

Estudio patológico para intervención (Pavimento Avenida la plaza)

Presentado por:  
Andrey Giovanni Galindo Tejedor  
Jimmy Alejandro García  
Jerson Alonso Peña

Asesora:  
Ing. Diana Mylena Zambrano

Universidad Santo Tomás  
Facultad de Ingeniería Civil  
Especialización en Patología de la Construcción  
2025

### **Resumen**

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar el estado actual de un pavimento rígido identificando las principales patologías que afectan sus desempeño estructural y funcional con el fin de proponer soluciones técnicas de mantenimiento y rehabilitación que garanticen su durabilidad. La metodología empleada comprende una fase de recolección de datos en campo, registro fotográfico y levantamiento topográfico complementada con la ejecución de ensayos de laboratorio para la caracterización del suelo, determinación de densidad y compactación mediante ensayos de Proctor y CBR y el monitoreo topográfico para identificar los desplazamientos o asentamientos diferenciales.

Los resultados esperados permitirán establecer el origen de las patologías observadas tales como las fisuras, desplazamientos o socavaciones evaluando su severidad y relación con las condiciones del subsuelo. Así mismo el análisis de laboratorio y los datos de campo posibilitaran determinar la capacidad portante del pavimento y el nivel de afectación estructural, proponiendo medidas correctivas como el sellado de juntas, sustitución de losas deterioradas y mejoramiento del drenaje. En conclusión, el estudio busca mejorar la comprensión de las patologías en pavimentos rígidos y ofrecen alternativas de mantenimiento viables y sostenibles orientadas a prologar la vida útil y funcionalidad de la vía

### **Palabras claves**

- Pavimento rígido
- Evaluación estructural
- Ensayos de laboratorio
- Caracterización de suelos
- Ensayo Proctor
- Ensayo CBR
- Monitoreo topográfico
- Patologías de pavimento
- Mantenimiento vial
- Rehabilitación de pavimentos
- Deterioro estructural

**ABSTRACT**

This project focuses on evaluating the condition of a rigid pavement through a technical and methodological process that includes field data collection, laboratory testing, and result analysis. The main objective is to identify the most representative pathologies present in the pavement structure and propose feasible maintenance or rehabilitation solutions. The methodology involved performing soil characterization tests such as granulometry and Atterberg limits (LL, LP, LC), compaction and density tests (Proctor and CBR), and topographic monitoring using precision instruments.



The results are expected to provide a better understanding of the structural behavior of the pavement, the origin of deterioration, and its relationship with soil and construction conditions. This study contributes to improving the assessment process of rigid pavements and supports the selection of appropriate maintenance strategies to ensure longer service life and cost-efficient interventions.

**Keywords**

- Rigid pavement
- structural evaluation
- laboratory testing
- soil characterization
- Proctor test
- CBR test
- topographic monitoring
- pavement pathologies
- road maintenance
- pavement rehabilitation
- structural deterioration.

## 1. HISTORIA CLÍNICA

Recopilación de información del paciente.

<b>HISTORIA CLINICA</b>	
<b>DATOS GENERALES</b>	
Estructura	<p>Pavimento rígido</p> 
Localización	<p>Otanche, Boyacá 5°339'32" N 74°10'49" W</p> 
Dimensiones	280 m2

ANTECEDENTES CONSTRUCTIVOS						
<p>CLASIFICACION SISMICA</p>	<p>Otanche, en el departamento de Boyacá, está clasificado según la NSR-10 como una zona de amenaza sísmica intermedia.</p> <p>Parámetros sísmicos NSR-10 para Otanche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona de amenaza sísmica: Intermedia</li> <li>• Valores de Aa y Av (aceleración horizontal en roca): Según los listados oficiales de la NSR-10, para municipios de amenaza intermedia Aa y Av suelen ubicarse entre 0.15 y 0.15, (tomado de NSR-10 – apéndice A-4 – valores Aa y Av definición de la zona sísmica de los municipios colombianos)</li> </ul> <table border="1" data-bbox="516 772 1421 808"> <tr> <td>Otanche</td> <td>15507</td> <td>0.15</td> <td>0.15</td> <td>Intermedia</td> </tr> </table> <p>Las construcciones deben cumplir con los requisitos de sismo-resistencia establecidos para zonas intermedias, siguiendo estándares específicos para elementos estructurales y no estructurales, orientados a proteger la vida y patrimonio ante posibles eventos sísmicos en la región.</p>	Otanche	15507	0.15	0.15	Intermedia
Otanche	15507	0.15	0.15	Intermedia		
<p>TIPO DE SUELO</p>	<p>En el municipio de Otanche, Boyacá predominan suelos de ladera, superficiales, de pendiente fuerte y textura media, con reacción ácida y baja fertilidad. Los estudios de ordenamiento territorial y ambientales no mencionan explícitamente una clasificación local según los tipos D, C, A, o F; sin embargo, se puede inferir por las características presentes.</p> <p><b>Características principales del suelo en Otanche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos de ladera, superficiales y moderadamente profundos, textura media, fuertemente ácidos y excesivamente drenados, con baja fertilidad y presencia de aluminio tóxico. (componente general del esquema de ordenamiento territorial de Otanche) pág. 3</li> <li>• El relieve es inclinado, ondulado y quebrado, propio de zonas de montaña con predominio de materiales parentales como arcillas, areniscas y lutitas. (componente general del esquema de ordenamiento territorial de Otanche)</li> <li>• El grupo taxonómico incluye Typic Dystrandept y Paralithic Dystropept, suelos que suelen ser poco desarrollados y de origen andino. (componente general del esquema de ordenamiento territorial de Otanche) Pág. 16</li> </ul>					

