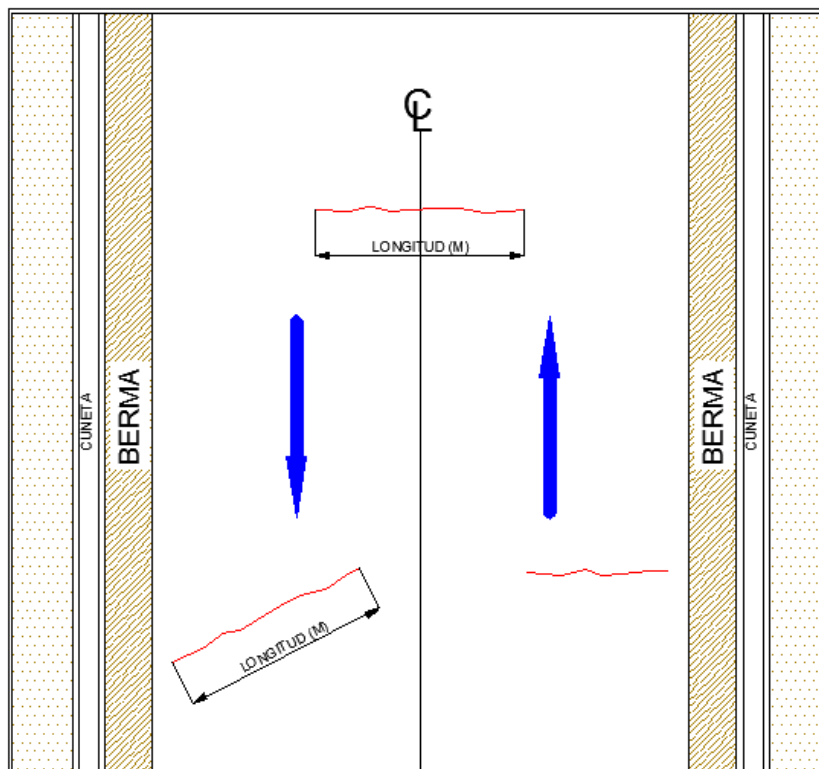
Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las genero, 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.

**Figura N° 01. Fisura longitudinal (FL, unidad de medida: m)**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Figura N° 02. Fisura transversal (FT, Unidad de medida: m)**



Fuente: Bogotá, 2006.

### **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<sup>1</sup>, 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.

Otra causa para la conformación de Fisuras Longitudinales es:

- 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 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 3mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar desportillamiento leves; existe una alta posibilidad de infiltración de agua a través de ellas.
- Alta: abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar desportillamiento considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, pueden causar movimientos bruscos a los vehículos.

### **Unidad de medición:**

Se mide 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 la fisura por un ancho de referencia establecido en 0.6 m, esto para los fines del análisis del área total afectada.

---

<sup>1</sup> Filler: material de origen mineral, no arcilloso, que pasa tamiz N° 200.

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, asignado a toda el área la mayor severidad encontrada.

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

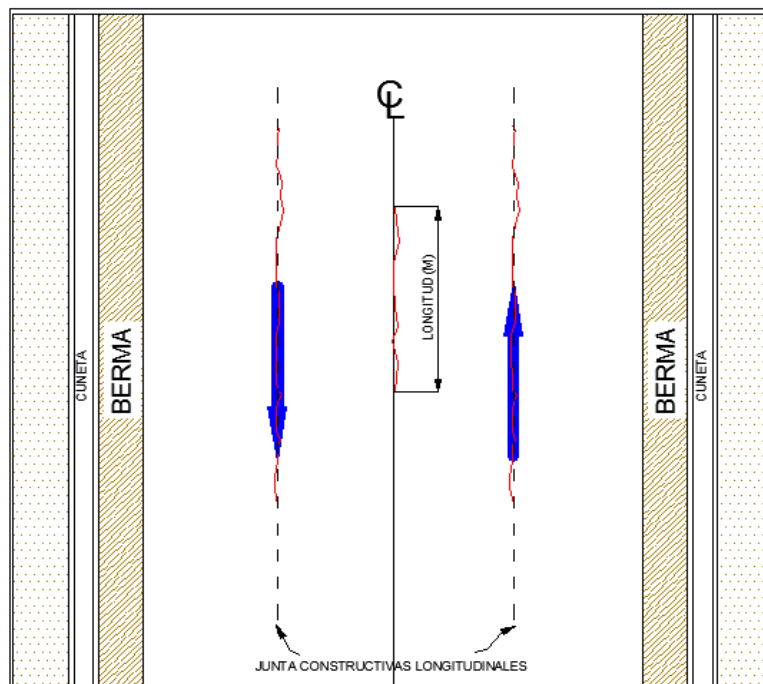
### **Evolución probable:**

Piel de cocodrilo, desintegración, descascaramientos, asentamientos longitudinales transversales (por ingreso de agua), fisuras en bloque.

### **A.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.

**Figura N° 03. Fisura longitudinal junta de construcción (FCL, Unidad de medida: m)**

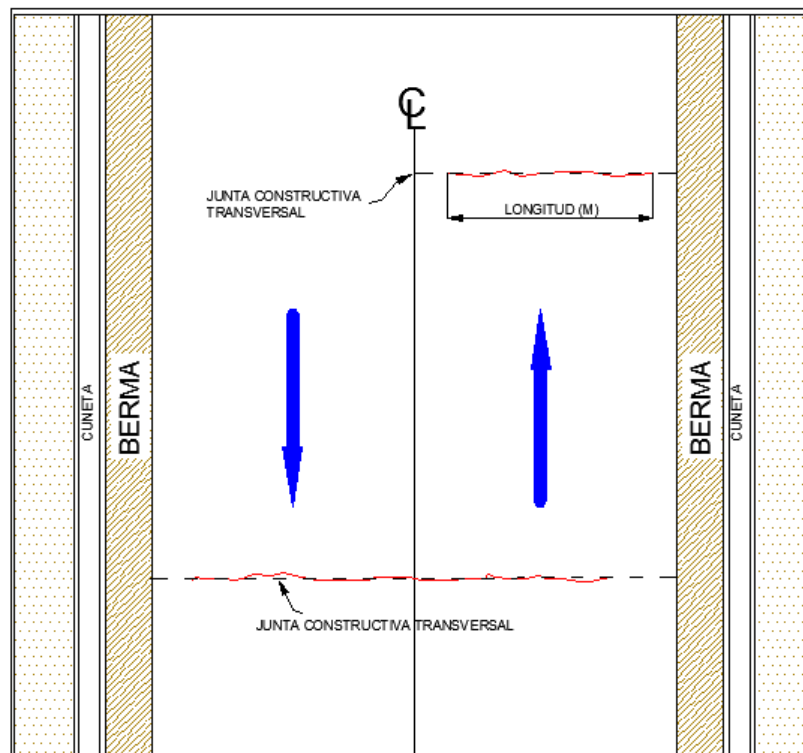


Fuente: Bogotá, 2006.

**Causas:**

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

**Figura N° 04. Fisura transversal junta de construcción (FCT, Unidad de medida: m)**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Severidades y Unidades 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, desportillamiento.

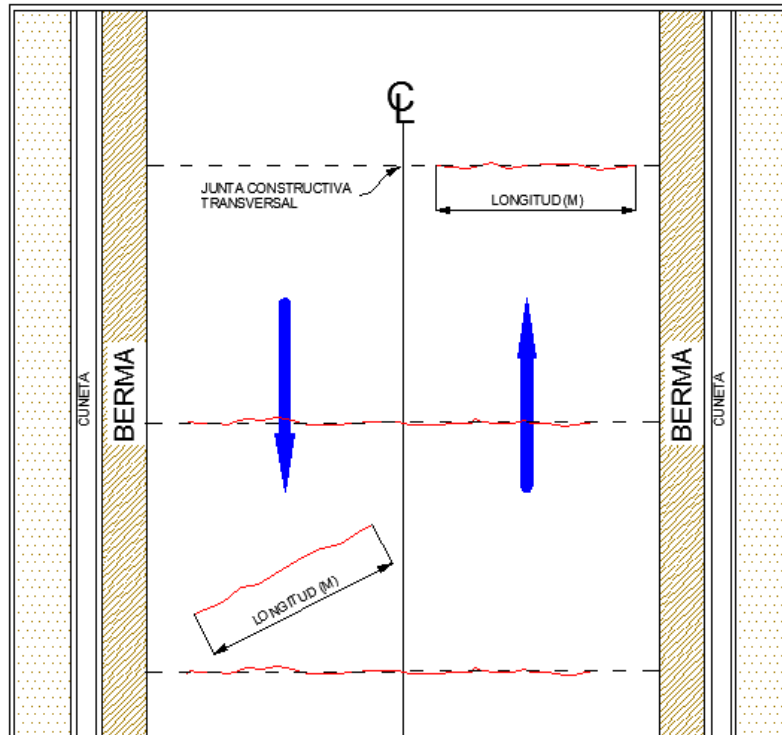
**A.1.3. Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL o FJT).**

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.

**Figura N° 05. Fisura por reflexión de juntas en placas de concreto (FJL o FJT,  
Unidad de medida: m)**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### **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 este, debido a los cambios de temperatura y de humedad. Generalmente no se atribuyen a las cargas de tránsito, aunque estas 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 trasversales.

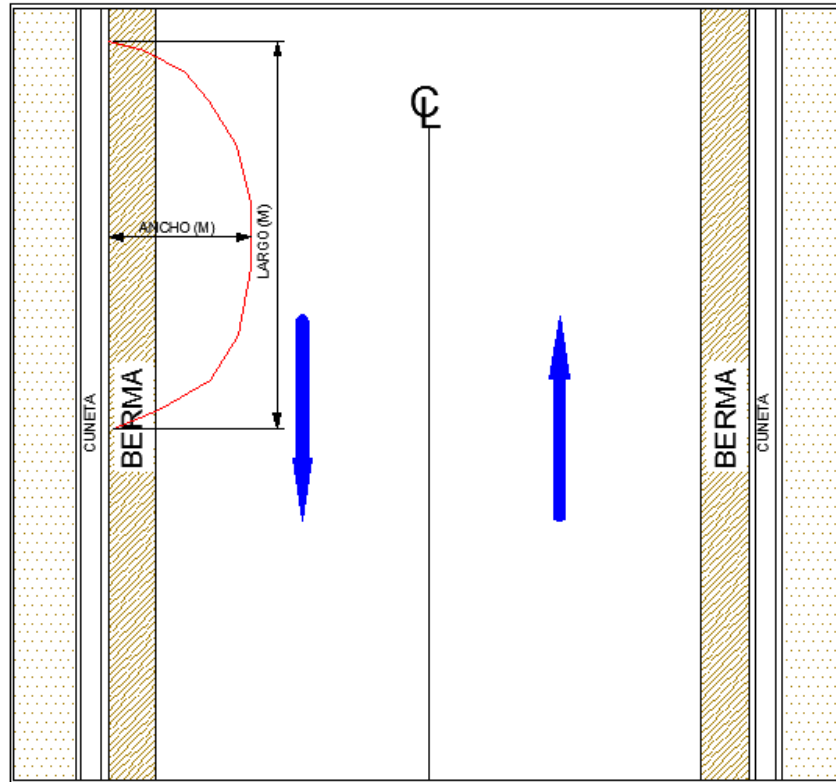
#### **Evolución probable:**

Fisuras en bloque, descascaramientos, baches.

#### A.1.4. Fisuras en medialuna (FML).

Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos.

**Figura N° 06. Fisura en media luna (FMD, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### Causas:

En general, este tipo de fisuras se producen por la inestabilidad de la banca o por efectos locales de pérdida de agua, aunque entre otras causas se pueden mencionar las siguientes:

- Falla lateral del talud en zonas de terraplén.
- Falla de talud en zonas de corte a media ladera.
- Ausencia o falla de obras de contención de la banca.
- 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<sup>2</sup>), correspondiente a la longitud de vía afectada multiplicada por en ancho de afectación de la fisura, asignado 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 que está relacionado con la fisura en medialuna.

**Evolución probable:**

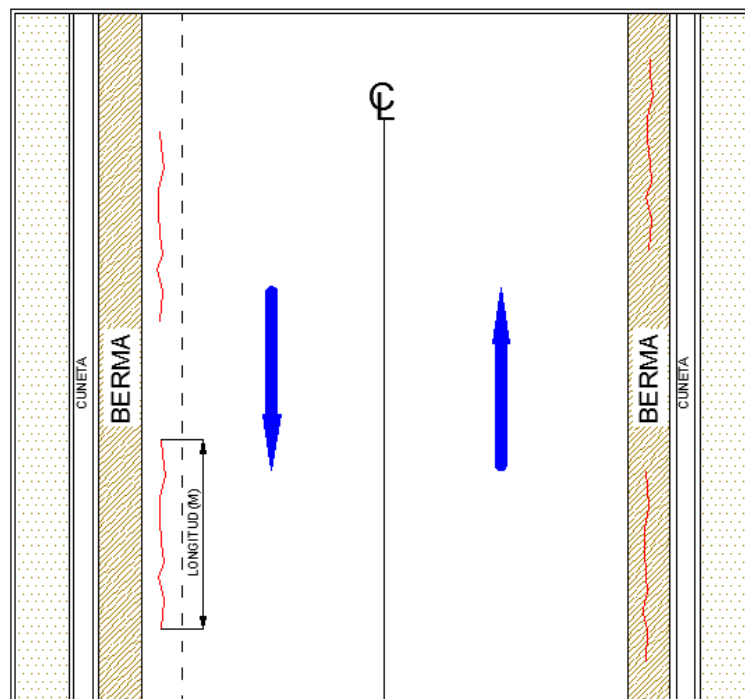
Ampliación del proceso (aumento del área afectada), aumento del hundimiento, pérdida de la banca.

**A.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 usencia 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 acho de hasta 0.6 m.

**Figura N° 07. Fisura de borde (FBD, Unidad de medida: m).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Causas:**

La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficiente o sobre carpetas 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:**

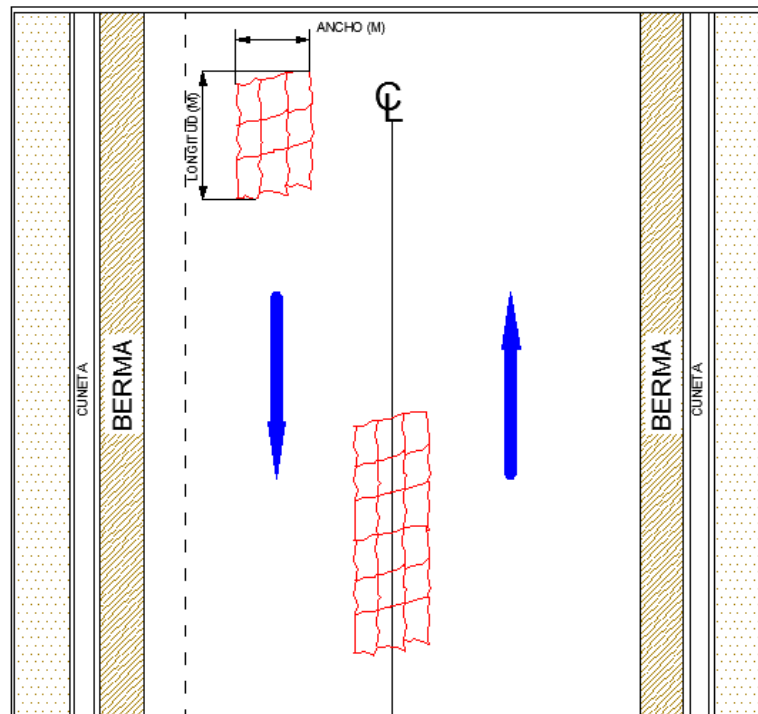
Desprendimiento del borde o descascaramientos.

**A.1.6. Fisuras el bloque (FB).**

Cuando se presenta este tipo de daño la superficie del asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0.30m. (CORONADO, 2000).

Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques 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.

**Figura N° 08. Fisura en bloque (FB, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 menos que 1mm, 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 aberturas mayores que 3 mm, pueden presentar 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 el área afectada y se asigna el mayor grado de severidad.

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

#### **Evolución probable:**

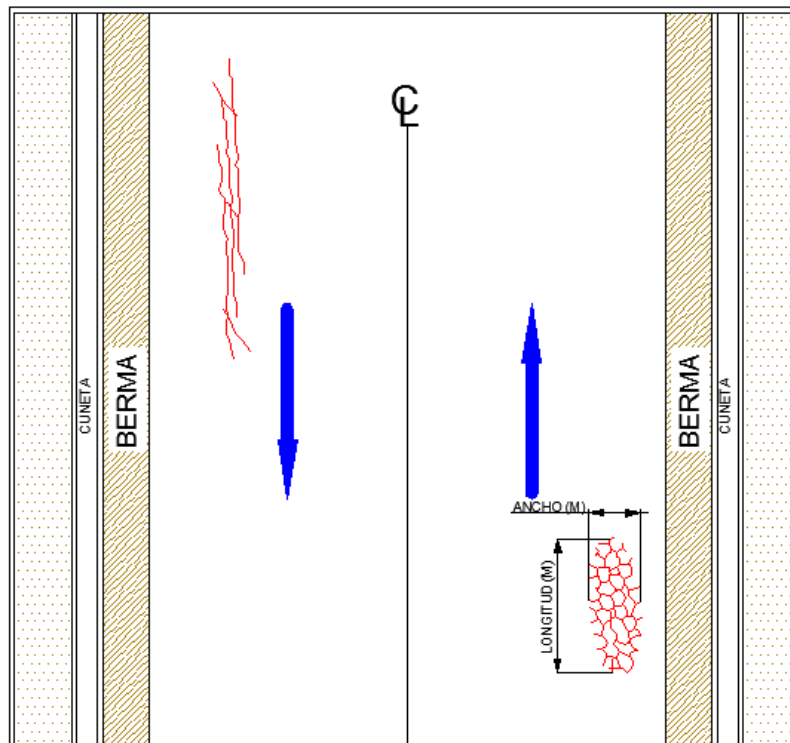
Piel de cocodrilo, descascamientos.

