



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS PROFESIONAL**

**“EVALUACIÓN DE LAS FALLAS EN EL  
PAVIMENTO DE LA CARRETERA  
VILLAHERMOSA – ESCOPETAZO, DEL  
TRAMO JITOTOL – SOYALÓ, CHIAPAS DEL  
KM 205+000 AL 206+580”.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERA EN TOPOGRAFÍA E  
HIDROLOGÍA**

PRESENTA

**GREISY VALLE RAMIREZ**

DIRECTOR DE TESIS

**DR. FRANCISCO FÉLIX DOMÍNGUEZ SALAZAR**

COORDIRECTOR

**MTRO. BENITO JAVIER VILLANUEVA  
DOMÍNGUEZ**





**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS**  
SECRETARÍA GENERAL  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR  
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
06 de junio de 2025

C. Greisy Valle Ramírez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Topográfica e Hidrología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**“Evaluación de las fallas en el pavimento de la carretera Villahermosa - Escopetazo, del tramo Jitotol - Soyaló, Chiapas del km 205+000 al 206+580.”**

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Mtro. Benito Javier Villanueva Domínguez

Mtro. Leopoldo Emmanuel Hernández Vázquez

Mtro. Francisco Félix Domínguez Salazar

**Firmas:**

C.c.p. Expediente



# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I GENERALIDADES .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Planteamiento del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>4</b>
1.3.1    Objetivo general .....	4
1.3.2    Objetivos específicos.....	4
<b>1.4 Descripción general de la zona en estudio .....</b>	<b>4</b>
1.4.1 Localización.....	4
1.4.2 Climatología.....	5
1.4.3 Hidrografía.....	5
1.4.4 Geología.....	5
1.4.5 Uso de suelo y vegetación .....	5
<b>1.5 Justificación.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 Hipótesis.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO II METODOLOGÍA .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Estudio topográfico del tramo en estudio.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Trazo de eje del tramo en estudio.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Trazo de la poligonal del tramo en estudio.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Nivelación del perfil del tramo en estudio .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Proyecto de secciones del tramo .....</b>	<b>12</b>

<b>2.6 Clasificación o índice de servicio.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO III EVALUACIÓN DE FALLAS MEDIANTE EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD</b>	
<b>(PSI)" .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Evaluación de fallas del tramo en estudio .....</b>	<b>16</b>
3.1.1 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 205+000 al 205+500. ....	17
3.1.2 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 205+500 al 206+000. ....	19
3.1.3 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 206+000 al 206+580. ....	22
<b>3.2 Tipos de fallas en el pavimento.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Irregularidad en el rodamiento .....	26
3.2.2 Daños en el pavimento .....	30
3.2.3 Falla superficial y estructural .....	37
<b>3.3 Plano Topográfico del tramo en estudio con los porcentajes de falla .....</b>	<b>47</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>48</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>50</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>ILUSTRACIÓN 1.</b> MACRO LOCALIZACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO “TRAMO JITOTOL – SOYALÓ, CHIAPAS DEL KM 205+000 AL 206+580.....	5
<b>ILUSTRACIÓN 2.</b> UBICACIÓN DEL PRIMER PUNTO DE PARTIDA A LA ALTURA DEL PONTE DEL KM 205+000 .....	7
<b>ILUSTRACIÓN 3.</b> GEORREFERENCIACIÓN DEL PUNTO DE PARTIDA UTILIZANDO EL NAVEGADOR GNSS.....	8
<b>ILUSTRACIÓN 4.</b> UBICACIÓN DEL PUNTO DE REFERENCIA.....	8
<b>ILUSTRACIÓN 5.</b> SECCIONAMIENTO DE TODA LA CALZADA TOMADA A CADA 20 M.....	9
<b>ILUSTRACIÓN 6.</b> PLANTILLA DE EVALUACIÓN PARA EL PRESENT SERVICEABILITY RATING (PSR).....	14
<b>ILUSTRACIÓN 7.</b> TIPOS DE DEFORMACIONES EN EL PAVIMENTO (LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES).....	15
<b>ILUSTRACIÓN 8.</b> MACRO LOCALIZACIÓN TRAMO 1. DEL KM 205+000 AL 205+500. ....	17
<b>ILUSTRACIÓN 9.</b> MACRO LOCALIZACIÓN DEL KM 205+500 AL 206+000.....	19
<b>ILUSTRACIÓN 10.</b> MACRO LOCALIZACIÓN DEL KM 206+000 AL 206+580.....	22
<b>ILUSTRACIÓN 11.</b> FACTORES CLAVE QUE ACELERAN EL DESGASTE DEL PAVIMENTO EN EL TRAMO(TRAFFICO Y CARGA). .....	28
<b>ILUSTRACIÓN 12.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL TRAMO 205+000 AL 205+500.....	30
<b>ILUSTRACIÓN 13.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL 205+500 AL 206+000.....	31
<b>ILUSTRACIÓN 14.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL 206+000 AL 206+580.....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO, (PSI).....	13
<b>TABLA 2.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL TRAMO 1; CON DESCRIPCIÓN DE CADA FALLA. ....	17
<b>TABLA 3.</b> EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD (PSI) DEL TRAMO 205+000 AL 205+500 PARA SABER EL PSI ESTIMADO DEL TRAMO. ....	18
<b>TABLA 4.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL TRAMO 2; CON SU RESPECTIVA DESCRIPCIÓN. ....	20
<b>TABLA 5.</b> EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD (PSI) DEL TRAMO 205+500 AL 206+000 PARA SABER EL PSI ESTIMADO DEL TRAMO. ....	21

<b>TABLA 6.</b> FALLAS ENCONTRADAS EN EL TRAMO 3; CON SU RESPECTIVA DESCRIPCIÓN. ....	22
<b>TABLA 7.</b> EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD (PSI) DEL TRAMO 206+000 AL 206+580 PARA SABER EL PSI ESTIMADO DEL TRAMO. ....	23
<b>TABLA 8.</b> TABLA TÉCNICA PARA DAR EL PSI ESTIMADO DEL PAVIMENTO. ....	24
<b>TABLA 9.</b> PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN A LOS TRES TIPOS BÁSICOS DE FALLAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE. ....	29
<b>TABLA 10.</b> CLASIFICACIÓN DE FALLAS SEGÚN SU SEVERIDAD EN EL TRAMO 205+000 AL 205+500. ....	31
<b>TABLA 11.</b> SEVERIDAD DE LAS FALLAS EN EL TRAMO 205+500 AL 206+000. ....	33
<b>TABLA 12.</b> SEVERIDAD DE LAS FALLAS EN EL TRAMO 206+000 AL 206+580. ....	33
<b>TABLA 13.</b> EVALUACIÓN DE LAS FALLAS DEL PAVIMENTO DEL TRAMO COMPLETO. ....	36
<b>TABLA 14.</b> TABLAS DE DETERIOROS SUPERFICIALES Y ESTRUCTURALES. ....	37

## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>GRAFICA 1.</b> PORCENTAJE DE FALLAS DEL TRAMO 205+000 AL 205+500. ....	19
<b>GRAFICA 2.</b> PORCENTAJE DE FALLAS DEL TRAMO 205+500 AL 206+000. ....	21
<b>GRAFICA 3.</b> PORCENTAJE DE FALLAS DEL TRAMO 206+000 AL 206+580. ....	24

## ÍNDICE DE PLANOS

<b>PLANO 1.</b> PLANO ALTIMÉTRICO Y PLANIMÉTRICO DE LA ZONA EN ESTUDIO. ....	47
--	----

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> GRAFICA DE DETERIORO DEL TRAMO EN ESTUDIO. ....	50
<b>ANEXO 2.</b> GRAFICA DE PORCENTAJE DE LAS FALLAS DEL TRAMO 205+000 AL 206+580. ....	50
<b>ANEXO 3.</b> LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y FALLAS ENCONTRADAS DEL TRAMO DE ESTUDIO. ....	51

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a **Dios**, por brindarme salud, sabiduría y la fortaleza necesaria para llegar hasta esta etapa de mi vida, en la que concluyo con satisfacción mis estudios académicos. Sin Su guía constante y Su presencia en cada momento difícil, este logro no habría sido posible.

A mi madre, **Martha Cecilia Ramírez Pérez**, por ser mi pilar inquebrantable. Gracias por tu amor incondicional, por tus palabras de aliento y por enseñarme, con tu ejemplo, a nunca rendirme. Has sido mi fortaleza, mi impulso y la razón por la que sigo luchando por alcanzar mis sueños.

A mi abuelo, **Jesús Valle Cruz**, quien me enseñó a creer en mí mismo y a no rendirme. Su apoyo y fe en mí me acompañaron incluso hasta el último instante de su vida. Hoy, aunque no esté físicamente, sé que desde el cielo me sigue guiando y animando a continuar adelante con determinación.

Agradezco con el alma a mi querido novio, **César Andrés**, por su apoyo emocional inquebrantable. Gracias por estar siempre a mi lado, por tu comprensión, por ser mi refugio en los días difíciles y por recordarme con tu amor que todo esfuerzo tiene su recompensa. Tu presencia fue clave en los momentos más exigentes de esta etapa, y por ello te estaré siempre agradecida.

A mi entrañable amiga, **Laury Daniela**, gracias por tus palabras de ánimo, tu energía contagiosa y tu fe en mí. Tu apoyo me ayudó a mantenerme firme, enfocada y a no perder de vista mis metas. Tu amistad ha sido un regalo invaluable en este proceso.

A mis maestros, el **Dr. Francisco Félix** y el **Mtro. Benito Javier**, gracias por compartir con generosidad su conocimiento, por su guía constante y por la exigencia académica que me impulsó a superarme día a día. Sus enseñanzas no solo contribuyeron al desarrollo de este proyecto, sino también a mi crecimiento personal y profesional. Su vocación y compromiso dejaron una huella imborrable en mi formación.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este proceso. Este triunfo también es suyo.

## CAPÍTULO I GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El desarrollo de una comunidad se basa principalmente en sus vías comunicación terrestres, porque a partir de ahí empieza las interrelaciones de las personas o entre pueblos ya sea por asuntos económicos, sociales, culturales, etc. Por ello, las primeras vías terrestres de comunicación que surgieron fueron llamados veredas (caminos), su principal función fue y sigue siendo ayudar a los ciudadanos poderse trasladar de un lugar a otro de manera segura.

En la mayoría de los casos, con el paso del tiempo se va incrementando el número de habitantes, y las dichas veredas son muchas más transitadas; por lo consiguiente surge la necesidad de mejorar las características de dichas veredas, como el ancho de la vereda, superficie y así poder conseguir la seguridad y comodidad de los usuarios. Con el incremento poblacional y de los requerimientos de movilidad surgieron otros tipos de transportes (vehículos de arrastre y rodadura) y fue así como dichas veredas se transformaron a caminos pavimentados con características apropiadas a su desempeño.

Por lo tanto, 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).

Un pavimento es una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos operacionales deseados y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimentos, dependiendo del tipo de vehículo que transitaran y del volumen de tráfico (UMSS, Manual Completo: Diseño de Pavimentos, 2014).

Por ende, las vías de comunicación terrestre son de gran importancia desde todos los tiempos, ya que ayudan al desarrollo urbano y socioeconómico de las personas de ciertos municipios; es por eso, que es de suma importancia conocer las condiciones en que se encuentra el pavimento de la “carretera Villahermosa – Escopetazo del tramo Jitotol – Soyalo, Chiapas del km 205+000 al 206+580” ya que nos permitirá proponer alternativas de solución y para que el tramo mencionado funcione adecuadamente para todos los usuarios.