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los procesos geomorfológicos incluyen escurrimiento difuso y movimiento en masa, indicando alta susceptibilidad a erosión e inestabilidad en ciertas zonas. (componente general del esquema de ordenamiento territorial de Otanche) Pág. 20</li> </ul>															
<p>COEFICIENTE DE DISIPACION DE ENERGIA Ro</p>	<p>El coeficiente de disipación de energía para Otanche, Boyacá, según el reglamento nacional y estudios técnicos, es de 0.20 en términos básicos y 0.04 para edificaciones en zonas intermedias. Este coeficiente corresponde a la capacidad del sistema estructural o suelo para disipar energía sísmica mediante deformaciones, y es un parámetro fundamental en el diseño sismo-resistente.</p> <p>Valores técnicos oficiales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para Otanche, el valor típico <math>R = 0.20</math>.</li> <li>Zonas con mayores exigencias presentan valores hasta 0.04, dependiendo del análisis estructural y el tipo de edificación.</li> <li>Estos valores están definidos por el NSR-98/NSR-10 y se consultan para diseño estructural y planificación local en Boyacá.</li> </ul> <table border="1" data-bbox="532 1165 1279 1297"> <thead> <tr> <th colspan="5">DEPARTAMENTO DE BOYACA</th> </tr> <tr> <th>ZONA DE AMENAZA SISMICA</th> <th>MUNICIPIO</th> <th><math>A_b</math></th> <th><math>A_d</math></th> <th>ZONA DE AMENAZA SISMICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTERMEDIA</td> <td>OTANCHE</td> <td>0.20</td> <td>0.04</td> <td>INTERMEDIA</td> </tr> </tbody> </table> <p>(Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente.) Pág. 115</p>	DEPARTAMENTO DE BOYACA					ZONA DE AMENAZA SISMICA	MUNICIPIO	$A_b$	$A_d$	ZONA DE AMENAZA SISMICA	INTERMEDIA	OTANCHE	0.20	0.04	INTERMEDIA
DEPARTAMENTO DE BOYACA																
ZONA DE AMENAZA SISMICA	MUNICIPIO	$A_b$	$A_d$	ZONA DE AMENAZA SISMICA												
INTERMEDIA	OTANCHE	0.20	0.04	INTERMEDIA												
<p>INICIO Y FIN DE OBRA</p>	<p>Según lo investigado con residentes del lugar ya que la alcaldía nos a proporcionado muy poca o casi nula información sobre esta misma, tiene un aproximado de inicio el agosto de 2023 y termina en noviembre 20 de este mismo año.</p>															
<p>NORMA CON LA CUAL A SIDO CONSTRUIDO ESTE PAVIEMNTO RIGIDO.</p>	<p>Según lo requerido y revisado en algunos documentos, llegamos a la conclusión de que esta obra se construye en gran parte con la NSR-10 pero aun así tomando algunas precauciones o ayudas de la NSR-10 para complementar el diseño y quizá tener en cuenta algunos ensayos.</p>															
<p>PROBLEMAS IDENTIFICADOS</p>	<p>Los problemas o patologías mas graves encontradas en este pavimento rígido fueron las siguientes: socavación del terreno ya pavimentado, hundimiento de la vía, separación de andenes y bordillos, grietas en bloque o fracturación múltiple, desplazamiento</p>															

	de losas con grietas y surgimiento de vegetación por los alrededores y bajo el pavimento. Todo esto ocurre según lo dicho en palabras del alcalde por; daños en tuberías averiadas de alcantarillado lo cual se están filtrando aguas residuales por el sub suelo y por ende estas remociones de tierra.

## 2. METODOLOGÍA

Procesamiento de la información.

El procesamiento de la información obtenida en la inspección visual se complementará con la elaboración de los siguientes ensayos.