#### **A.1.7. Piel de cocodrilo (PC).**

Corresponden a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizados 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 cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menos 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, la falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y subrasantes expansivas, entre otras. Este tipo de daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido.

**Figura N° 09. Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Causas:**

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o 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 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 descaramientos y bombeo.

### **Unidad de medición:**

Se reporta el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Cuando en un área se combinan 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:**

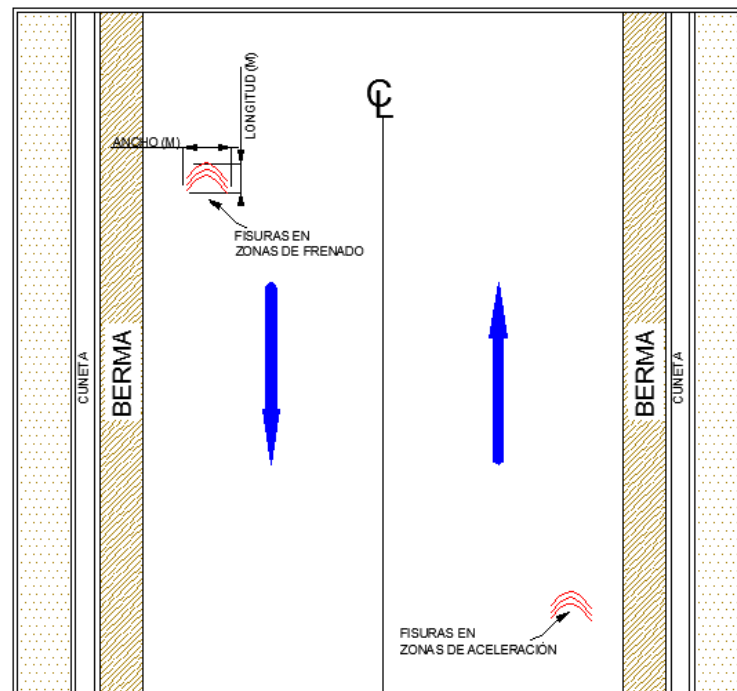
Deformaciones, descascaramientos, baches.

#### **A.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.



**Figura N° 10. Fisuración por deslizamiento de capas (FDC, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

### 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 aceleración de los vehículos.

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

### Severidades:

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

- Bajas: Aberturas de las fisuras menor que 1 mm.
- Media: Abertura de las fisuras entre 1 mm y 3 mm, pueden existir agrietamientos alrededor de las fisuras, con aberturas menores a 1 mm.
- Alta: Abertura máxima de las fisuras 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 ( $m^2$ ) con la mayor severidad presente.

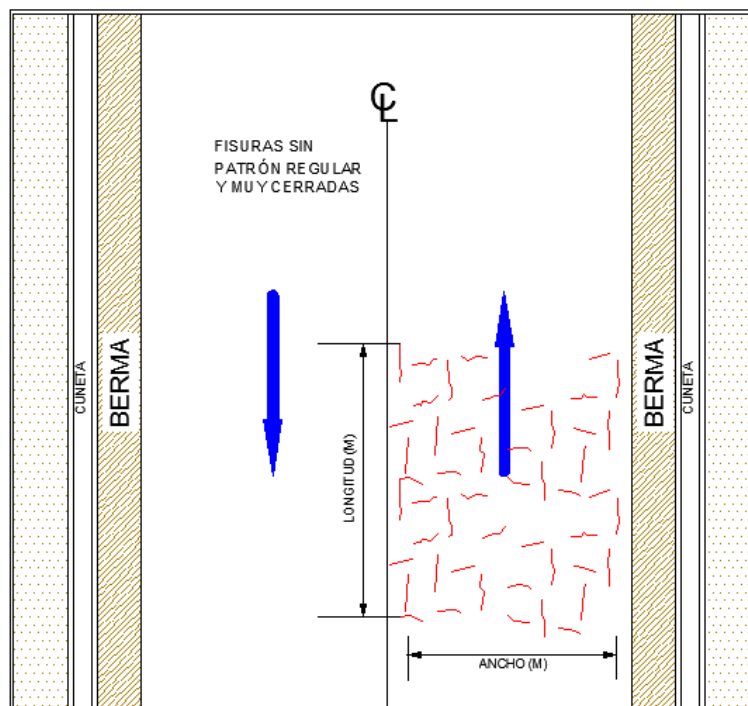
**Evolución probable:**

Descascaramientos, baches, hundimientos, abultamientos.

**A.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.

**Figura N° 11. Fisuración incipiente (FIN, Unidad de medida:  $m^2$ ).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 en metros cuadrados ( $m^2$ ), no tiene grados de severidad asociados.

**Evolución probable:**

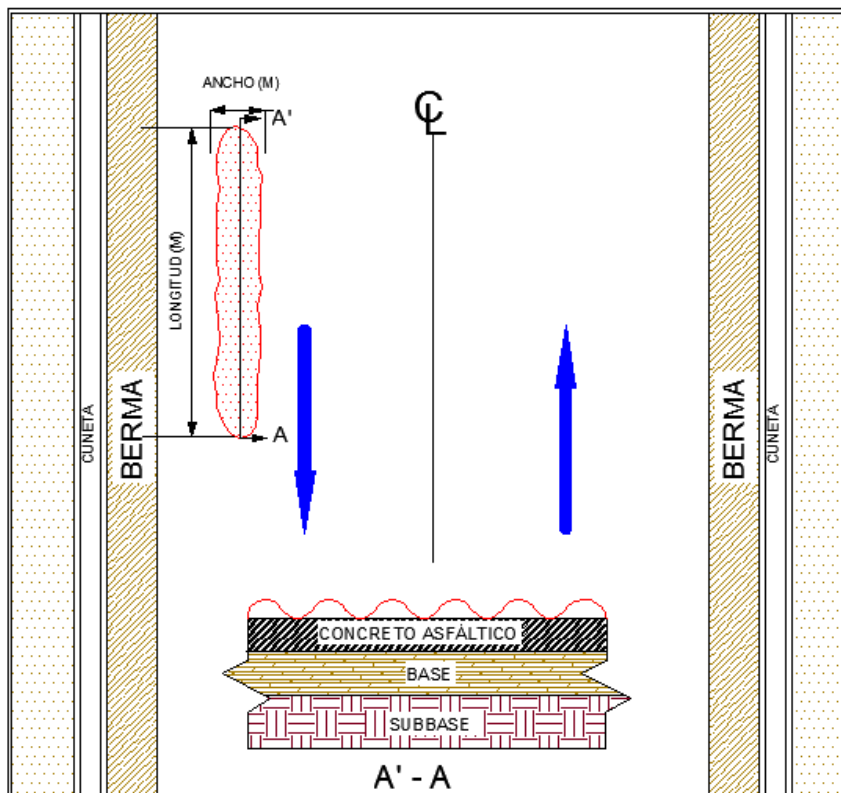
Piel de cocodrilo de pequeños bloques, pérdida de agregados, fisuras en bloque.

**A.2. DEFORMACIONES**

**A.2.1. Ondulaciones (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.

**Figura N° 12. Ondulación (OND, Unidad de medida:  $m^2$ ).**



Fuente: Bogotá, 2006.

### **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 ligante 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.
- Influencia 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.

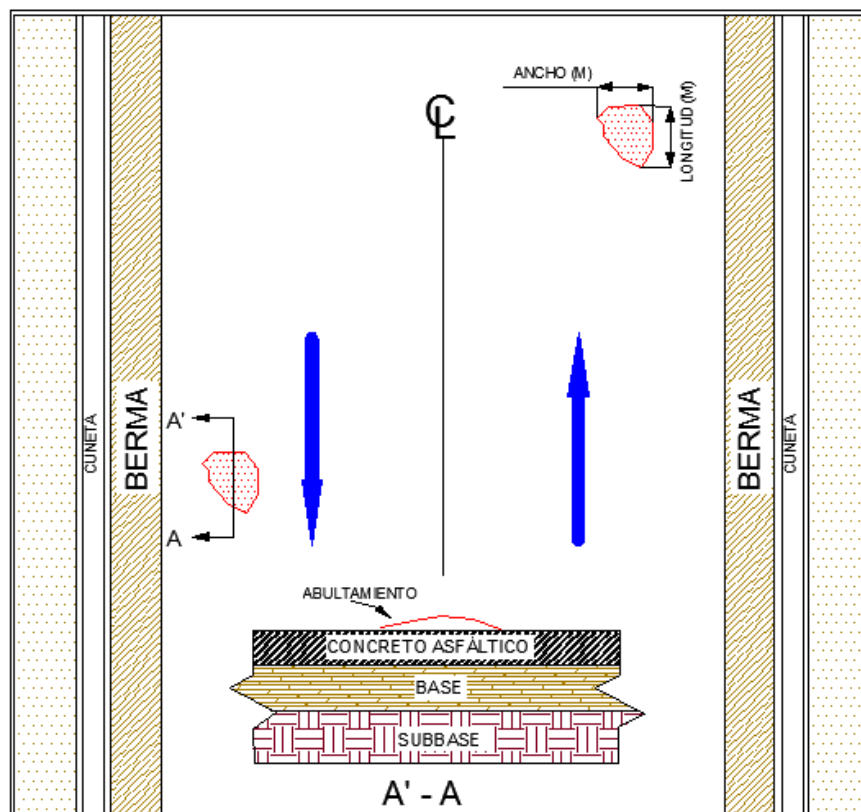
### **Evolución probable:**

Exudación, ahuellamiento.

### A.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.

**Figura N° 13. Abultamiento (AB, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### Causas:

Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo a la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo). También puede corresponder a una ondulación localizada, generada por las mismas causas indicadas en numeral A.2.1.

#### Severidades y unidad de medición:

Aplican los mismos criterios establecidos para la ondulación.

**Evolución probable:**

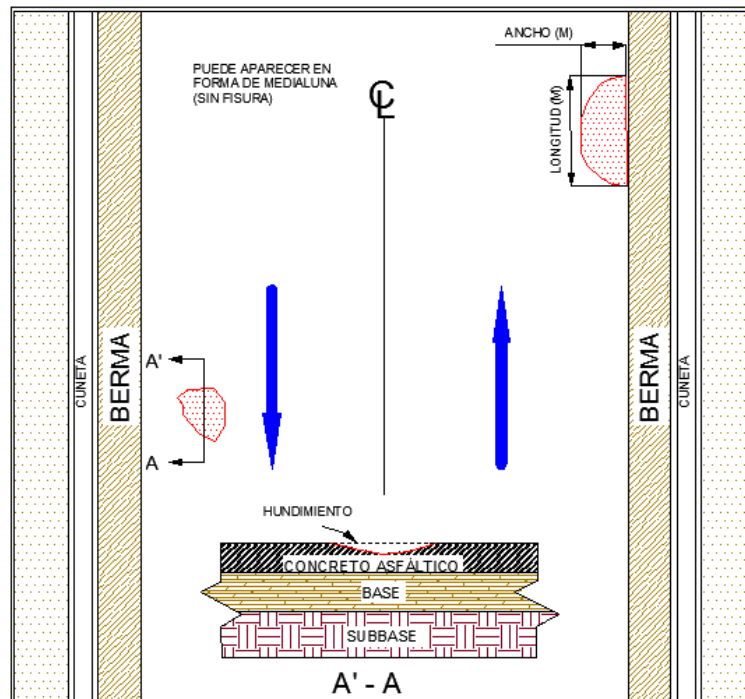
Fisuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.

**A.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. 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.

**Figura N° 14. Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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.

- Deficiencia 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>).

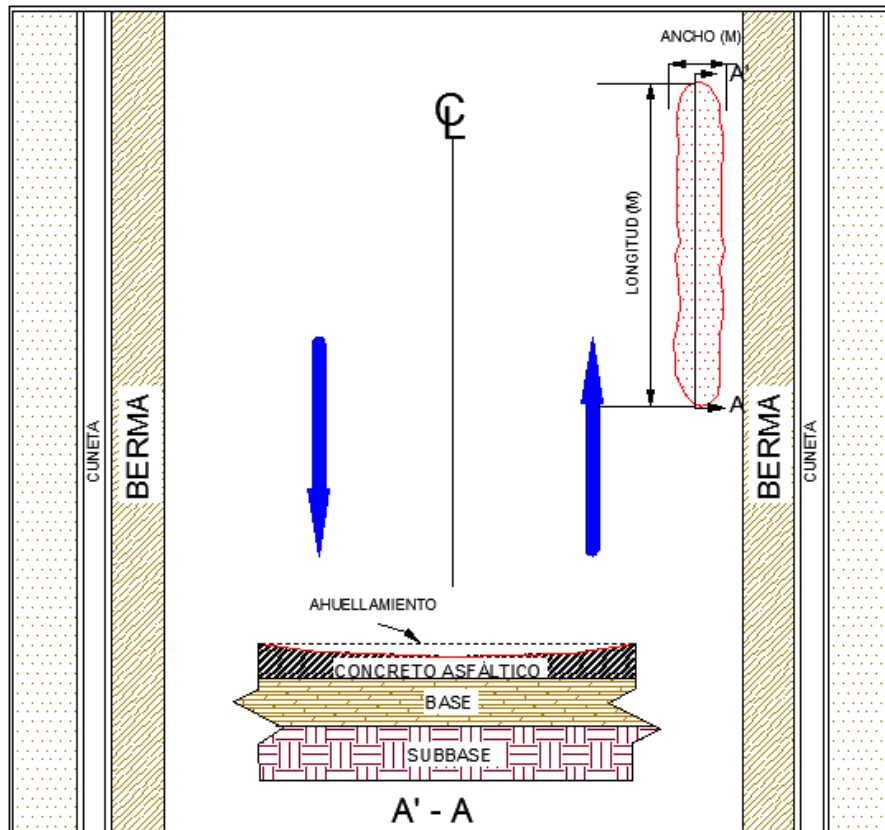
**Evolución probable:**

Fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

**A.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.

**Figura N° 15. Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 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:**

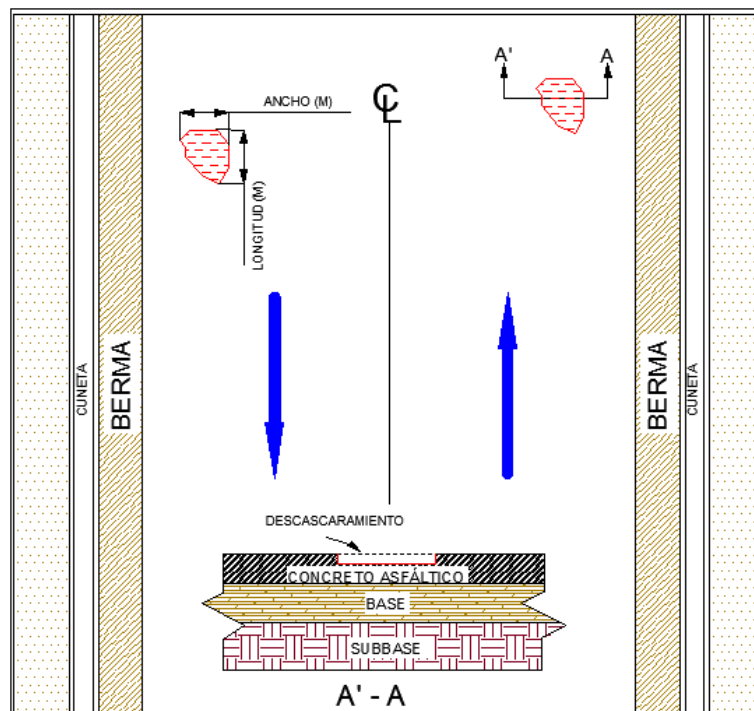
Piel de cocodrilo, desprendimientos.

**A.3. PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA**

**A.3.1. Descascaramientos (DC).**

Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.

**Figura N° 16. Descascaramiento (DC, Unidad de medida:  $m^2$ ).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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>).

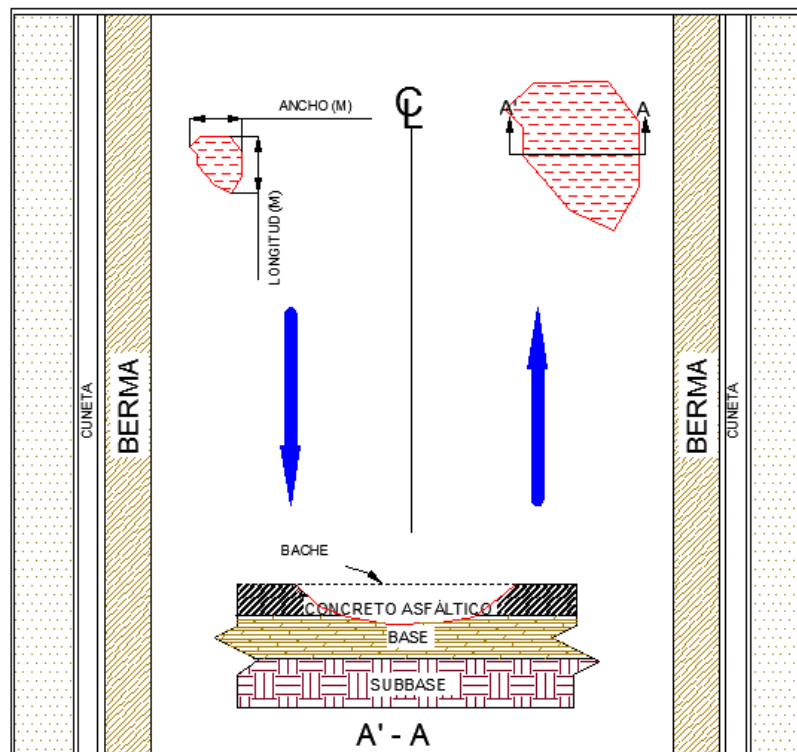
**Evolución probable:**

Piel de cocodrilo, bache.