El deterioro avanzado que se observa en la “carretera Villahermosa – Escopetazo del tramo Jitotol – Soyalo, Chiapas del km 205+000 al 206+580” es porque las autoridades correspondientes no lo han atendido en tiempo y forma, estos deterioros generan cierta molestia para los usuarios que transitan por esa misma. La tesis tiene como propósito evaluar las fallas del pavimento de la carretera Villahermosa – Escopetazo del tramo Jitotol – Soyalo, Chiapas del km 205+000 al 206+580.

El buen desempeño de un pavimento está relacionado con las actividades de mantenimiento rutinario y periódico, las cuales contribuyen con su durabilidad, seguridad y comodidad de los usuarios (Vásquez, 2002).

## **1.2 Planteamiento del problema**

La carretera federal 195 México, es una carretera que va desde Villahermosa, Tabasco por el Norte hasta El Escopetazo, municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas al sur; se puede entender que esta carretera federal es muy importante desde su inauguración, porque fue la primera que hizo conexión con la capital de Chiapas (Tuxtla Gutiérrez) y con Villahermosa, Tabasco; antes de las diversas autopistas que se fueron construyendo con el paso del tiempo. Es por eso, que son necesarias las evaluaciones de las fallas que se encuentran en el pavimento de la carretera Villahermosa – Escopetazo, del tramo Jitotol – Soyalo, Chiapas del km 205+000 al 206+580, ya que estas fallas generan la dificultad de transitar de manera segura dicho tramo para todos los usuarios transportistas. Por lo tanto, es importante mencionar que dichas fallas se han

generado por las inclemencias del clima, así como también las fallas funcionales o estructurales, la carga de tránsito, la falta de mantenimiento rutinario y periódico del pavimento.

En vista del problema existente en el que se encuentra el pavimento en estudio, es necesario realizar algunas intervenciones para el cálculo del índice del deterioro del pavimento para que así mismo se den recomendaciones para mejorar la condición operacional que actualmente tiene el pavimento.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar las fallas que se encuentran en el pavimento de la carretera Villahermosa – Escopetazo del tramo Jitotol – Soyaló, Chiapas del km 205+000 al 206+580.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar el estudio topográfico del tramo carretero “Jitotol – Soyaló del km 205+000 al 206+580”.
- Zonificar y clasificar las fallas existentes en el tramo carretero “Jitotol – Soyaló del km 205+000 al 206+580.
- Identificar su grado de deterioro y determinar si se requiere reconstrucción o rehabilitación del tramo en estudio.
- Realizar recomendaciones para la conservación de la carretera y devolver su funcionalidad correcta del pavimento.

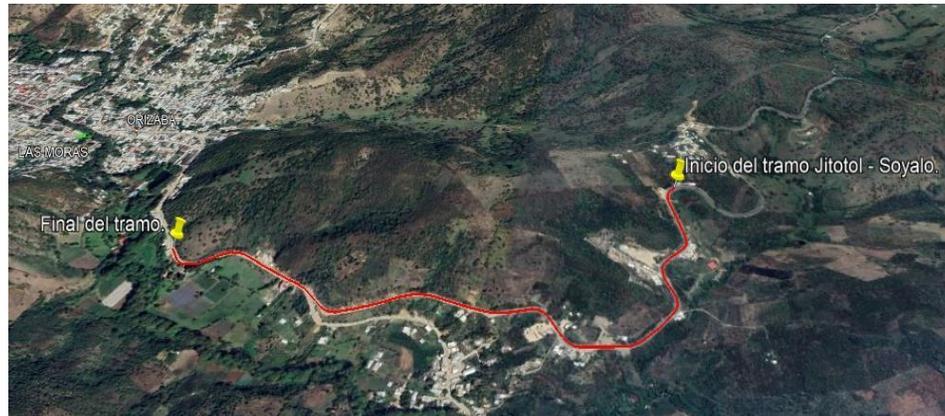
### **1.4 Descripción general de la zona en estudio**

#### **1.4.1 Localización**

El tramo carretero en estudio inicia en las coordenadas geográficas 16° 59' 29.69" N -92° 52' 20.43" W y termina en las coordenadas geográficas 16° 59' 23.74" N -92° 52' 56.83" W; se localiza en las montañas del norte del estado, siendo la totalidad de su territorio montañoso. Su altitud es de 1150 msnm. Sus límites

son al norte con Coapilla, Pantepec y Jitotol, al este con El Bosque y Larráinzar, al sur con Soyalo y al oeste con Chicoasén (INAFED, 2011).

**Ilustración 1.** Macro localización del tramo en estudio “Tramo Jitotol – Soyalo, Chiapas del km 205+000 al 206+580.



Fuente: propia

#### 1.4.2 Climatología

Cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (40.38%), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (19.19%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (19.00%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (18.24%) y semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (3.19%) (INEGI, 2013).

#### 1.4.3 Hidrografía

Las principales corrientes fluviales del municipio son: el río Santo Domingo, Sacramento y Chavarría (INAFED, 2011).

#### 1.4.4 Geología

En el territorio del municipio predominan los terrenos accidentados, con algunas zonas semiplanas en diversas partes del municipio (INAFED, 2011).

#### 1.4.5 Uso de suelo y vegetación

**Uso de suelo:** Agricultura (9.62%), pastizal cultivado (1.24%) y zona urbana (0.63%).

**Vegetación:** Bosque (69.55%), selva (16.96%) y pastizal inducido (2.00%) (INEGI, 2013).

## 1.5 Justificación

La carretera federal 195 (Villahermosa – Escopetazo) es una vía de comunicación muy importante desde su inauguración, ya que ha contribuido al desarrollo socioeconómico de las comunidades aledañas; por lo tanto, es de suma importancia conocer las condiciones en las que se encuentra el tramo Jitotol – Soyaló y así analizar el índice de condición del pavimento, para que de la misma manera buscar soluciones para mejorar las condiciones de vialidad del tramo carretero en estudio.

Los pavimentos, tanto flexibles como rígidos, no fallan o colapsan repentinamente, sino que lo hacen en forma gradual y progresiva. La continua acción fundamentalmente de las solicitaciones del tránsito y clima siempre tienen una manifestación en la superficie del pavimento. Se entiende por “daño” o “falla” en un pavimento toda indicación de un desempeño insatisfactorio del pavimento, es decir, todo apartamiento de un comportamiento definido como “perfecto” (MOPC, 2016).

Por ende, la tesis se justifica en la necesidad de evaluar las fallas del pavimento de la carretera Villahermosa – Escopetazo del tramo Jitotol – Soyaló, Chiapas del km 205+000 al 206+580; para que de este modo realicemos los cálculos de índice del deterioro y poder llegar a la conclusión si el tramo necesita rehabilitación o reconstrucción de la misma.

Estos estudios beneficiaran a todos los usuarios que circulan por el tramo carretero Jitotol – Soyaló; ya que esta tesis se concentra en la evaluación de las fallas en el pavimento. Se emitirán recomendaciones orientadas a la rehabilitación y mejora del estado de la vía, con el objetivo de incrementar la seguridad y funcionalidad para los usuarios, en particular para el sector transportista.

## 1.6 Hipótesis

El deterioro progresivo del pavimento en el tramo carretero Villahermosa – Escopetazo, específicamente entre el km 205+000 y el km 206+580, se debe a la acumulación de cargas vehiculares, la falta de mantenimiento rutinario y periódico; por lo tanto, mediante la aplicación del Índice de Servicialidad (PSI) es posible cuantificar objetivamente el grado de afectación funcional y estructural, permitiendo establecer la necesidad de intervenciones técnicas precisas como rehabilitación o reconstrucción para restablecer la funcionalidad, seguridad y durabilidad del tramo en estudio.

## CAPITULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Estudio topográfico del tramo en estudio

Se realizó un conjunto de actividades, en campo y gabinete, necesarias para poder representar gráficamente y a una escala conveniente la topografía del tramo “Jitotol – Soyaló, Chiapas del km 205+000 al 206+580” mediante sus proyecciones horizontales (planimetría) y verticales (altimetría).

1. Se posiciono el equipo, al inicio del tramo que fue el 205+000 se georreferenció el primer punto para poder empezar a realizar el levantamiento topográfico.

*Ilustración 2. Ubicación del primer punto de partida a la altura del puente del km 205+000*



Fuente: Propia.

*Ilustración 3. Georreferenciación del punto de partida utilizando el navegador GNSS.*



**Fuente:** propia

2. Puntos de referencia por si algún caso se tiene que regresar al tramo.

*Ilustración 4. Ubicación del punto de referencia.*



**Fuente:** Propia

3. Se empezó con el levantamiento topográfico, con una poligonal de apoyo para sacar las curvas de nivel seccionando hombro y centro de carretera a cada 20 m, hasta terminar en el km 206+580.

*Ilustración 5. Seccionamiento de toda la calzada tomada a cada 20 m.*



**Fuente:** Propia.

## 2.2 Trazo de eje del tramo en estudio

El camino constituye una franja longitudinal que puede ser definida mediante la proyección en planta de su eje longitudinal, el alzado de este eje y una serie de secciones transversales.

Se ubicarán en el terreno los puntos característicos del eje por trazar, tales como los puntos de inflexión (PI) y sobre tangente (PST) cuando se trate de un eje preliminar y, cuando sea un eje definitivo, además los puntos de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE), de término de espiral (PT), sobre subtangente (PSST o PSTe), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC), según sea el caso, con base en sus coordenadas horizontales (x, y), previamente calculadas y verificadas utilizando el Registro del Cálculo de coordenadas del Trazo.

El primer punto del eje preliminar o definitivo de la carretera por trazar, que defina el origen de su cadenamamiento será, si es posible, un punto sobre tangente (PST) de una carretera o vialidad existente, ubicado a cuando menos cien (100) metros de la curva existente más cercana.

Cuando no se cuente con las coordenadas x, y, z del punto de origen, para su determinación, la Secretaria podrá autorizar la utilización de una base con dos puntos establecidos mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés) o bien, a partir de un punto perfectamente identificable tanto en las fotografías aéreas como en las cartas topográficas de la República Mexicana, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e informática (INEGI), a escala uno a cincuenta mil (1:50 000), de donde se tomaran las coordenadas, de las que, para su propagación, se hará una orientación astronómica entre los primeros puntos característicos del eje por trazar ubicados en la misma tangente.

Cuando se trate de un eje definitivo, se marcarán en el campo al menos tres puntos característicos por kilómetros, se establecerán los puntos de referencia de trazo para los puntos característicos del eje, se marcaran sobre el eje, mediante estacas, los puntos de las estaciones con cadenamamientos cerrados a cada veinte (20) metros, señalando en las estacas los cadenamamientos correspondientes, aproximadamente a un (1) centímetro, con pintura roja cuando se trate de un eje preliminar o azul cuando sea definitivo (SCT S. d., 2007).

### **2.3 Trazo de la poligonal del tramo en estudio**

Se establecerán y marcarán en el campo los puntos de referencia que serán los vértices de la poligonal de apoyo a todo lo largo de la ruta de la carretera y que permitirán reponer el trazo en cualquier momento, facilitando las mediciones lineales y angulares para ubicar los puntos característicos del eje, considerando que:

Se establecerán dos (2) puntos de referencia Intervisibles para cada uno de los puntos de inflexión (PI), de los puntos sobre tangente (PST) que deberán ser visibles y distantes entre sí trescientos (300) metros

como máximo, y cuando se trate de un eje definitivo, de los puntos de principio y de término de espiral (TE y ET).

Cada punto de referencia se ubicará fuera del probable derecho de la vía, en un sitio desde donde sea completamente visibles los lados anteriores y posterior de la poligonal de apoyo, y donde no existan obstáculos para realizar las mediciones.

Los puntos de referencia se marcarán en el campo mediante tornillos de cabeza de cruz o varillas de (9,5) milímetros de diámetro ( $3/8$  in), de (10) centímetros de longitud, ahogados en mojoneras de concreto de (20) centímetros de diámetro y (40) centímetros de profundidad. En sitios de acceso difícil, las mojoneras pueden sustituirse por piedras grandes que sobresalgan de la superficie del terreno, por troncos de árboles cortados a ras de suelo o por algún otro cuerpo fijo e inamovible (SCT S. d., 2007).