Tabla \_\_Ensayos propuestos

Etapa	Descripción	Instrumentos utilizados	Resultados esperados
Ensayos de Caracterización de Suelo	Se realizará un apique que nos permita obtener muestras del suelo, para ensayos	Juego de Tamices, Balanza de Precisión, Horno de Secado, Copa de Casagrande	Verificar su clasificación y su

	de Granulometría, Límites de Atterberg (Plasticidad) LL, LP y LC		Resistencia
Ensayos de Densidad y Compactación	Si la socavación se debe a una mala compactación inicial, se pueden realizar pruebas de densidad, se realizan para determinar la relación óptima entre la humedad de un suelo y su densidad seca máxima a una energía de compactación dada, se realizarán ensayos Proctor y CBR	El cono de arena o densímetro nuclear, Densímetro y Proctor	Controlar la calidad de la compactación del suelo o de materiales granulares (como la base y sub- base de una carretera o un relleno), Proctor, para obtener curva de compactación del suelo y densímetro para medir la densidad del terreno compactado
Monitoreo Topográfico:	Utiliza equipos de alta precisión para establecer puntos de control fijos en la vía y en la banca. Mide el desplazamiento horizontal y vertical de estos puntos a lo largo del tiempo	Estación total o GPS de precisión, fisurómetro	Esto cuantificará la velocidad del movimiento de la banca.

**3. ANÁLISIS DE DATOS**

<b>Aspecto analizado</b>	<b>Datos recopilados</b>	<b>Métodos de análisis</b>	<b>Resultados del análisis</b>
<b>Estado del paciente</b>	El pavimento presenta una variedad de patologías y daños estructurales.	Hemos analizado este paciente por medio de visitas al lugar, observando detalladamente y tomando fotografías de su estado actual	Se presenta una remoción de tierra por un mal análisis del suelo donde se pavimentó
<b>condiciones ambientales</b>	En la zona donde se encuentra el pavimento están caracterizadas por alta humedad, precipitaciones frecuentes y presencia de agua superficial que influye.	Comparación con el diseño y la resistencia que este mismo debía tener	Remoción de tierra y humedad constante por debajo del pavimento
<b>patologías estructurales</b>	Socavación del terreno, hundimiento de la vía, separación de andenes y bordillos, grietas.	Fotografías tomadas directamente en el lugar, desde distintos ángulos.	Desplazamiento lateral de la vía junto con filtraciones de agua por tuberías averiadas.

<b>Perdida de espesor</b>	Por fisuras y desplazamiento de la vía.	Fotografías y análisis comparativo con otros pavimentos rígidos	Decaimiento de la vía por falta de mantenimiento y reparaciones.
---------------------------	---	---	--

#### 4. DIAGNÓSTICO

<b>Aspecto analizado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Hallazgos</b>	<b>Recomendaciones</b>
<b>Socavación del terreno y desplazamiento lateral</b>	Evaluación de la estabilidad del terreno bajo el pavimento y presencia de vacíos.	Se detectó socavación de hasta 93 cm de profundidad y desplazamiento lateral de 234 mm en la vía. Causa principal: filtraciones de aguas residuales y escorrentía superficial.	Realizar ensayos de caracterización de suelos y densidad/compactación, reconstruir el material de subbase con fuentes certificadas y mejorar el sistema de drenaje.
<b>Sistema de drenaje</b>	Análisis de la infraestructura de recolección y evacuación de aguas.	No se evidencian sumideros ni drenajes superficiales adecuados.	Diseñar y construir un sistema de drenaje pluvial eficiente (cunetas, sumideros, alcantarillas), asegurando la conducción del agua fuera del cuerpo del pavimento.
<b>Grietas longitudinales y transversales</b>	Evaluación de fisuras en las losas de concreto.	Se observan grietas de hasta 23 mm de apertura, longitudinales y transversales, con escalonamiento vertical, indicando	Sellar grietas activas con materiales epóxico, reponer losas fracturadas y estabilizar la subrasante antes de reponer el pavimento.

		pérdida de apoyo y movimientos diferenciales.	
<b>Calidad del material y compactación</b>	Análisis de los materiales usados en base y subbase.	Materiales obtenidos de canteras no certificadas, lo cual afecta la compactación y resistencia.	Sustituir material deficiente por granular certificado, realizar ensayos Proctor y densidad in situ para garantizar compactación adecuada.
<b>Influencia del agua subterránea (nivel freático)</b>	Evaluación de la presencia de agua en el subsuelo y su efecto en la estructura.	Se identificó infiltración y elevación del nivel freático, lo que reduce la resistencia al corte del suelo.	Implementar drenes subterráneos y control del nivel freático, además de monitorear periódicamente con piezómetros.