**A.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.

**Figura N° 17. Bache (BCH, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

### 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.

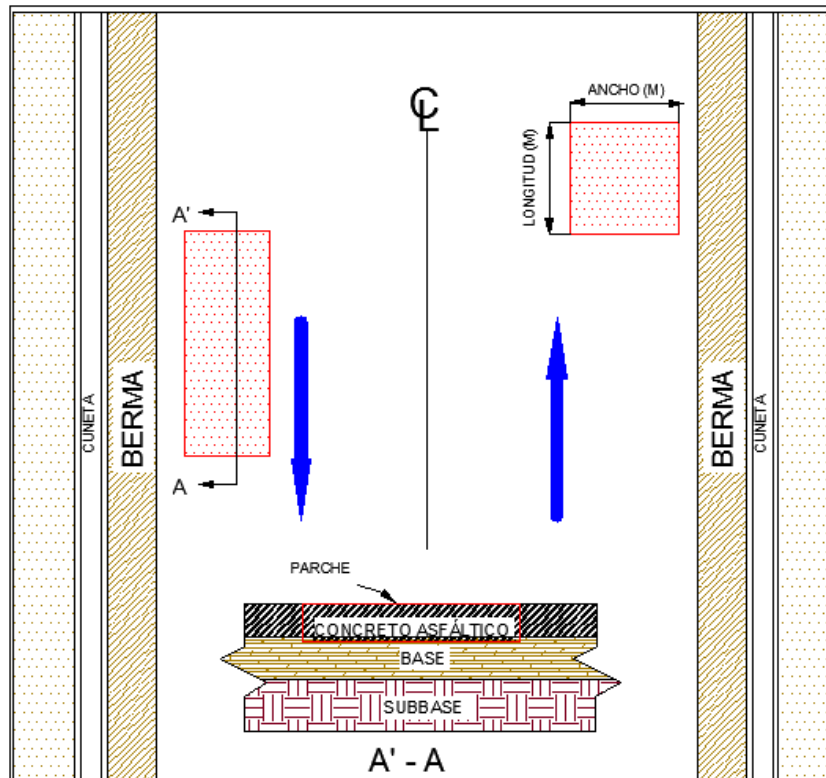
**A.3.3. Parche (PCH).**

Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido reemplazado por 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, esta se conoce como parcheo.
- Cuando la intervención realizada comprendió el reemplazo parcial o total de granulares, esta se conoce como bacheo.

**Figura N° 18. Parche (PCH, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 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 cuadrado (m<sup>2</sup>). Para el reporte del daño es necesario anotar el área del parche y cuando este 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 estas últimas están afectadas.

**Evolución probable:**

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

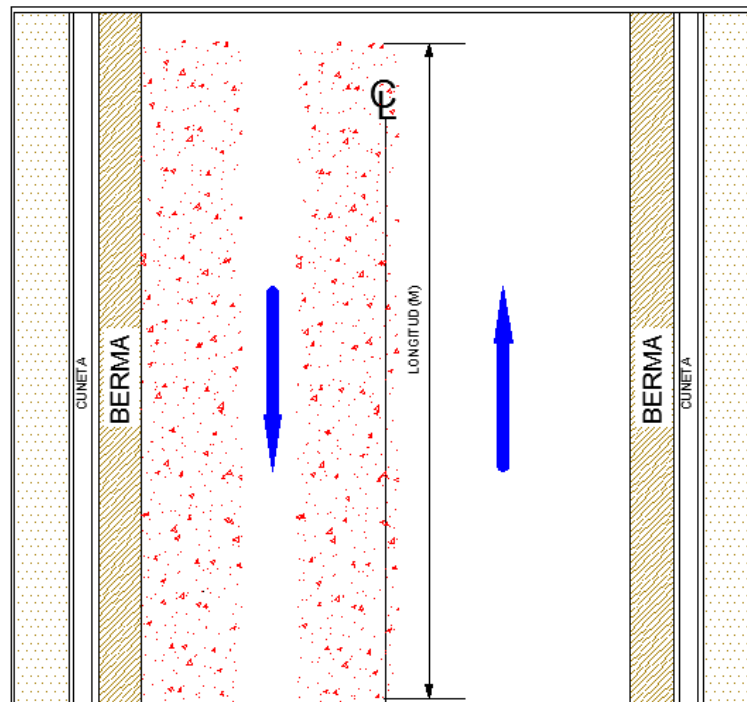
**A.4. Daños Superficiales.**

**A.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 zonas por donde transitan los vehículos.

Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y del tránsito.

**Figura N° 19. Desgaste superficial (DSU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### **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>).

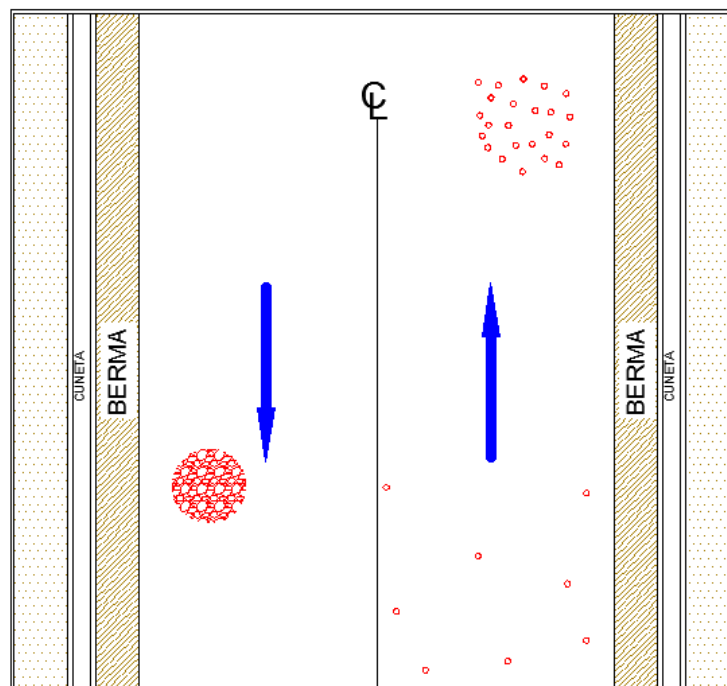
**Evolución probable:**

Perdida de agregado.

**A.4.2. Pérdida de agregado (PA).**

Conocida también como desintegración, corresponde a la desintegración 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.

**Figura N° 20. Pérdida del agregado (PA, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.



**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 separadores entre 0.05 m y 0.15 m.
- Alta: Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menos 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>).

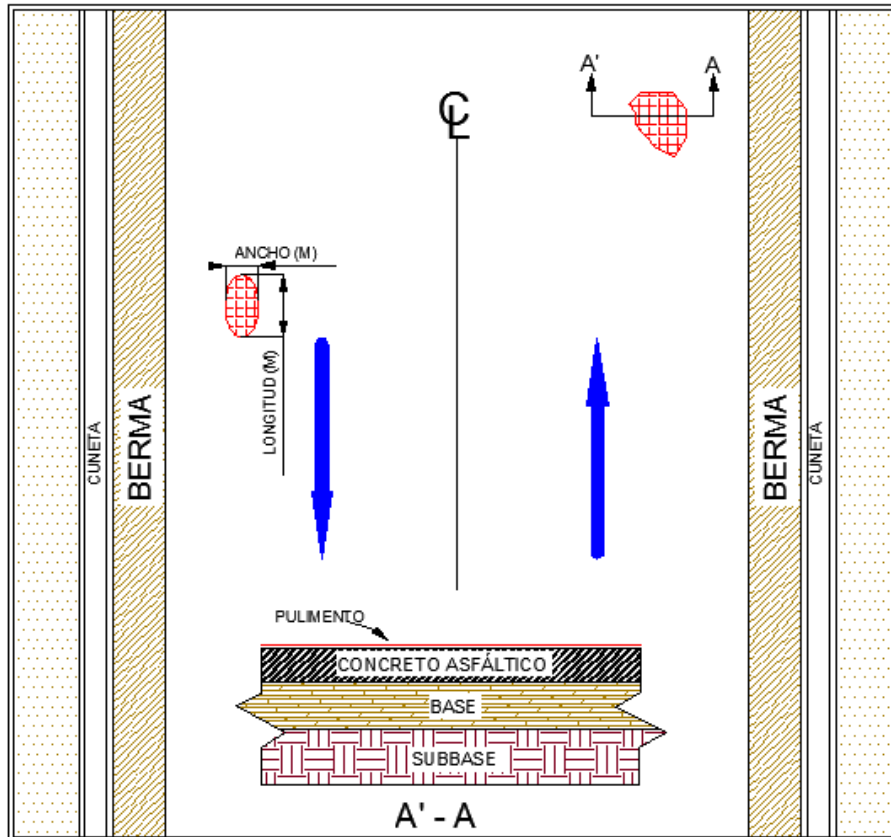
**Evolución probable:**

Descascaramientos, aumento de la permeabilidad de la estructura, exudación.

**A.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.

**Figura N° 21. Pulimento del agregado (PU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### **Causas:**

La causa de este tipo de daño radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados.

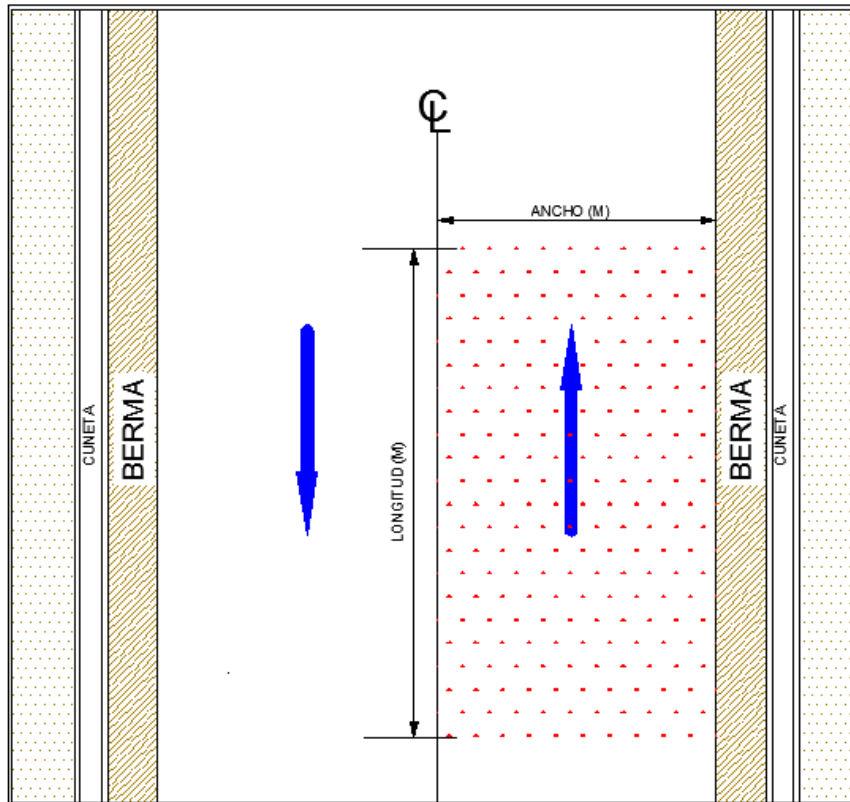
#### **Unidad de medición:**

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

#### **A.4.4. Cabezas duras (CD).**

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.

**Figura N° 22. Cabezas duras (CD, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### **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.

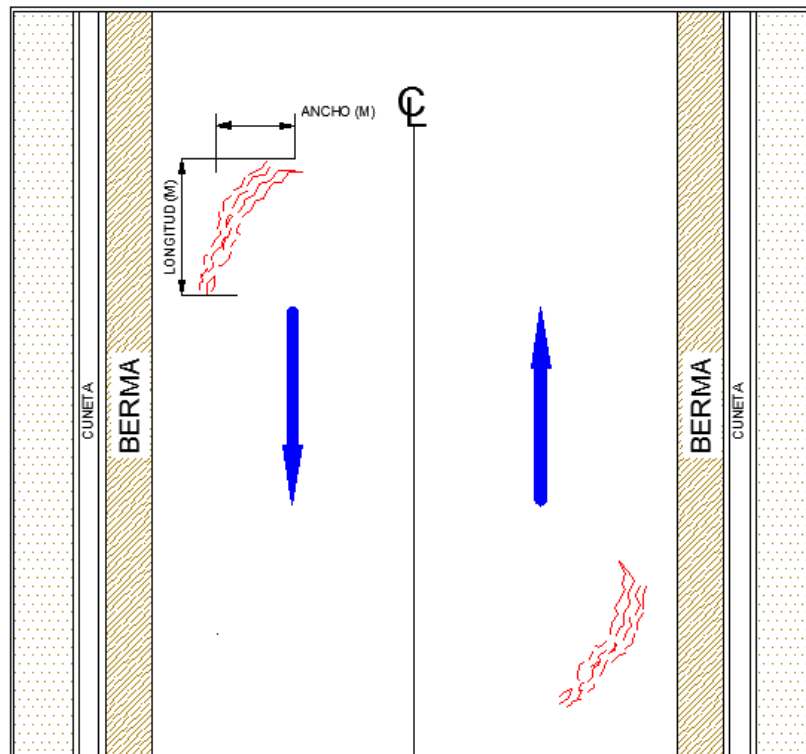
#### **Unidad de medición:**

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

#### **A.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.

**Figura N° 23. Cabezas duras (CD, Unidad de medida: m<sup>2</sup>).**



Fuente: Bogotá, 2006.

### **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 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 que 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 climas cálidos.

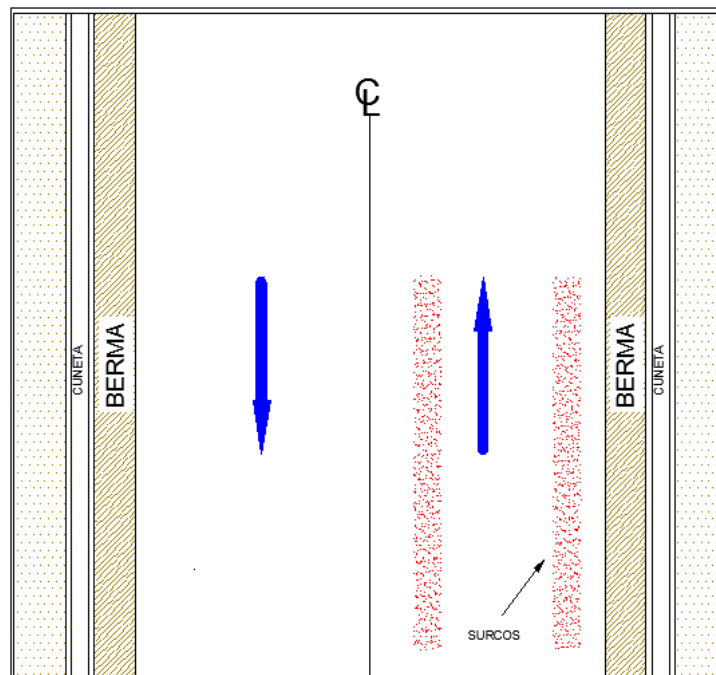
**Unidad de medición:**

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

**A.4.6. Surcos (SU).**

Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica.

**Figura N° 24. Surcos (SU, Unidad de medida:  $m^2$ ).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 ( $m^2$ ) y no tiene ningún grado de severidad asociado.

**Evolución probable:**

Pérdida de agregado, Descascaramiento, bache.

## A.5. Otros Daños

Además de 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.

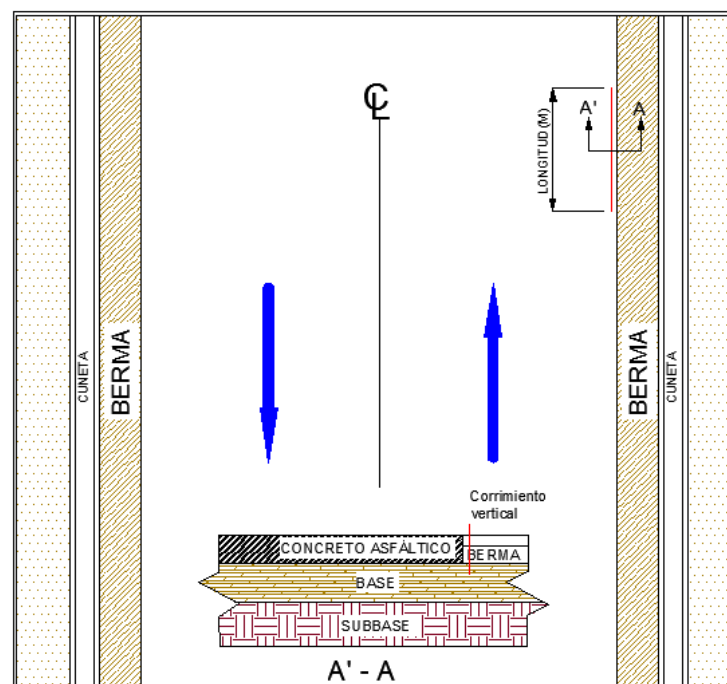
De otra parte, se debe tener en cuenta que la berma puede presentar cualquiera de los daños mencionados hasta aquí, en cuyo caso se reporta el daño encontrado adicionando una B a la sigla del daño correspondiente; además, también pueden existir daños asociados con problemas en la junta entre el pavimento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

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

### A.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.

**Figura N° 25. Corrimiento vertical de la berma (CVB, Unidad de medida: m).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**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 adenaños.