## **2.4 Nivelación del perfil del tramo en estudio**

En la nivelación de perfil el objeto es encontrar las elevaciones de puntos a distancias conocidas, obteniéndose el perfil del terreno a lo largo de la línea de nivelación.

Durante la localización y trazo de caminos, ferrocarriles, canales, etc., se colocan estacas a intervalos regulares para materializar el eje de la vía de comunicación de que se trata. Ordinariamente, el intervalo entre estacas es de 20 m y los puntos colocados a cada veinte metros desde el principio de la línea se llaman estaciones completas. Además, en la nivelación de perfil, se miden las distancias entre las estaciones intermedias. En los BN (banco de nivel) y PL (punto de liga) el estadal se coloca sobre la varilla, estoperol o grapa de estos puntos, se le imprime movimiento de vaivén, hacia adelante y hacia atrás para tomar la mínima lectura y ésta se aproxima al milímetro; en cambio, en las estaciones intermedias, el estadal se coloca en el terreno porque éste es el dato que se necesita, manteniéndolo vertical a ojo y las lecturas se toman generalmente al centímetro (Márquez, 1994).

## 2.5 Proyecto de secciones del tramo

Es el conjunto de trabajos necesarios para levantar y nivelar en el campo, todos los quiebres notables del terreno, transversalmente a los ejes preliminares y definitivos de la carretera.

Una vez trazado y nivelado el eje, se levantara en el campo, a ambos lados y perpendicularmente al eje, las secciones topográficas del terreno sustentadas en los puntos característicos marcados en el campo, tales como los puntos sobre tangente (PST) el eje es preliminar o, si es definitivo, en los puntos de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de termino de curva circular (PT o CE), de termino de espiral (ET), sobre tangente (PST), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC), según corresponda, así como en las estaciones cerradas de cada veinte (20) metros y en los puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno cuando se presenta desniveles mayores de cincuenta (50) centímetros, determinados durante la nivelación del eje.

Las secciones transversales se levantarán de ambos lados del eje, hasta los límites de la franja en estudio del camino o del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra especial, según corresponda, cuando el eje sea preliminar.

Cada sección transversal tendrá su origen en su intersección con el eje trazado y las distancias horizontales a los puntos donde se observen los quiebres notables del terreno, serán positivas a la derecha del eje, en el sentido de su cadenamamiento y negativas a la izquierda. Se seleccionan todos aquellos puntos del terreno que definan cambios de la perpendicular del mismo y formen parte de los accidentes topográficos naturales o artificiales.

Si la pendiente del terreno en una sección transversal es sensiblemente uniforme, la sección constará como mínimo de siete (7) puntos: los correspondientes al eje trazado, a los límites de la sección y del probable derecho de vía, y a los puntos intermedios entre estos últimos y el eje.

Cada sección se denominará con el cadenamamiento del eje trazado que le corresponda. Todas las distancias horizontales y las elevaciones se medirán con una aproximación de un (1) centímetro (SCT S. d., 2007).

## 2.6 Clasificación o índice de servicio

El Índice de Serviciabilidad de Pavimento (PSI) tiene como propósito dar un valor de nivel de confort y seguridad con la que cuenta un pavimento con respecto al desplazamiento natural y normal de los vehículos. La determinación del PSI tiene un nivel de 0 a 5, en donde un valor 0 significa que el pavimento se encuentra en muy mal estado y un valor de 5, que se encuentra en muy buen estado (Cevallos, 2014), tal como se muestra en la tabla.

**Tabla 1.** Índice de Serviciabilidad del Pavimento, (PSI)

Índice de Serviciabilidad (PSI)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

**Fuente:** (Cevallos, 2014).

El índice de Serviciabilidad Presente del Pavimento o Present Serviceability Index (PSI) tal como su nombre lo indica, se refiere a la condición actual del pavimento. Se trata de un parámetro que correlaciona mediante análisis de regresión matemática.

1. La opinión de un panel de expertos en lo referente a la calidad del rodaje, la cual sirvió para generar el concepto de Pavement Serviceability Rating (PSR) basado en encuestas.
2. La condición superficial del pavimento definida en términos de la rugosidad del pavimento (utilizando rugosímetros y/o perfilómetros) y
3. Evaluaciones visuales que reportan sobre la presencia de grietas, baches y ahuellamiento.

Es por ello por lo que el PSI representa la condición del pavimento en el momento en que se realiza su evaluación, por lo que el mismo varía con el paso del tiempo.

*Ilustración 6. Plantilla de evaluación para el Present Serviceability Rating (PSR).*

<b>5</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	<b>MUY BUENO</b>	<b>EVALUACIÓN:</b> _____ <b>CARRETERA:</b> _____ <b>SECCIÓN N<sup>a</sup>:</b> _____ <b>FECHA:</b> _____
<b>4</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	<b>BUENO</b>	
<b>3</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	<b>REGULAR</b>	
<b>2</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	<b>MALO</b>	<p style="text-align: center;"><b>¿Es el pavimento aceptable?</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>SI</b> ----- <input style="width: 50px; height: 20px;" type="checkbox"/> </p> <p style="text-align: center;"> <b>NO</b> ----- <input style="width: 50px; height: 20px;" type="checkbox"/> </p> <p style="text-align: center;"> <b>INDECISO</b> ----- <input style="width: 50px; height: 20px;" type="checkbox"/> </p>
<b>1</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>	<b>MUY MALO</b>	
<b>0</b> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>		

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

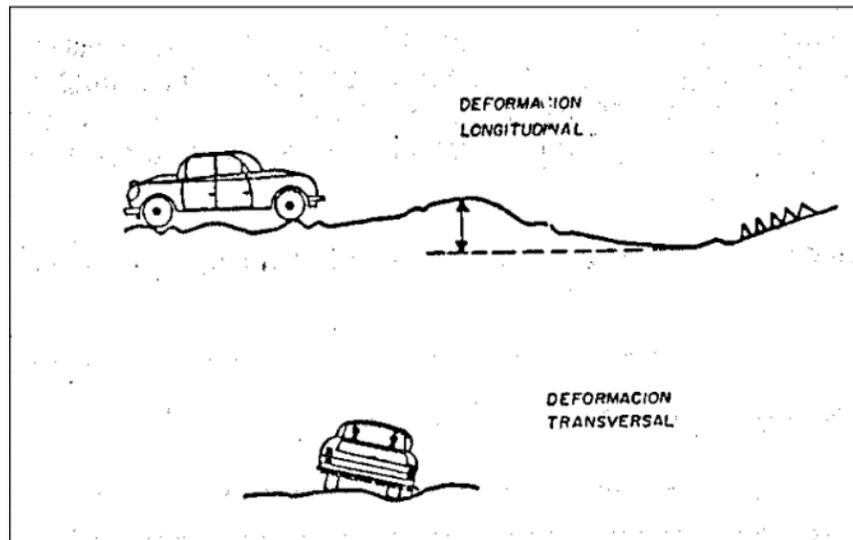
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2021).

De la experiencia se determinó que la rugosidad o deformaciones longitudinales, es el parámetro que tiene mayor incidencia en la determinación del PSI, razón por la cual han surgido varios procedimientos para su determinación, basados en mediciones topográficas y en el empleo de equipos que registran dichas deformaciones longitudinales (Corros, Urbáez, & Corredor, 2021).

*Ilustración 7. Tipos de deformaciones en el pavimento (longitudinales y transversales).*



**Fuente:** (Corros, Urbáez, & Corredor, 2021).

## CAPITULO III EVALUACIÓN DE FALLAS MEDIANTE EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD (PSI)"

### 3.1 Evaluación de fallas del tramo en estudio

Se llevó a cabo la zonificación del tramo carretero “Jitotol – Soyaló, Chiapas del km 205+000 al 206+580”, dividiéndolo en segmentos de 500 metros para facilitar su análisis. La evaluación de fallas se realizó mediante inspección visual directa, técnica que permite identificar y clasificar los tipos de deterioros presentes en la superficie de rodamiento.

El método aplicado consistió en una observación sistemática del pavimento con el fin de: Identificar los tipos de fallas presentes, evaluar su severidad (baja, media o alta), estimar el área afectada por cada tipo de falla en cada tramo, Asignar un valor estimado del índice de servicialidad visual (PSI), mediante una tabla de conversión basada en estándares técnicos.

Este procedimiento permite obtener una visión clara del estado funcional del pavimento y facilita la toma de decisiones para la planeación de acciones de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, según sea necesario.

Durante el levantamiento se detectaron las fallas más comunes en pavimentos flexibles, entre las que se encuentran:

Grietas longitudinales y transversales, baches superficiales, baches profundos, pérdida de agregados, roderas, grietas de borde, piel de cocodrilo, hinchamiento y corrugación.

Estas fallas son indicativas del envejecimiento del pavimento, sobrecarga vehicular, deficiencias en la estructura, y falta de mantenimiento oportuno. La identificación y cuantificación adecuada de cada una de ellas es clave para determinar el grado de afección del camino y su funcionalidad para los usuarios.

### 3.1.1 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 205+000 al 205+500.

*Ilustración 8. Macro localización tramo 1. del km 205+000 al 205+500.*



Fuente: (Google Earth) Propia.

*Tabla 2. Fallas encontradas en el tramo 1; con descripción de cada falla.*

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción
Deterioros de la estructura	Fisuras longitudinales (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.
Deterioro de la superficie. (Desprendimiento)	Baches superficiales	Perdida localizada de la carpeta asfáltica, generalmente por envejecimiento, infiltración de agua o fatiga por carga.
Deterioros de la superficie	Desgaste de agregados	Presencia de agregados (áridos) que presentan una cara plana en la superficie, generalmente embebidos en el ligante (asfalto).
Deterioro de la estructura	Grieta de borde	Se produce por debilitamiento que a su vez es originado por las condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.
Deterioro superficial	Fisura en bloque	Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de hormigón. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales y finas.
Deterioros de la estructura (Deformaciones)	Roderas	Deformación del perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas, con aparición de cordones laterales a cada lado de la rodera.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de (SCT, 2002).

Durante la inspección visual del primer tramo de 500 metros de longitud, se identificaron y clasificaron **seis tipos de fallas en el pavimento flexible**. A partir de esta información, se calculó un Índice de Servicialidad Visual (**PSI**) **estimado de 3.4**, lo que indica que el tramo se encuentra en una **condición aceptable**. Este valor implica que el pavimento aún cumple con su función estructural y funcional, aunque presenta deterioros visibles que podrían evolucionar si no se atienden oportunamente.