## 5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Área / Componente	Propuesta de intervención	Objetivo
<b>Losas de concreto fracturadas con desplazamiento</b>	Retiro parcial de las losas agrietadas y con pérdida de nivel. Reposición con concreto estructural de iguales o superiores características garantizando las juntas adecuadas	Restaurar la capacidad estructural del pavimento y asegurar continuidad funcional de la superficie de rodadura
<b>Subbase y base granular deteriorada por socavación</b>	Retiro total de material afectado y la reconstrucción con material granular certificado cumpliendo densidades y granulométricas según INVIAS	Recuperar la capacidad portante y evitar nuevos asentamientos diferenciales
<b>Sistema de drenaje (superficial y subterráneo)</b>	Reforzamiento y nuevas instalaciones de sumideros, cunetas y drenajes subterráneos para el manejo	Mejorar la evaluación del agua superficial y subterránea reduciendo filtraciones y erosiones del terreno

	de aguas de escorrentía y freáticas	
<b>Terraplén y zona de socavación</b>	Reforzamiento geotécnico mediante relleno compactado por capas y, de ser necesario geotextiles para el control de erosión y estabilidad	Asegurar la estabilidad del terreno y prevenir deslizamientos o pérdida del apoyo del pavimento
<b>Andenes y bordillos desplazados</b>	Retiro parcial y realineación de los elementos prefabricados, reconstruyendo juntas con mortero de alta adherencia	Restablecer la alineación y contención lateral del pavimento, garantizando su confinamiento y estética urbana
<b>Juntas de dilatación y fisuras menores</b>	Reforzamiento mediante sellado epóxico o elastómero de las juntas y fisuras activas	Evitar filtraciones y proteger la losa contra el ingreso del agua y agentes agresivos
<b>Control y monitoreo de nivel freático</b>	Implementación de piezómetros y dren subterráneo en puntos críticos	Controlar la humedad del subsuelo y evitar la pérdida de soporte por saturación
<b>Materiales no certificados empleados</b>	Retiro total del material deficiente y sustitución por material granular certificado, con ensayos de compactación (Proctor y densidad in situ )	Garantizar la calidad y durabilidad del sistema estructural del pavimento

## 6. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Presentar un análisis sucinto sobre la sismicidad en la región incluyendo:

<p>Ubicación</p>	<p>Otanche, Boyacá 5°339'32" N 74°10'49" W</p> <p>Otanche, Boyacá 5°339'32" N 74°10'49" W</p> 
<p>descripción geológica</p>	<p>Marco Estructural y Litología</p> <p>Dominio Estructural: El área se ubica en un ambiente estructural donde el proceso de denudación es dominante. El marco estructural es complejo, caracterizado por la presencia de numerosos pliegues y fallas.</p> <p>Rocas Dominantes: La zona está constituida mayoritariamente por rocas del Cretácico.</p>

	<p>Unidades Litoestratigráficas: Una unidad relevante es el Grupo Otanche (a veces referido informalmente como Grupo La Palma), que está compuesta por una serie monótona y espesa de:</p> <p>Limolitas Lutitas Arcillositas (de color gris claro a negro y moscovíticas) Presentan intercalaciones de otros tipos de roca.</p> <p>Mapeo Geológico: La geología del municipio forma parte de la plancha geológica 169 (Puerto Boyacá) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:100.000. También se menciona la Formación Umir, la cual es relevante en la región por contener mantos de carbón.</p> <p>2. Geomorfología y Riesgos</p> <p>Paisaje: El contexto geológico de rocas cretácicas plegadas y falladas determina un paisaje geomorfológico de montaña estructural.</p> <p>Suelos: Se observa el desarrollo de suelos muy recientes que se encuentran en altas pendientes.</p> <p>Susceptibilidad: La combinación de un paisaje escarpado, altas pendientes y niveles de precipitación define un escenario de alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa y erosión.</p> <p>3. Actividad Minera</p> <p>La geología de Otanche determina su importante potencial minero, siendo esta una actividad económica tradicional en el municipio.</p> <p>Minerales Energéticos: El municipio tiene potencial de minerales energéticos, específicamente carbón. Se encuentran los tipos coquizable y antracitas en varias veredas. La Formación Umir contiene los mantos de carbón.</p> <p>Metales y Minerales Preciosos: La minería de esmeraldas es una actividad tradicional en la región del Occidente de Boyacá, de la cual Otanche forma parte.</p>								
<p>Histórico de sismos</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="423 1612 565 1732">Fecha</th> <th data-bbox="565 1612 792 1732">Ubicación (Epicentro o Referencia)</th> <th data-bbox="792 1612 971 1732">Magnitud (Estimada)</th> <th data-bbox="971 1612 1430 1732">Notas de Afectación en Boyacá/Región</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="423 1732 565 1848"><b>3 de abril de 1646</b></td> <td data-bbox="565 1732 792 1848">Muzo, Boyacá</td> <td data-bbox="792 1732 971 1848">6 (Aprox.)</td> <td data-bbox="971 1732 1430 1848">Conocido como el <b>Sismo de Muzo de 1646.</b></td> </tr> </tbody> </table>	Fecha	Ubicación (Epicentro o Referencia)	Magnitud (Estimada)	Notas de Afectación en Boyacá/Región	<b>3 de abril de 1646</b>	Muzo, Boyacá	6 (Aprox.)	Conocido como el <b>Sismo de Muzo de 1646.</b>
Fecha	Ubicación (Epicentro o Referencia)	Magnitud (Estimada)	Notas de Afectación en Boyacá/Región						
<b>3 de abril de 1646</b>	Muzo, Boyacá	6 (Aprox.)	Conocido como el <b>Sismo de Muzo de 1646.</b>						