**Severidades:**

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

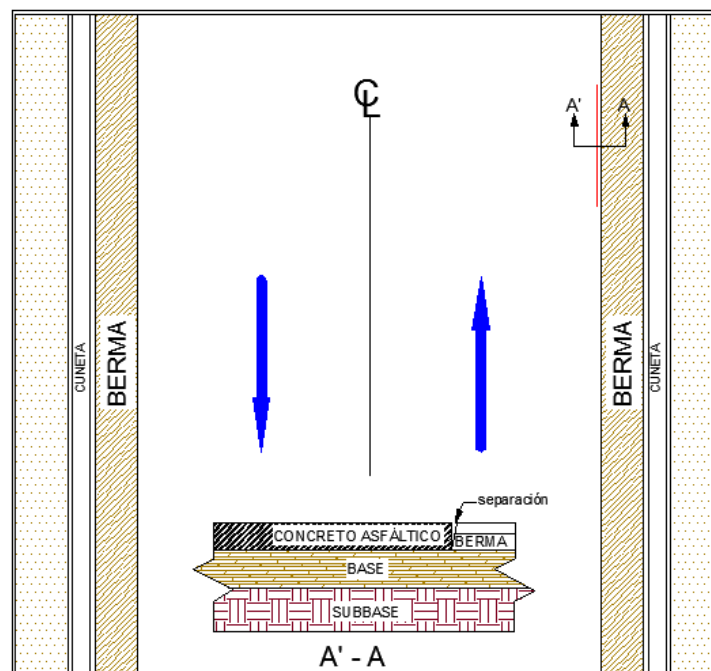
**Unidad de medici3n:**

Este tipo de daño se cuantifica en longitud afectada (m).

**A.5.2. Separaci3n de la berma (SB).**

Este daño indica el incremento en la separaci3n de la junta existente entre la calzada y la berma. Este daño permite la infiltraci3n de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro.

**Figura N° 26. Separaci3n de la berma (SB, Unidad de medida: Longitud m).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Causas:**

Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes 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.

**A.5.3. Afloramiento de finos (AFI).**

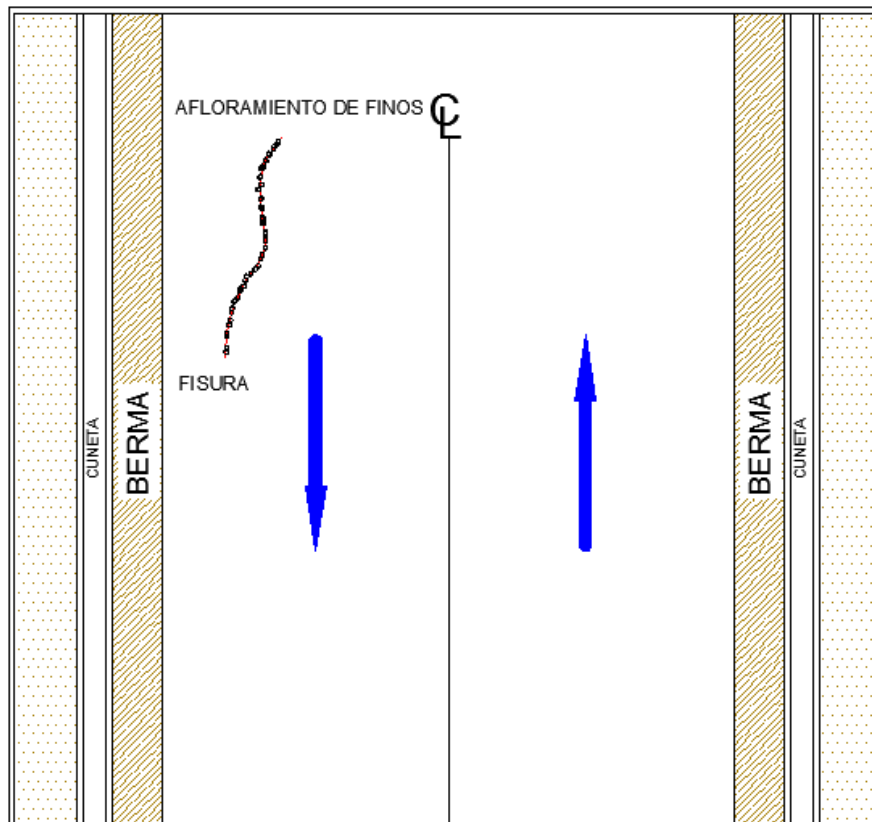
Este afloramiento corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito.

La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno.

Se encuentran principalmente en pavimento semirrígidos (con base estabilizada).



**Figura N° 27. Afloramiento de finos (AFI, Unidad de medida: número de veces que se presenta).**



Fuente: Bogotá, 2006.

**Causas:**

Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, 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 afloramientos de finos.

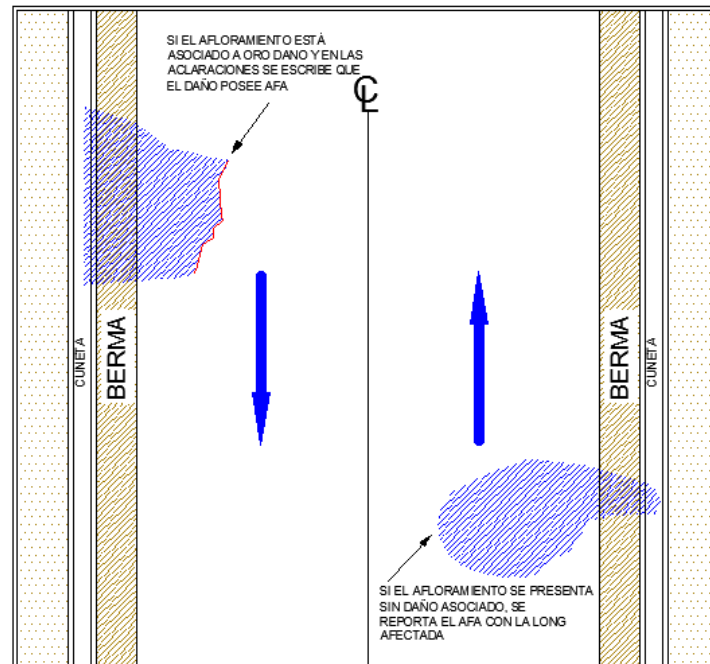
**Evolución probable:**

Piel de cocodrilo, descascaramientos, baches.

#### A.5.4. Afloramiento de agua (AFA).

Presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia.

**Figura N° 28. Afloramiento de agua (AFA, Unidad de medida: m).**



Fuente: Bogotá, 2006.

#### Causas:

Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, filtración de aguas.

#### Severidades:

No tiene grado de severidad definido.

#### Unidad de medición:

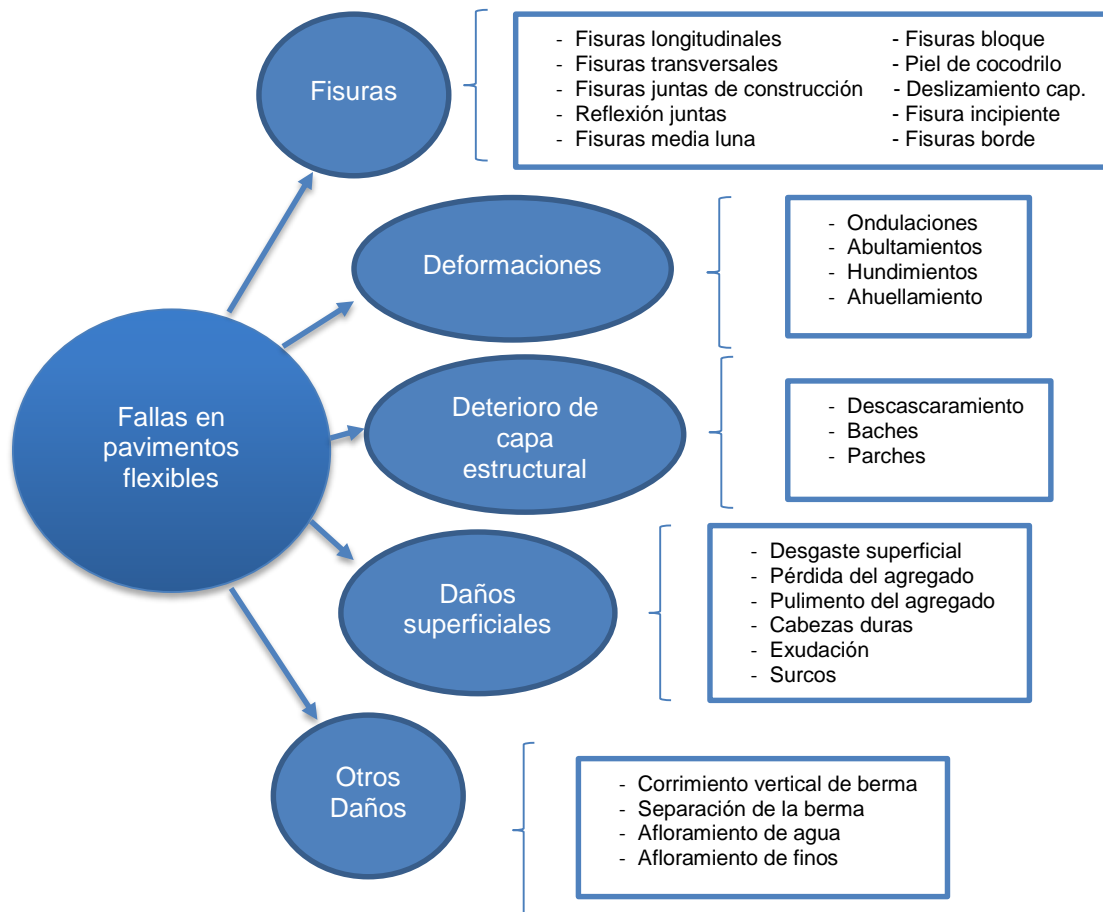
Se mide en metros (m) cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua.

#### Evolución probable:

Piel de cocodrilo descascamientos, baches.

### 2.2.7. Resumen fallas en pavimentos flexibles.

**Gráfico N° 2 Tipos de fallas en pavimentos flexibles**



Fuente: Adaptacion Bogotá, 2006.

## 2.2.8. Cuadro resumen de tipo de fallas en pavimentos flexibles.

**Tabla N° 06 Resumen tipo de fallas.**

FISURAS		
FALLA	NOMENCLATURA	CAUSAS
Fisura Longitudinal	FL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.</li> <li>• Riego de liga insuficiente o ausencia total.</li> <li>• Espesor insuficiente o ausencia total.</li> <li>• Espesor insuficiente de la capa de rodadura.</li> </ul>
Fisuras Transversal	FT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> </ul>
Fisuras en juntas de construcción	FC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de ligante en las paredes de la junta.</li> <li>• Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad.</li> <li>• Deficiencia de compactación en la zona de la junta.</li> </ul>
Fisura por reflexión de juntas	FJ	Son generadas por los movimientos de las juntas entre las placas de concreto rígido o de los bloques formados por las grietas existentes en este, debido a los cambios de temperatura y de humedad.
Fisuras en medialuna	FML	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falla lateral del talud en zonas de terraplén.</li> <li>• Falla de talud en zonas de corte a media ladera.</li> <li>• Ausencia o falla de obras de contención de la banca.</li> </ul>
Fisuras de borde	FBD	La principal causa de este daño es la falta de confinamiento lateral de la estructura debido a la carencia de bordillos, anchos de berma insuficiente o sobre carpetas que llegan hasta el borde del carril y quedan en desnivel con la berma.
Fisuras el bloque	FB	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 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.</li> </ul>

Piel de cocodrilo	PC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor de estructura insuficiente.</li> <li>• Deformaciones de la subrasante.</li> <li>• Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).</li> <li>• Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.</li> <li>• Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.</li> <li>• Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica.</li> </ul>
Fisuración por deslizamiento de capas	FDC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesores de capas muy bajos</li> <li>• Alto contenido de mezcla asfáltica.</li> <li>• Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.</li> <li>• Carencia de penetración de la imprimación de bases granulares.</li> </ul>
Fisuración incipiente	FIN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencia de temperatura entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación (temperatura ambiente baja).</li> <li>• Lluvia durante la colocación del concreto asfáltico.</li> </ul>
<b>DEFORMACIONES</b>		
<b>FALLA</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>CAUSAS</b>
Ondulaciones	OND	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.</li> <li>• Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.</li> <li>• Exceso o mala calidad del asfalto.</li> <li>• Influencia de triturados (caras fracturadas).</li> <li>• Falta de curado de las mezclas en la vía.</li> <li>• Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.</li> </ul>
Abultamiento	AB	Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo a la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo).
Hundimiento	HUN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asentamientos de la subrasante.</li> <li>• Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.</li> <li>• Deficiencia de drenaje que afecta a los materiales granulares.</li> <li>• Diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.</li> </ul>

Ahuellamiento	AHU	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 por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.
PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA		
FALLA	NOMENCLATURA	CAUSAS
Descascaramientos	DC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.</li> <li>• Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.</li> <li>• Riego de liga deficiente.</li> </ul>
Baches	BCH	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.
Parche	PCH	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos constructivos deficientes.</li> <li>• Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo.</li> <li>• Deficiencias en las juntas.</li> <li>• Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche.</li> </ul>
Daños Superficiales		
FALLA	NOMENCLATURA	CAUSAS
Desgaste Superficial	DSU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de adherencia del asfalto con los agregados.</li> <li>• Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.</li> <li>• Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.</li> </ul>
Pérdida de agregado	PA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.</li> <li>• Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.</li> <li>• Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.</li> <li>• Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.</li> <li>• Endurecimiento significativo del asfalto.</li> <li>• Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.</li> </ul>
Pulimento del agregado	PU	La causa de este tipo de daño radica en una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados.

Cabezas duras	CD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de agregados gruesos con tamaño inadecuado.</li> <li>• Distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas.</li> <li>• Segregación de los agregados durante su manejo en obra.</li> <li>• Heterogeneidad en la dureza de los agregados.</li> </ul>
Exudación	EX	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 en zonas calurosas.
Surcos	SU	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.
<b>Otros Daños</b>		
<b>FALLA</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>CAUSAS</b>
Corrimiento vertical de la berma	CVB	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.
Separación de la berma	SB	Generalmente está relacionada con el movimiento de la berma debido a problemas de inestabilidad de los taludes o con la ausencia de liga entre calzada y berma cuando se construyen por separado.
Afloramiento de finos	AFI	Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, exceso de finos en la estructura.
Afloramiento de agua	AFA	Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje, filtración de aguas.

Fuente: Bogotá, 2006

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Tránsito vehicular:** Acción de ir o pasar de los vehículos de un punto a otro por vías públicas. (RNE, 2010).
- **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que el pavimento que se ha estructurado, se pueda comportar satisfactoriamente bajo las características que se han definido y cumpla con el periodo de vida útil para el cual fue diseñado (AASHTO, 2001).
- **Falla estructural:** Las fallas estructurales afectan la capacidad de carga y comprometen la vida útil del pavimento. (Ávila, 2014).
- **Estado del pavimento:** Asignación objetiva de atributos a un defecto superficial del pavimento (Echeviguren, 2001).
- **Falla funcional:** Son aquellas fallas que afectan la seguridad y confort del tránsito, deterioran la calidad de superficie de rodadura del pavimento, así como la estética de la vía. (Ávila, 2014).
- **Severidad:** Criticidad del deterioro o percepción que se tiene sobre el pavimento, gravedad de daño del pavimento. (Shanin, 2005).



## CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

### 3.1. Formulación de la hipótesis

Las fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur son de severidad baja.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Fallas.

**Variable dependiente:** Severidad del pavimento flexible.

TIPO DE VARIABLES	VARIABLES	INDICADOR	DEFINICIÓN	MEDICIÓN	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE	FALLAS	TIPO DE FALLAS ASOCIADA	Error o imperfección que provoca que una cosa, o un elemento, funcionen mal.	Según el tipo de falla presente a lo largo del pavimento, se clasificará en distintas variedades	Formatos de inspección de pavimentos flexibles, manuales y tomas de datos en campo.
DEPENDIENTE	PAVIMENTO FLEXIBLE	SEVERIDAD ASOCIADA	Grado de deterioro o la percepción que se tiene sobre el pavimento, gravedad del daño del pavimento.	Baja	Formatos de toma de datos en campo.
				Media	
				Alta	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## **CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación.**

El tipo de estudio realizado es descriptivo de investigación no experimental del año 2015.

Es descriptivo porque se detalla la realidad tal cual está presente en campo sin alterarla de alguna manera significativa.

Es no experimental porque estudia y describe el problema tal como está presente en el contexto natural, sin la necesidad de recurrir a la utilización de un laboratorio o de ensayos específicos.

### **4.2. Material de estudio.**

#### **4.2.1. Unidad de estudio.**

La unidad de estudio está formada por el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida Industrial.

#### **4.2.2. Población.**

La población está constituida por las avenidas y calles con pavimento flexible de la Ciudad de Cajamarca.

#### **4.2.3. Muestra.**

La muestra elegida por conveniencia para la toma de datos está constituida por el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur sin considerar las bermas que comprende el tramo desde el óvalo musical hasta la avenida industrial para junio del 2015, haciendo un total de 2394 metros de longitud con un ancho promedio total (no considerando separador central de vía) de 7.20 metros.