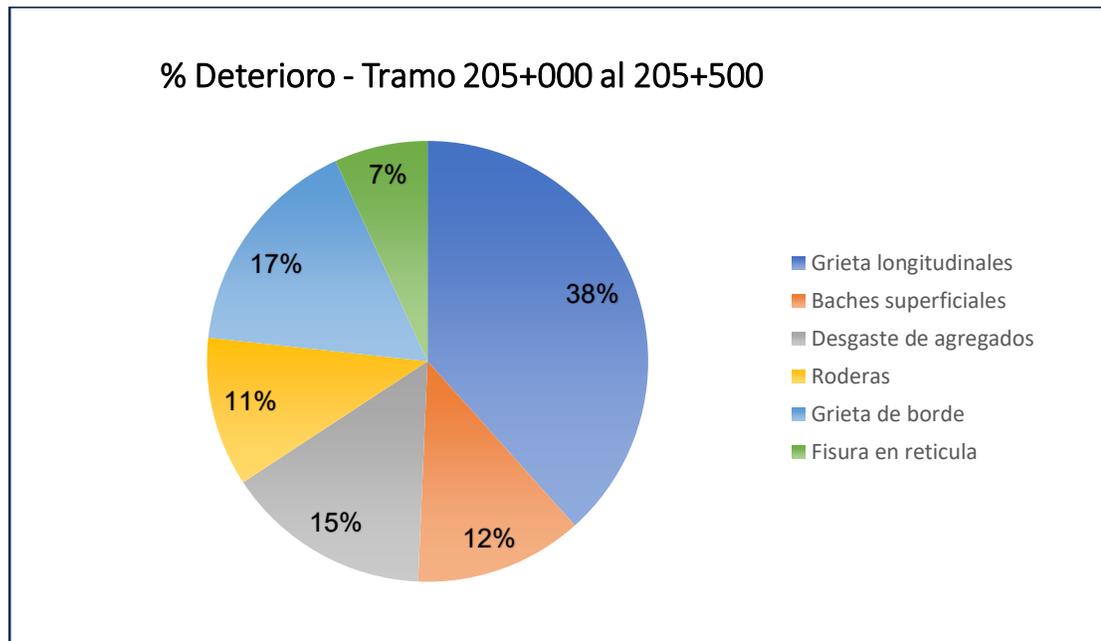
Las fallas se pueden observar en la tabla 2, donde indica que el total, **18.46%** del área del tramo presenta algún tipo de deterioro. Aunque este porcentaje no alcanza los niveles críticos, sí indica la necesidad de intervenciones puntuales para evitar que el deterioro avance hacia condiciones inaceptables que comprometan la seguridad y la comodidad del usuario.

**Tabla 3.** Evaluación del índice de servicialidad (PSI) del tramo 205+000 al 205+500 para saber el PSI estimado del tramo.

Tramo	Tipo de Falla	Severidad	Área Afectada (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	% Deterioro
Tramo 1	Grietas longitudinales	Media	280	3954.694	7.08 %
Tramo 1	Baches superficiales	Muy baja	90	3954.694	2.28 %
Tramo 1	Desgaste de agregados	Baja	110	3954.694	2.78 %
Tramo 1	Roderas	Media	80	3954.694	2.02 %
Tramo 1	Grieta de borde	Media	120	3954.694	3.03 %
Tramo 1	Fisura en retícula	Baja	50	3954.694	1.26 %
<b>Total, afectado</b>			730		18.46 %

**Fuente:** Propia.

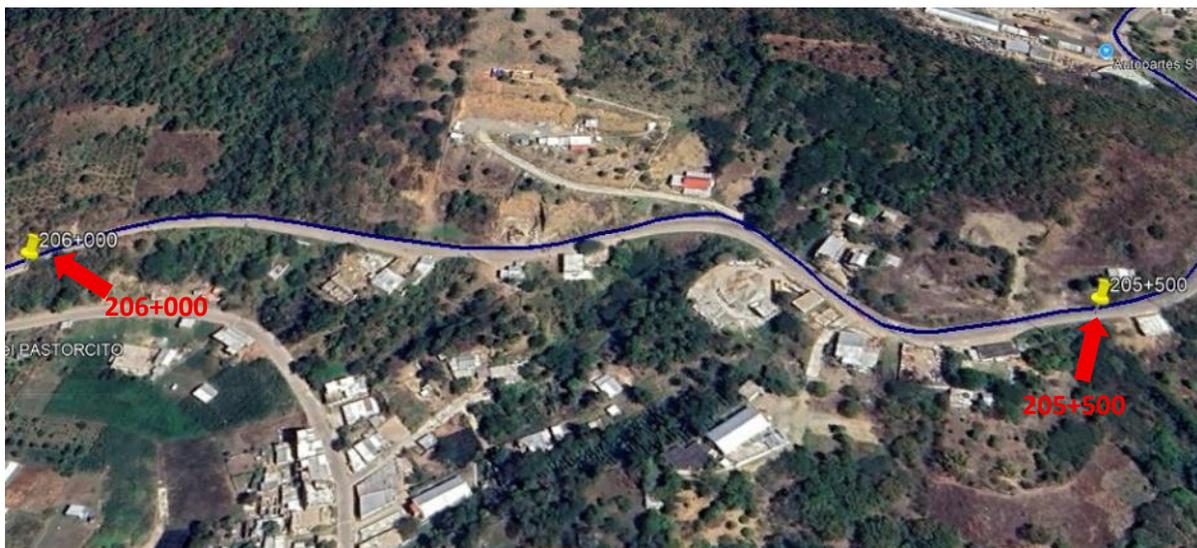
**Grafica 1.** Porcentaje de fallas del tramo 205+000 al 205+500.



Fuente: Propia.

### 3.1.2 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 205+500 al 206+000.

**Ilustración 9.** Macro localización del km 205+500 al 206+000.



Fuente: (Google Earth) Propia.

*Tabla 4. Fallas encontradas en el tramo 2; con su respectiva descripción.*

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción
Deterioros de la estructura	Fisuras longitudinales (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.
Deterioro de la superficie. (Desprendimiento)	Baches superficiales (surcos)	Pérdida localizada de la carpeta asfáltica, generalmente por envejecimiento, infiltración de agua o fatiga por carga.
Deterioros de la superficie	Perdida de agregados	Pérdida parcial del agregado dejando expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo.
Deterioro de la estructura	Grieta de borde	Se produce por debilitamiento que a su vez es originado por las condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.
Deterioro de la estructura	Piel de cocodrilo	Roturas longitudinales y transversales, con separación menor que 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro. Generalmente presenta hundimiento del área afectada.
Deterioro de la superficie	Hinchamiento	Abultamiento o acenso vertical de la superficie del pavimento, puede ocurrir en forma de onda abrupta y pronunciada sobre una pequeña área, o por el contrario en forma de una onda gradual, de más de 3 m de longitud, que distorsiona el perfil de la vía. En ambos casos puede ser acompañado de agrietamientos.

Fuente: Elaboración propia a partir de (SCT, 2002).

En el tramo 2, se identificaron seis tipos de fallas superficiales que afectan significativamente la calidad del rodamiento. Cada tipo de falla fue clasificada según su severidad (media o alta). En la tabla 5, se puede observar que el nivel de deterioro (más del 25%) combinado con la severidad de las fallas (principalmente media y alta) implica una condición **deficiente del pavimento**, afectando directamente el confort del usuario, la seguridad vehicular y la vida útil estructural de la vía.

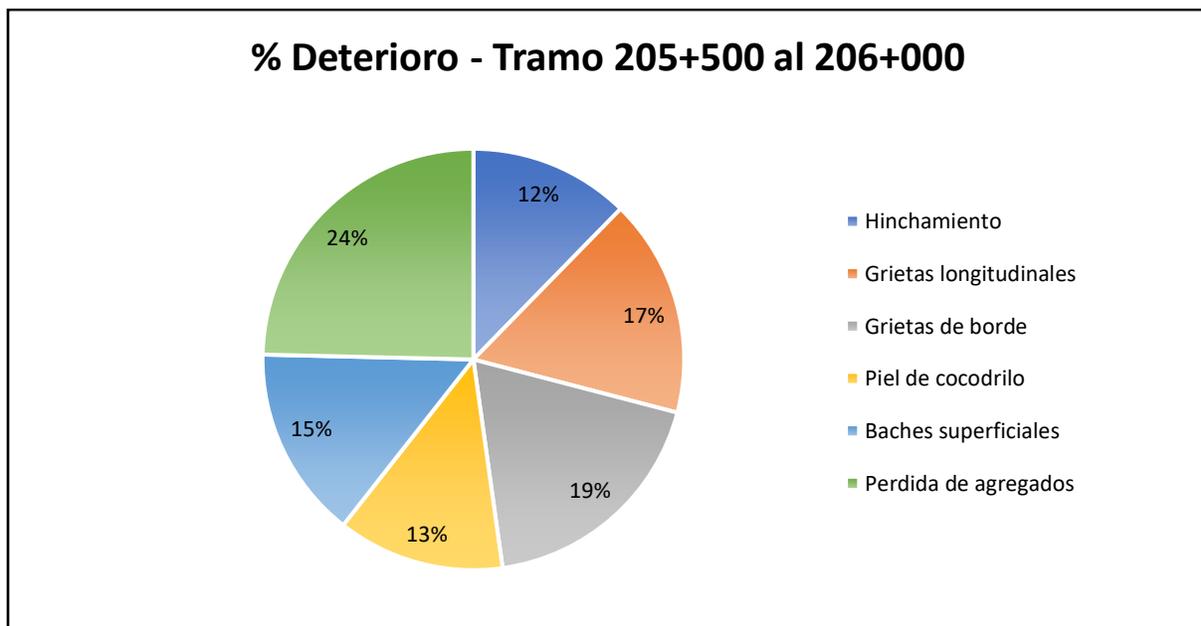
De acuerdo con las **tablas de referencia de PSI**, un deterioro superior al 25% con severidades medias y altas corresponde a un **PSI estimado entre 2.0 y 2.5**, lo que califica al pavimento como en **estado regular**, y sugiere la necesidad de **intervención correctiva o rehabilitación estructural moderada**.

**Tabla 5.** Evaluación del índice de servicialidad (PSI) del tramo 205+500 al 206+000 para saber el PSI estimado del tramo.

Tramo	Tipo de Falla	Severidad	Área Afectada (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	% Deterioro
Tramo 2	Hinchamiento	Media	125	3983.664	3.14 %
Tramo 2	Grietas longitudinales	Media	170	3983.664	4.27 %
Tramo 2	Grietas de borde	Alta	190	3983.664	4.77 %
Tramo 2	Piel de cocodrilo	Media	130	3983.664	3.26 %
Tramo 2	Baches superficiales	Media	150	3983.664	3.77 %
Tramo 2	Perdida de agregados	Media	250	3983.664	6.28 %
<b>Total, afectado</b>			1015		25.48 %

Fuente: Propia.

**Grafica 2.** Porcentaje de fallas del tramo 205+500 al 206+000.



Fuente: Propia.

### 3.1.3 Clasificación de las fallas en el pavimento del km 206+000 al 206+580.

Ilustración 10. Macro localización del km 206+000 al 206+580.



Fuente:(Google Earth) Propia.

Tabla 6. Fallas encontradas en el tramo 3; con su respectiva descripción.

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción
Deterioro de la estructura	Baches profundos	Hundimiento local de la calzada, ciertas personas del municipio de Bochil, Chiapas lo rellenan de tierra y como ayuda piden una cooperación monetaria a los usuarios transportistas.
Deterioro de la estructura	Grietas longitudinales	Rotura longitudinal sensiblemente paralela al eje de la carretera, con abertura de 3 mm.
Deterioros de la estructura	Corrugación	se caracteriza por una secuencia de ondas con crestas y valle cercanos, distanciados en intervalos regulares (es común una distancia menor a 3 metros) a lo largo del pavimento. Las crestas se ubican perpendicularmente al sentido del tráfico.
Deterioro de la superficie	Perdida de agregados (calavera)	Efecto de tránsito pesado en zonas subdiseñadas o deficientemente construidas del pavimento.
Deterioro de la estructura	Piel de cocodrilo	Roturas longitudinales y transversales, con separación menor que 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro. Generalmente presenta hundimiento del área afectada.
Deterioro de la estructura	Grieta de borde	Se produce por debilitamiento que a su vez es originado por las condiciones climáticas de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento.

Fuente: Elaboración propia a partir de (SCT, 2002).

La evaluación visual del pavimento correspondiente al **Tramo 3**, ubicado entre las progresivas 206+000 al 206+580. La **Tabla 7**, cuantifica las fallas presentes en la superficie del pavimento, su severidad, el área afectada en metros cuadrados y el porcentaje de deterioro que representan sobre la superficie total del tramo. Se identificaron **seis tipos de fallas** con distintos niveles de severidad, siendo **tres de ellas clasificadas con severidad alta**, lo que indica un daño considerable en este segmento de la vía. El total del área afectada suma **1030 m<sup>2</sup>**, lo cual representa un **31.76% del área total del tramo**. Esta cifra supera el umbral del 30%, considerado como crítico desde el punto de vista funcional.