	<p><b>17 de junio de 1826</b>    Úmbita, Boyacá    6.5 (Aprox.)</p> <p><b>28 de enero de 1928</b>    Chinavita, Boyacá    4.95</p> <p><b>24 de agosto de 2023</b>    El Calvario, Meta    6.1 y réplicas (5.6, 5.0, 5.1)</p> <p><b>Junio de 2025</b>    Paratebueno, Cundinamarca    6.5</p>	<p>Causó daños en Boyacá y Bogotá. En Tunja, se reportaron daños en la iglesia del Colegio de Boyacá y otras edificaciones.</p> <p>Un sismo con epicentro en la región del departamento.</p> <p>Aunque el epicentro estuvo lejos, fue sentido intensamente en Boyacá, Cundinamarca y Meta, generando pánico.</p> <p>Sismo que se sintió con fuerza y causó afectaciones en municipios de Boyacá como Firavitoba, Chiquinquirá, Arcabuco y Duitama.</p>
vecinos colindantes	<p>Norte: cancha de futbol sintética</p> <p>Oriente: zona aledaña a quebrada seca</p> <p>Sur: construcciones antiguas</p> <p>Occidente: Almacenes y tiendas</p>	
sistema constructivo	Pavimento Rígido (Concreto Hidráulico)	
Materiales	<p><b>Cemento:</b> Suele ser Cemento Portland (Tipo I, GU, o el tipo que corresponda a las condiciones de exposición). Es el aglutinante principal que, al mezclarse con el agua, genera la pasta que endurece y confiere rigidez y resistencia al pavimento.</p> <p><b>Agua:</b> Debe ser agua potable, limpia y libre de aceites, ácidos, azúcares, y materia orgánica. Reacciona con el cemento (hidratación) para formar la pasta endurecida.</p> <p><b>Agregado Grueso:</b> Generalmente grava o piedra triturada (caliza, basalto, etc.). Debe ser de alta calidad, resistente al desgaste (bajo desgaste Los Ángeles) y a la intemperie. Aporta volumen, resistencia a la compresión y estabilidad volumétrica a la mezcla.</p> <p><b>Agregado Fino Arena:</b> (natural o de trituración). Debe cumplir con requisitos estrictos de granulometría y limpieza (alto equivalente de arena). Rellena los huecos entre los agregados gruesos y ayuda a la trabajabilidad de la mezcla.</p>	

	<p><b>Aditivos:</b> Materiales añadidos para modificar propiedades específicas: inclusores de aire (mejoran la resistencia a ciclos de congelamiento-deshielo) o plastificantes (mejoran la trabajabilidad).</p>
Cimentación	<p><b>Inferior:</b> Subrasante Suelo Natural/Mejorado Cimentación principal, soporte final.</p> <p><b>Intermedio:</b> Subbase Material Granular Drenaje, aislamiento y distribución inicial de cargas.</p> <p><b>Superior:</b> Base: Agregados de alta calidad Soporte estructural primario, absorción de grandes tensiones.</p>
sistema estructural	<p><b>Capa de Rodadura (La Superficie)</b></p> <p>Es la capa superior, en contacto directo con los vehículos. Es crucial para proporcionar las características de servicio (comodidad, agarre y drenaje). Pavimento Rígido (Concreto): Se utilizó una Losa de Concreto Hidráulico (hormigón) de alta resistencia.</p> <p>2. Capas de Soporte:</p> <p>Base: Su función principal es soportar las cargas y proteger las capas inferiores. Subbase: su función principal es proporcionar drenaje y evitar la intrusión de finos de la subrasante.</p> <p>3. La Cimentación (El Terreno Base)</p> <p>Es la plataforma final que soporta toda la estructura. Subrasante: Es el elemento que soporta la carga final transferida por las capas superiores.</p>

A continuación, construir el análisis de vulnerabilidad sísmica a través de matriz de vulnerabilidad o por calificación cualitativa del paciente.