**Tabla N° 07 Sub muestras**

TRAMO	PROGRESIVA		Ubicación	
	DESDE	HASTA	DESDE	HASTA
CDR1	00+000	00+091	Óvalo Musical	Psj. Santa Clara
CDR2	00+091	00+159	Psj. Santa Clara	Jr. San José
CDR3	00+159	00+242	Jr. San José	Jr. Libertad
CDR4	00+242	00+289	Jr. Libertad	Psj. Los Andes
CDR5	00+289	00+331	Psj. Los Andes	Jr. Los Girasoles
CDR6	00+331	00+452	Jr. Los Girasoles	Jr. Los Gladiolos
CDR7	00+452	00+584	Jr. Los Gladiolos	Jr. Geranios
CDR8	00+584	00+720	Jr. Geranios	Jr. Girnaldas
CDR9	00+720	00+848	Jr. Girnaldas	Jr. Colonial
CDR10	00+848	00+951	Jr. Colonial	Jr. Los libertadores
CDR11	00+951	01+118	Jr. Los libertadores	Jr. Emancipación
CDR12	01+118	01+181	Jr. Emancipación	Jr. La república
CDR13	01+181	01+330	Jr. La república	Jr. Conquistadores
CDR14	01+330	01+574	Jr. Conquistadores	Av. Héroes del Cenepa
CDR15	01+574	01+639	Av. Héroes del Cenepa	Psj. San Mateo
CDR16	01+639	01+746	Psj. San Mateo	Jr. Cuzco
CDR17	01+746	01+878	Jr. Cuzco	Jr. Misión Bautista
CDR18	01+878	02+075	Jr. Misión Bautista	Psj. SN
CDR19	02+075	02+394	Psj. SN	Av. Industrial

Fuente: Elaboración propia, 2015

### 4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

#### 4.3.1. Para recolectar datos.

- Observación.
- Análisis.
- Formatos.
- Fotografías.

#### 4.3.2. Para analizar información.

- Tablas.
- Gráficos.

- Formatos de inspección con escalas valorativas.
- Formatos de descripción.

#### **4.3.3. Procedimiento para el registro de los daños.**

Para lograr el éxito de la investigación, fueron necesarios una serie de procedimientos previos, durante y después de la recolección de datos en la avenida vía de evitamiento sur.

Antes de empezar el trabajo fue necesario obtener los instrumentos básicos que faciliten y garanticen la óptima recolección de información sobre los daños o fallas presentes en el pavimento flexible, como formatos de inspección que organizan los datos e información de forma ordenada y coherente, fotografías que guardan relación directa con lo colocado en los formatos, una regla o mira para medir y poder identificar la escala en cada fotografía que permitan, técnicamente, corroborar la información. Con estos instrumentos se procedió con lo siguiente:

- Llegar a la zona del pavimento donde se presentan fallas o daños para luego, mediante unos conos de seguridad, acordonar el área de trabajo y que sea segura para el investigador y, así recolectar los datos necesarios.
- Colocar la mira o regla en el suelo junto a la falla o daño para lograr medir su longitud o área (de ser necesario).
- Tomar la fotografía mostrando la dimensión de la falla o daño.

El fin de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de pavimento afectado, estableciendo los tipos de daño que se presentan, su extensión y severidad; los 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 (Bogotá, 2006).

Para tomar los datos correspondientes a los daños del pavimento durante la inspección, se desarrolló un formato que permite registrar los tipos de deterioro especificando cada daño con su severidad y dimensiones características (longitud y ancho en la mayoría de los casos) (Bogotá, 2006).

#### 4.3.4. Formatos de inspección.

##### 4.3.4.1. Parte I: Resumen de deterioros en pavimentos flexibles.

- Este formato permite analizar la vía de manera técnica y concisa según el daño presentado en sus diferentes tramos.
- En la sección de los tipos de deterioro, se encuentran agrupados y clasificados según el tipo de daño previamente definido, además, presenta una simbología específica para cada uno de ellos.
- Está indicada la escala a evaluar de los daños según la severidad, distribuida de la siguiente forma: baja, media y alta. Cada una tiene su descripción donde indica como clasificarla (Anexo 01: Formatos de inspección, Parte I).

##### 4.3.4.2. Parte II: Inspección visual de pavimentos flexibles

- En este formato se registrará cada tipo de daño por cada tramo de pavimento que se requiera, considerando su longitud y su simbología pertinente, además colocando observaciones resaltantes de ser necesario (Anexo 01: Formatos de inspección, Parte II).

➤ **Procedimiento:**

- Primero se tomará en cuenta en carril a evaluar, esto depende de la dirección que se le dé a la calzada que en este caso será en dirección del óvalo musical hacia la avenida Industrial, no se considerará las bermas. Para eso se seguirá la siguiente simbología:

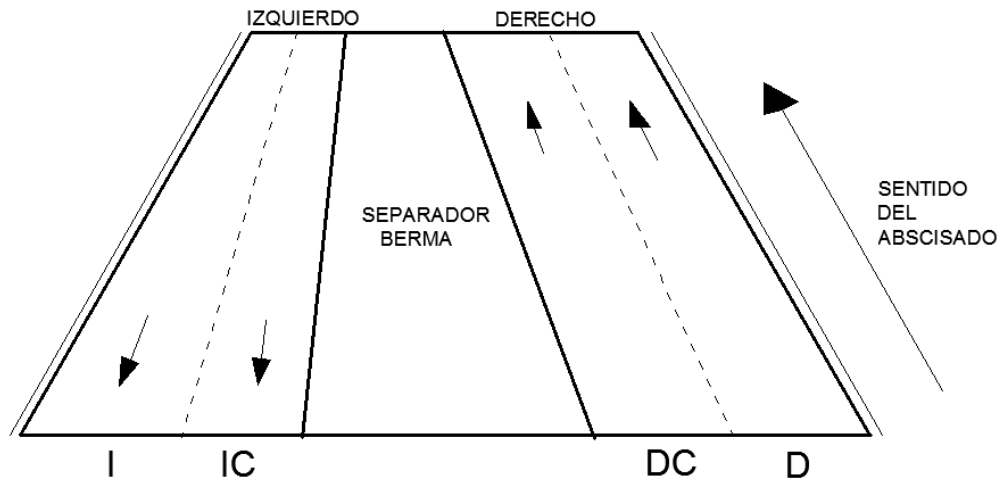
I: Carril izquierdo.

D: Carril derecho.

DC: Carril derecho central.

IC: Carril izquierdo central.

**Figura N° 29. Detalle de la distribución de carriles**



Fuente: Bogotá, 2006

- Seguidamente, en la casilla de tipo se colocará el daño identificado de acuerdo a la simbología establecida, que consta de dos o tres letras mostrado en la parte I.
- Luego se identificará la severidad a la cual está asociada el daño o la falla, esto va en una escala desde baja, media y alta.
- Después se colocaran las medidas tomadas de los daños, ya sea en metros lineales o metros cuadrados según requiera para cada distinto tipo que se encontrará.
- Finalmente, se podrá colocar alguna observación resaltante que se solicite para una falla, o simplemente adjuntar el número de fotografía.
- Es importante llevar un registro fotográfico de todos los daños para que corroboren los datos anotados en los formatos, estas deberán estar fechadas y con un elemento de medición técnico, ya sea una regla, mira o escalímetro, que ayude a apreciar la escala.

#### 4.3.5. Metodología.

La vía comprende una distancia de 2394 metros lineales por carril, haciendo un total de 9576 metros lineales para los cuatro carriles analizados, por lo cual fue necesario separar en tramos de análisis para diferenciar que tipos de fallas se presentan en cada uno de estos, además de calcular un porcentaje de daño con respecto al área total del tramo y con respecto al área total de la vía en evaluación.

Una vez obtenidos todos los datos de toda la vía, tanto de ida como de vuelta teniendo el punto de referencia el óvalo musical, se comenzó con el trabajo en gabinete, que consistió en la organización de los datos para cada tramo según su tipo y severidad que presentaron.

Con la información que provee los formatos de evaluación en campo, se procedió a analizarla agrupándola en tramos heterogéneos en una hoja de cálculo, donde se aprecian los porcentajes de afectación por tipo y severidad, para finalmente dar un resultado comparándolo con el total de la vía analizada, sin incluir la berma, ya que no afecta el tránsito.

#### **Daños en los carriles.**

La hoja de cálculo debe seguir la siguiente información, según el manual para la inspección de pavimentos flexibles:

- Tramo
- Abscisa inicial y final de cada tramo
- Área total de cada tramo
- Daños encontrados por severidad en cada tramo
- Áreas totales de daños por cada tramo
- Porcentajes de afectación de cada tramo
- Área total de cada daño y por severidad
- Porcentaje de cada tipo de daño y severidad dentro del área total afectada
- Área total afectada en la vía
- Porcentaje de afectación de la vía

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

### 5.1. Resultados de la evaluación de las fallas por tipos.

➤ **Tipo: Falla longitudinal (FL).**

- 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 o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 08. Resumen daños en el pavimento (FL)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
	DESDE	HASTA		Fallas Longitudinales (FL)		
				Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20	0.04		0.15
CDR2	00+091	00+159	997.49	0.04	0.16	0.35
CDR3	00+159	00+242	1204.13	0.04	0.13	
CDR4	00+242	00+289	670.32	0.05		0.24
CDR5	00+289	00+331	612.86	0.08	0.03	0.47
CDR6	00+331	00+452	2032.85	0.04	0.19	3.82
CDR7	00+452	00+584	1894.03	0.24	0.65	
CDR8	00+584	00+720	1965.46	0.03	0.05	
CDR9	00+720	00+848	1849.68	0.04		
CDR10	00+848	00+951	1476.43	0.01		
CDR11	00+951	01+118	2410.27	0.04		
CDR12	01+118	01+181	900.43			
CDR13	01+181	01+330	2153.23	0.03		0.10
CDR14	01+330	01+574	3506.98	0.11		
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55		0.22	
CDR17	01+746	01+878	1896.19	0.01		
CDR18	01+878	02+075	2838.10	0.02		
CDR19	02+075	02+394	4600.22			
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015



**Tabla N° 09. Porcentajes de afectación para FL**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m2)	0.82	1.43	5.13
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m2)	7.38		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.002%	0.004%	0.01%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.02%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Falla Transversal (FT).**

- 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°) (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 10. Resumen daños en pavimento (FT)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
	DESDE	HASTA		Falla Transversal (FT)		
				Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20	0.72		
CDR2	00+091	00+159	997.49			
CDR3	00+159	00+242	1204.13			
CDR4	00+242	00+289	670.32	0.13		
CDR5	00+289	00+331	612.86		0.06	0.07
CDR6	00+331	00+452	2032.85		0.12	0.17
CDR7	00+452	00+584	1894.03	0.02	0.10	
CDR8	00+584	00+720	1965.46	0.07	0.05	
CDR9	00+720	00+848	1849.68			
CDR10	00+848	00+951	1476.43			
CDR11	00+951	01+118	2410.27	0.02		
CDR12	01+118	01+181	900.43			
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19			
CDR18	01+878	02+075	2838.10			
CDR19	02+075	02+394	4600.22			
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 11. Porcentajes de afectación para FT**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	0.96	0.33	0.24
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	1.53		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.003%	0.001%	0.00%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.004%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Hundimiento (HUN).**

- 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.
- Deficiencia de drenaje que afecta a los materiales granulares (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 12. Resumen daños en pavimento (HUN)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
				Hundimiento (HUN)		
	DESDE	HASTA		Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20			6.90
CDR2	00+091	00+159	997.49	0.80	0.14	2.30
CDR3	00+159	00+242	1204.13			0.60
CDR4	00+242	00+289	670.32	1.90	6.06	1.80
CDR5	00+289	00+331	612.86	1.24	7.46	
CDR6	00+331	00+452	2032.85	6.74	0.48	0.84
CDR7	00+452	00+584	1894.03	4.91	0.21	
CDR8	00+584	00+720	1965.46	4.51	0.30	0.11
CDR9	00+720	00+848	1849.68	0.66	1.47	1.85
CDR10	00+848	00+951	1476.43	0.65		
CDR11	00+951	01+118	2410.27	6.39	18.90	2.88
CDR12	01+118	01+181	900.43		0.19	0.22
CDR13	01+181	01+330	2153.23	0.16		
CDR14	01+330	01+574	3506.98	0.33	0.17	0.54
CDR15	01+574	01+639	1162.62		2.79	7.95
CDR16	01+639	01+746	1545.55		8.71	8.69
CDR17	01+746	01+878	1896.19		0.80	8.13
CDR18	01+878	02+075	2838.10		0.72	1.15
CDR19	02+075	02+394	4600.22	0.11	9.80	2.08
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 13. Porcentajes de afectación para HUN**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	28.40	58.20	46.05
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	132.65		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.08%	0.166%	0.13%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.38%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Parches (PCH).**

- 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 (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 14. Resumen daños en pavimento (PCH)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
				Parches (PCH)		
	DESDE	HASTA		Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20	10.11		
CDR2	00+091	00+159	997.49	0.82		5.42
CDR3	00+159	00+242	1204.13		6.27	1.60
CDR4	00+242	00+289	670.32	5.90	4.54	3.77
CDR5	00+289	00+331	612.86	1.38	3.72	1.27
CDR6	00+331	00+452	2032.85	47.16	2.34	1.53
CDR7	00+452	00+584	1894.03	1.68	4.81	2.09
CDR8	00+584	00+720	1965.46	7.79	0.40	
CDR9	00+720	00+848	1849.68	20.73	5.30	2.51
CDR10	00+848	00+951	1476.43	11.97	12.04	
CDR11	00+951	01+118	2410.27	9.31	1.38	
CDR12	01+118	01+181	900.43	4.29	12.07	1.97
CDR13	01+181	01+330	2153.23	5.51	0.45	
CDR14	01+330	01+574	3506.98	69.98	30.48	7.63
CDR15	01+574	01+639	1162.62	12.03	7.05	3.79
CDR16	01+639	01+746	1545.55	17.25	24.62	
CDR17	01+746	01+878	1896.19	16.27	16.30	3.80
CDR18	01+878	02+075	2838.10	16.22	8.53	1.21
CDR19	02+075	02+394	4600.22	20.34	46.95	17.37
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 15. Porcentajes de afectación para PCH**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	278.74	187.26	53.95
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	519.95		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.80%	0.535%	0.15%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	1.48%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Baches (BCH).**

- 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 (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 16. Resumen daños en pavimento (BCH)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m2)	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
				Baches (BCH)		
	DESDE	HASTA		Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20			1.62
CDR2	00+091	00+159	997.49		0.78	3.58
CDR3	00+159	00+242	1204.13		0.45	0.78
CDR4	00+242	00+289	670.32			0.25
CDR5	00+289	00+331	612.86		0.32	1.99
CDR6	00+331	00+452	2032.85			
CDR7	00+452	00+584	1894.03		1.15	0.39
CDR8	00+584	00+720	1965.46			0.37
CDR9	00+720	00+848	1849.68			
CDR10	00+848	00+951	1476.43			0.59
CDR11	00+951	01+118	2410.27			0.14
CDR12	01+118	01+181	900.43			
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			1.14
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19			
CDR18	01+878	02+075	2838.10			
CDR19	02+075	02+394	4600.22			4.19
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m2)			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015



**Tabla N° 17. Porcentajes de afectación para BCH**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m2)	0.00	2.70	15.04
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m2)	17.74		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.00%	0.008%	0.04%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.05%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Pies de cocodrilo (PC).**

- 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 (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 18. Resumen daños en pavimento (PC)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
				Piel de Cocodrilo (PC)		
	DESDE	HASTA		Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20	0.69		1.07
CDR2	00+091	00+159	997.49	1.55	7.11	
CDR3	00+159	00+242	1204.13	1.24	3.01	
CDR4	00+242	00+289	670.32	4.60	2.03	
CDR5	00+289	00+331	612.86	1.10	2.77	2.33
CDR6	00+331	00+452	2032.85		3.28	4.99
CDR7	00+452	00+584	1894.03		1.18	0.30
CDR8	00+584	00+720	1965.46	1.01	6.19	0.91
CDR9	00+720	00+848	1849.68	0.59	3.59	
CDR10	00+848	00+951	1476.43	1.72	0.54	
CDR11	00+951	01+118	2410.27		1.84	1.30
CDR12	01+118	01+181	900.43		1.23	0.20
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19	3.18	0.80	
CDR18	01+878	02+075	2838.10	0.77		1.20
CDR19	02+075	02+394	4600.22	0.83	3.60	
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 19. Porcentajes de afectación para PC**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	17.28	37.17	12.30
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	66.75		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.05%	0.106%	0.04%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.19%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Descascaramiento (DC).**

- Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.
- Riego de liga deficiente.
- Mezcla asfáltica muy permeable (Bogotá, 2006)

**Tabla N° 20. Resumen daños en pavimento (DC)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
	DESDE	HASTA		Descascaramientos (DC)		
				Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20			
CDR2	00+091	00+159	997.49		22.11	
CDR3	00+159	00+242	1204.13		37.33	
CDR4	00+242	00+289	670.32			
CDR5	00+289	00+331	612.86		43.21	
CDR6	00+331	00+452	2032.85	0.48	1.77	
CDR7	00+452	00+584	1894.03	1.11	38.76	
CDR8	00+584	00+720	1965.46			
CDR9	00+720	00+848	1849.68		21.08	
CDR10	00+848	00+951	1476.43			
CDR11	00+951	01+118	2410.27			
CDR12	01+118	01+181	900.43			
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19			
CDR18	01+878	02+075	2838.10			
CDR19	02+075	02+394	4600.22			
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 21. Porcentajes de afectación para DC**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	1.59	164.26	0.00
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	165.85		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.005%	0.469%	0.00%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.47%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Fisuras Bloque (FB).**

- 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 (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 22. Resumen daños en pavimento (FB)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
				Fisuras Bloque (FB)		
	DESDE	HASTA		Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20			
CDR2	00+091	00+159	997.49	0.70		
CDR3	00+159	00+242	1204.13			
CDR4	00+242	00+289	670.32		0.08	
CDR5	00+289	00+331	612.86			
CDR6	00+331	00+452	2032.85			
CDR7	00+452	00+584	1894.03			
CDR8	00+584	00+720	1965.46			
CDR9	00+720	00+848	1849.68			
CDR10	00+848	00+951	1476.43			
CDR11	00+951	01+118	2410.27			
CDR12	01+118	01+181	900.43			
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19			
CDR18	01+878	02+075	2838.10			
CDR19	02+075	02+394	4600.22			
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015

**Tabla N° 23. Porcentajes de afectación para FB**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	0.70	0.08	0.00
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	0.78		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.002%	0.000%	0.00%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.002%		

Fuente: elaboración propia, 2015

➤ **Tipo: Desgaste Superficial (DSU).**

- 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 (Bogotá, 2006).

**Tabla N° 24. Resumen daños en pavimento (DSU)**

TRAMO	PROGRESIVA		ÁREA TRAMO (m <sup>2</sup> )	SEVERIDAD EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE (SIN INCLUIR DAÑOS EN BERMAS)		
	DESDE	HASTA		Desgaste Superficial (DSU)		
				Baja	Media	Alta
CDR1	00+000	00+091	1303.20			
CDR2	00+091	00+159	997.49			
CDR3	00+159	00+242	1204.13			
CDR4	00+242	00+289	670.32			
CDR5	00+289	00+331	612.86			
CDR6	00+331	00+452	2032.85	0.73		
CDR7	00+452	00+584	1894.03			
CDR8	00+584	00+720	1965.46			
CDR9	00+720	00+848	1849.68			
CDR10	00+848	00+951	1476.43			
CDR11	00+951	01+118	2410.27	2.53		
CDR12	01+118	01+181	900.43		13.99	
CDR13	01+181	01+330	2153.23			
CDR14	01+330	01+574	3506.98			
CDR15	01+574	01+639	1162.62			
CDR16	01+639	01+746	1545.55			
CDR17	01+746	01+878	1896.19			
CDR18	01+878	02+075	2838.10			
CDR19	02+075	02+394	4600.22			
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA (m <sup>2</sup> )			<b>35020.04</b>			

Fuente: elaboración propia, 2015



**Tabla N° 25. Porcentajes de afectación para DSU**

ÁREA TOTAL AFECTADA POR SEVERIDAD Y POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	3.26	13.99	0.00
ÁREA TOTAL AFECTADA POR DAÑO (m <sup>2</sup> )	17.25		
PORCENTAJE DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA SEGÚN SEVERIDAD (%)	0.01%	0.040%	0.00%
PORCENTAJE TOTAL DEL DAÑO DENTRO DEL ÁREA INSPECCIONADA (%)	0.05%		

Fuente: elaboración propia, 2015

<b>Área total afectada y porcentaje de afectación</b>	<b>929.88 m<sup>2</sup></b>	<b>2.66%</b>
---	-----------------------------	--------------

## 5.2. Determinación del área afectada por tramos.

Para cada tramo fue necesario realizar la sumatoria de áreas afectadas, para determinar la cantidad total por cuadra de fallas que presenta.

**Tabla N° 26. Porcentajes de afectación total**

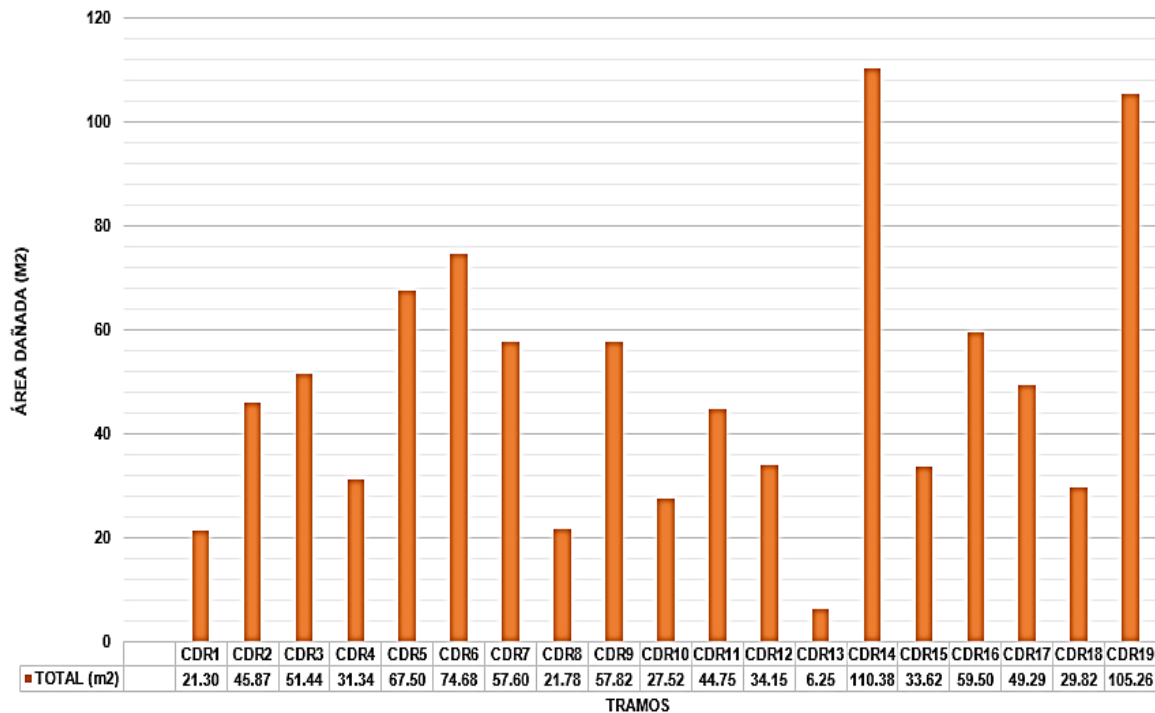
TRAMO	TOTAL (m <sup>2</sup> )
CDR1	21.30
CDR2	45.87
CDR3	51.44
CDR4	31.34
CDR5	67.50
CDR6	74.68
CDR7	57.60
CDR8	21.78
CDR9	57.82
CDR10	27.52
CDR11	44.75
CDR12	34.15
CDR13	6.25
CDR14	110.38
CDR15	33.62
CDR16	59.50
CDR17	49.29
CDR18	29.82
CDR19	105.26
<b>TOTAL</b>	<b>929.88</b>

Fuente: elaboración propia, 2015

Con la información procesada se logró plasmar en una gráfica todos los resultados encontrados, con la finalidad de poder apreciar con mayor facilidad la distribución y comportamiento de los datos encontrados en campo.

### Gráfico N° 3. Área afectada por tramos

DETALLE DE LA GRÁFICA DE ÁREA AFECTADA POR TRAMOS



Fuente: elaboración propia, 2015

En el eje de las abscisas se colocan los tramos inspeccionados, repartidos para este caso en 19 cuadras de distintas longitudes.

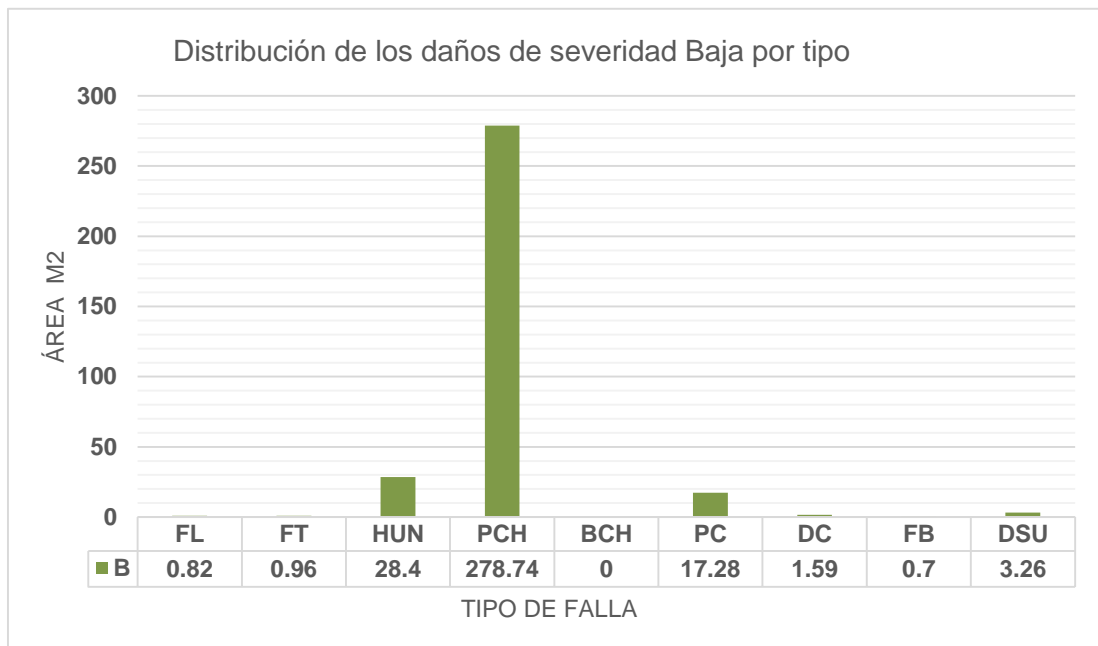
En el eje de las ordenadas se colocó el área afectada por cada uno de los tramos.

En la parte inferior se detalla el valor exacto del área, además del número del tramo evaluado.

### 5.3. Determinación del área afectada por severidad.

A continuación se detallara los daños encontrados agrupados por la severidad asociada (baja, media, alta), donde se muestran las áreas afectadas por tipo.

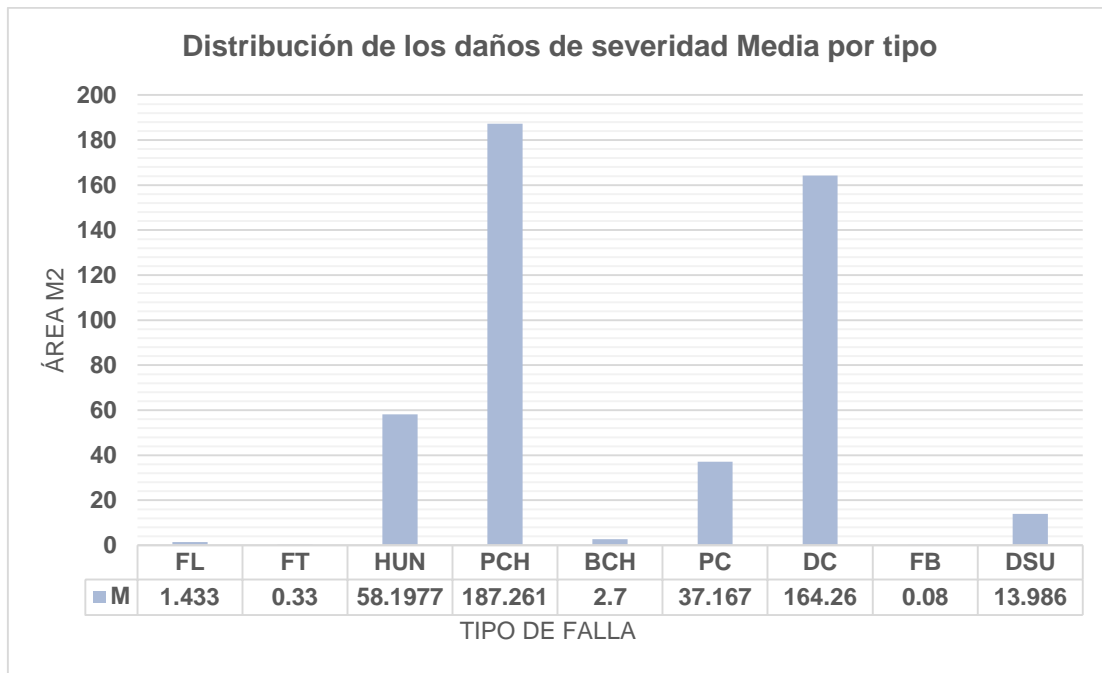
**Gráfico N° 4. Distribución de los daños por severidad Baja**



Fuente: elaboración propia, 2015.

<b>Leyenda:</b>	
- FL: Falla longitudinal	- BCH: Bache
- FT: Falla Transversal	- PC: Piel de Cocodrilo
- HUN: Hundimiento	- FB: Fisura en Bloque
- PCH: Parche	- DSU: Desgaste Superficial
- DC: Descascaramiento	

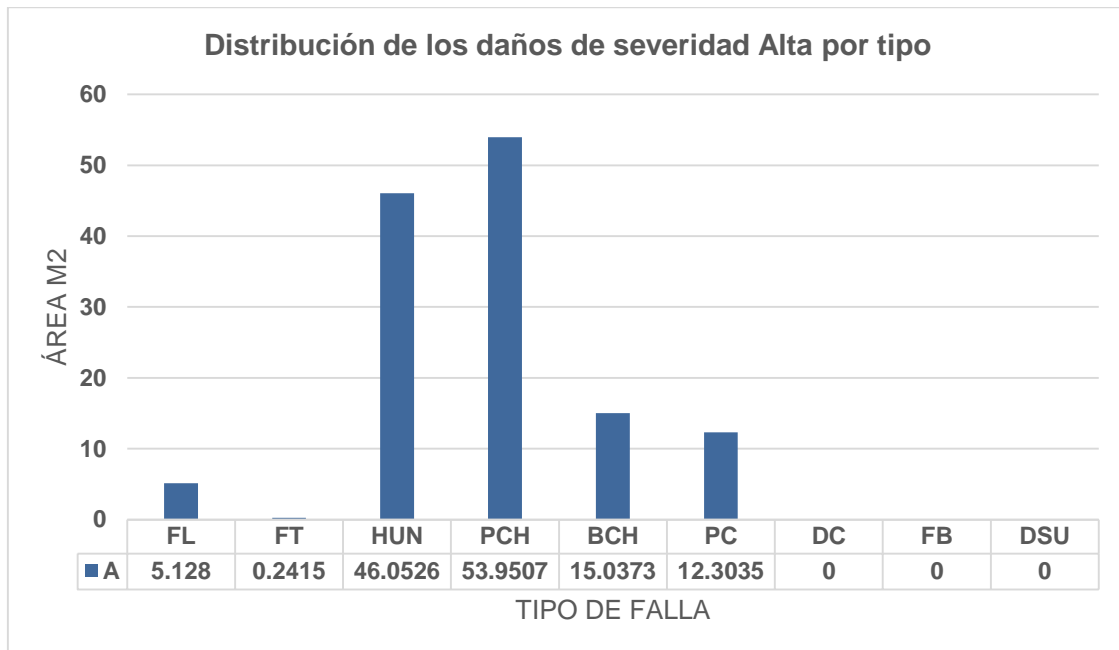
**Gráfico N° 5. Distribución de los daños por severidad Media**



Fuente: elaboración propia, 2015.

<b>Leyenda:</b>	
- FL: Falla longitudinal	- BCH: Bache
- FT: Falla Transversal	- PC: Piel de Cocodrilo
- HUN: Hundimiento	- FB: Fisura en Bloque
- PCH: Parche	- DSU: Desgaste Superficial
- DC: Descascaramiento	

**Gráfico N° 6. Distribución de los daños por severidad Alta**



Fuente: elaboración propia, 2015.

<b>Leyenda:</b>	
- FL: Falla longitudinal	- BCH: Bache
- FT: Falla Transversal	- PC: Piel de Cocodrilo
- HUN: Hundimiento	- FB: Fisura en Bloque
- PCH: Parche	- DSU: Desgaste Superficial
- DC: Descascaramiento	

#### 5.4. Determinación de la cantidad de fallas por tipo.

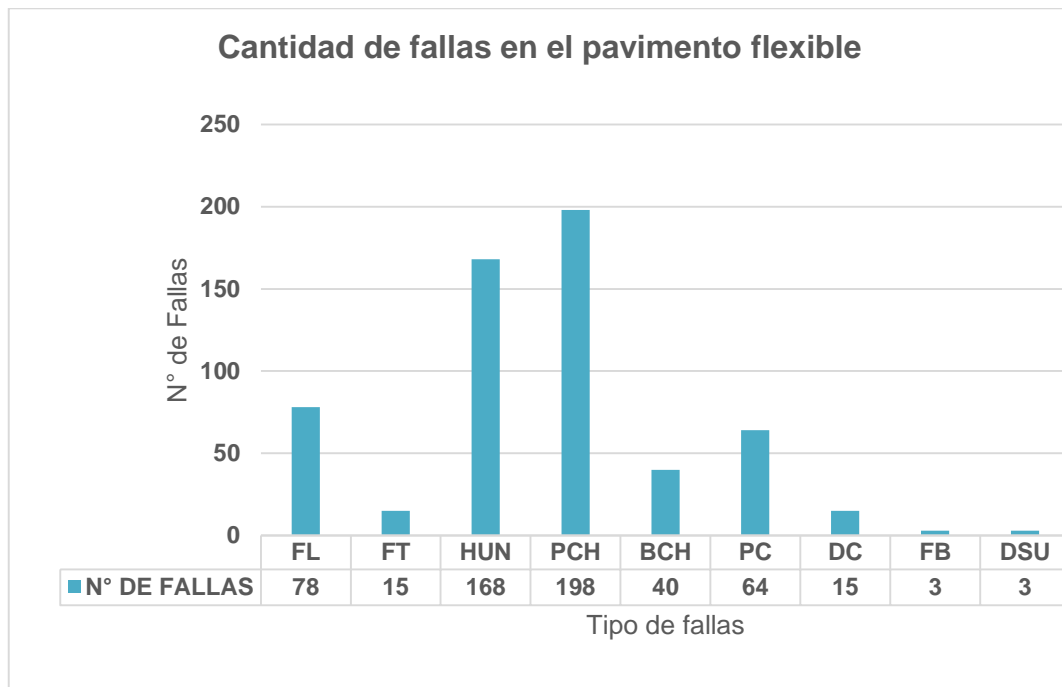
A continuación se detallara el número total de fallas encontradas por tipo a lo largo de todo el pavimento de la avenida vía de evitamiento sur.

**Tabla N° 27. Cantidad de fallas según tipo.**

<b>N° DE FALLAS SEGÚN SU TIPO</b>			
<b>FALLA</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>N° DE FALLAS</b>
1	FALLA LONGITUDINAL	FL	78
2	FALLA TRANSVERSAL	FT	15
3	HUNDIMIENTO	HUN	168
4	PARCHES	PCH	198
5	BACHES	BCH	40
6	PIEL DE COCODRILO	PC	64
7	DESCASCARAMIENTO	DC	15
8	FALLA BLOQUE	FB	3
9	DESGASTE SUPERFICIAL	DSU	3
<b>TOTAL DE FALLAS</b>			<b>584</b>

Fuente: elaboración propia, 2015.

**Gráfico N° 7. Cantidad de fallas en el pavimento flexible**



Fuente: elaboración propia, 2015.

<b>Leyenda:</b>	
- FL: Falla longitudinal	- BCH: Bache
- FT: Falla Transversal	- PC: Piel de Cocodrilo
- HUN: Hundimiento	- FB: Fisura en Bloque
- PCH: Parche	- DSU: Desgaste Superficial
- DC: Descascaramiento	

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

### ➤ Tipo: Falla longitudinal (FL).

En la tabla N° 08 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de fisura longitudinal (FL) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N°09 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por fisura longitudinal (FL) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 0.82 metros cuadrados, para severidad media 1.43 metros cuadrados y para severidad alta 5.13 metros cuadrados.

Del estudio, para el tipo de falla longitudinal (FL), se reporta 7.38 metros cuadrados (Tabla N° 09) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.002% para baja, 0.004% para media y 0.01% para alta (Tabla N° 09).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.02% de toda la vía evaluada (Tabla N°09).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura (Bogotá, 2006).



➤ **Tipo: Falla Transversal (FT).**

En la tabla N° 10 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de fisura transversal (FT) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 11 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por fisura transversal (FT) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 0.96 metros cuadrados, para severidad media 0.33 metros cuadrados y para severidad alta 0.24 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla transversal (FT), la suma total de estas tres áreas es de 1.53 metros cuadrados (Tabla N° 11) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.003% para baja, 0.001% para media y 0.00% para alta (Tabla N° 11).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.004% de toda la vía evaluada (Tabla N° 11).

Las causas asociadas a este tipo de falla 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°) (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Falla Hundimiento (HUN).**

En la tabla N° 12 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de hundimiento (HUN) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 13 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por hundimiento (HUN) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 28.40 metros cuadrados, para severidad media 58.20 metros cuadrados y para severidad alta 46.05 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de hundimiento (HUN), la suma total de estas tres áreas es de 132.65 metros cuadrados (Tabla N° 13) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.08% para baja, 0.166% para media y 0.13% para alta (Tabla N° 13).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.38% de toda la vía evaluada (Tabla N° 13).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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.
- Deficiencia de drenaje que afecta a los materiales granulares (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Falla Parches (PCH).**

En la tabla N° 14 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de parches (PCH) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 15 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por parches (PCH) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 278.74 metros cuadrados, para severidad media 187.26 metros cuadrados y para severidad alta 53.95 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de parche (PCH), la suma total de estas tres áreas es de 519.95 metros cuadrados (Tabla N° 15) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.80% para baja, 0.535% para media y 0.15% para alta (Tabla N° 15).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 1.48% de toda la vía evaluada (Tabla N° 15).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Falla Baches (BCH).**

En la tabla N° 16 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de baches (BCH) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 17 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por baches (BCH) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 0.00 metros cuadrados, para severidad media 2.70 metros cuadrados y para severidad alta 15.04 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de bache (BCH), la suma total de estas tres áreas es de 17.74 metros cuadrados (Tabla N° 17) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.00% para baja, 0.008% para media y 0.04% para alta (Tabla N° 17).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.05% de toda la vía evaluada (Tabla N° 17).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Piel de cocodrilo (PC)**

En la tabla N° 18 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de piel de cocodrilo (PC) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 19 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por piel de cocodrilo (PC) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 17.28 metros cuadrados, para severidad media 37.17 metros cuadrados y para severidad alta 12.30 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de piel de cocodrilo (PC), la suma total de estas tres áreas es de 66.75 metros cuadrados (Tabla N° 19) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.05% para baja, 0.106% para media y 0.04% para alta (Tabla N° 19).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.19% de toda la vía evaluada (Tabla N° 19).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Descascaramiento (DC).**

En la tabla N° 20 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de descascaramiento (DC) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 21 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por descascaramiento (DC) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 1.59 metros cuadrados, para severidad media 164.26 metros cuadrados y para severidad alta 0.00 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de descascaramiento (DC), la suma total de estas tres áreas es de 165.85 metros cuadrados (Tabla N° 21) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.005% para baja, 0.469% para media y 0.00% para alta (Tabla N° 21).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.47% de toda la vía evaluada (Tabla N° 21).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.
- Riego de liga deficiente.
- Mezcla asfáltica muy permeable (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Fisuras Bloque (FB).**

En la tabla N° 22 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de fisuras bloque (FB) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 23 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por fisuras bloque (FB) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 0.70 metros cuadrados, para severidad media 0.08 metros cuadrados y para severidad alta 0.00 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla fisuras bloque (FB), la suma total estas tres áreas es de 0.78 metros cuadrados (Tabla N° 23) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.002% para baja, 0.00% para media y 0.00% para alta (Tabla N° 23).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.002% de toda la vía evaluada (Tabla N° 23).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 (Bogotá, 2006).

➤ **Tipo: Desgaste superficial (DSU)**

En la tabla N° 24 se detalla el total del área afectada en metros cuadrados por la falla de desgaste superficial (DSU) para todos los tramos analizados y para los tres niveles de severidad asociados (baja, media y alta).

En la tabla N° 25 se muestra la sumatoria total de las áreas afectadas por desgaste superficial (DSU) y por cada tipo de severidad asociada, siendo para severidad baja 3.26 metros cuadrados, para severidad media 13.99 metros cuadrados y para severidad alta 0.00 metros cuadrados.

Del estudio, para la falla de desgaste superficial (DSU), la suma total estas tres áreas es de 17.25 metros cuadrados (Tabla N° 25) para toda la vía en evaluación.

Los porcentajes de daño dentro del área inspeccionada según la severidad, siendo de 0.01% para baja, 0.04% para media y 0.00% para alta (Tabla N° 25).

La sumatoria de los porcentajes de daño dentro del total del área inspeccionada que es de 0.05% de toda la vía evaluada (Tabla N° 25).

Las causas asociadas a este tipo de falla son:

- 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 (Bogotá, 2006).

➤ **Determinación del área total afectada.**

El área total del pavimento evaluado sin considerar las bermas separadoras es de 35020.04 metros cuadrados con un ancho promedio de vía de 7.20 metros.

El área que representa al total de las fallas encontradas es de 929.88 metros cuadrados, representando el 2.66% del total de vía que se evaluó.

➤ **Determinación del área afectada por severidad.**

En el gráfico N° 3, área afectada por tramos, se aprecia la distribución de la cantidad de área que tiene por cada tramo evaluado, siendo en CDR 14 y CDR 19 los que presentan mayor cantidad de fallas con 110.38 metros cuadrados y 105.26 metros cuadrados respectivamente.

En el gráfico N° 4, distribución de los daños por severidad baja, se muestra que el tipo de falla de parches (PCH), es el que presenta mayor cantidad de área afectada con 278.74 metros cuadrados.

En el gráfico N° 5, distribución de los daños por severidad media, se muestra que los tipos de fallas parches (PCH) y descascaramiento (DC), son los que presentan mayor cantidad de área afectada con 187.26 metros cuadrados y 164.26 metros cuadrados respectivamente.

En el gráfico N° 6, distribución de los daños por severidad alta, se muestra que los tipos de fallas parches (PCH) y hundimiento (HUN), son los que presentan mayor cantidad de área afectada con 53.95 metros cuadrados y 46.05 metros cuadrados respectivamente.



➤ **Determinación de la cantidad de fallas por tipo.**

En la tabla N° 27 se detalla la cantidad de las fallas según el tipo encontradas a lo largo de toda la vía evaluada, siendo la de parche (PCH) y de bache (BCH) las que presentan la mayor cantidad con 198 y 168 fallas respectivamente, de un total de 584 fallas que se halló en toda la vía.

En el gráfico N° 7 refleja todas las cantidades, según el tipo, que tiene el pavimento flexible de la Avenida Vía de evitamiento sur evaluado, en donde sobresalen del resto las fallas de parche (PCH) y bache (BCH).

➤ **Propuestas para un posible mantenimiento.**

Se sugiere tener en cuenta las fallas encontradas en el pavimento flexible para poder evitar su aparición ya sea con mantenimientos o en futuros proyectos y considerarlos en los diseños nuevos.

Se propone realizar inspecciones continuas a los pavimentos de las vías más importantes para poder determinar su estado actual con respecto a la cantidad de fallas que impiden el correcto servicio de tránsito y lograr un mejor mantenimiento y conservación con un costo reducido en reparaciones.

➤ **Propuestas de solución para las fallas presentes en el pavimento evaluado.**

**Tabla N° 28. Propuestas de solución.**

FALLA	Símbolo	Descripción	Propuesta de solución
Fisura Longitudinal	FL	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.	Relleno de grietas con emulsiones asfálticas. Aplicar el material sellante tomando especial cuidado de producir una adherencia efectiva del riego de liga con las paredes de la fisura. El mezclado o preparación de las mezclas deberá realizarse por medio de equipos mecánicos adecuados que aseguren productos homogéneos y que sean muy maniobrables
Fisuras Transversal	FT		
Hundimiento	HUN	Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.	Mezclas asfálticas. La reparación se debe efectuar reemplazando todo el material removido por mezclas asfálticas, aun cuando parte de él corresponda a antiguas capas de bases o subbase.
Parche	PCH	Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido reemplazado por material similar o diferente.	Mezclas asfálticas. Remoción de la zona deteriorada. La reparación se debe efectuar reemplazando todo el material removido por mezclas asfálticas, aun cuando parte de él corresponda a antiguas capas de bases o subbase.
Bache	BCH	Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada.	Mezclas asfálticas. Remoción de la zona deteriorada. Posteriormente a la delimitación de la zona deteriorada, las mezclas asfálticas deben cortarse de manera que las paredes queden verticales. La mezcla asfáltica se debe extender y nivelar mediante rastrillos, colocando la cantidad adecuada para que sobresalga unos 6 mm sobre el pavimento circundante.

Piel de cocodrilo	PC	Corresponden a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizados en zonas sujetas a repeticiones de carga.	El objetivo de los Sellos Asfálticos es la protección oportuna de pequeñas fisuras y resquebrajamiento que se presentan en la superficie y que normalmente son precursores de daños graves cuando no hay una intervención a tiempo. Los sellos de emulsión se aplicarán con distribuidor a presión y asegurándose que se produzca un recubrimiento uniforme. Cuando el área por recubrir sea grande se utilizará la barra de riego del distribuidor de asfalto.
Fisura en bloque	FB	Este deterioro difiere de la piel de cocodrilo en que esta última aparece en áreas sometidas a carga, mientras que los bloques que han evolucionado en piel de cocodrilo por acción del tránsito.	Relleno de grietas con emulsiones asfálticas. Aplicar el material sellante tomando especial cuidado de producir una adherencia efectiva del riego de liga con las paredes de la fisura. Los sellos de emulsión se aplicarán con distribuidor a presión y asegurándose que se produzca un recubrimiento uniforme.
Descascaramiento	DC	Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.	El objetivo de los Sellos Asfálticos es la protección oportuna de pequeñas fisuras y resquebrajamiento que se presentan en la superficie y que normalmente son precursores de daños graves cuando no hay una intervención a tiempo. Asimismo, se utilizan para recuperar las condiciones superficiales de calzadas desgastadas o pulidas y, de esta manera, contribuir a una adecuada circulación vehicular con seguridad, comodidad, rapidez y economía.
Desgaste superficial	DSU	Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos.	

Fuente: Adaptación MTC, 2007

## CONCLUSIONES

1. Se han determinado que las fallas en el pavimento flexible de la Avenida Vía de evitamiento sur si son de severidad baja, siendo el más repetitivo parche (PCH), con una incidencia de 278.74 metros cuadrados (Ver Gráfico N° 4).
2. Se logró evaluar, por medio de formatos de inspección para pavimentos flexibles, la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca en el año 2015, permitiendo concluir que 929.88 metros cuadrados (ver Tabla N° 26), el 2.66 % del total evaluado, presenta fallas de diferente tipo, siendo la de parches (PCH) la que presenta mayor cantidad de repeticiones con 198 veces (ver Tabla N° 27 y Gráfico N° 7).
3. Se describió las fallas que se encuentran en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, año 2015, encontrándose 78 fisuras longitudinales (FL), con posibles causas de encontrarse en zonas de contacto por diferencias de rigidez, riego insuficiente de liga o espesor insuficiente de capa de rodadura; 15 fisuras transversales (FT), pudiendo darse por causas similares a la anterior falla de fisura longitudinal, además de envejecimiento del asfalto; 168 hundimientos (HUN), con posibles causas de asentamiento de subrasante, deficiente compactación en capas inferiores o deficiente drenaje; 198 parches (PCH), con posibles causas de procesos constructivos deficientes, deficiencia en las juntas, propagación de daños existentes en las áreas aledañas a parche o ineficiente parcheo; 40 baches (BCH), con posibles causas de retención de agua en zonas fisuradas, algunos defectos constructivos o deficiente espesor de capa de rodadura; 64 piel de cocodrilo (PC), con posibles causas de espesor estructural insuficiente, deformaciones de la subrasante, problemas de drenaje o deficiente mezcla asfáltica; 15 descascaramiento (DC), con posibles causas de espesor insuficiente de capa asfáltica, riego de liga inadecuado, mezcla asfáltica muy permeable; 3 falla bloque (FB), con posibles causas de variaciones de temperatura; y 3 desgaste superficial (DSU), con posibles causas de falta de adherencia de asfalto con agregados, (ver Tabla N° 27).

4. El pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industria presente fallas con severidad baja, siendo el de tipo parche (PCH) el que más se presenta con 278.74 m<sup>2</sup> (ver gráfico N° 4); media, siendo los que más se presentan de parche (PCH) con 187.26 m<sup>2</sup> y descascaramiento (DC) con 164.26 m<sup>2</sup> (ver gráfico N° 5); y alta, siendo los que más se presentan de hundimiento (HUN) con 46.05 m<sup>2</sup> y parche (PCH) con 53.95 m<sup>2</sup> (ver gráfico N° 6).
  
5. El pavimento evaluado necesita urgentemente las siguientes posibles medidas de reparación: relleno de grietas con emulsiones asfálticas, re-nivelación dependiendo de la magnitud de la deformación en el caso de parches y bacheo con mezcla asfáltica cuando el pavimento ha sido destruido por el tránsito en el caso de baches y hundimientos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda ampliar el estudio de la evaluación de las fallas en los pavimentos tanto flexibles como rígidos de la ciudad de Cajamarca para detectar más tramos que presenten deterioros para lograr identificar el tipo de falla y una posible solución o mantenimiento adecuado según se requiera.

## REFERENCIAS

1. AASTHO. (2001). *Recommended Practice for Geosynthetic*. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
2. Ávila, E. &. (2014). *Evaluación de Pavimentos en Base a Métodos no Destructivos*. Cuenca, Ecuador.
3. Bogotá, U. N. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá, Colombia.
4. Coronado, J. (2000). *Catálogo Centroamericano de daños a pavimentos viales COMITAN*. Guatemala.
5. Echevaguren, T. (2001). *Metodología de Inspección visual para sistema de gestión de Pavimentos Urbanos SIGMAP*. Concepción, Chile.
6. Gamboa, K. P. (2009). *Cálculo del índice de condición aplicado en el pavimento flexible en la av. las palmeras de Piura*. Piura.
7. Garcia, C. y. (2012). *Diagnóstico del estado situacional de la vía: av. argentina - av. 24 de junio por el método: índice de condición de pavimentos-2012*. Huancayo.
8. Guadalupe, M. N. (2011). *CORRELACION DE LAS FALLAS EN PAVIMENTOS CON RESPECTO A LA ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LAS CAPAS DE BASE Y SUBASE*. México.
9. Miranda, R. R. (2010). *DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS*. Valdivia-Chile: UNIVERSIDAD AUTRAL DE CHILE.
10. Lizcano, F. A. (2003). *Diseño racional de pavimentos*. Colombia.
11. Menéndez, J. r. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas*. Lima.
12. MTC, D. g. (2013). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.
13. RNE. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Apolo.
14. SGS. (2013). *Metodología de inspección visual de pavimentos preconstrucción*. Cali, Colombia.

15. Shanin, M. (2005). *Pavement management for Airports Roads and Parking Lost*. USA, Springer.
16. Naciones Unidas, C. e. (1994). *Caminos: Un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales*. Santiago de Chile.
17. Velásquez, E. D. (2009). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la av. Luis Montero, distrito de castilla*. Piura.
18. MTC R.D. (2007). *Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras*. Lima.
19. MVCS. (2011). *Diagnóstico de la construcción en la región Cajamarca*. Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Cajamarca.



# ANEXOS

➤ **ANEXOS 01: FORMATOS DE INSPECCIÓN 1**

Parte I: Resumen de deterioros en pavimentos flexibles

<b>PARTE I : RESUMEN DE DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES</b>					
Nombre de la investigación	<b>"FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR, CAJAMARCA, 2015"</b>				
Investigador:	Carlos Santiago Gonzales Chávez				
TIPO DE DETERIORO	SIMBOLO	Unidad	NIVEL DE SEVERIDAD		
			BAJA (B)	MEDIA (M)	ALTA (A)
<b>FISURAS</b>					
Fisuras longitudinales	FL	m	Abertura < 1 mm o selladas.	Abertura 1-3 mm, sin sello, algunas fisuras leves la cruzan	Abertura >3 mm, posee alto desgaste, algunas fisuras medias las cruzan, causa vibración al vehículo.
Fisuras transversales	FT	m			
Fisuras en juntas de construcción	FCL-FCT	m			
Reflexión de juntas de pavimentos	FJL-FJT	m			
Fisuras en media luna	FML	m <sup>2</sup>			
Fisuras de borde	FBD	m			
Fisuras en bloque	FB	m <sup>2</sup>	Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1mm o selladas, sin desgaste en ellas.	Bloques definidos por fisuras 1-3 mm, o sin sellante, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras > 3mm que presentan alto desgaste.
Fisuras piel de cocodrilo	PC	m <sup>2</sup>	Serie de fisuras longitudinales paralelas con abertura de hasta 3 mm, principalmente en la huella.	Las fisuras han formado bloques que tienen un ligero desgaste en los bordes.	Área con bloques sueltos de bordes desgastados, puede existir bombeo.
Fisuras por deslizamiento de capas	FDC	m <sup>2</sup>	Fisuras < 1mm o selladas.	Fisuras 1-3mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1 mm.	Fisuras > 3mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm.

Fisuración incipiente	FIN	m2	Sin grados de severidad asociados		
<b>DEFORMACIONES</b>					
Ondulaciones	OND	m2	Altura < 10 mm	Altura 10-20 mm	Altura > 20mm
Abultamiento	AB	m2			
Hundimientos	HUN	m2	Altura < 20 mm	Altura 20-40 mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento	AHU	m2	Altura < 10 mm	Altura 10-25 mm	Altura > 25mm
<b>DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES</b>					
Descascaramiento	DC	m2	Altura < 10mm	Altura 10-25 mm	Profundidad mayor que 2.5 cm.
Baches	BCH	m2	Profundidad < 25mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas	Profundidad entre 25-50 mm, afecta incluso la base asfáltica.	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular.
Parches	PCH	m2	Está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y deficiencias en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.
<b>DAÑOS SUPERFICIALES</b>					
Desgaste superficial	DSU	m2	Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3mm	Profundidad de las irregularidades entre 3 mm y 10 mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido.	Ha comenzado desintegrarse la superficie, presenta desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.
Pérdida del agregado	PA	m2	Se observan pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.	Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.	Desprendimiento extensivo de agregados con separaciones menores a 0.05 m, superficie muy rugosa, se observan sueltos.
Pulimento del agregado	PU	m2	Sin grados de severidad asociados		
Cabezas duras	CD	m2	Sin grados de severidad asociados		
Exudación	EX	m2	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos	Exceso de asfalto libre que forma una película cubriendo parcialmente los agregados	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intensa coloración negra.

Surcos	SU	m2	Sin grados de severidad asociados		
<b>OTROS DAÑOS</b>					
Corrimiento vertical de la berma	CV	m	Altura < 6mm	Altura 6-25 mm	Altura > 25 mm
Separación de la berma	SB	m	Ancho < 3mm	Altura 3-10 mm	Altura > 10mm
Afloramiento de agua	AFA	m	Sin grados de severidad asociados		
Afloramiento de finos	AFI	-	Sin grados de severidad asociados		
<b>APROBACIÓN</b>					
<b>Asesor de tesis</b>		<b>Director de carrera de Ingeniería Civil</b>			<b>Investigador</b>
Nombre: Alejandro Cubas Becerra		Nombre: Orlando Aguilar Aliaga			Nombre: Carlos Santiago Gonzales Chávez
Fecha :		Fecha :			Fecha :
Firma :		Firma :			Firma :

Parte II: Inspección visual de pavimentos flexibles

PARTE II: FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES					
Nombre de la investigación:		"FALLAS EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. VÍA DE EVITAMIENTO SUR, CAJAMARCA, 2015"			
Investigador:		Carlos Santiago Gonzales Chávez			
INFORMACIÓN GENERAL					
Realizado por:				Fecha:	
vía:				Tramo:	
FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES					
CARRIL	DETERIORO				OBSERVACIONES
	TIPO	SEVERIDAD	LARGO (m)	ANCHO (m)	
APROBACIÓN					
<b>Asesor de tesis</b>		<b>Director de carrera de Ingeniería Civil</b>		<b>Investigador</b>	
Nombre: Alejandro Cubas Becerra		Nombre: Orlando Aguilar Aliaga		Nombre: Carlos Santiago Gonzales Chávez	
Fecha :		Fecha :		Fecha :	
Firma :		Firma :		Firma :	

➤ **ANEXO 02.**

**PANEL FOTOGRÁFICO DE LAS FALLAS ENCONTRADAS EN EL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AVENIDA VÍA DE EVITAMIENTO SUR.**

FALLA	TIPO DE FALLA	SIMBOLO
1	FALLA LONGITUDINAL	FL
2	FALLA TRANSVERSAL	FT
3	HUNDIMIENTO	HUN
4	PARCHES	PCH
5	BACHES	BCH
6	PIEL DE COCODRILO	PC
7	DESCASCARAMIENTO	DC
8	FALLA BLOQUE	FB
9	DESGASTE SUPERFICIAL	DSU

- **CDR 1:** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 01. Conjunto de fallas entre piel de cocodrilo y baches de severidad alta



Foto 02. Se aprecia la gran profundidad que presenta la falla de bache >50 mm



Foto 03. Falla de hundimiento (HUN) con severidad alta.



Foto 04. Falla de fisura longitudinal de severidad alta con abertura > 3mm



Foto 05. Parche (PCH) de severidad media con una fisura transversal.



Foto 06. Bache (BCH) de severidad alta que afecta al tránsito normal.



Foto 07. Fisura longitudinal (FL) con severidad media, no afecta significativamente a los vehículos pero puede evolucionar a una falla más



Foto 08. Bache (BCH) de severidad alta, llegando a la base del pavimento.





Foto 09. Parche PCH de severidad media con bloques de concreto.



Foto 10. Bache BCH de severidad alta donde ya paso la carpeta asfáltica hasta la base.

➤ **CDR 2.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 11. Parche PCH de severidad baja con bloque de concreto.



Foto 12. Parche PCH de severidad baja con bloques de concreto.



Foto 13. Hundimiento HUN que no afecta al tráfico.



Foto 14. Bache (BCH) de severidad alta, ocasiona mal servicio de la vía.





Foto 15. Bache (BCH) de severidad alta, ocasiona mal servicio de la vía.



Foto 16. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con abertura > 3mm.



Foto 17. Parche (PCH) de severidad alta con bloques de concreto



Foto 18. Bache (BCH) de severidad alta que afecta al tráfico.



Foto 19. Bache (BCH) de severidad alta de gran dimensión.



Foto 20. Bache (BCH) de severidad alta con una profundidad > 50 mm.





Foto 21. Parche (PCH) de severidad media con bloques de concreto.



Foto 22. Toma de datos en el final de la CDR 2.

➤ **CDR 3.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 23. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con abertura > 3mm.



Foto 24. Piel de cocodrilo (PC) de severidad alta con fisuras pronunciadas.



Foto 25. Hundimiento (HUN) de severidad media, dimensión apreciable.



Foto 26. Hundimiento (HUN) de severidad baja





Foto 27. Hundimiento (HUN) con severidad media que si afecta al tráfico.

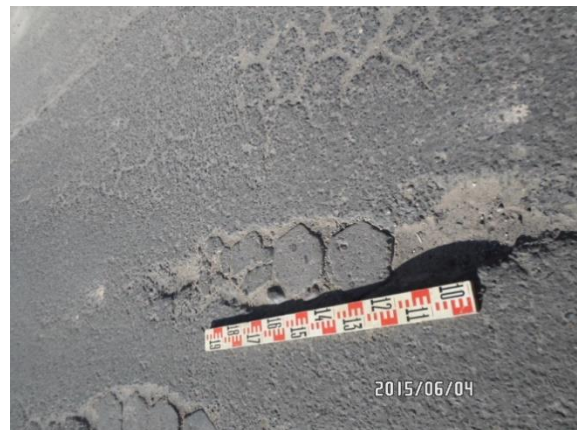


Foto 28. Parche (PCH) de severidad alta con bloques de concreto.



Foto 29. Hundimiento (HUN) de severidad baja en el tramo CDR 3



Foto 30. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con apreciable profundidad.

➤ **CDR 4.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 31. Piel de cocodrilo (PC) de severidad alta



Foto 32. Piel de cocodrilo (PC) de severidad alta.





Foto 33. Parche (PCH) de severidad  
baja con bloques de concreto.



Foto 34. Parche (PCH) de severidad  
baja con bloques de concreto.



Foto 35. Piel de cocodrilo (PC) de  
severidad alta con fisuras pronunciadas.



Foto 36. Piel de cocodrilo (PC) de  
severidad media que no interfiere con el  
tráfico.



Foto 37. Parche (PCH) de severidad alta  
con fisuras pronunciadas. Y  
hundimiento (HUN) alto



Foto 38. Parche (PCH) de severidad alta  
con bloques de concreto.



➤ **CDR 5.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 39. Hundimiento (HUN) de severidad alta sobre la carpeta asfáltica.



Foto 40. Piel de cocodrilo (PC) de severidad alta con fisuras pronunciadas.



Foto 41. Parche (PCH) de severidad media



Foto 42. Parche (PCH) de severidad alta que afecta ya al tráfico.



Foto 43. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media



Foto 44. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con abertura > de 3 mm.





Foto 45. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media con fisuras no tan pronunciadas



Foto 46. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con una gran profundidad.

➤ **CDR 6.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 47. Parche (PCH) de severidad baja, pero de gran extensión.



Foto 48. Hundimiento (HUN) de severidad media con una profundidad entre 20-40 mm.



Foto 49. Fisura longitudinal (FL) de severidad media y de extensa



Foto 50. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta y de abertura > 3 mm.



Foto 51. Parche (PCH) de severidad baja junto a fisuras.



Foto 52. Parche (PCH) de severidad baja con área de afectación.



Foto 53. Hundimiento (HUN) de severidad media junto a grietas.



Foto 54. Parche con hundimiento de severidades altas y q afectan al tráfico.

➤ **CDR 7.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 55. Fisura longitudinal (FL) de severidad baja.



Foto 56. Descascaramiento (DC) en tramo frente a terminal Dias.





Foto 57. Bache (BCH) de severidad alta, ocasiona malestar a los usuarios.



Foto 58. Bache (BCH) de severidad baja, con profundidad < 25 mm.



Foto 59. Parche (PCH) de severidad baja de material asfáltico.

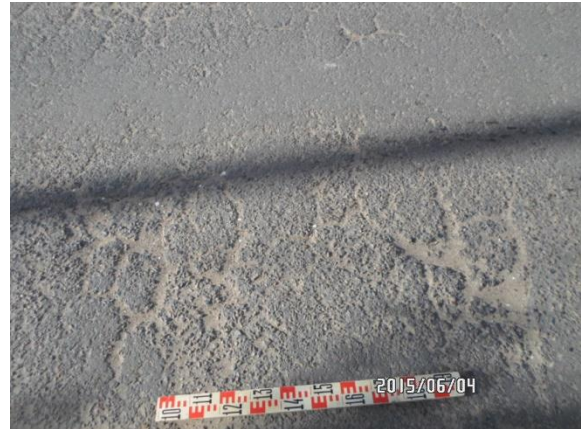


Foto 60. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media con desgaste bordes.



Foto 61. Fisura longitudinal (FL) de severidad alta con abertura > 3 mm



Foto 62. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media con desgaste borde.



➤ **CDR 8.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 63. Bache (BCH) de severidad alta con profundidad > 50 mm



Foto 64. Parche (PCH) con severidad media presenta algunas fisuras



Foto 65. Parche (PCH) de severidad baja. Conexión de desagüe.



Foto 66. Hundimiento HUN de severidad media con profundidad entre 20-40 mm.



Foto 67. Fisura longitudinal FL de severidad media con abertura entre 1-3 mm



Foto 68. Piel de cocodrilo PC de severidad media con leves desgastes.





Foto 69. Desgaste superficial (DSU) con severidad media.



Foto 70. Parche (PCH) con severidad alta.

➤ **CDR 9.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 71. Bache (BCH) de severidad alta al frente del colegio Urrelo.



Foto 72. Parche (PCH) de severidad media con fisuras.



Foto 73. Piel de cocodrilo (PC) de severidad baja.



Foto 74. Hundimiento (HUN) de severidad media.



Foto 75. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media.



Foto 76. Parche (PCH) de severidad media con bloques de concreto.



Foto 77. Hundimiento (HUN) de severidad baja.



Foto 78. Hundimiento (HUN) de severidad media.

➤ **CDR 10.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 79. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 80. Hundimiento HUN de severidad media con profundidad entre 20-40 mm





Foto 81. Piel de cocodrilo (PC) de severidad media.



Foto 82. Fisura longitudinal (FL) de severidad baja



Foto 83. Parche (PCH) de severidad media, caja de agua.



Foto 84. Hundimiento (HUN) de severidad alta



Foto 85. Parche (PCH) de severidad baja



Foto 86. Hundimiento (HUN) de severidad baja.

➤ **CDR 11.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 87. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 88. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 89. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 90. Parche (PCH) de severidad baja. Con un leve hundimiento



Foto 91. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 92. Piel de cocodrilo (PC) de severidad baja.





Foto 93. Piel de cocodrilo (PC) de severidad alta.



Foto 94. Momento de la medición de las fallas.

➤ **CDR 12.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 95. Hundimiento (HUN) de severidad media con fisuras.



Foto 96. Hundimiento (HUN) de severidad alta.



Foto 97. Hundimiento (HUN) de severidad media.



Foto 98. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 99. Parche (PCH) de severidad baja con bloques de concreto.



Foto 100. Parche (PCH) de severidad baja.

➤ **CDR 13.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 101. Hundimiento (HUN) de severidad media



Foto 102. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 103. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 104. Parche (PCH) de severidad baja.





Foto 105. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 106. Hundimiento (HUN) de severidad baja.

➤ **CDR 14.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 107. Hundimiento (HUN) de severidad baja.



Foto 108. Hundimiento HUN de severidad media.



Foto 109. Hundimiento (HUN) de severidad alta.



Foto 110. Toma de datos en un tramo de la vía.





Foto 111. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 112. parche (PCH) de severidad baja.



Foto 113. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 114. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 115. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 116. Parche (PCH) de severidad baja.

➤ **CDR 15.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo

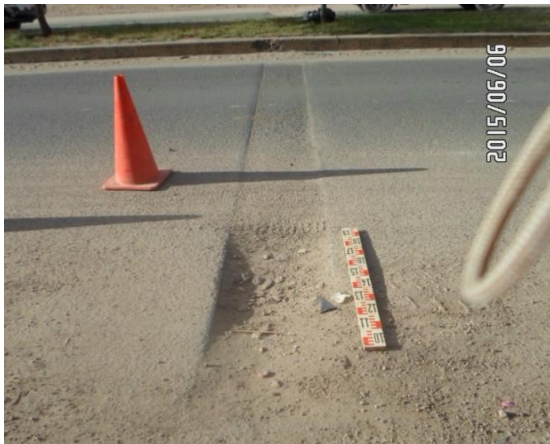


Foto 117. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 118. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 119. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 120. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 121. Hundimiento (HUN) de severidad media



Foto 122. Parche (PCH) de severidad alta.



➤ **CDR 16.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 123. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 124. Fisura longitudinal (FL) de severidad baja.



Foto 125. Parche (PCH) de severidad baja



Foto 126. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 127. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 128. Parche (PCH) de severidad media.

➤ **CDR 17.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 129. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 130. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 131. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 132. Hundimiento (HUN) de severidad alta.



Foto 133. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 134. Parche (PCH) de severidad media.



➤ **CDR 18.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo.



Foto 135. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 136. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 137. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 138. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 139. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 140. Piel de cocodrilo (PC) de severidad baja.

➤ **CDR 19.** Se mostrarán las fallas más representativas encontradas en este tramo



Foto 141. Último tramo de recolección de datos.



Foto 142. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 143. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 144. Parche (PCH) de severidad alta.



Foto 145. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 146. Parche (PCH) de severidad baja.



Foto 147. Parche (PCH) de severidad media.



Foto 148. Parche (PCH) de severidad alta.

➤ **ANEXO 03. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL.**



## ➤ **ANEXO 04. FORMATOS DE INSPECCIÓN.**

➤ **ANEXO 05. PLANO DE UBICACIÓN.**