El porcentaje de deterioro acumulado, junto con la presencia de fallas severas como **baches profundos, pérdida de agregados y grietas de borde**, refleja un deterioro **estructural y funcional avanzado**. Esta situación reduce significativamente la calidad de rodamiento, pone en riesgo la seguridad vehicular y acelera el desgaste del resto del pavimento.

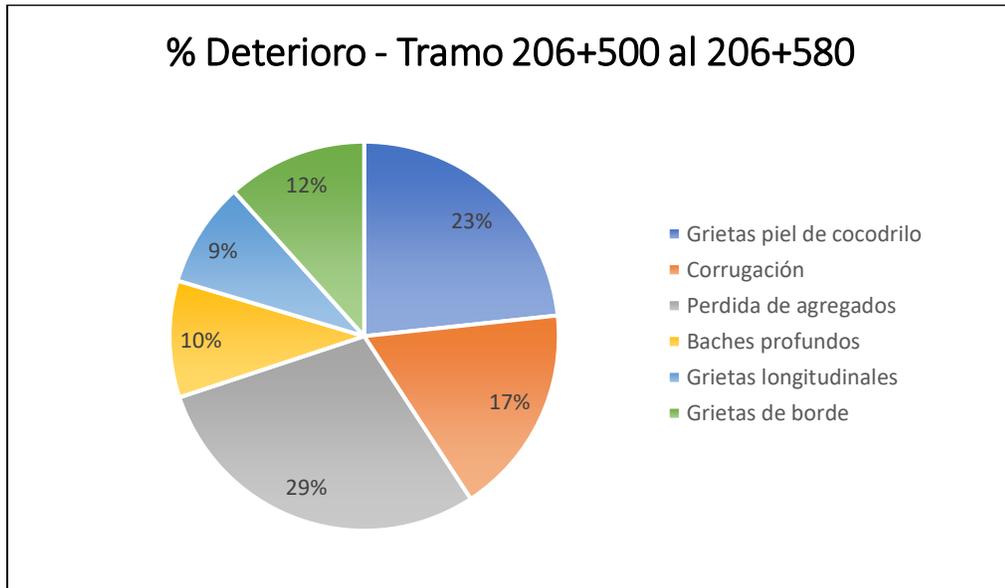
Según las tablas de referencia técnicas que se puede observar en la tabla 8, un tramo con más del 30% de deterioro y alta severidad corresponde a un **Índice de Servicialidad Presente (PSI) estimado de 1.5**, lo que indica una **condición mala del pavimento**.

**Tabla 7.** Evaluación del índice de servicialidad (PSI) del tramo 206+000 al 206+580 para saber el PSI estimado del tramo.

Tramo	Tipo de Falla	Severidad	Área Afectada (m <sup>2</sup> )	Área Total (m <sup>2</sup> )	% Deterioro
Tramo 3	Piel de cocodrilo	Media	240	3243.406	7.40 %
Tramo 3	Corrugación	bajo	180	3243.406	5.55 %
Tramo 3	Perdida de agregados	Alta	300	3243.406	9.25 %
Tramo 3	Baches profundos	Alta	100	3243.406	3.08 %
Tramo 3	Grietas longitudinales	Media	90	3243.406	2.77 %
Tramo 3	Grietas de borde	Alta	120	3243.406	3.70 %
<b>Total, afectado</b>			1030		31.76%

Fuente: Propia.

**Grafica 3.** Porcentaje de fallas del tramo 206+000 al 206+580.



Fuente: Propia.

**Tabla 8.** Tabla técnica para dar el PSI estimado del pavimento.

% Deterioro (área afectada)	Severidad	PSI estimada	Condición
0-5%	Baja	4.5 – 5.0	Excelente
6-10%	Baja	4.0 – 4.5	Buena
11-20%	Media	3.0 – 4.0	Aceptable
21-30%	Media	2.5 – 3.0	Regular
31-40%	Alta	1.5 – 2.5	Mala
>40%	Alta	0.0 – 1.5	Muy mala / intransitable

Fuente: Propia.

## 3.2 Tipos de fallas en el pavimento

### Pavimento flexible

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diversos orígenes afectan la condición de la superficie de rodamiento, lo cual compromete su función de ofrecer a los usuarios la posibilidad de un rodaje seguro, cómodo y económico. Entre las causas de falla de un pavimento se pueden mencionar:

1. Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación mayor durante el mismo. En este caso la falla es la prevista o esperada.
2. Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño del pavimento original.
3. Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal; como en la calidad de los materiales empleados.
4. Diseño deficiente (errores en la estimación del tránsito o en la valoración de las propiedades de los materiales empleados).
5. Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
6. Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial o subterráneo.
7. Insuficiencia o ausencia de mantenimiento o rehabilitación de pavimentos (Corros, Urbáez, & Corredor, 2021).

### 3.2.1 Irregularidad en el rodamiento

La relación entre los diferentes factores que afectan el pavimento es compleja. Por lo general, se puede indicar que el factor que mayor incidencia tiene en el comportamiento de la estructura del pavimento es el tráfico, luego se tiene el medioambiente que modifica el comportamiento de los materiales y luego la estructuración, la construcción y finalmente el mantenimiento.

La influencia de estos factores varía de acuerdo con el tipo de pavimento y al uso de este. Cuanto más alto es el tráfico, este resulta más incidente; mientras que en pavimentos de bajo tráfico las condiciones ambientales y el mantenimiento son los más incidentes (Acuario, 2020).

#### 1. Efectos del medio ambiente

Los efectos del medio ambiente constituyen un factor que aún no es suficientemente considerado en el diseño. Normalmente deben tomarse en cuenta cuando se seleccionan los materiales y deben considerarse en determinados elementos colaterales, como lo es el drenaje.

En el diseño de la propia estructura de los pavimentos nos debe interesar su comportamiento bajo efectos de la temperatura y humedad. En este sentido, deben ser objeto de consideración las temperaturas extremas diarias y estacionales, así como el régimen e intensidad de las precipitaciones pluviales, aspectos que además influyen durante el proceso constructivo.

El agua afecta a los materiales que constituyen los pavimentos en distintas formas, modificando o alterando algunas de sus propiedades: resistencia al esfuerzo cortante, cohesión, expansión – contracción, erosión, grado de compactación, corrosión, envejecimiento de los asfaltos, adherencia entre agregado y asfalto y efecto de congelamiento – deshielo (García U. N.-M., 2018).

## 2. Características y propiedades de los materiales

Como parámetro fundamental, dentro de las características y propiedades de los materiales de cimentación de los pavimentos, se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

De igual manera, debe considerarse la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiera a su resistencia, como a las eventuales variaciones de volumen, es decir a los fenómenos de expansión y contracción.

Por lo general, el parámetro de resistencia utilizado para caracterizar la resistencia de los materiales es el valor relativo de soporte (VRS), aunque actualmente algunos métodos emplean el Módulo de Resiliencia (MR), siendo común, manejar correlaciones entre estos dos parámetros (García U. N.-M., 2018).

## 3. Efectos del tránsito

El efecto que provoca el tránsito sobre los pavimentos constituye sin duda uno de los principales factores para el diseño.

En este sentido, nos deben interesar las cargas más pesadas por eje, esperadas en el carril de proyecto y que generalmente es el más solicitado; dado que éste determinará la estructura del pavimento, durante el periodo del proyecto adoptado. Sin embargo, en los casos de vialidad con carriles múltiples, podrá realizarse un diseño con estructuras y espesores diferenciados, en función del tránsito asignado a cada carril.

La repetición de cargas y la acumulación de sus efectos sobre los pavimentos, como la fatiga o la deformación permanente, son fundamentales para el cálculo del dimensionamiento de sus capas. Por otro lado, se deben tomar en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales, como son curvas, zonas de frenado y aceleración, entre otros; las velocidades de

aplicaciones, en particular, las lentas en rampas y zonas de estacionamiento de vehículos pesados, entre otros (García U. N.-M., 2018).

#### 4. Factores económicos

Es claro que ninguna entidad es partidaria de gastar su presupuesto en números mayores que lo necesario en cada caso, pero el gasto necesario difícilmente coincide con la mínima inversión inicial y en ocasiones suele ser mayor, por tener que tomar en cuenta otros factores.

De esta manera, el criterio del costo inicial mínimo ha llevado a infraestructuras deficientes en muchos casos; no preparadas para un futuro uso y crecimiento y a veces, con un funcionamiento defectuoso.

Por otro lado, contruidos los pavimentos y a medida que transcurre el tiempo, deben conservarse y operar para cumplir sus fines de propiciar un óptimo transporte, es decir, se tienen que considerar los costos provocados por la conservación normal y aquellos originados por las reconstrucciones periódicas (García U. N.-M., 2018).

*Ilustración 11. Factores clave que aceleran el desgaste del pavimento en el tramo(trafico y carga).*



Fuente: Propia.

**Tabla 9.** Principales factores que afectan a los tres tipos básicos de fallas de un pavimento flexible.

Tipo de falla	Tránsito	Pavimento	Cimentación (apoyo)
Fracturamiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga por rueda (magnitud).</li> <li>2. Repeticiones.</li> <li>3. Área de influencia de la carga.</li> <li>4. Velocidad.</li> <li>5. Arreglo y disposición de ruedas y ejes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rigidez de las diversas capas.</li> <li>2. Flexibilidad (adaptabilidad a la fatiga).</li> <li>3. Durabilidad.</li> <li>4. Deformación plástica.</li> <li>5. Deformación elástica.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rigidez en base y subbase.</li> <li>2. Deformación plástica.</li> <li>3. Deformación elástica.</li> </ol>
Deformación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga por rueda (magnitud).</li> <li>2. Repeticiones.</li> <li>3. Área de influencia de la carga.</li> <li>4. Velocidad.</li> <li>5. Arreglo y disposición de ruedas y ejes.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Espesor.</li> <li>2. Resistencia.</li> <li>3. Compresibilidad.</li> <li>4. Susceptibilidad a cambios de volumen.</li> <li>5. Deformación plástica.</li> <li>6. Deformación elástica.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Susceptibilidad a cambios de volumen.</li> <li>2. Deformación plástica.</li> <li>3. Deformación elástica.</li> </ol>
Desintegración (fallas de carpetas)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presión de la llanta.</li> <li>2. Repeticiones.</li> <li>3. Velocidad.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Características del asfalto.</li> <li>2. Características del agregado (porosidad, falta de adherencia con el asfalto).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resiliencia en las capas de pavimento.</li> <li>2. Infiltración de agua.</li> <li>3. Cambios de temperatura.</li> </ol>

**Fuente:** La ingeniería de suelos en vías terrestres V2 (Rico & Del Castillo, La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres V2, 1977).

### 3.2.2 Daños en el pavimento

Se identificaron diversas fallas en el pavimento, las cuales afectan directamente la funcionalidad y comodidad del usuario. Estas fallas fueron documentadas fotográficamente y clasificadas según su tipo y severidad, tal como se presenta en la **Tabla 10**.

*Ilustración 12. fallas encontradas en el tramo 205+000 al 205+500.*



**Fuente:** Propia.

**Tabla 10.** Clasificación de fallas según su severidad en el tramo 205+000 al 205+500.

Tramo	Tipo de Falla	Severidad
Tramo 1	Grietas longitudinales	Media
Tramo 1	Baches superficiales	Muy baja
Tramo 1	Desgaste de agregados	Baja
Tramo 1	Roderas	Media
Tramo 1	Grieta de borde	Media
Tramo 1	Fisura en retícula	Baja

Fuente: Propia

La presencia de estas fallas, aunque en su mayoría se clasifican como **bajas o medias**, evidencia un proceso progresivo de deterioro que debe ser abordado mediante acciones de **mantenimiento preventivo y correctivo localizado**. Si no se interviene, estos daños tenderán a evolucionar, incrementando los costos de rehabilitación en etapas posteriores.