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA**

	<b>Factor de Vulnerabilidad</b>	<b>Criterio de Vulnerabilidad</b>	<b>Evaluación (Nivel de Riesgo)</b>	<b>Norma/Referencia Aplicable</b>	<b>Observaciones y Recomendaciones</b>
<b>I. Factores en Cimentación (Subrasante y Subbase)</b>	Condiciones del Suelo (Licuefacción)	Potencial de licuefacción en la subrasante ya que hay presencia de suelos arenosos saturados o susceptibilidad a asentamientos cosísmicos.	Alto,	Estudios de Microzonificación Sísmica, Guías Geotécnicas Locales (Ej. AASHTO LRFD).	El factor dominante en vías rígidas es la falla del soporte.  La licuefacción provoca la pérdida de soporte total, causando asentamientos diferenciales y fallas de la losa de concreto. Requiere mejora o reemplazo del suelo.
	Estabilidad de Taludes	Presencia de la vía al pie de taludes inestables susceptibles a deslizamientos inducidos por sismos.	Crítico, ya que hay evidencia de movimientos previos y saturación.	Granulometría (ASTM D422), Límites de Atterberg (ASTM D4318), Clasificación SUCS y AASHTO.	El sismo puede detonar deslizamientos que arrastren o fracturen la vía. <b>Considerar obras de contención o mitigación. Muro de contención</b>
	Compactación y Calidad de Subrasante/Subbase	Calidad de los materiales de la subbase y el nivel de compactación alcanzado.	Deficiente, porque el valor de Soporte (CBR) es bajo.	INV E-142 (Ensayo modificado de Compactación, o Proctor Modificado), exige un mínimo del 95%	La compactación inadecuada amplifica las deformaciones por carga sísmica y reduce el soporte de las losas.
<b>II. Factores Estructurales (Elementos de Concreto)</b>	Integridad de Losa y Juntas	Presencia de grietas preexistentes, espaciamiento excesivo o falla de las juntas de dilatación/contracción y mecanismos de transferencia de carga (dovelas).	Riesgo de Falla Funcional: Alto. hay muchas losas agrietadas y bombeo	Artículo 500 (Estructuras de Concreto) INVIAS, Artículos 320/330, Artículos 450 (Juntas)	Se enfoca en la integridad del pavimento mismo.
					Fallas en juntas y dovelas reducen la capacidad de la vía de actuar como un diafragma continuo y generan daños por falla de borde.

	Refuerzo del Concreto	lozas de concreto de 3x3 con dobelas de transferencia de carga, no hay estructuras menores	Riesgo de Fisuración: Alto. Cuantía mínima de acero de refuerzo	Capítulo 18: Requisitos para el Concreto Estructural Especial para Sismo (Special Provisions for Seismic Design). ( ACI 318)	El refuerzo es clave para controlar la apertura de grietas post-sismo y mantener la integridad.
	Estructuras Menores (Alcantarillas/Box Culverts)	Vulnerabilidad de las estructuras de drenaje que cruzan la vía (riesgo de colapso, desplazamiento o agrietamiento en conexiones).	Alto, la estructura es de mampostería antigua o su cimentación es somera).	AASHTO LRFD	La falla de estas estructuras afecta el drenaje y caudal.
<b>III. Factores No Estructurales (Funcionalidad y Anexos)</b>	Intersecciones y Transiciones	Cambios bruscos de rigidez , transición de pavimento antiguo y la nueva losa	Alto, Medio, Bajo. (Alto si hay falta de losas de transición o cimientos independientes).	Especificaciones de Construcción y Conexiones Viales. Artículo 410 INVIAS	Se relaciona con la interrupción del servicio y el riesgo operativo.
					Las diferencias de movimiento entre la vía y una estructura rígida adyacente pueden generar separación y escalones en la vía.
	Señalización y Servicios Anexos	Estabilidad de postes de alumbrado, semáforos, señalización vertical, y cruces de servicios públicos enterrados (tuberías, cables).	Alto, no tiene antisismos los postas	Normas de Instalaciones y Tráfico.Capítulo 700 (Señalización y Seguridad Vial) INVIAS	La falla de estos elementos genera obstáculos en la vía, interrumpiendo el flujo vehicular y la respuesta a emergencias.
Accesibilidad Post-Sismo	Importancia de la vía para la respuesta a emergencias (vías críticas de acceso a hospitales, refugios, etc.).	Crítica, Importante, Secundaria. (Esta no es una evaluación de daño, sino de impacto). La vía se encuentra en perfectas conducciones	Planes de Gestión de Riesgo y Continuidad Operacional.	Una vía altamente vulnerable y catalogada como crítica requiere intervención inmediata para asegurar su operatividad tras un evento sísmico. Mas sin embargo la vía cuenta con una excelente ruta de acceso	

	<b>Rango de Vulnerabilidad</b>	<b>Índice de Vulnerabilidad (IV) (Escala 0-100)</b>	<b>Descripción de la Condición Vial (Riesgo Principal)</b>	<b>Acciones Recomendadas y Prioritarias</b>
	Alto	50 - 75	El daño esperado fuerte o severo. Hay una alta probabilidad de que la estructura quede inhabitable o colapse parcialmente.	Se requiere de forma inmediata la construcción de un muro de contención, Mantenimiento Preventivo Rutinario: Inspecciones periódicas. Limpieza de cunetas y drenajes transversales. Monitoreo básico de la plataforma.

## 7. CRONOGRAMA

**Proyecto:** evaluación y propuesta de intervención para pavimento rígido en Otanche, Boyacá

**Duración estimada:** 12 semanas

**Metodología:** mixta (trabajo de campo, laboratorio y análisis)

Etapa/ fase	Actividad	Descripción	Responsables	Duración	Semana
1. Planeación del proyecto	Revisión bibliográfica y normativa	Consulta de normas INVIAS, NSR10 y referencias técnicas sobre los pavimentos rígidos	Equipo de proyecto	1 semana	1
1.1	Definición de objetivos y alcances	Delimitación del área de estudio, propósito y metodología del proyecto	Equipo de trabajo	1 semana	1
2. Recolección de información	Levantamiento de información general	Registro de coordenadas, dimensiones y condiciones del entorno	Equipo de trabajo	1 semana	2
2.1	Inspección visual y registro fotográfico	Identificación de patologías (fisuras, socavaciones, hundimientos y desplazamientos)	Equipo de trabajo	1 semana	2
3. Procesamiento de datos	Clasificación y análisis de patologías	Organización de los datos recolectados y elaboración de las fichas técnicas	Equipo técnico	1 semana	3
3.1	Elaboración de ensayos propuestos	Programación de los ensayos destructivos y no destructivos	Laboratorio/ supervisión técnica	2 semanas	4-5
4. Diagnóstico del pavimento	Análisis de los resultados de campo y laboratorio	Integración de los resultados y evaluación del estado estructural del pavimento	Equipo técnico	1 semana	6
4.1	Determinación de	Identificación	Equipo técnico	2 semanas	6

	causas y efectos	de causas principales (filtraciones, drenajes, mala compactación)			
5. Propuesta de intervención	Diseño de alternativas	Formulación de medidas de reparación, reforzamiento y drenaje	Equipo técnico	1 semana	7-8
5.1	Análisis de viabilidad y costos	Estimación de materiales, recursos y presupuestos preliminares	Equipo técnico y asesor	1 semana	8
6. Análisis de vulnerabilidad sísmica	Evaluación sísmica del área	Aplicación de matriz de vulnerabilidad y análisis de riesgo	Equipo técnico	1 semana	9
7. Evaluación y análisis de resultados	Evaluación integral del proyecto	Análisis comparativo entre diagnósticos inicial y soluciones propuestas	Equipo técnico y asesor	1 semana	10
8. Elaboración de informe final	Redacción, revisión y conclusiones	Redacción del documento final, anexos y presentación de resultados	Equipo de proyecto	2 semanas	11-12

**8. PRESUPUESTO**

No.	Concepto general	Descripción	Subtotal (COP)
1	Trasporte y logística de campo	Desplazamientos, alimentación y registro fotográfico durante la toma de datos	\$ 750.000
2	Ensayos de laboratorio y campo	Ensayos de caracterización del suelo, densidad y compactación, monitoreo topográfico	\$ 1.300.000
3	Instrumentos y materiales técnicos	Uso de equipos y materiales de medición, muestreo y análisis	\$ 350.000
4	Procesamiento y análisis de resultados	Clasificación de suelos y elaboración de gráficos y tablas	\$ 480.000
5	Elaboración del diagnóstico y	Interpretación de	

	propuesta técnica	resultados, identificación de patologías y propuestas de mantenimiento	\$ 500.000
6	Asesoría y revisión académica	Seguimiento, revisión técnica y observaciones del asesor	\$ 300.000
7	Presentación e informe final	Impresiones, encuadernado y material de apoyo para la sustentación	\$ 200.000
	<b>TOTAL, ESTIMADO DEL PRESUPUESTO</b>		<b>\$ 3.860.000</b>

## 9. RESULTADOS

A partir del desarrollo de las actividades planteadas en el proyecto, se espera obtener resultados técnicos que permitan diagnosticar de manera precisa las condiciones actuales del pavimento identificando las patologías mas representativas y su grado de severidad.

Mediante la aplicación de ensayos de campo y laboratorio como la caracterización de suelos, los ensayos de densidad y compresión y el monitoreo topográfico se prevé obtener una compresión detallada del comportamiento estructural del sistema vial, su capacidad de soporte y los factores que contribuyen al deterioro observado

En consecuencia, se espera lograr los siguientes resultados

- Identificación y clasificación de las patologías existentes como las fisuras, desprendimientos, socavaciones, pérdida de soporte o desplazamientos
- Evaluación técnica del suelo de fundación y capas estructurales que nos permite establecer si las fallas provienen de una deficiente compactación, mala calidad de materiales o presencia de humedad de la subrasante
- Determinación de zonas críticas del pavimento a partir de mediciones topográficas y observaciones visuales que indiquen deformaciones o asentamientos diferenciales
- Análisis enteral de resultados de laboratorio, generando curvas de compactación, límites de plasticidad y clasificación del suelo conforme a los estándares de INVIAS y ASTM con el fin de correlacionar los resultados con el estado estructural del pavimento
- Una propuesta de soluciones de mantenimiento y rehabilitación con alternativas viables técnicas y económicas tales como