**Daños encontrados en el tramo 2 (205+000 – 206+580)**

**Ilustración 13.** Fallas encontradas en el 205+500 al 206+000.



A)

B)

C)



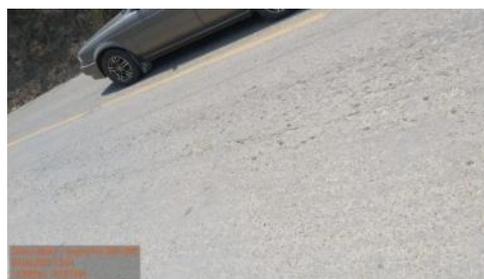
D)

E)

F)



G)



H)



I)

Fuente: Propia

En el Tramo 2 (km 205+500 al 206+000), se identificó un deterioro mayor. El valor del PSI estimado es 2.7, clasificando la condición del tramo como regular. Este tramo requiere mantenimiento correctivo. La **Tabla 11** detalla las fallas observadas en el tramo, junto con su respectiva clasificación de severidad.

**Tabla 11.** *severidad de las fallas en el tramo 205+500 al 206+000.*

Tramo	Tipo de Falla	Severidad
Tramo 2	Hinchamiento	Media
Tramo 2	Grietas longitudinales	Media
Tramo 2	Grietas de borde	Alta
Tramo 2	Piel de cocodrilo	Media
Tramo 2	Baches superficiales	Media
Tramo 2	Perdida de agregados	Media

Fuente: Propia.

La combinación de fallas estructurales y superficiales observadas en este tramo, en especial aquellas con **severidad media y alta**, sugiere la necesidad de implementar **acciones de mantenimiento correctivo**, tales como **sellado de fisuras, bacheo profundo, refuerzo de bordes y recapado en zonas localizadas**. Atender estas fallas de manera oportuna es fundamental para preservar la funcionalidad de la vía, prolongar su vida útil y garantizar la seguridad de los usuarios.

#### **Daños encontrados en el tramo 206+000 al 206+580.**

El Tramo 3, reveló un deterioro significativo en la superficie del pavimento. De acuerdo con la cuantificación de las áreas afectadas, se estimó un **PSI de 1.5**, lo que indica una **condición mala** del tramo. Este nivel de servicialidad sugiere que la vía presenta una funcionalidad comprometida, tanto en términos de seguridad como de confort para el usuario. En la **Tabla 12** se resumen las fallas identificadas en este tramo, junto con su clasificación por severidad.

**Tabla 12.** *severidad de las fallas en el tramo 206+000 al 206+580.*

Tramo	Tipo de Falla	Severidad
Tramo 3	Grietas piel de cocodrilo	Media
Tramo 3	Corrugación	bajo
Tramo 3	Perdida de agregados	Alta
Tramo 3	Baches profundos	Alta
Tramo 3	Grietas longitudinales	Media
Tramo 3	Grietas de borde	Alta

Fuente: Propia.

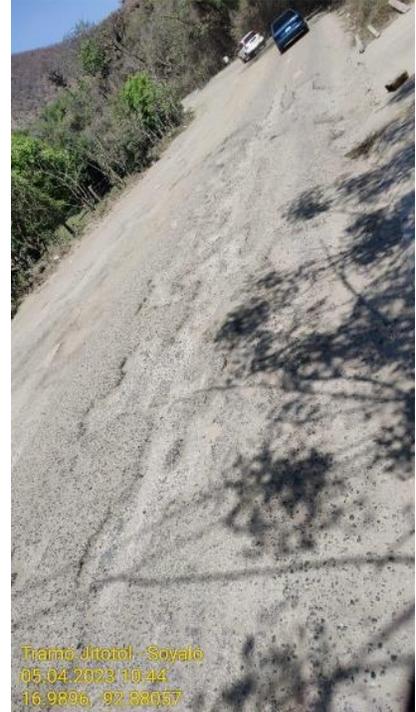
*Ilustración 14. Fallas encontradas en el 206+000 al 206+580.*



A)



B)



C)



D)



E)



F)



A)



B)



C)



D)



E)



F)



G)



H)

Fuente: propia.

El nivel de deterioro en el tramo 3 es el más alto de los tres segmentos evaluados, con un **porcentaje de área afectada del 31.76%**. Las fallas de **alta severidad** predominan, lo que requiere una respuesta técnica urgente. Se recomienda llevar a cabo una **rehabilitación mayor**, que incluya; corte y reemplazo de las zonas con baches profundos, fresado y recapeo de áreas amplias con pérdida de agregados, reforzamiento de bordes y sellado de grietas longitudinales, corrección de deformaciones mediante perfilado mecánico, este conjunto de acciones es necesario para **restablecer las condiciones de seguridad y extender la vida útil del pavimento** de manera eficaz.

En la **Tabla 13**, se observa que; los valores de PSI entre 1.5 y 3.4 reflejan distintos niveles de deterioro a lo largo del tramo carretero analizado. En conjunto, estos resultados evidencian que el pavimento ha experimentado una degradación progresiva, donde cada tramo requiere un tipo de intervención diferente, desde mantenimiento preventivo hasta rehabilitación profunda.

*Tabla 13. Evaluación de las fallas del pavimento del tramo completo.*

Tramo	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Afectada Total (m <sup>2</sup> )	% Deterioro Total	PSI Estimado	Condición
Tramo 1, 205+000 al 205+500	3954.694	730	18.46%	3.4	Aceptable
Tramo 2, 205+500 al 206+000	3983.664	1015	25.48%	2.7	Regular
Tramo 3, 206+000 al 206+500	3243.406	1030	31.76%	1.5	mala

Fuente: Propia.

### 3.2.3 Falla superficial y estructural

Los deterioros de pavimentos incluidos se consideran los más relevantes. Se han agrupado en tres grandes categorías; los de superficie, los de estructura y los que encuentran su origen en la construcción.

*Tabla 14. Tablas de deterioros superficiales y estructurales.*

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones
Deterioros de la estructura	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.	Se rellenan las fisuras con concreto asfáltico, pero el agregado debe ser arena, si el borde del pavimento se ha asentado, se debe llevar a su nivel utilizando concreto asfáltico de graduación densa.
<b>Aspecto superficial</b>			
			

**Fuente:** (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioros de la estructura	Fisuras solas o en retícula (malla)	Es la rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15 mm, por desprendimiento de pequeños trozos de hormigón. Por fisuras capilares se refiere a una malla o red de fisuras superficiales y finas.	Ligero:	Calafateo de cada fisura individual en mantenimiento rutinario.
			Medio:	Lechada superficial o microcarpeta, en toda el área afectada.
			Fuerte:	Recapeado (rencarpetado), con nueva carpeta de rodadura con espesor de > 5 cm.

**Aspecto superficial**



Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones
Deterioros de la estructura	Fisura piel de cocodrilo (malla cerrada)	Roturas longitudinales y transversales, con separación menor que 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro. Generalmente presenta hundimiento del área afectada.	Lechada superficial en todo el tramo.  Recuperación de la capa de rodadura (carpeta) y parte de base para estabilización como refuerzo. Nueva capa de rodadura.

**Aspecto superficial**



Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones
Deterioros de la estructura	Fisura de borde.	Son grietas con tendencia longitudinal a semicircular ubicadas cerca del borde de la calzada, se presentan generalmente por la ausencia de berma o por la diferencia de nivel de la berma y la calzada.	Se rellenan las fisuras con concreto asfáltico, pero el agregado debe ser arena, si el borde del pavimento se ha asentado, se debe llevar a su nivel utilizando concreto asfáltico de graduación densa.
<b>Aspecto superficial</b>			
			

Deterioros de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones
Deterioro superficial	Parches deteriorados	Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel del pavimento asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (agua, gas, etc.)	Realizar el corte rectangular del área afectada, para realizar la excavación pertinente. Seguido a ello, se realiza el relleno con mezcla asfáltica en frío o caliente y lo que permite compactar de manera óptima.
<b>Aspecto superficial</b>			
			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

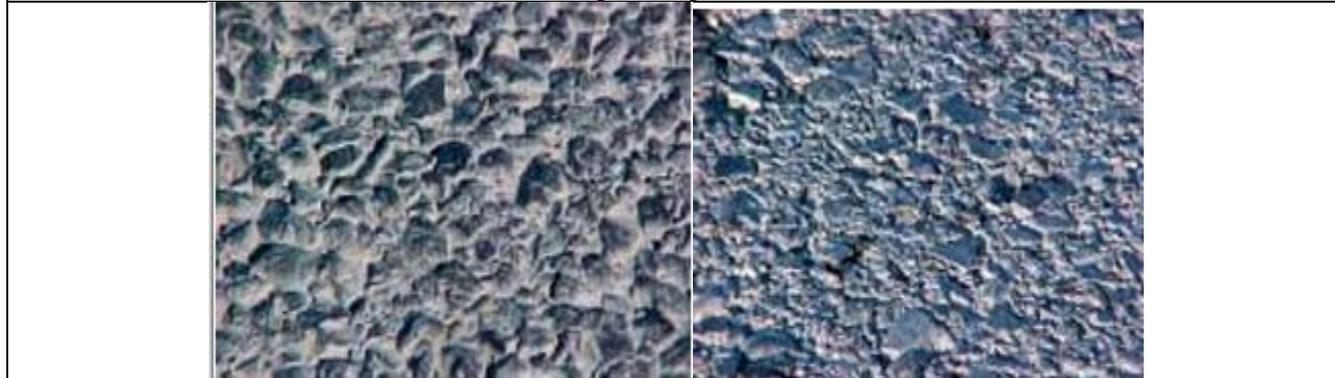
Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioros superficial (Alisamientos)	Exudación de asfalto (llorado)	Afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento, formando una película o film continuo de ligante o mastic (ligantes + finos). La superficie adquiere en consecuencia un aspecto brillante, tornándose reflectante, resbaladiza y pegajosa en tiempo caluroso.	Ligero:	Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario.
			Medio:	Fresado superficial < 1 cm de inmediato.
			Fuerte:	Colocación de nueva capa de rodadura.

Aspecto superficial



Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones
Deterioros de la superficie (alisamientos)	Desgaste de áridos (agregados)	Presencia de agregados (áridos) que presentan una cara plana en la superficie, generalmente embebidos en el ligante (asfalto).	Los tramos afectados, si corresponden a una capa de rodadura mayor que 5 cm, se fresan de inmediato. Si corresponden a un tratamiento superficial o microcarpeta, se aplica un nuevo tratamiento, con áridos (agregados) duros.

Aspecto superficial



Evaluación	Se mide el coeficiente de fricción en forma continua o puntual. Los tramos con coeficiente de fricción menor que uno deben ser atendidos de inmediato.
------------	--

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioros de la estructura (Deformaciones)	Canalizaciones (blandones)	Deformación del perfil transversal, tanto por hundimiento a lo largo de las rodadas como por elevación de las áreas vecinas adyacentes a las rodadas. Las deformaciones presentan una configuración más amplia que las roderas.	Ligero:	Aisladamente rellenar en sus puntos críticos la canalización en mantenimiento rutinario. Bacheo profundo.
			Medio:	Rellenar la rodera en forma continua en mantenimiento rutinario y programar mantenimiento rutinario.
			Fuerte:	Recuperar la capa de rodadura más parte de la base para estabilizar de 15 a 20 cm, con asfalto o cemento Portland y reforzar la estructura. Colocar nueva capa de rodadura del espesor necesario.
<b>Aspecto superficial</b>				
				
<b>Evaluación</b>	Deformación del perfil transversal, tanto por hundimiento a lo largo de las rodadas como por elevación de las áreas vecinas adyacentes a las rodadas. Las deformaciones presentan una configuración más amplia que la rodera.			
	<b>LIGERO &lt; 2 cm</b>			
	<b>2 cm &lt; MEDIO &lt; 4 cm</b>			
	<b>4 cm &lt; FUERTE</b>			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioros de la estructura (Deformaciones)	Roderas	Deformación del perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas, con la aparición de cordones laterales a cada lado de la rodera.	Ligero:	Aisladamente rellenar la rodera en mantenimiento rutinario.
			Medio:	Rellenar la rodera en forma continua en mantenimiento rutinario.
			Fuerte:	Fresar la capa de rodadura (carpeta) y sustituirla en la banda de circulación afectada.
<b>Aspecto superficial</b>				
				
Evaluación	Profundidad máxima de la rodera, medida a partir de una reregla colocada transversalmente cada 100 m o más.			
	LIGERO < 2 cm			
	2 cm < MEDIO < 4 cm			
	4 cm < FUERTE			

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioro de la estructura (deformaciones)	Ondulaciones o corrugación	Deformaciones del perfil longitudinal con crestas y valles regularmente espaciados a distancias cortas. Generalmente están acompañadas, en los sitios críticos, por grietas semicirculares.	Ligero:	No requiere intervención.
			Medio:	Sustitución local de la capa de rodadura en mantenimiento rutinario.
			Fuerte:	
<b>Aspecto superficial</b>				
				
Evaluación	Profundidad máxima de los valles medida a partir de una regla de 3 m colocada longitudinalmente.			
	LIGERO < 1 cm			
	1 cm < MEDIO < 2 cm			
	2 cm < FUERTE			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioro de la estructura (deformaciones)	Baches profundos	Hundimiento local de la calzada, con agrietamiento en malla cerrada y generalmente pérdida parcial de bloques de la capa de rodadura (carpeta).	Ligero:	Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario. Bacheo
			Medio:	Tratamiento aislado y nueva capa de rodadura (carpeta) para refuerzo en el tramo afectado.
			Fuerte:	Recuperación de la capa de rodadura y base para estabilización en 15 ó 20 cm. Agregar nueva capa de rodadura del espesor necesario.
<b>Aspecto superficial</b>				
				
<b>Evaluación</b>	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, con hundimiento mayor que 2 cm, medidos a partir de una regla de 3 m.			
	<b>LIGERO &lt; 1 %</b>			
	<b>1 % &lt; MEDIO &lt; 10 %</b>			
	<b>10 % &lt; FUERTE</b>			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción		Recomendaciones
Deterioro de la superficie (Desprendimientos)	Pérdida de agregados (calaveras o surcos)	De tratamientos superficiales:  Pérdida parcial del agregado dejando expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo.	De capas asfálticas:  Pérdida en la superficie de los agregados de capas asfálticas con espesor mayor que 5 cm.	Ligero:
				Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario.
				Medio:
				Nuevo tratamiento superficial en mantenimiento periódico.
				Fuerte:
				Reposición del material perdido y tratamiento superficial, en mantenimiento periódico. Sobrecapa asfáltica > 5 cm
<b>Aspecto superficial</b>				
<b>Desprendimiento de agregados pétreos en superficie.</b>				
<b>Tratamiento superficial</b>			<b>Capa asfáltica</b>	
				
<b>Evaluación</b>	<b>Proporción del área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m, por banda de circulación.</b>			
	<b>TRATAMIENTO SUPERFICIAL</b>		<b>CAPA ASFALTICA</b>	
	<b>LIGERO &lt; 5 %</b>		<b>LIGERO &lt; 5 %</b>	
	<b>5 % &lt; MEDIO &lt; 30 %</b>		<b>5 % &lt; MEDIO &lt; 10 %</b>	
	<b>30 % &lt; FUERTE</b>		<b>10 % &lt; FUERTE</b>	

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioro de la estructura (Desprendimiento)	Pérdida de carpeta de rodadura (Peladura)	Desprendimiento de la última capa delgada, de tratamientos superficiales, tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lechadas (Slurry seal).</li> <li>• Microcarpetas (1 a 2 cm).</li> <li>• Capas de rodadura (carpetas) de 2 a 3 cm.</li> <li>• Sobrecapas o sobrecarpetas delgadas de 3 a 5 cm.</li> </ul>	Ligero:	Tratamiento aislado en mantenimiento preventivo.
			Medio:	Nuevo tratamiento superficial en mantenimiento periódico.
			Fuerte:	Generalmente se requiere un doble tratamiento.
<b>Aspecto superficial</b>				
				
<b>Evaluación</b>	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, por banda de circulación.			
	<b>LIGERO &lt; 5 %</b>			
	<b>5 % &lt; MEDIO &lt; 30 %</b>			
	<b>30 % &lt; FUERTE</b>			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

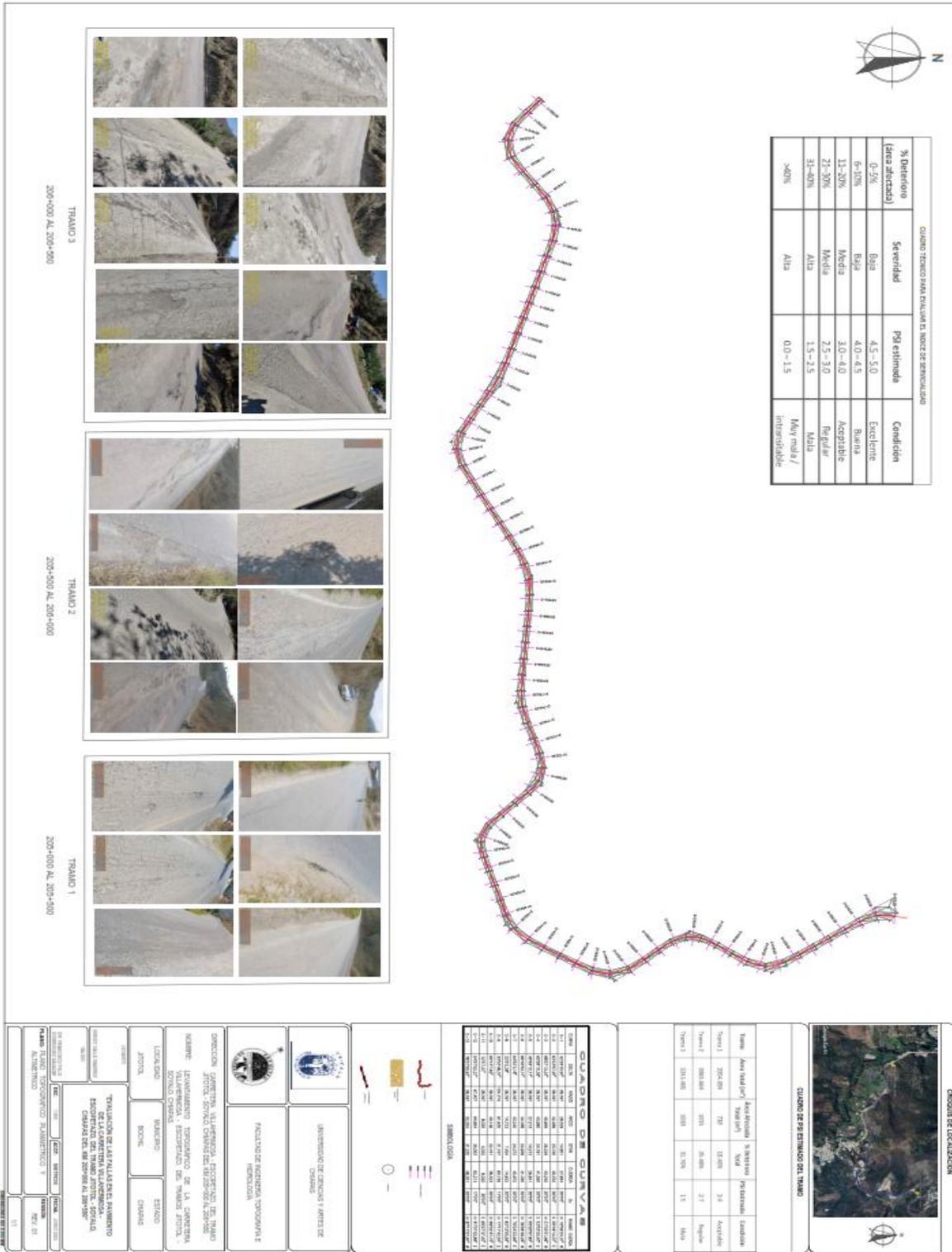
Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioro de la superficie (desprendimientos)	Pérdida de base (calavera o baches superficial)	Desprendimiento del material de la base en la que se apoya la capa de rodadura (carpeta) después de la pérdida de ésta; generalmente en bases no tratadas (hidráulicas).	Ligero:	Tratamiento aislado en mantenimiento preventivo.
			Medio:	Base sin tratar: Recuperación, reperfilado y recompactación de la base.
			Fuerte:	Base tratada: Colocación de una capa correctiva (carpeta reniveladora) y una nueva capa de rodadura (carpeta o tratamiento superficial).
<b>Aspecto superficial</b>				
				
Evaluación	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, por banda de circulación.			
	LIGERO < 5 %			
	5 % < MEDIO < 30 %			
	30 % < ALTA			

Deterioro de la superficie	Formas que se manifiestan	Descripción	Recomendaciones	
Deterioro de la superficie	Exposición de agregados	Presencia de agregados parcialmente expuestos fuera del mortero ligante (asfalto) – arena.	Ligero:	No requiere intervención.
			Medio:	Nueva capa de rodadura en áreas afectadas.
			Fuerte:	Nueva capa de rodadura al siguiente año en mantenimiento periódico en todo el tramo.
<b>Aspecto superficial</b>				
				
Evaluación	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, por banda de circulación.			
	LIGERO < 20 %			
	20 % < MEDIO < 50 %			
	50 % < ALTA			

Fuente: (SCT, 2002, págs. 5-25).

### 3.3 Plano Topográfico del tramo en estudio con los porcentajes de falla

Plano 1. Plano alimétrico y planimétrico de la zona en estudio.



Fuente: Propia.

## Conclusión

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar el estado actual del pavimento en el tramo carretero comprendido entre los kilómetros 205+000 al 206+580 de la carretera Jitotol – Soyaló, ubicada en el estado de Chiapas, mediante un análisis visual sistemático de las fallas presentes y la estimación del **Índice de Servicialidad Presente (PSI)**.

El estudio se estructuró dividiendo el tramo total en tres segmentos, a fin de realizar un diagnóstico más preciso y localizado. Se aplicó una metodología que combinó el levantamiento topográfico, la inspección visual directa y la cuantificación del deterioro superficial. Cada falla fue registrada y clasificada de acuerdo con su tipo, severidad y área afectada, y posteriormente se calculó el porcentaje de deterioro en relación con el área total de cada tramo. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tramo	Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Afectada Total (m <sup>2</sup> )	% Deterioro Total	PSI Estimado	Condición
Tramo 1, 205+000 al 205+500	3954.694	730	18.46%	3.4	Aceptable
Tramo 2, 205+500 al 206+000	3983.664	1015	25.48%	2.7	Regular
Tramo 3, 206+000 al 206+500	3243.406	1030	31.76%	1.5	mala

Se concluye que el tramo presenta un deterioro progresivo, siendo el Tramo 3 el más afectado con un PSI de 1.5, lo que implica una condición crítica que compromete seriamente la seguridad y comodidad del usuario. Este nivel de daño se relaciona principalmente con la falta de mantenimiento periódico, el incremento del tránsito vehicular pesado y las condiciones climáticas de la región.

El uso del PSI como herramienta de diagnóstico resultó eficaz, ya que permitió clasificar cada tramo según su estado funcional y orientar la toma de decisiones técnicas para su conservación.