- Sellado de juntas y fisuras con materiales flexibles
- Sustitución parcial de las losas fracturadas
- Estabilización de la subrasante o base granular en zonas críticas
- Mejorar el drenaje superficial y subterráneo para evitar la socavación
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo periódico

Finalmente se espera que los resultados obtenidos mejoren la comprensión de las patologías estructurales presentes en el pavimento rígido, contribuyan a la toma de decisiones fundamentadas y que sirvan de referencia para futuras intervenciones y programas de conservación vial fortaleciendo así las gestiones de infraestructura y la de sostenibilidad de la red vial

## **10. Bibliografía**

- ASTM INTERNACIONAL . (s.f.). Obtenido de NORMAS PARA ENSAYOS DE CONCRETO, SUELOS Y DENSIDAD :  
chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-  
concreto/3.10-11.pdf
- GERCONCESION. (2013). *INVIAS* . Obtenido de https://gerconcesion.co/invias2013/
- MINISTERIO DE TRASPORTE . (2008). Obtenido de INVIAS :  
https://www.google.com/search?q=INVIAS+(2008).+Manual+de+Mantenimiento+de+Pavimentos+R  
%C3%ADgidos.+Ministerio+de+Transporte+%E2%80%93+Instituto+Nacional+de+V%C3%ADas.&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- NORMA TECNICA COLOMBIANA . (s.f.). Obtenido de ELABORACION Y CURADO DE ESPECIMENES DE  
CONCRETO EN OBRA : https://www.studocu.com/co/document/universidad-central-  
colombia/practica-de-ingenieria-3/norma-tecnica-colombiana-ntc-550/9946424
- REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCION SISMO RESISTENTE . (2010). Obtenido de NSR-10: chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/up  
loads/city/attachments/3871-10684.pdf
- Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing*. (2007).  
Obtenido de AASHTO: chrome-  
extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://downloads.transportation.org/AASHTO\_Ma  
terials\_Standards\_by\_Standard\_Number.pdf

## 11. ANEXOS

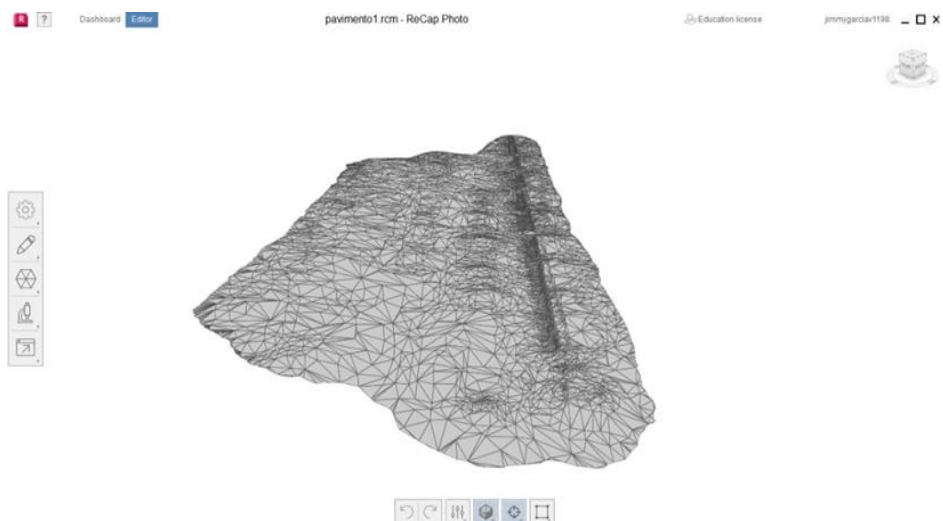


Foto 1

Fotogrametria anisis en 3D que nos permiten evidenciar la gravedad de la patologia

Fuente propia



Foto 2

Imagen en alto relieve 3D que permite evidenciar la magnitud de la socavación

Fuente propia



Foto 3

Evidencia de las patologías que acompleja la vía  
Fuente autoría



Foto 4

Una vista más panorámica de la patología encontrada  
Fuente autoría



Foto 5

Fisuras encontradas en la inspección visual de la vía causadas por el hundimiento de la placa  
Fuente autoría



Foto 6

Separación de andén por desplazamiento del terreno  
Fuente autoría



Foto 7

Vista general del lugar de la patología donde se evidencia la mayor parte de proceso patológico encontrado en el área



Foto 8

Socavación que se presenta en la vía donde se evidencia la separación de la placa y el terreno en su parte inferior

Fuente propia