## Recomendaciones

### 1. Tramo 1 (PSI 3.4 – Aceptable):

- Implementar mantenimiento preventivo, como el sellado de grietas longitudinales, reposición de agregados perdidos y corrección de roderas.
- Monitorear periódicamente el avance de las fallas para evitar que progresen a niveles críticos.

### 2. Tramo 2 (PSI 2.7 – Regular):

Aplicar mantenimiento correctivo localizado, incluyendo:

- Bacheo profundo en zonas afectadas.
- Refuerzo de bordes ante la presencia de grietas de borde de severidad alta.
- Recapeo superficial en áreas con piel de cocodrilo o hinchamiento incipiente.

### 3. Tramo 3 (PSI 1.5 – Malo):

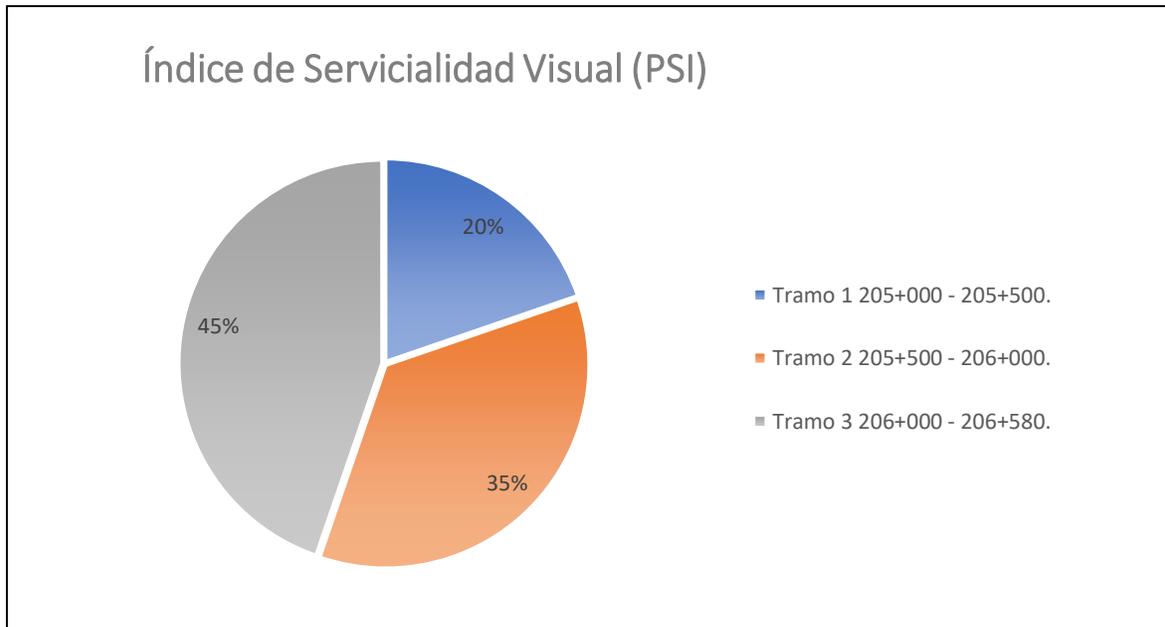
Se requiere una rehabilitación mayor que contemple:

- Remoción y reposición de las capas estructurales en zonas con baches profundos.
- Reciclado in situ o estabilización de la base donde se identifique pérdida de soporte.
- Reperfilado de la superficie y nueva capa de rodadura para restituir la funcionalidad.

De forma general, se recomienda establecer un plan de conservación vial que incluya inspecciones técnicas periódicas, priorización de intervenciones según el nivel de deterioro y disponibilidad presupuestal, así como la mejora del sistema de drenaje existente, dado que la presencia de humedad es un factor clave en la aceleración del deterioro del pavimento. Asimismo, se enfatiza la importancia de una gestión técnica y financiera coordinada entre los diferentes niveles de gobierno, que permita garantizar la sostenibilidad de la infraestructura a largo plazo.

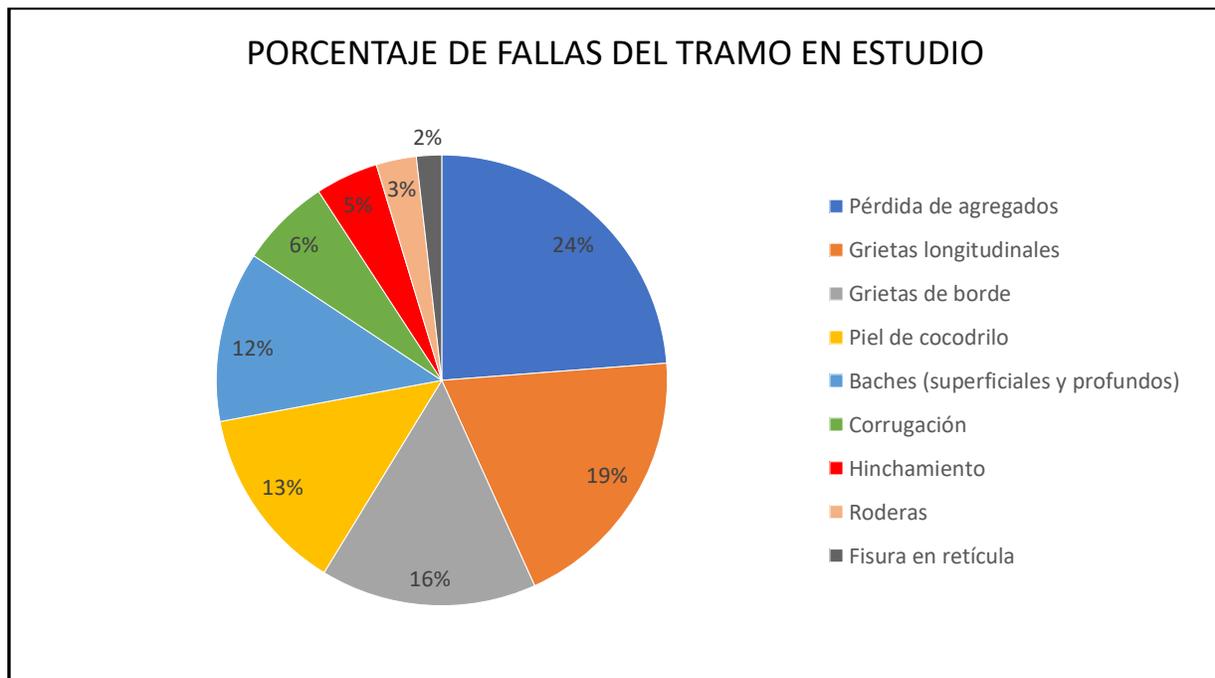
Anexos

Anexo 1. Grafica de deterioro del tramo en estudio.



Fuente: propia

Anexo 2. Grafica de porcentaje de las fallas del tramo 205+000 al 206+580.



Fuente: Propia.

*Anexo 3. Levantamiento topográfico y fallas encontradas del tramo de estudio.*



**Fuente:** propia

## Referencias

Acuario, J. R. (Julio de 2020). *Ingeniería de Pavimentos*. Obtenido de La Librería de Pavimentos:

<https://www.libreriaingeniero.com/2020/07/ingenieria-de-pavimentos-ing-jose-rafael-menendez.html>

Cevallos, J. A. (2014). *Propuesta de metodología complementaria a los diseños de pavimentos según*

*AASHTO 93 (Tesis de grado)*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3131/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-100.pdf>

Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2021). *Manual de Evaluación de Pavimentos*. Obtenido de La

Librería del Ingeniero: [https://www.libreriaingeniero.com/2021/03/manual-de-evaluacion-de-pavimentos-ing-maylin-corros-ing-ernesto-urbaez-ing-gustavo-corredor.html#google\\_vignette](https://www.libreriaingeniero.com/2021/03/manual-de-evaluacion-de-pavimentos-ing-maylin-corros-ing-ernesto-urbaez-ing-gustavo-corredor.html#google_vignette)

García, M. A. (2015). *Pavimentos*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México:

<https://www.udocz.com/apuntes/18327/curso-pavimentos-unam-m--en-i--miguel-angel-tapia-garc-a>

García, U. N.-M. (Septiembre de 2018). *Pavimentos*. Obtenido de Librería del Ingeniero:

<https://www.libreriaingeniero.com/2018/09/pavimentos-unam.html>

INAFED, I. N. (17 de junio de 2011). *Enciclopedia de los Municipios de México Estado de Chiapas*

*"Bochil"*. Obtenido de Internet Archive Wayback Machine:

<https://web.archive.org/web/20110617052701/http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/chiapas/municipios/07013a.htm>

INEGI, I. N. (16 de Julio de 2013). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Bochil,*

*Chiapas*. Obtenido de INEGI:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/07/07013.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07013.pdf)

Iturbide, I. J. (2002). *Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos*. Guatemala.

- Márquez, F. G. (1994). *Curso basico de topografía*. México D.F.: Árbol, S.A de C.V.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (1990). *Identificación de Fallas en Pavimentos y Técnicas de Reparación (Catálogo de Fallas)*. República Dominicana. Obtenido de <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- MOPC, M. d. (18 de Febrero de 2016). *Catálogo de fallas*. Obtenido de mopc.gob: <https://www.mopc.gob.do/media/2335/sistema-identifici%C3%B3n-fallas.pdf>
- MTC, M. d. (06 de Marzo de 2013). *Manual de Carreteras: suelos geología, geotecnia y pavimentos*. Obtenido de ICG (Instituto de la Construcción y Gerencia): [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual\\_Suelos\\_Pavimentos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf)
- Rico, A., & Castillo, y. H. (1977). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*. México: LIMUSA, S.A.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (1977). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres V2*. México: Limusa.
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2020). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- SCT. (08 de 2002). *M.5.1. Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*. Obtenido de Consejo de directores de carreteras de Iberia e iberoamérica: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manualfallas.pdf>
- SCT, S. d. (2007). *01. Estudios topográficos*. Ciudad de México.
- SCT, S. d. (2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras*. Obtenido de Dirección general de servicios tecnicos - Manuales, SCT: <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/normativa/manuales>
- SCT, S. d. (2020). *Guía para la ejecución de trabajos de campo para la determinación de la oferta y la demanda de los estudios de tránsito para el transporte carretero*. Obtenido de Instituto Mexicano

del Transporte: [https://imt.mx/descarga-archivo.html?l=YXJjaGl2b3MvUHVibGljYWNPb25lcy9QdWJsaWNhY2lvbIRlY25pY2EvcHQ1ODEucGRm#:~:text=Esta%20clasificaci%C3%B3n%20considera%20a%20los,y%20camiones%20articulados%20\(CA\).](https://imt.mx/descarga-archivo.html?l=YXJjaGl2b3MvUHVibGljYWNPb25lcy9QdWJsaWNhY2lvbIRlY25pY2EvcHQ1ODEucGRm#:~:text=Esta%20clasificaci%C3%B3n%20considera%20a%20los,y%20camiones%20articulados%20(CA).)

UMSS, U. M. (31 de Agosto de 2014). *Manual Completo: Diseño de Pavimentos*. Obtenido de Topodata: [https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/DISENO-DE-PAVIMENTOS-UMSS\\_41.pdf](https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/09/DISENO-DE-PAVIMENTOS-UMSS_41.pdf)

UMSS, U. M. (2019). *Manual Completo: Diseño de Pavimentos*. Obtenido de Librería del ingeniero: <https://www.libreriaingeniero.com/2019/06/manual-completo-diseno-de-pavimentos-umss.html>

Uriel Chagal, L. V., Vite, L., Luis, & Cervantes, O. (2016). *Práctica VRS (Valor Relativo de Soporte)*. Veracruz.

Vásquez, L. R. (Febrero de 2002). *Pavement Condition Index (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concretos en Carreteras*. Obtenido de WordPress: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf>