

Estudio Patológico de la Via Imues – Llano de Flores, Municipio de Imues – Nariño

Miguel Angel Lopez Quiscualtud

Trabajo de grado presentando para optar por el título de:

Especialista en patologías de la construcción

Asesora:

Ing. Mg. Olga Lucia Vanegas Alfonso

Universidad Santo Tomás

Facultad de ciencias y tecnología

2024

Contenido

1. Introducción	9
2. Justificación	10
3. Alcance	10
4. Objetivos	11
4.1 Objetivo General	11
4.2 Objetivos Específicos.....	11
5. Marco referencial	12
5.1 Marco teórico	12
5.2 Marco conceptual.....	15
5.2.1 Clasificación de las carreteras.....	15
5.3 Marco legal	16
2.3.1 Normatividad General:.....	16
6. Metodología	16
6.1 Reconocimiento	17
6.2 Historia clínica	17
6.3 Ensayos y diagnóstico.....	18
6.4 Propuesta de intervención	19
7. Desarrollo de la metodología.....	19
7.1 Reconocimiento, Inspección visual y Estado Actual de la vía.	19
7.1.1 Fisuras en media luna (FML).....	20
7.1.2 Fisuras en bloque (FB).....	21
7.1.3 Piel de cocodrilo (PC).....	22
7.1.4 Fisuración por deslizamiento de capa (FDC).....	24
7.1.5 Hundimiento (HUN)	25
7.1.6 Daños superficiales (DSU)	26
7.1.7 Daños en la cuneta y en tapa de alcantarilla.	27
8.1.8 Hundimiento de calzada.....	27
7.2 Historia clínica	28
7.2.1 Reseña histórica	28
7.2.2 Contextualización sobre vis de acceso a la cabecera municipal	29

7.2.3 Localización del proyecto	32
7.3 Informacion existente.....	36
7.3.1 Descripción del proyecto	36
7.3.2 Presupuesto	37
7.3.3 Estado de la vía antes de su intervención.....	38
7.3.4 Ejecucion de trabajos en de la via.....	39
7.3.5 Características de la via	42
7.4 Fichas patologicas	43
7.4.1 Vulnerabilidad sísmica.....	43
7.4.2 Unidad de muestreo	44
7.4.3 Exploración de la condición por unidad de muestreo	46
7.4.4 Calculo valores deducidos	58
7.5 Diagnostico Inicial.	68
7.5.1 Ensayos necesarios para un diagnostico real	69
8. analisis de resultados.....	80
9. Propuesta de intervencion	82
10. Hipotesis de investigacion	83
11. Conclusiones	84
12. Bibliografia	85

Lista de tablas

Tabla 1, Longitud unidades de muestreo, Fuente; Luis R. Vázquez, V., Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002.	44
Tabla 2, Unidades de muestreo, Fuente; Elaboración Propia	45
Tabla 3, Niveles de tránsito, fuente; especificaciones de construcción de carreteras.....	69
Tabla 4, granulometría base granular muestra #2, fuente; anexo 1	72
Tabla 5, granulometría base granular muestra #3, fuente; anexo 1	73
Tabla 6, franja granulométrica para bases granulares.....	73
Tabla 7, Presupuesto propuesta de rehabilitación.....	79
Tabla 8, presupuesto para rehabilitación teniendo en cuenta la inflación.	79

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1, Fisuras en media luna, fuente; elaboración Propia	20
Ilustración 2, Fisuras en bloque, fuente; elaboración Propia	21
Ilustración 3, Piel de cocodrilo, fuente; elaboración Propia	22
Ilustración 4, Fisuras por deslizamiento de capa, fuente; elaboración Propia	24
Ilustración 5, Hundimiento, fuente; elaboración Propia	25
Ilustración 6, Daños superficiales, fuente; elaboración Propia.....	26
Ilustración 7, Daños en la cuneta y tapa de alcantarilla, fuente; elaboración Propia.....	27
Ilustración 8, Hundimiento de calzada, fuente; elaboración Propia	27
Ilustración 9, vía Chirristes - Imues, fuente; google maps	30
Ilustración 10, via Llano de Flores - Imues, fuente; google maps.....	30
Ilustración 11, construcción glorieta entrada	31
Ilustración 12, construcción mirador turistico	31
Ilustración 13, Localización departamento de Nariño, fuente; https://es.m.wikipedia.org/wiki/Nari%C3%B1o_(Colombia)#/media/Archivo%3ANarino_in_Colombia_(mainland).svg	32
Ilustración 14, Localización municipio de Imues, fuente; https://es.m.wikipedia.org/wiki/Imu%C3%A9s#/media/Archivo%3AColombia_-_Nari%C3%B1o_-_Imu%C3%A9s.svg	33
Ilustración 15, Localización municipio de Imues de la capital Pasto (fuente Google Maps).	33
Ilustración 16, Localización Imues y corregimientos (fuente Google Maps).....	34
Ilustración 17, Localización vía Imues - Llano de flores (fuente google Maps).	34

Ilustración 18, Topografía y ubicación de la vía, sacada de google earth y procesada en TOPO3	35
Ilustración 19, Abscizado y curvas de nivel, fuente; Elaboración propia.....	36
Ilustración 20, estado de la vía antes de su intervención	39

Resumen

A continuación, se presenta una clasificación detallada de los daños patológicos identificados durante el estudio patológico que se realizó en la *Vía Imues – Llano de Flores*. Este análisis tiene como objetivo proporcionar un diagnóstico completo basado en la información recopilada durante las inspecciones y los ensayos técnicos.

El estudio evaluará el nivel de afectación de esta vía, mediante el análisis de unidades de muestreo, áreas afectadas, porcentajes de deterioro, así como la severidad de los daños. Además, se realizará el cálculo del valor deducible con el fin de determinar el alcance del deterioro en la infraestructura. A partir de estos resultados, se realizará un análisis exhaustivo para identificar si existieron factores de negligencia durante el proceso de construcción que pudieran haber contribuido a las fallas actuales.

Se llevarán a cabo todas las etapas necesarias en el estudio patológico con el objetivo de garantizar un análisis preciso que permita identificar las causas fundamentales de estos problemas. A partir de estos hallazgos, se podrá formular una serie de propuestas de intervención que aborden de manera efectiva las deficiencias detectadas, mejoren el estado actual de la vía y prevengan futuras afectaciones.

Palabras claves: vía, fisuras, daño, severidad, materiales, deterioro, estructura, ensayo.

Abstrac

Below is a detailed classification of the pathological damages identified during the pathological study carried out on the Imues – Llano de Flores Road. This analysis aims to provide a complete diagnosis based on the information collected during inspections and technical tests.

The study will assess the level of damage to this road, by analysing sampling units, affected areas, percentages of deterioration, as well as the severity of the damage. In addition, the deductible value will be calculated in order to determine the extent of the deterioration in the infrastructure. Based on these results, a thorough analysis will be carried out to identify whether there were negligence factors during the construction process that could have contributed to the current failures.

All the necessary stages in the pathological study will be carried out with the aim of guaranteeing an accurate analysis that allows the identification of the fundamental causes of these problems. Based on these findings, a series of intervention proposals can be formulated that effectively address the deficiencies detected, improve the current state of the road and prevent future damages.

Keywords: road, cracks, damage, severity, materials, deterioration, structure, test.

1. Introducción

Identificar las distintas patologías que una vía puede presentar, tanto después de entrar en funcionamiento como durante su proceso constructivo, es fundamental para los profesionales de ingeniería. Esto se debe a que permite realizar un diagnóstico preciso sobre el estado de la infraestructura y, con base en ello, plantear posibles intervenciones para corregir las deficiencias.

En este contexto, surge la propuesta de llevar a cabo un estudio patológico en una de las vías de acceso al casco urbano del municipio de Imues. Esta vía, desde su entrada en funcionamiento, ha presentado una serie de fallas y daños en su estructura, lo que ha generado insatisfacción entre los usuarios que la utilizan diariamente.

Por ello, es esencial realizar un análisis exhaustivo para determinar el origen o las posibles causas detrás de estos problemas. Este estudio incluirá la realización de diversas pruebas y ensayos, siguiendo las normativas establecidas por el INVIAS, así como un análisis detallado del diseño geométrico en planta y en perfil, de acuerdo con el manual de diseño geométrico. Al comparar estos resultados con las especificaciones técnicas del proyecto original, se podrá identificar la causa raíz de los daños y emitir un diagnóstico final completo.

Este enfoque permitirá no solo comprender el contexto de las fallas actuales, sino también proponer soluciones efectivas que contribuyan a la rehabilitación de la vía y a la mejora de las condiciones de tránsito para todos los usuarios.

2. Justificación

Este trabajo constituye un ejercicio práctico para aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica en la Universidad Santo Tomás. A través de este estudio, se logra que el estudiante se enfrente a escenarios reales que le permiten desarrollar habilidades como futuros especialistas en patologías de la construcción. De esta manera, el proyecto no solo busca una solución técnica a los problemas observados, sino también la consolidación de competencias profesionales en la valoración de daños y la propuesta de intervenciones técnicas adecuadas.

Este trabajo denominado estudio patológico de la Imues – Llano de flores trasciende el ámbito académico al convertirse en una herramienta práctica para la detección del inventario y recuperación de infraestructuras críticas en el país. Con un enfoque normativo claro, este trabajo busca contribuir al desarrollo de soluciones técnicas sostenibles que mejoren la seguridad vial.

3. Alcance

El presente estudio patológico de la vía Imues – Llano de Flores tiene como objetivo principal identificar y atender técnicamente los daños estructurales y las lesiones presentes en esta infraestructura vial. Este análisis es clave para promover una comprensión más amplia sobre el manejo técnico de patologías en carreteras, aplicando las normativas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

La relevancia de este trabajo radica en su capacidad para identificar no solo los factores causantes del deterioro progresivo de la vía, sino también en reconocer el valor práctico de las normativas técnicas como herramientas esenciales para proponer soluciones estructurales eficaces. Este enfoque permite diseñar estrategias de recuperación que no solo rehabiliten las

zonas afectadas, sino que también prevengan futuros daños o incidentes que puedan derivarse de las fallas existentes.

El análisis realizado incluye la implementación de un diagnóstico detallado de las patologías observadas y la formulación de un plan de mejora enfocado en recuperar las áreas más comprometidas. Dado que muchas de estas lesiones tienden a ser progresivas, resulta fundamental intervenir de manera oportuna y efectiva. Este estudio no solo aborda la situación crítica de la infraestructura vial actual, sino que también establece criterios claros y objetivos para el diseño de futuras mejoras que optimicen su funcionalidad y seguridad.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Realizar un estudio patológico detallado de la vía que conduce del casco urbano del municipio de Imues con la vía panamericana (código 1002, sector Pedregal-Tuquerres), con la finalidad de realizar un adecuado diagnóstico y propuesta de intervención.

4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los diferentes tipos de daños y su severidad en cuanto al manual de inspección visual de pavimentos flexibles y pavement condition index PCI.
- Realizar un diagnóstico y posible intervención de los daños encontrados en la vía.
- Comparar las patologías presentes en esta vía, con estudios patológicos de otras vías que presenten las mismas características.
- Recolectar información requerida del proyecto, como documentos, planos, ensayos, entre otros, que permitan lograr un diagnóstico adecuado.

5. Marco referencial

5.1 Marco teórico

Alcantarilla: Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

Banca: Distancia horizontal, medida normalmente al eje, entre los extremos exteriores de las cunetas o los bordes laterales.

Berma: Fajas comprendidas entre los bordes de la calzada y las cunetas. Sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodadura, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada.

Bombeo: Pendiente transversal en las entretangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes.

Carretera: Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

Cuneta.: Zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.

Obras de drenaje: Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado.

Obras de Subdrenaje: Obras proyectadas para eliminar el exceso de agua del suelo a fin de garantizar la estabilidad de la banca y de los taludes de la carretera. Ello se consigue interceptando los flujos subterráneos, y haciendo descender el nivel freático.

Pavimento: Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la Subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos.

Pavimento flexible: Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre capas de material no ligado.

Pavimento rígido: Es aquel que fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido.

Peralte: Inclinação dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.

Rasante: Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía.

Subrasante: Superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

Talud: Paramento o superficie inclinada que limita lateralmente un corte o un terraplén.

Vehículo de diseño. Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de los vehículos de su clase.

Patología vial: Se refiere al estudio, análisis y diagnóstico de los daños, fallas o deterioros presentes en las infraestructuras viales, como carreteras, calles o caminos, que afectan su funcionalidad, seguridad y durabilidad. Este campo se encarga de identificar las causas y los factores que originan estos problemas para proponer soluciones adecuadas y prevenir su recurrencia.

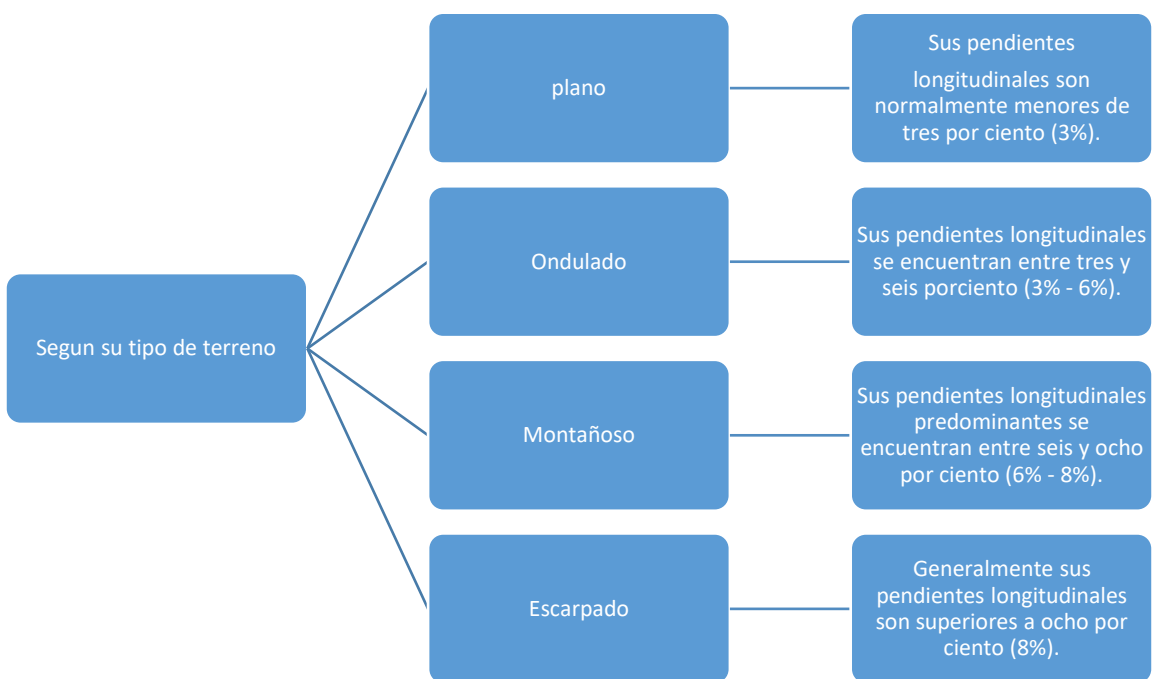
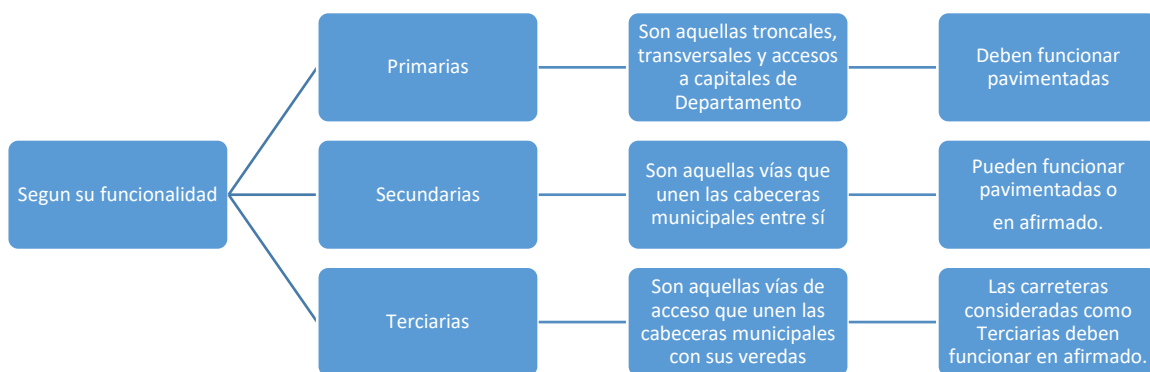
Diagnóstico: Es el proceso técnico y analítico mediante el cual se identifican, clasifican y evalúan los daños presentes en una infraestructura vial, con el objetivo de determinar sus causas, el grado de afectación y las posibles soluciones para rehabilitar o mejorar la vía.

Propuesta de intervención: plan técnico y estructurado que tiene como objetivo restaurar, mejorar o mantener la funcionalidad y durabilidad de un pavimento afectado por patologías o daños estructurales. Esta propuesta debe basarse en un diagnóstico previo que identifique las causas y severidad de las fallas.

5.2 Marco conceptual

5.2.1 Clasificación de las carreteras

Para los efectos del presente Manual las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno.



5.3 Marco legal

El presente estudio patológico de la vía Imues – Llano de Flores se enmarca dentro de las disposiciones legales y normativas que regulan la planificación, construcción, mantenimiento y rehabilitación de infraestructuras viales en Colombia, considerando los siguientes aspectos:

2.3.1 Normatividad General:

- *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*: Establece los parámetros para diseñar vías que cumplan con estándares de seguridad, capacidad y funcionalidad.
- *Normas para Construcción y Mantenimiento de Carreteras*: Estipulan las especificaciones técnicas para garantizar la calidad de las estructuras viales, incluyendo pavimentos flexibles y rígidos.
- *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*: Guía para la inspección de pavimentos flexibles.

6. Metodología

Para llevar a cabo un estudio patológico preciso de la vía en estudio, se hace necesario emplear la siguiente metodología, la cual permite no solo identificar de manera precisa los daños presentes, sino también comprender sus posibles causas o su origen.

Por lo cual, todo el enfoque estructurado debe conducir al diseño de soluciones efectivas y sostenibles para restaurar la funcionalidad y prolongar la vida útil de la vía. A continuación, se presenta una metodología detallada y práctica para abordar este tipo de estudios:

6.1 Reconocimiento

En esta etapa, se lleva a cabo la identificación de los diversos daños presentes en la vía mediante un recorrido detallado acompañado de una inspección visual minuciosa. Este proceso no solo permite registrar las fallas visibles, como fisuras, baches o deformaciones, sino que también brinda indicios valiosos sobre las posibles causas de dichos deterioros. Además, ayuda a evaluar preliminarmente la magnitud y la gravedad de los problemas, estableciendo una base para priorizar las áreas que requieren atención urgente.

6.2 Historia clínica

En esta etapa, se lleva a cabo la recopilación exhaustiva de toda la información relevante sobre el "paciente" (estructura o vía) que sea esencial para el desarrollo del estudio patológico. Este proceso es fundamental, ya que a partir de los datos obtenidos se podrá realizar un diagnóstico preciso y diseñar intervenciones adecuadas y eficaces.

La información requerida incluye, entre otros, planos arquitectónicos, estructurales y topográficos, estudios geotécnicos, bitácoras de obra, informes fotográficos, parámetros de diseño y cualquier otro documento que aporte valor al análisis. Contar con estos datos facilita enormemente el proceso, ya que proporciona una base sólida para identificar problemas y sus posibles causas.

Sin embargo, en caso de no disponer de estos documentos, el estudio se vuelve significativamente más complejo. Será necesario realizar levantamientos topográficos, ejecutar un mayor número de ensayos y llevar a cabo otras actividades adicionales para suplir la falta de información previa. Esto no solo incrementa el tiempo requerido para el análisis, sino también los costos asociados al estudio.

Además, es imprescindible recolectar parámetros clave del entorno del proyecto, tales como su ubicación, zona sísmica, condiciones climáticas, tipo de terreno y características del entorno. Estos factores juegan un papel crucial en la comprensión del comportamiento de la estructura y en la identificación de las causas de los daños presentes.

Una buena planificación y una búsqueda meticulosa de información son determinantes para el éxito del estudio y la formulación de soluciones eficaces.

6.3 Ensayos y diagnóstico.

Una vez identificados los daños y fallas presentes en la vía, en esta etapa se llevarán a cabo ensayos tanto destructivos como no destructivos, seleccionados según las necesidades específicas del estudio. Estos ensayos son esenciales para recopilar datos más precisos sobre las condiciones del pavimento y sus capas subyacentes, permitiendo un análisis más detallado y certero.

La información obtenida en esta fase se convierte en una herramienta clave para identificar las causas profundas y el origen de las patologías observadas, ya sea por factores estructurales, de diseño, de materiales o del entorno.

Una vez completados todos los pasos previos, incluyendo la inspección visual, la recopilación de información y la ejecución de ensayos, se estará en condiciones de elaborar un diagnóstico definitivo. Este diagnóstico servirá como base para desarrollar una propuesta de intervención técnica, orientada a solucionar los problemas identificados y a garantizar la funcionalidad y durabilidad de la vía.

6.4 Propuesta de intervencion

En esta etapa, el objetivo principal es desarrollar un cronograma detallado de actividades que permita llevar a cabo la rehabilitación de la vía. Esto implica planificar cuidadosamente cada acción necesaria para devolverle su funcionalidad plena, asegurando que cumpla nuevamente con su propósito de conectar y facilitar el tránsito de manera segura y eficiente. El enfoque no solo es técnico, sino también humano, considerando el impacto positivo que tendrá en las comunidades que dependen de esta vía para su vida diaria.

También, es fundamental evaluar cuidadosamente los costos asociados a las actividades necesarias para la rehabilitación de la vía. Para lograrlo, utilizaremos análisis de precios unitarios y realizaremos mediciones detalladas de las áreas afectadas que requieren intervención. Este proceso no solo busca garantizar una inversión eficiente de los recursos, sino también asegurar que cada decisión esté respaldada por datos precisos y que el proyecto se ejecute de manera responsable y sostenible, beneficiando a las comunidades que dependen de esta infraestructura.

7. Desarrollo de la metodologia

7.1 Reconocimiento, Inspección visual y Estado Actual de la vía.

De acuerdo al manual de inspección visual de pavimentos flexibles, y gracias a la visita del estado actual de la vía se puede observar que el estado de la vía es crítico, puesto que en un porcentaje muy alto de la vía se presentan diferentes tipos de fisuras y grietas en el pavimento, a continuación se presenta la evidencia fotográfica y su debida caracterización.

7.1.1 Fisuras en media luna (FML).



Ilustración 1, Fisuras en media luna, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual, este tipo de fisuras se producen por inestabilidad de la banca o por efectos locales de desecación, aunque otras posibles causas son:

- Falla lateral del talud en zonas de terraplen.
- Falla del talud en zonas de corte a media ladera.
- Ausencia o falla de obras de contención de la banca.
- Desecación producida por la presencia de árboles muy cerca al borde de la vía.
- Consolidación de los rellenos que acompañan a la obra de contención.

7.1.2 Fisuras en bloque (FB)



Ilustración 2, Fisuras en bloque, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual, las posibles causas son:

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

De acuerdo a la clasificación de severidad podemos definirla como media y alta porque los bloques de la imagen derecha presentan averturas entre 1 y 3 mm, que pueden o no presentar

desportillamiento en los bordes y en la imagen izquierda presenta fisuras mayores a 3 mm, que pueden presentar alto desportillamiento en los bordes.

Es necesario también observar si este tipo de grietas puede llegar a convertirse en lo que se denomina piel de cocodrilo y si presenta descascaramientos que es cuando la carpeta asfáltica empieza a perder fracciones.

7.1.3 Piel de cocodrilo (PC)



Ilustración 3, Piel de cocodrilo, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual la causa mas frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfaltica principalmente debido a:

- Espesores de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subbase.
- Rigidizacion de la mezcla asfaltica en zonas de carga (oxidacion del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactacion deficiente de las capas granulares o asfalticas.
- Deficiencia en la elaboracion de la mezcla asfaltica; exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetracion (lo cual hace una mezcla deformable), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el modulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactacion, juntas mal elaboradas e implementacion de reparaciones que corrigen el daño.

Estos factores reducen la capacidad estructural o pueden llevar a inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, generando asi que con el paso de vehiculos se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento.

La clasificacion de la severidad es alta, puesto que se presentan abertura de fisuras mayores de 3 mm, ademas de desgaste, desportillamiento en los bordes y presencia de bloques sueltos que se mueven ante el transito e incluso llegando a presentar descascamientos y bombeo.

7.1.4 Fisuración por deslizamiento de capa (FDC)



Ilustración 4, Fisuras por deslizamiento de capa, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual, estas fisuras se presentan usualmente cuando existen mezclas en la superficie de baja resistencia, o por la escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura de pavimento.

También se menciona que otras posibles causas son:

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

La clasificación de la severidad es alta debido a la presencia de fisuras con abertura mayor a 3mm.

7.1.5 Hundimiento (HUN)



Ilustración 5, Hundimiento, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual, las posibles causas de este problema son:

- Asentamiento de la subrasante.
- Deficiencias de la compactación de las diferentes capas de la estructura.
- Deficiencia de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- Diferencias de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre el corte y terraplen.
- Deficiencia en zanjas que atraviezan la calzada.
- Inestabilidad de la banca.
- Circulación de tránsito muy pesado

7.1.6 Daños superficiales (DSU)



Ilustración 6, Daños superficiales, fuente; elaboración Propia

De acuerdo al manual, se debe por el deterioro natural del pavimento, aunque si se presenta con severidad media o alta a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto.

Otras posibles causas son:

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

La clasificación de la severidad es media puesto que se presentan irregularidades entre los 3 y 10 m, además se observa agregado grueso expuesto y se siente la vibración y la diferencia de sonido al transitar por este pavimento.

7.1.7 Daños en la cuneta y en tapa de alcantarilla.

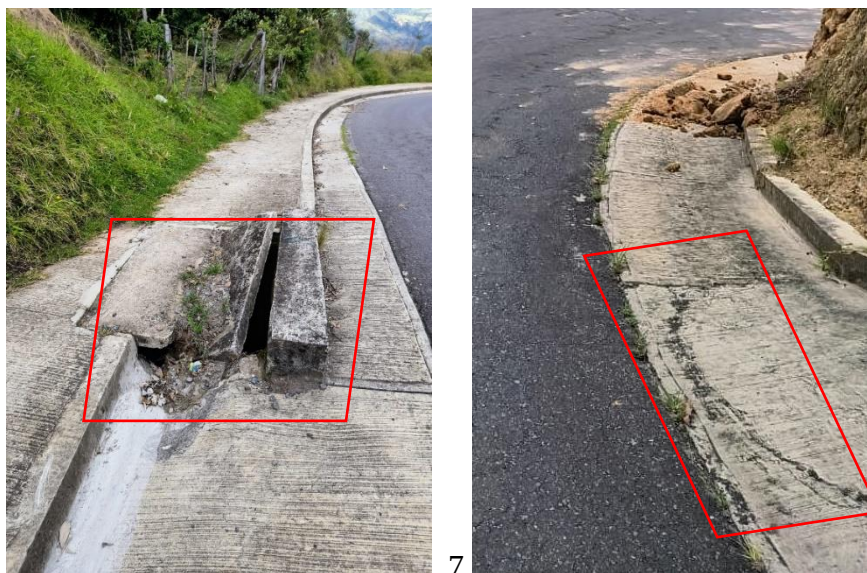


Ilustración 7, Daños en la cuneta y tapa de alcantarilla, fuente; elaboración Propia

La imagen de la derecha muestra el colapso de la tapa del encole de una alcantarilla, mientras que la imagen de la izquierda muestra fisuraciones en la cuneta en el sector donde se presenta una curva crítica.

8.1.8 Hundimiento de calzada



Ilustración 8, Hundimiento de calzada, fuente; elaboración Propia

Otro daño notorio que se produjo al poco tiempo de poner en funcionamiento la vía fue el hundimiento de la calzada en la parte media desde la abscisa k1+135 hasta la k0+990, en donde existía un alcantarillado de desagüe de aguas negras en tubería de concreto, el cual debía ser cambiado antes de iniciar obras de construcción. Por lo que al momento de hacer los trabajos no se presentó falla alguna, pero posiblemente el paso de maquinaria pesada y volquetas produjo el colapso de la tubería y así cuando empezó el invierno, toda el agua que por allí pasaba fue erosionando las capas superiores hasta que al fin colapso.

7.2 Historia clínica

7.2.1 *Reseña histórica*

Según estudios realizados por diferentes historiadores entre los que se destaca el señor José Vicente Dueñas Narváez, en sus recopilaciones suministradas por la Casa de la Cultura del Municipio, sinopsis histórica, geografía, economía social del Departamento de Nariño y por alguna información de la comunidad, se dice respecto a la fundación de “Imues, que fue fundado en el siglo XVI, año de 1.572, de acuerdo al Plan Estadístico Departamental de 1.991 – 1.992; de ella sabemos que existió un poblado indígena en la región del actual asiento..”.

Las investigaciones permiten determinar que el Municipio de Imues, fue fundado por el cacique CARLOS QUISCUALTUD DE IMUÉS, de quien se dice que llegó con su familia a ocupar este territorio, como punto estratégico por la visibilidad en caso de ser atacados por sus enemigos, así mismo, este sitio de asentamiento gozaba de todas las comodidades necesarias para la vivencia cotidiana como leña, agua, terreno apto para la agricultura.

Los historiadores narran que el CAMINO VIEJO DE BOLIVAR, O CAMINO REAL, era la principal vía de acceso y de comunicación con los pueblos vecinos. Con la llegada

paulatina de otros habitantes, amigos aledaños de pueblos vecinos, en torno al río Guáitara denominados LOS QUILLACINGAS, como el caso de Guaitarilla, Ancuya, Consaca, Yacuanquer, Tangua, Samaniego, Funes, Contadero y otros más, se fue formando la gran familia del cacicazgo de la época.

En el año de 1849, el Municipio de Imues, era considerado una provincia perteneciente al municipio de Túquerres y a partir de esa fecha fue erguido como Municipio del Departamento de Nariño. Imues significa “AGUA ESCONDIDA”, y cuenta la historia, que en tiempos de verano la gente utilizaba cueros y subía al cerro Cambutes cerca al sitio las Vocanas donde existía un nacedero de agua y para evitar su sequía, realizaban los correspondientes rituales.

7.2.2 Contextualización sobre vía de acceso a la cabecera municipal

La cabecera municipal de Imues, en sus inicios, contaba con una sola vía de acceso para la entrada y salida de vehículos, pavimentada entre 1998 y 1999. Este tramo, que conecta el punto conocido como Chirristes, en la Ruta Nacional 10 (Vía Panamericana), con el casco urbano, fue recubierto con una carpeta asfáltica de 10 cm de espesor. Sin embargo, con el tiempo, surgieron varias razones para implementar una nueva ruta de acceso.

Una de las principales causas fue mejorar la movilidad para los vehículos que transitan entre Pasto y Túquerres. Muchos conductores evitaban ingresar a Imues o cobraban tarifas adicionales para dejar pasajeros dentro del municipio, dificultando el transporte y afectando la conexión con el casco urbano.

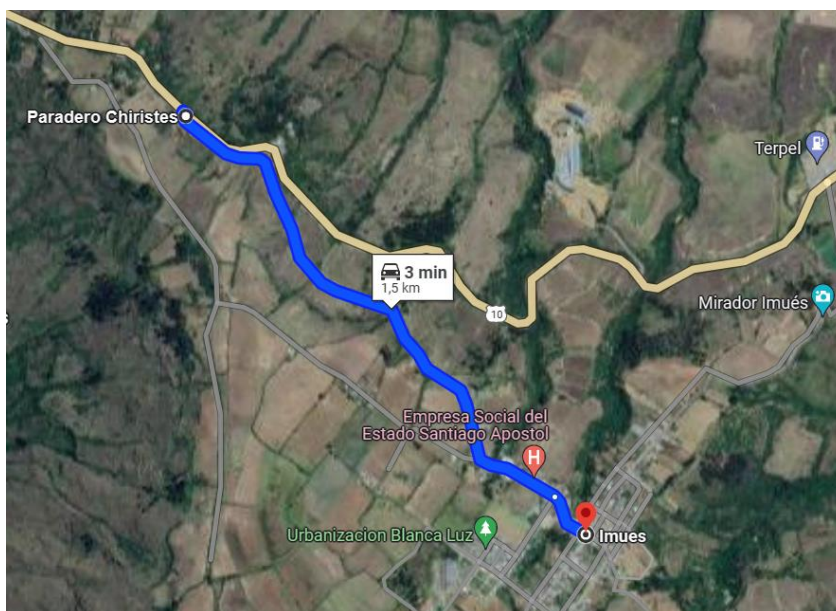


Ilustración 9, vía Chirristes - Imues, fuente; google maps

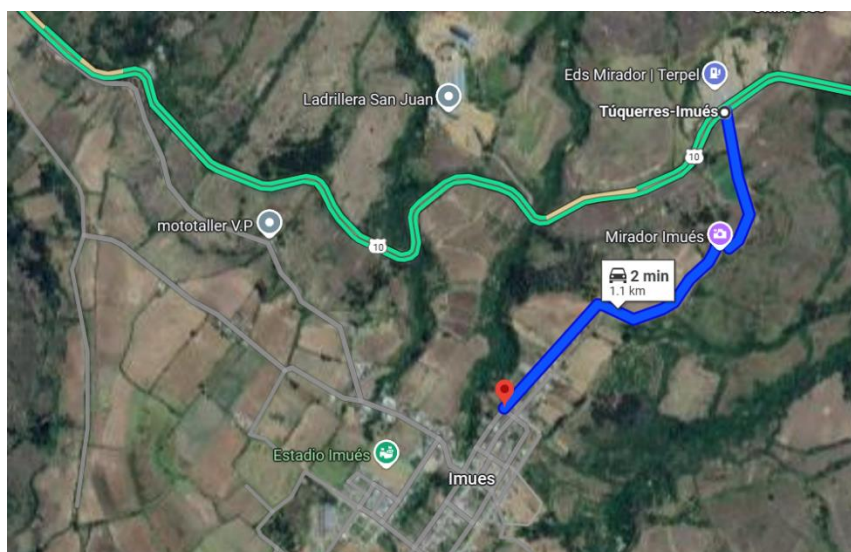


Ilustración 10, vía Llano de Flores - Imues, fuente; google maps

Otro motivo relevante fue la necesidad de fomentar el turismo. A pesar de la cercanía con la Ruta Panamericana, el flujo turístico hacia el municipio era bajo. Conscientes de este desafío, durante la administración municipal entre 2012 y 2015, se decidió construir una nueva vía de

acceso. El objetivo era permitir que los vehículos ingresaran por una ruta y salieran por otra, creando una ruta funcional que facilitara el tránsito y despertara el interés de visitantes.

Además de la nueva vía, se llevaron a cabo proyectos para embellecer y hacer más atractivo el casco urbano del municipio. Entre ellos, la construcción de una glorieta con una fuente decorativa, bancas iluminadas y una estatua de Simón Bolívar. También se erigió un mirador turístico que ofrece vistas panorámicas de la región. Estas iniciativas buscaban posicionar a Imues como un destino atractivo para turistas, aprovechando su ubicación estratégica y su riqueza cultural.



Ilustración 11, construcción glorieta entrada



Ilustración 12, construcción mirador turístico

7.2.3 Localización del proyecto

Esta vía se encuentra en el municipio de Imues, en el departamento de Nariño, a 45 kilómetros de San Juan de Pasto, la capital del departamento de Nariño. Este municipio limita al norte con Túquerres y Guaitarilla, al oriente con Yacuanquer, al sur con Funes e Iles, y al occidente nuevamente con Túquerres y Ospina.

Conectado el casco urbano del municipio, esta vía no solo conecta a la comunidad local, sino que también sirve como enlace crucial con la carretera Panamericana que une Tumaco y Pasto. Situada a 2,400 metros sobre el nivel del mar, sus coordenadas geográficas exactas son 1°3'32.90"N y 77°29'29.65"O, destacando su ubicación precisa en el altiplano nariñense. Su importancia radica en facilitar la movilidad, el comercio y el desarrollo en una región de gran riqueza cultural y natural.



Ilustración 13, Localización departamento de Nariño, fuente;
[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Nari%C3%B1o_\(Colombia\)#/media/Archivo%3ANarino_in_Colombia_\(mainland\).svg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Nari%C3%B1o_(Colombia)#/media/Archivo%3ANarino_in_Colombia_(mainland).svg)



Ilustración 14, Localización municipio de Imues, fuente;
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Imu%C3%A9s#/media/Archivo%3AColombia_-_Nari%C3%B1o_-_Imu%C3%A9s.svg



Ilustración 15, Localización municipio de Imues de la capital Pasto (fuente Google Maps).

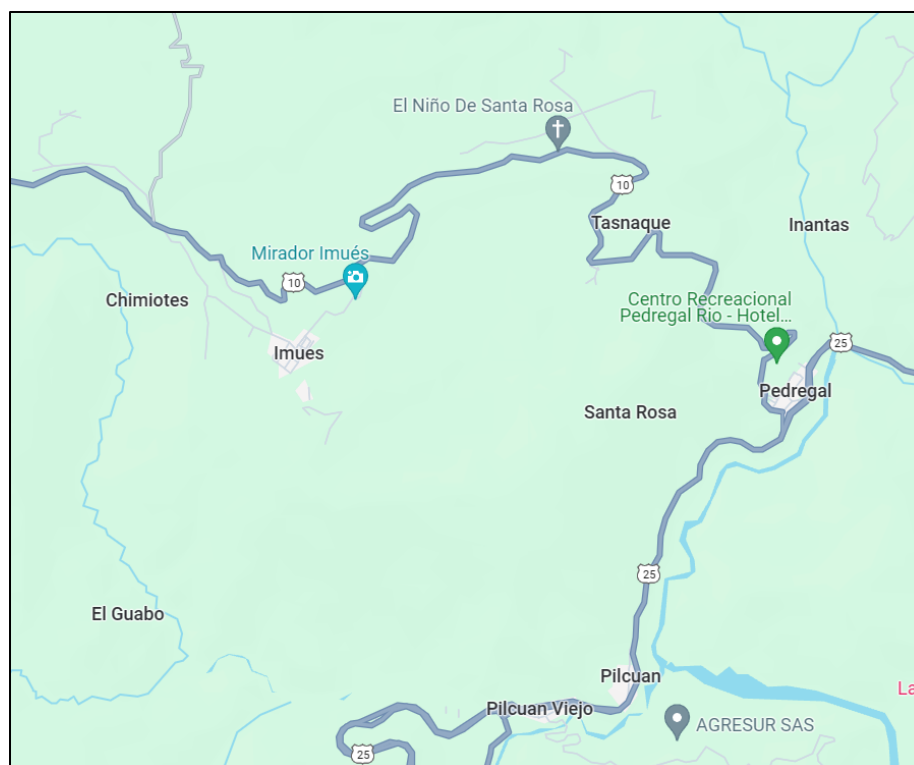


Ilustración 16, Localización Imues y corregimientos (fuente Google Maps).

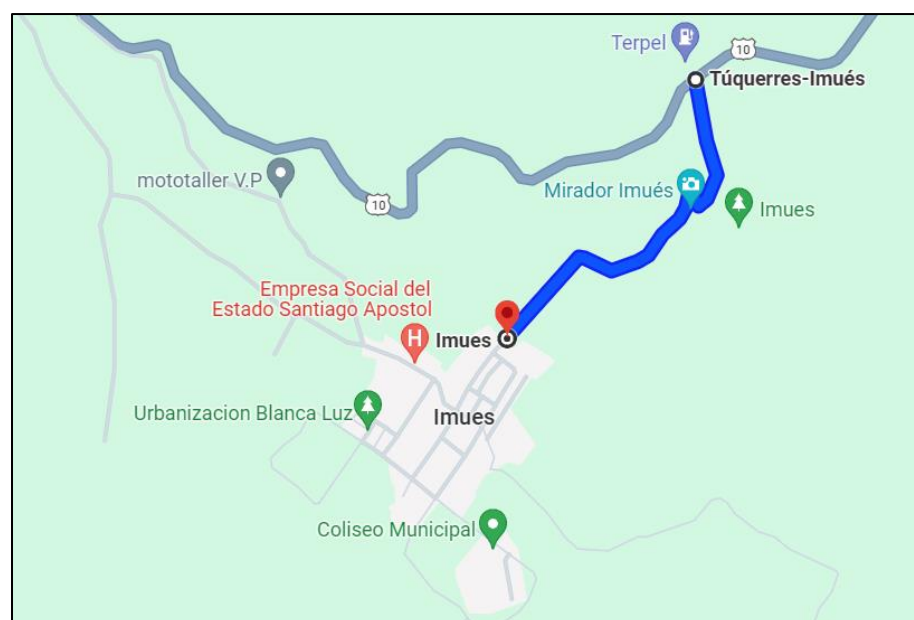
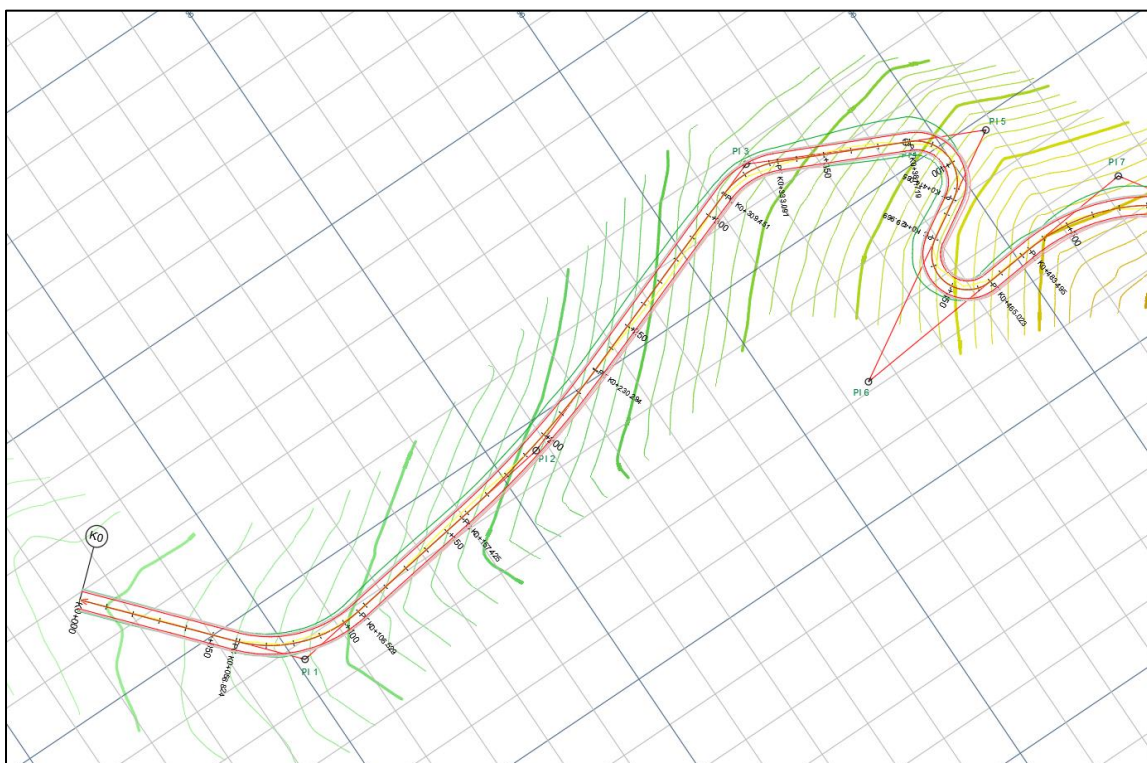


Ilustración 17, Localización vía Imues - Llanos de flores (fuente google Maps).



Ilustración 18, Topografía y ubicación de la vía, sacada de google earth y procesada en TOPO3



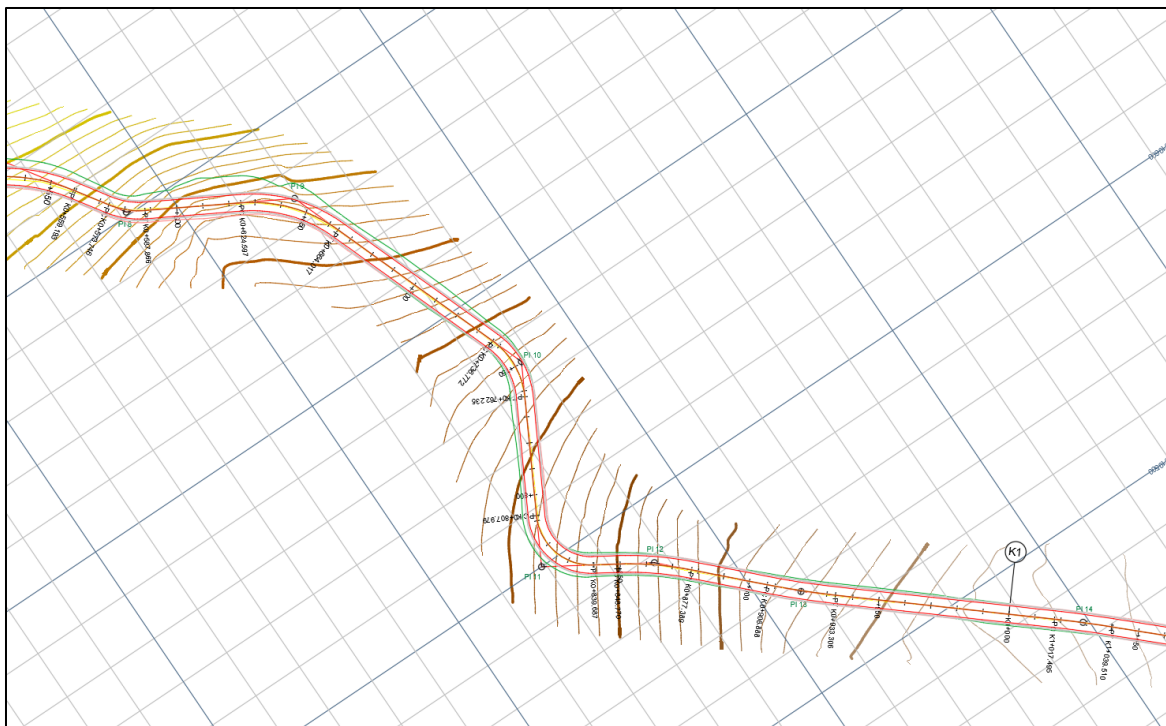


Ilustración 19, Abscizado y curvas de nivel, fuente; Elaboración propia

7.3 Información existente

7.3.1 Descripción del proyecto

Mejoramiento y mantenimiento de la vía Imues – llano de flores en el municipio de Imues – departamento de Nariño.

7.3.3 Estado de la vía antes de su intervención





Abs. K0+600, sentido N-S



Abs. K0+750, sentido N-S



Abs. K0+820, sentido N-S



Abs. K1+135, sentido S-N

Ilustración 20, estado de la vía antes de su intervención

7.3.4 Ejecucion de trabajos en de la via

Explanación y ampliación



Abs. K1+000, sentido S-N



Abs. K0+600, sentido S-N



Abs. K0+600, sentido S-N



Abs. K0+750, sentido S-N



Abs. K0+300, sentido



Abs. K0+050, sentido

Construcción de alcantarillas y filtros



Abs. K0+800, sentido



Abs. K0+500, sentido



Abs. K0+650, sentido S-N



Abs. K0+650, sentido S-N



Abs. K0+650, sentido S-N



Abs. K0+300, sentido S-N

Pavimentacion



Abs. K1+100, sentido S-N



Abs. K0+800, sentido S-N



7.3.5 Características de la vía

Longitud: 1160 m.

Ancho promedio: 6m

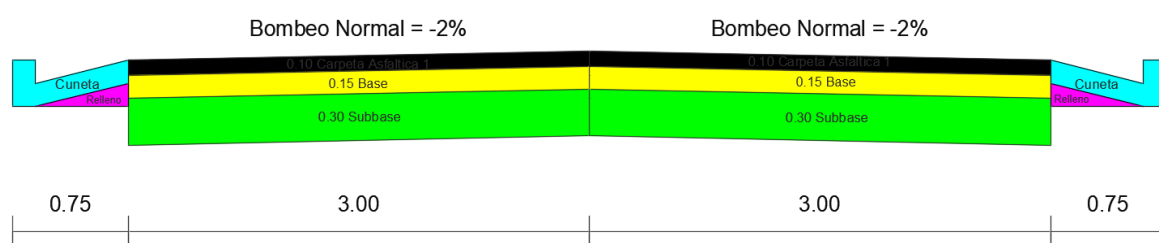
Ancho de cuneta con bordillo: 0.75m.

Espesor de cuneta: 0.15cm.

Espesor carpeta asfáltica: 0.1 m.

Espesor base granular: 0.15m.

Espesor subbase granular: 0.3m.



Sección Transversal Típica

Ilustración 21, Sección transversal, fuente; elaboración propia

7.4 Fichas patológicas

7.4.1 Vulnerabilidad sísmica

De acuerdo con el servicio geológico colombiano, el departamento de Nariño tiene una percepción de movimiento sísmico severo y un daño potencial moderado/fuerte

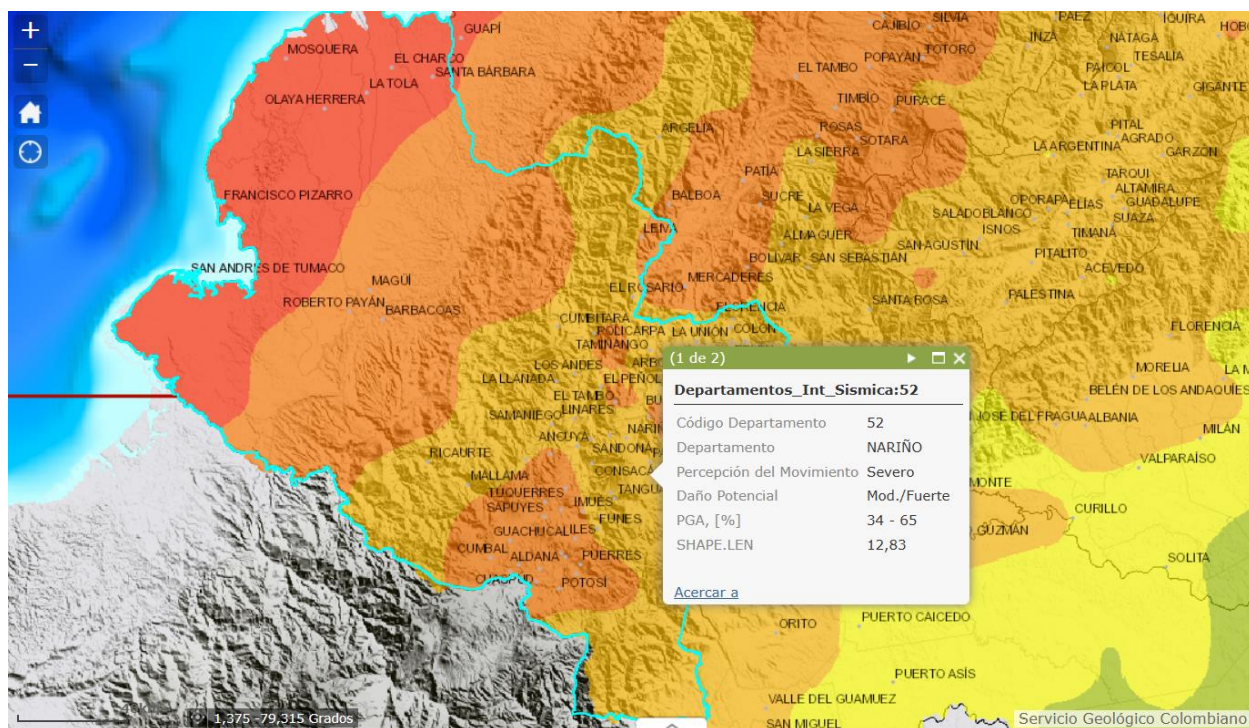


Ilustración 22, mapa de vulnerabilidad sísmica departamento de Nariño, fuente, SGC

La mayoría de los municipios del departamento de Nariño enfrentan una amenaza sísmica alta, una condición directamente vinculada a su ubicación geográfica en una región tectónicamente activa. El departamento se encuentra cerca del límite de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, una zona de subducción que genera movimientos telúricos de considerable magnitud. Además, Nariño está atravesado por diversas fallas locales activas, como la Falla de Guachucal, la Falla Chiles-Cumbal y la Falla Nasate, que incrementan el riesgo de sismos en esta región. En el caso específico del municipio de Imues, la amenaza sísmica se ve agravada no solo por estas condiciones geológicas generales, sino también por su proximidad a varios volcanes

activos y potencialmente activos: Galeras, Cumbal, Azufral y Chiles. Estas formaciones volcánicas no solo contribuyen al riesgo tectónico, sino que también pueden ser fuente de sismos volcánicos relacionados con el movimiento de magma y actividad interna. La combinación de estos factores hace que el municipio de Imues, al igual que gran parte de Nariño, sea especialmente vulnerable a los efectos sísmicos.

7.4.2 Unidad de muestreo

La vía se organiza en secciones conocidas como "unidades de muestreo", diseñadas para facilitar el análisis y diagnóstico del estado de cada tramo. Las dimensiones de estas unidades varían según el tipo de vía y la capa de rodadura que posea, adaptándose a las características específicas de la infraestructura.

Por ejemplo, en el caso de carreteras con capa de rodadura asfáltica y un ancho inferior a 7.30 metros, el área de cada unidad de muestreo debe estar dentro del rango de $230.0 \pm 93.0 \text{ m}^2$. Esto permite realizar evaluaciones precisas que reflejen las condiciones reales de la vía. Para mayor claridad, en la tabla 1 se incluyen relaciones típicas entre la longitud y el ancho de calzadas pavimentadas, facilitando la planificación y el análisis técnico. Este enfoque busca garantizar un proceso organizado y eficiente que contribuya a una rehabilitación óptima.

Tabla 1, Longitud unidades de muestreo, Fuente; Luis R. Vásquez, V., Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, 2002.

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Tabla 2, Unidades de muestreo, Fuente; Elaboración Propia

Zona:			Rural		
Nombre de la vía:			Imues - Llano de flores		
Inspeccionada por:			Miguel Angel Lopez Q.		
No de Unidad.	Abscisa	Área de muestreo	No de Unidad.	Abscisa	Área de muestreo
	0		18		219.48
1		219.48		637.2	
	35.4		19		219.48
2		219.48		672.6	
	70.8		20		219.48
3		219.48		708	
	106.2		21		219.48
4		219.48		743.4	
	141.6		22		219.48
5		219.48		778.8	
	177		23		219.48
6		219.48		814.2	
	212.4		24		219.48
7		219.48		849.6	
	247.8		25		219.48
8		219.48		885	
	283.2		26		219.48
9		219.48		920.4	
	318.6		27		219.48
10		219.48		955.8	
	354		28		219.48
11		219.48		991.2	
	389.4		29		219.48
12		219.48		1026.6	
	424.8		30		219.48
13		219.48		1062	
	460.2		31		219.48
14		219.48		1097.4	
	495.6		32		219.48
15		219.48		1132.8	
	531		33		23.56
16		219.48		1136.6	
	566.4				
17		219.48			
	601.8				

7.4.3 Exploración de la condición por unidad de muestreo

[illegible]

Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 2			
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m²			
Abscisa Inicial: k0+035.4			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.			
Abscisa Final: k0+078			Fecha: Marzo de 2024			
No.	Daño		No.	Daño		Fotografía
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)		
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)		
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)		
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)		
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)		
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)		
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)		
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)		
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)		
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)		
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)		
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)		
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)		
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)		
15	Hundimiento (HUN)					
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.	Esquema
DSU	Baja	3	3	1.4	10	

[illegible]

[illegible]

Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 19		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+637.2			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k0+672.6			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
PC	Media	24	24	10.9	63
HUN	Alta	0.95	0.5	0.44	25

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 22		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+743.4			Inspector: Miguel Angel López Q.		
Abscisa Final: k0+778.8			Fecha: marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
PC	Alta	31.5	31.5	14.35	67
HUN	Alta	3	3	1.4	38

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 24		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+814.2			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k0+840.6			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
PC	Alta	45	45	20.5	71
HUN	Alta	10	10	4.5	57

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 25		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+814.2			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k0+850.6			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
PC	Alta	42.5	42.5	19.4	70
HUN	Alta	1.5	1.5	0.7	30

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 26		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+885			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k0+920.6			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
PC	Alta	70	70	31.8	77
FDC	Alta	0.5	0.5	0.23	20
FIN		80	80	36.5	52

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 27		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k0+920.6			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k0+955.8			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
FB	Alta	14	14	6.4	25
FIN	Alta	32	32	14.6	37
SB	Alta	15 m	15 m	42.4	39

Fotografía



Esquema



Zona: Rural Municipio: Imues Abscisa Inicial: k1+026.6 Abscisa Final: k1+062			Unidad de Muestreo: 30 Área de Muestreo: 219.48 m ² Inspector: Miguel Angel Lopez Q. Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Perdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
BCH	Alta	31.86	31.9	14.5	100
PC	Alta	106.2	106.2	48.4	82
HUN	Alta	20	20	9.1	70
DC	Alta	61	61	28	38

Fotografía



Esquema



Zona: Rural			Unidad de Muestreo: 31, 32 y 33		
Municipio: Imues			Área de Muestreo: 219.48 m ²		
Abscisa Inicial: k1+062			Inspector: Miguel Angel Lopez Q.		
Abscisa Final: k1+136.5			Fecha: Marzo de 2024		
No.	Daño		No.	Daño	
1	Fisuras longitudinales (FL)		16	Ahuellamiento (AHU)	
2	Fisuras transversales (FT)		17	Descascaramiento (DC)	
3	Fisuras longitudinales en junta de construcción (FCL)		18	Baches (BCH)	
4	Fisuras transversales en junta de construcción (FCT)		19	Parche (PCH)	
5	Fisuras por flexión de juntas (FJL)		20	Desgaste superficial (DSU)	
6	Grietas en pacas de concreto (FJT)		21	Pérdida de agregado (PA)	
7	Fisuras en media luna (FML)		22	Pulimento del agregado (PU)	
8	Fisuras de borde (FBD)		23	Cabezas duras (CD)	
9	Fisuras en bloque (FB)		24	Exudación (EX)	
10	Piel de cocodrilo (PC)		25	Surcos (SU)	
11	Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)		26	Corrimiento vertical de la berma (CVB)	
12	Fisuras incipientes (FIN)		27	Separación de la berma (SB)	
13	Deformaciones (OND)		28	Afloramiento de finos (AFI)	
14	Abultamientos (AB)		29	Afloramiento de agua (AFA)	
15	Hundimiento (HUN)				
Daño	Severidad	Cantidades parciales (m ²)	Total	Densidad (%)	Valor ded.
BCH	Alta	286.5	286.5	16.7	100
FIN	Alta	1294.4	1294.4	73.3	67
SB	Alta	45 m	45 m	60.4	40.5
DC	Alta	137.52	137.52	8	21

Fotografía

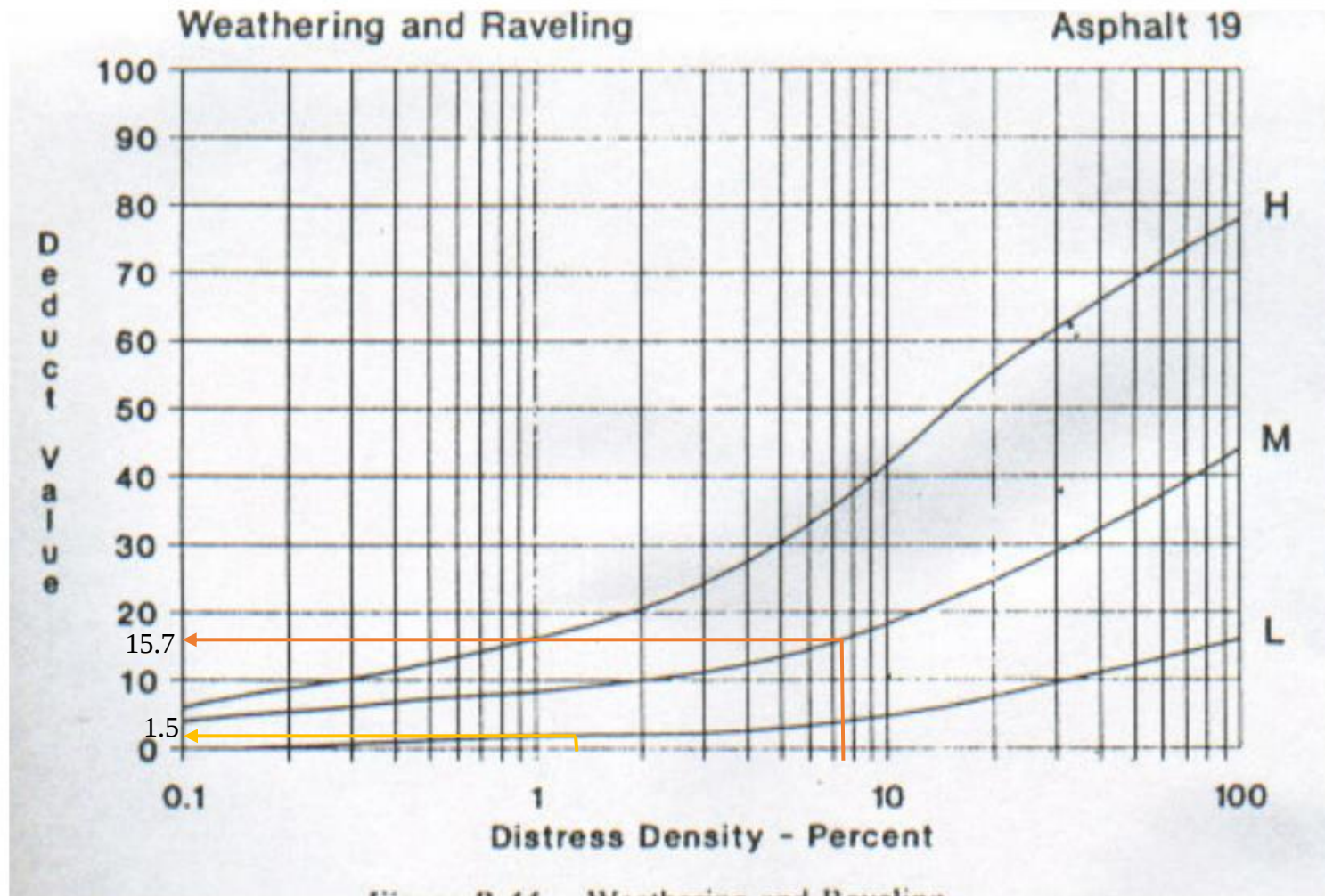


Esquema

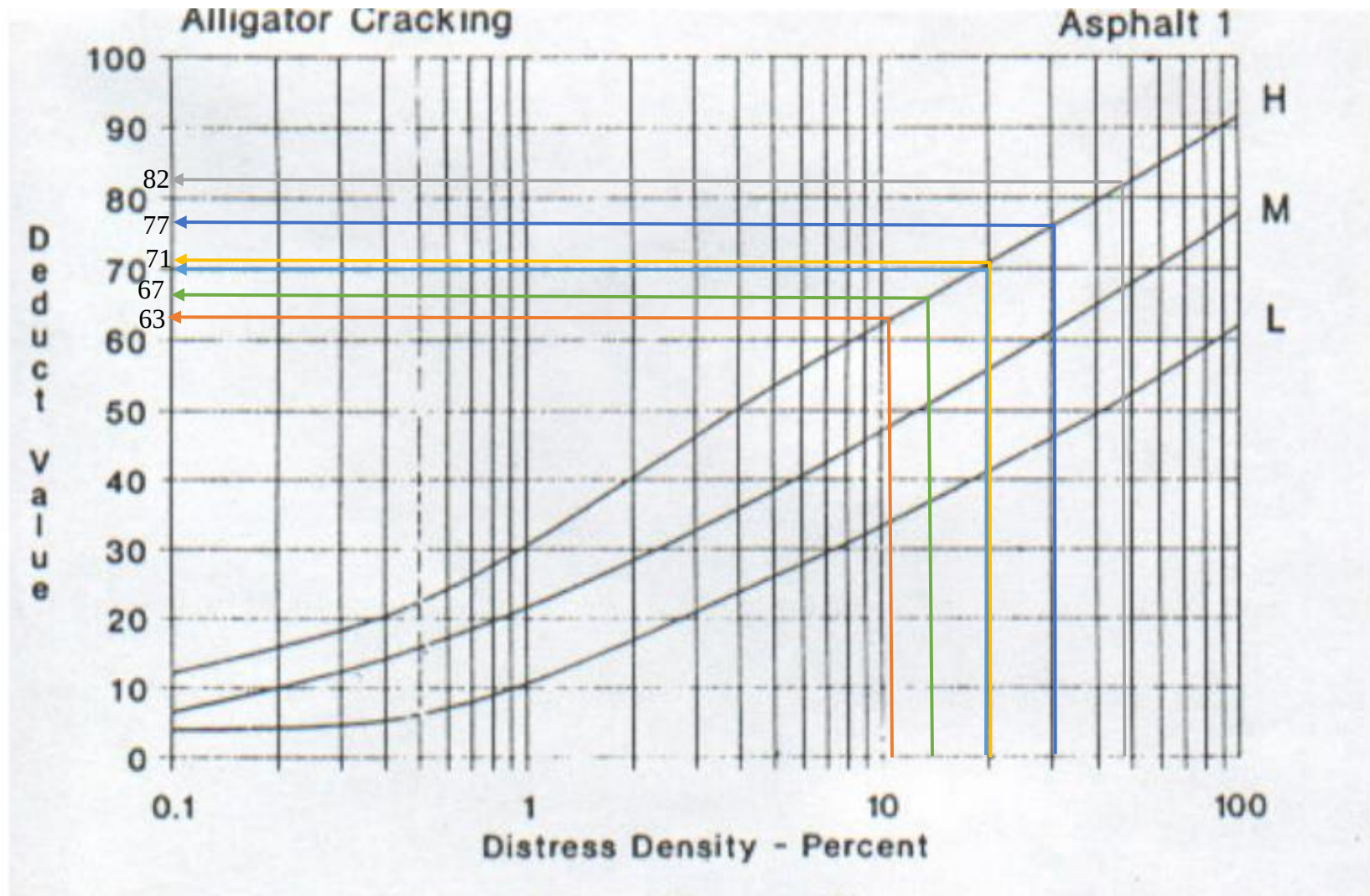


7.4.4 Calculo valores deducidos

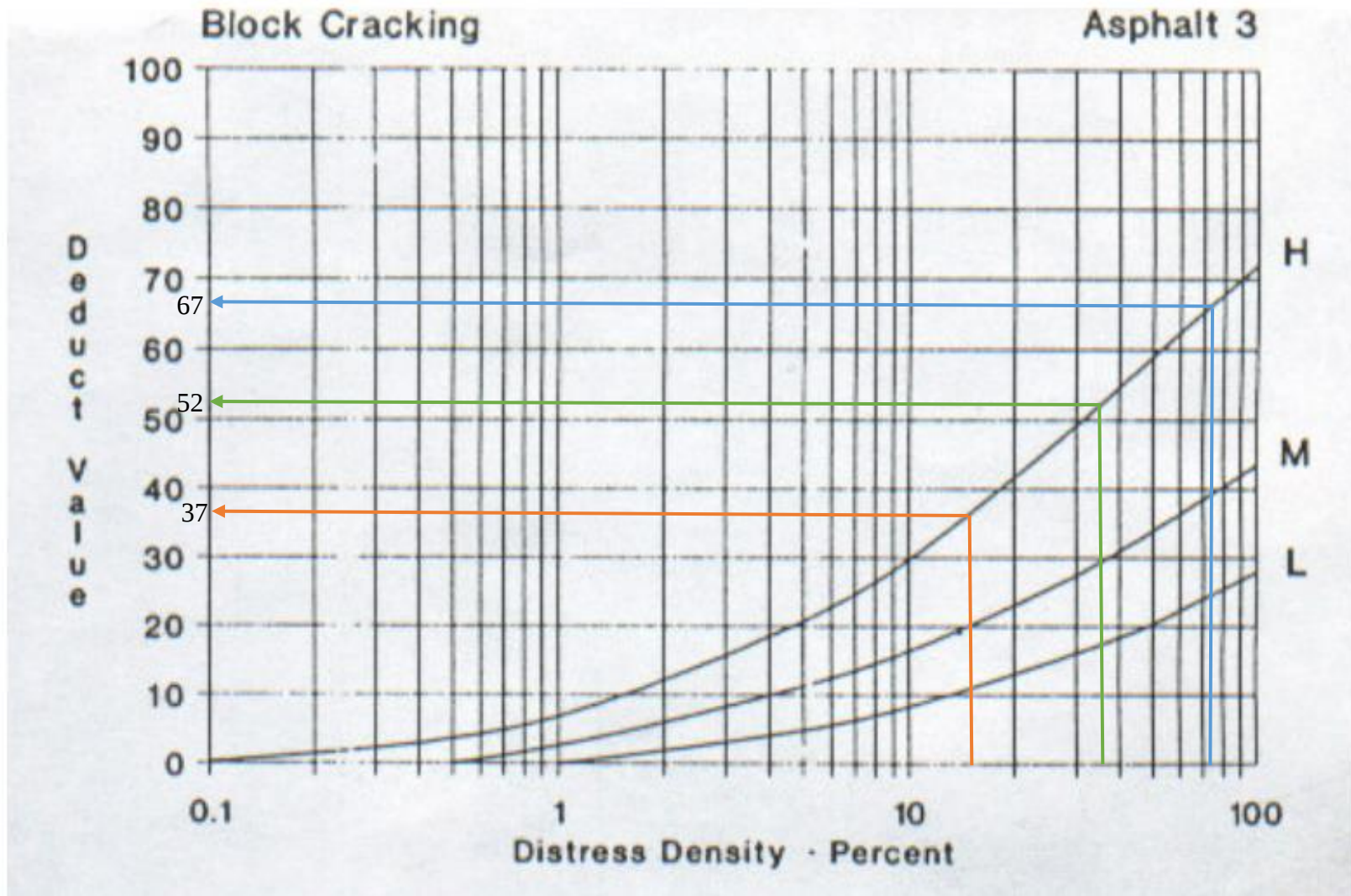
Desgaste superficial



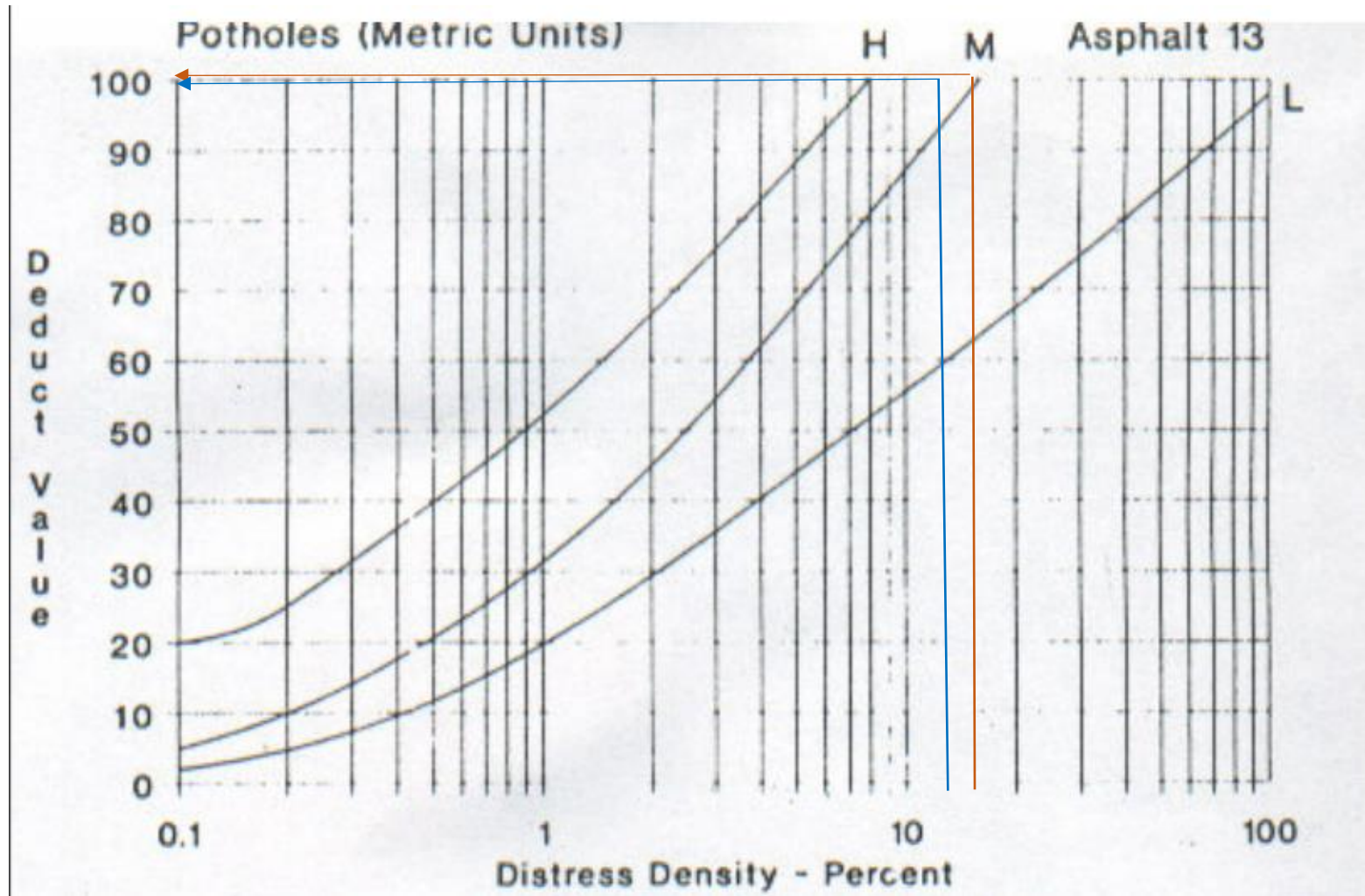
Piel de cocodrilo



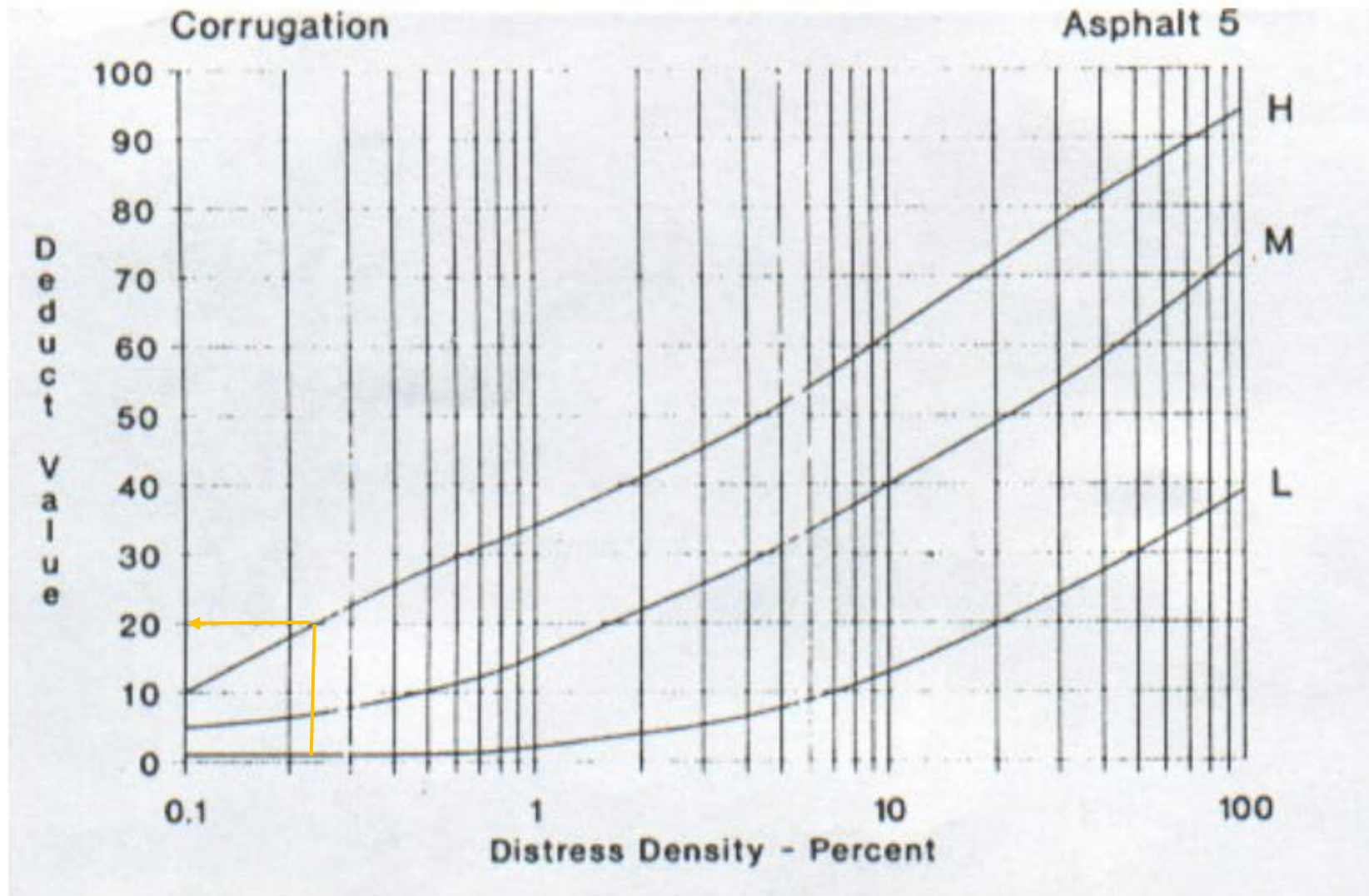
Fisuras en bloque y fisuras incipientes



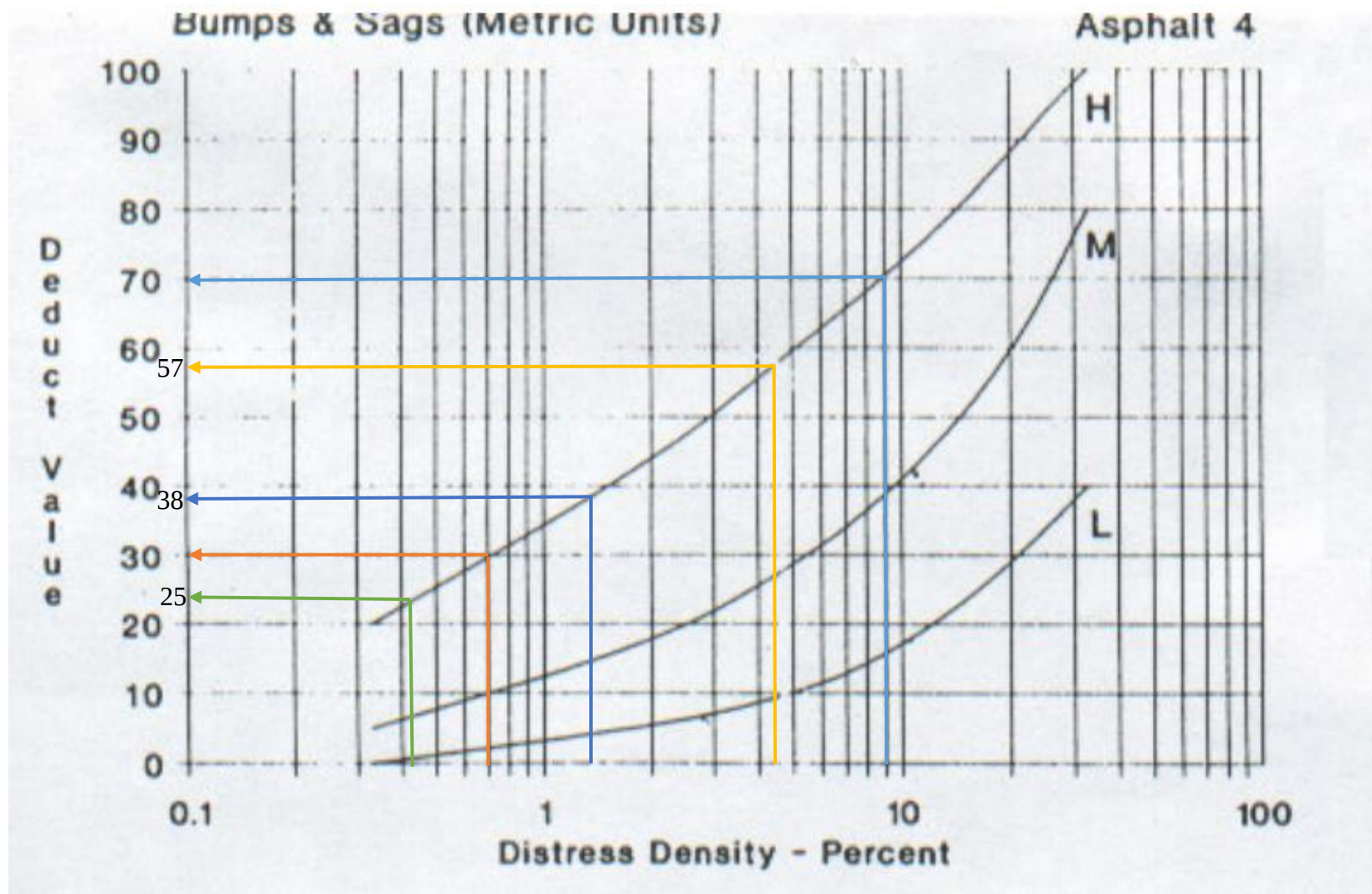
Baches



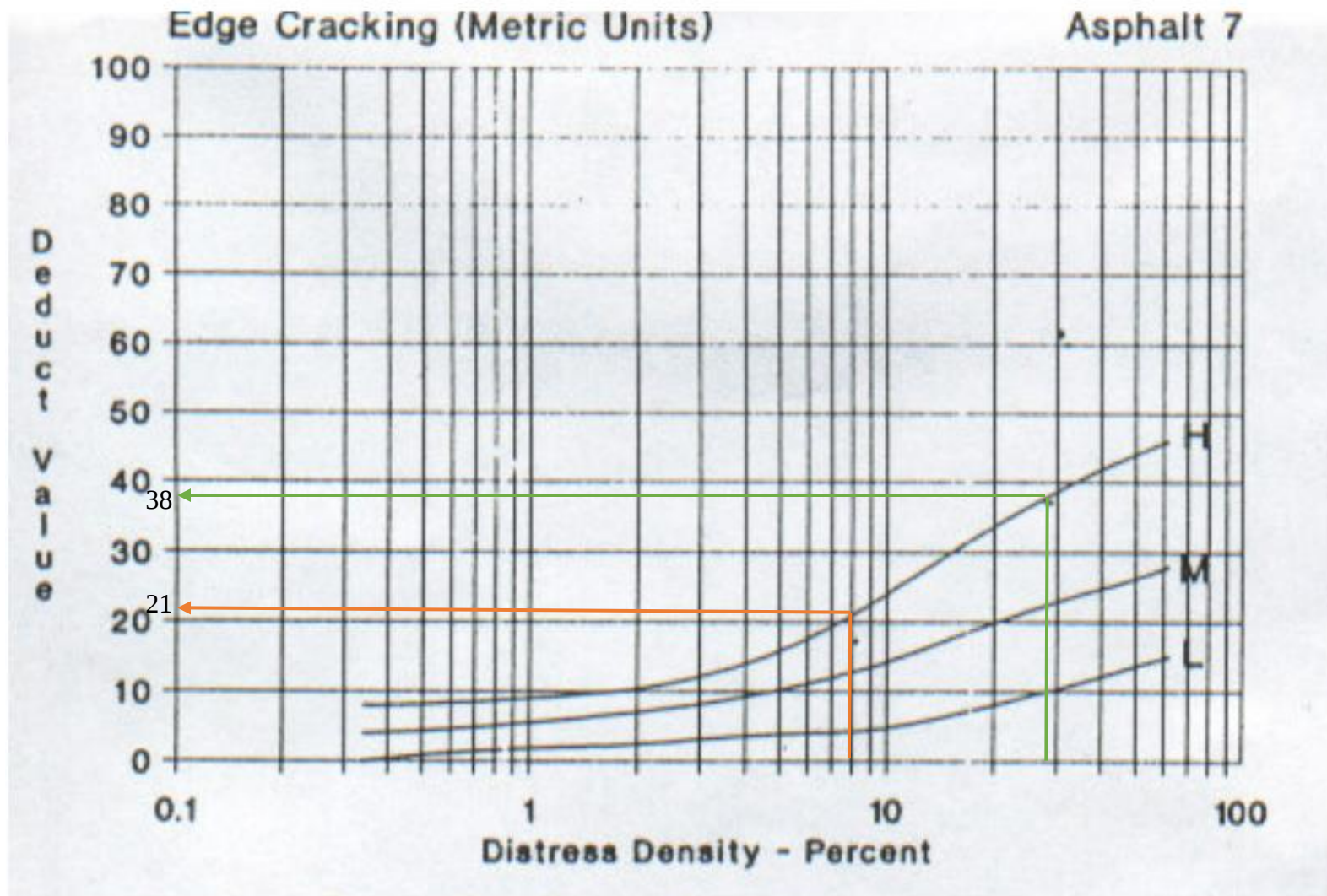
Fisura por deslizamiento de capa



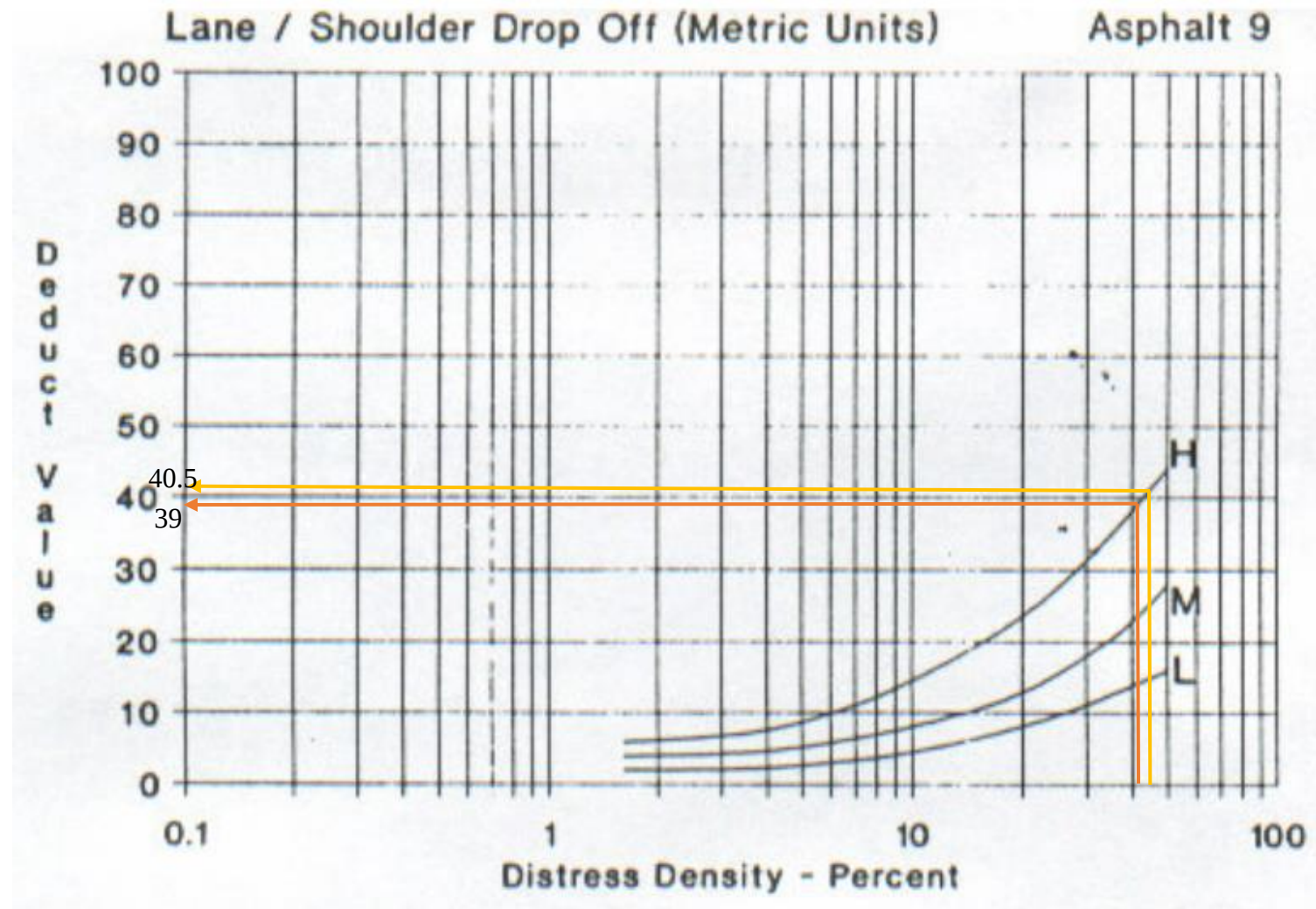
Hundimiento



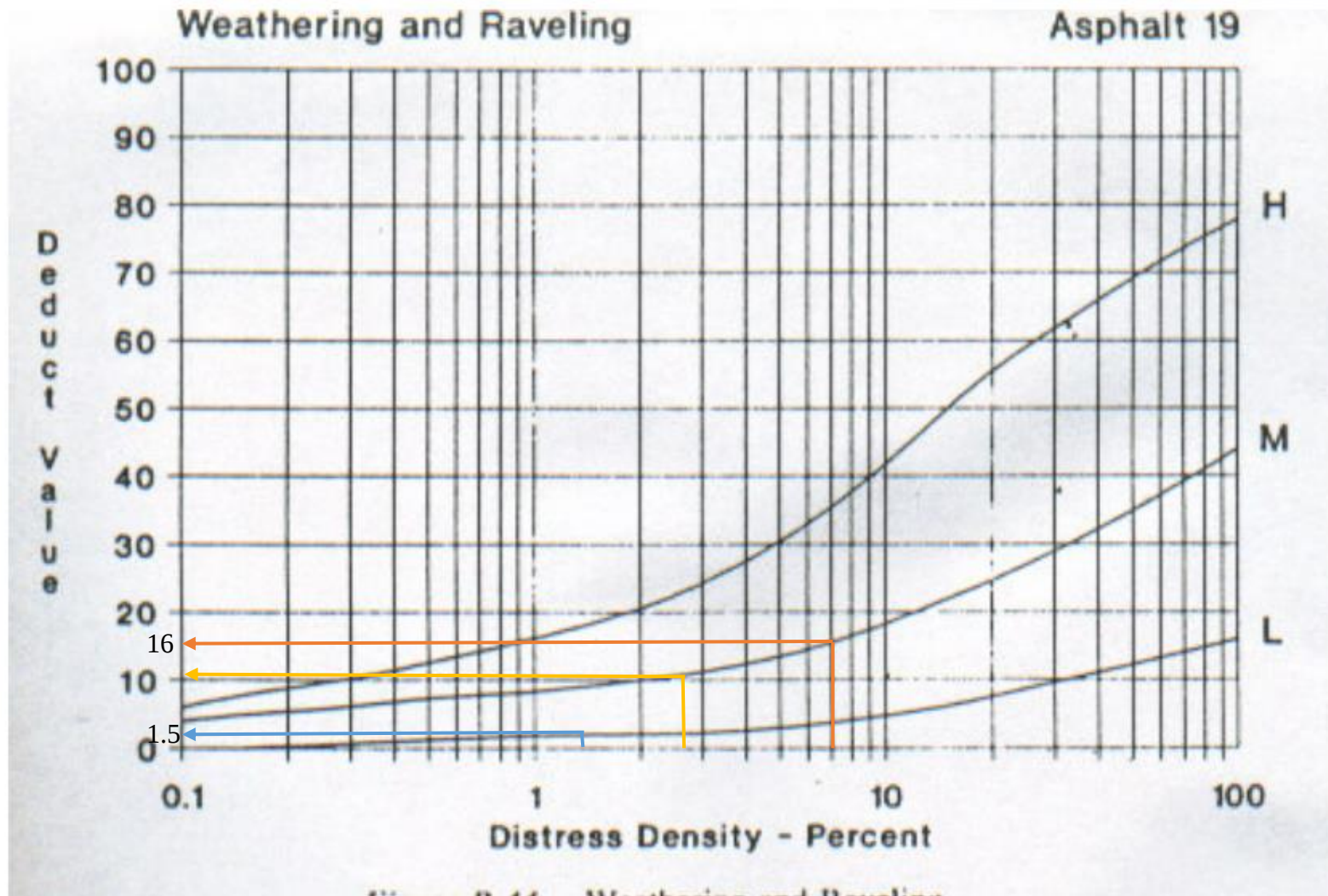
Descascaramiento



Separación de Berma



Desgaste superficial y cabezas duras



Luego de realizar una clasificacion de los daños presentes en la carpeta asfaltica se presenta un cuadro resumen en cuanto a los daños mas comunes que se evidencian y sus posibles causas, de acuerdo con el manual de inspeccion visual de pavimentos flexibles:

Descripción	Daño	Causas
Piel de cocodrilo	Fisuras	Espesor de estructura insuficiente
		Deformación de la subrasante
		Rigidización de la mezcla asfáltica
		Problemas de drenaje que afecta la estructura granular
		Compactación deficiente de las diferentes capas
		Exceso de mortero en la mezcla
		Uso de asfalto de alta penetración
		Deficiencia de asfalto en la mezcla
		Reparaciones mal ejecutadas
Fisuras incipientes	Fisuras	Diferencia de temperaturas entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación
		Lluvia durante la colocación del concreto asfáltico
Fisuras en bloque	Fisuras	Ciclos de esfuerzo deformación debido a cambios de temperatura
		Esfuerzos provenientes de materiales utilizados como base
		Cambio Volumétrico del agregado fino de la mezcla con el uso de asfaltos de baja penetración
Fisuras por deslizamiento de capa	Fisuras	Superficies de baja resistencia
		Escasa adherencia entre las capas superficiales de la estructura del pavimento.
		Paso de tránsito muy pesado y lento, zona de frenado y acelerado de vehículos.
Desgaste superficial	Daños superficiales	Suele ser un deterioro natural
		Falta de adherencia del asfalto con los agregados
		Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla
		Acción intensa de agua u otros agentes abrasivos además del tránsito
Cabezas duras	Daños superficiales	Uso de tamaños gruesos con tamaños inadecuados
		Distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas
		Segregación de los agregados durante su manejo en obra
		Heterogeneidad en la dureza de los agregados
Descascaramiento	Pérdida de capas estructurales	Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales
		Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica
		Riego de liga deficiente
		Mezcla asfáltica muy permeable
Bache	Pérdida de capas estructurales	Retención de agua en zonas fisuradas, que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones
		Carencia de la imprimación en bases granulares
		Deficiencia en los espesores de capas estructurales
		Zonas donde la subrasante débil
Separación de berma	Otros daños	Inestabilidad de taludes
		Diferencia entre la estructura del pavimento y cuneta
		Ausencia de liga entre la calzada y la berma

7.5 Diagnostico Inicial.

Tras clasificar y analizar los diferentes daños observados durante la inspección visual de la vía, se presenta el siguiente diagnóstico:

Aunque las afectaciones más severas y frecuentes se identificaron en las abscisas finales, se constató que a lo largo de toda la vía se presentan patologías similares, lo que refleja problemas generalizados en su diseño y construcción. Estas observaciones conducen a las siguientes hipótesis sobre las posibles causas de los daños:

1. Deficiencias en el estudio de suelos: No se realizó un análisis adecuado del terreno, lo que impidió identificar los tramos homogéneos necesarios para diseñar secciones estructurales óptimas.
2. Materiales fuera de especificaciones: Los materiales utilizados para la subbase, la base y la carpeta asfáltica no cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), lo que compromete la estabilidad y durabilidad de la estructura.
3. Fallas en los procesos constructivos: No se siguieron las especificaciones técnicas de INVIAS, especialmente en trabajos de compactación, donde no se alcanzaron los niveles óptimos. Esto debilitó la estructura, facilitando la aparición de daños prematuros.
4. Diseño geométrico inadecuado: Se encontraron pendientes longitudinales de hasta un 30%, significativamente superiores al límite recomendado de 14% para vías pavimentadas según el manual de diseño geométrico. Esto dificulta la compactación adecuada y acelera el deterioro de la superficie.
5. Negligencia en la infraestructura subterránea: Durante la construcción, no se hizo el cambio de alcantarillado existente que estaba ubicado entre las abscisas k0+980 y

k1+160. Lo cual generó que en época de lluvia trabajara a presión o tubo lleno, lo cual conllevó al colapso de esta estructura, y junto con el tránsito de maquinaria pesada dañó este sistema, y los problemas derivados se manifestaron de inmediato tras la apertura de la vía, haciendo que este tramo fuera de los primeros en fallar.

Este diagnóstico subraya la necesidad de un enfoque más riguroso en la planificación, diseño y ejecución de proyectos de infraestructura vial. Es fundamental garantizar que las especificaciones técnicas sean respetadas y que las obras se supervisen adecuadamente para evitar fallos prematuros y asegurar la sostenibilidad de las inversiones realizadas.

7.5.1 Ensayos necesarios para un diagnóstico real

Estudio de tránsito: No se encontró un registro formal de un estudio de tránsito previo para el área en cuestión. Sin embargo, a partir de la inspección realizada en el lugar, se determinó que el nivel de tránsito vehicular es bajo. Con base en estas observaciones, se estima que el número de ejes equivalentes de 80 kN acumulados durante el periodo de diseño (considerado entre 10 y 15 años para pavimentos flexibles) es inferior a 500.000. Esto clasifica la vía dentro de la categoría NT1, según lo establece las especificaciones de construcción de carreteras en el capítulo 1.

Tabla 3, Niveles de tránsito, fuente; especificaciones de construcción de carreteras.

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N_{80kN} , MILLONES
NT1	$N_{80kN} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80kN} \leq 5.0$
NT3	$N_{80kN} > 5.0$

Es importante destacar que, debido al deterioro prematuro que presentó esta vía, la Alcaldía de Imués tomó medidas para identificar las causas subyacentes de los daños. En el año 2017, a través de la contratación de un complemento de peritaje y un estudio de responsabilidad técnica, se realizaron los ensayos necesarios para analizar el origen y las características de las patologías presentes en la infraestructura vial.

Estos estudios permitieron evaluar de manera técnica y detallada las posibles fallas en el diseño, los materiales y los procedimientos constructivos, sentando las bases para la planificación de futuras intervenciones que garanticen una mayor durabilidad y funcionalidad de la vía.

A continuación se presenta los resultado obtenidos de los diferentes ensayos, y el diagnostico realizado por la Asociacion Nariñense de Ingenieros;

Estos ensayos se realizaron en 3 apiques;



Ilustración 23, ubicación de apiques de los ensayos.



Ilustración 24, apique #1, fuente; peritaje y estudio de responsabilidad. Anexo 1



Ilustración 25, apique #2, fuente; peritaje y estudio de responsabilidad. Anexo 1



Ilustración 26, apique #3, fuente; peritaje y estudio de responsabilidad. Anexo 1

Granulometría base granular muestra #2:

Tabla 4, granulometría base granular muestra #2, fuente; anexo 1

Tamiz	Peso Reten Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa Parcial	% Pasa Integrado
3"	0,0	0,00	100,00	100,00
2"	0,0	0,00	100,00	100,00
1 1/2"	645,0	6,96	93,04	93,04
1"	1235,0	13,33	86,67	86,67
3/4"	1635,0	17,64	82,36	82,36
3/8"	2855,0	30,81	69,19	69,19
4	276,0	24,71	75,29	52,09
10	546,0	48,89	51,11	35,37
40	851,0	76,20	23,80	16,47
200	1026,0	91,87	8,13	5,63
Pasa 200	90,9			

Tabla 5, granulometría base granular muestra #3, fuente; anexo 1

Tamiz	Peso Reten Acumulado	% Retenido Acumulado	% Pasa Parcial	% Pasa Integrado
3"	0,0	0,00	100,00	100,00
2"	0,0	0,00	100,00	100,00
1 1/2"	507,0	5,14	94,86	94,86
1"	1260,0	12,77	87,23	87,23
3/4"	1715,0	17,38	82,62	82,62
3/8"	3090,0	31,31	68,69	68,69
4	356,0	24,92	75,08	51,57
10	701,0	49,06	50,94	34,99
40	1066,0	74,61	25,39	17,44
200	1296,0	90,71	9,29	6,38
Pasa 200	132,7			

Tabla 6, franja granulométrica para bases granulares

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
BASES GRANULARES DE GRACACIÓN GRUESA								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9

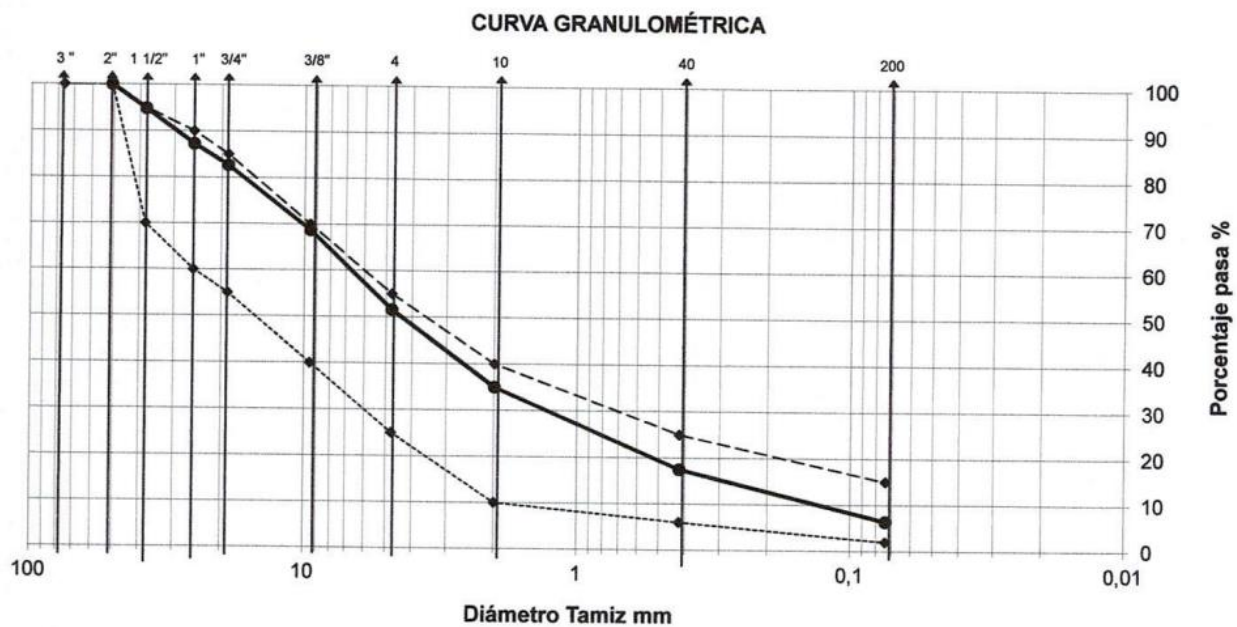


Ilustración 27, Curva granulométrica ensayo muestra 2; fuente; anexo 1

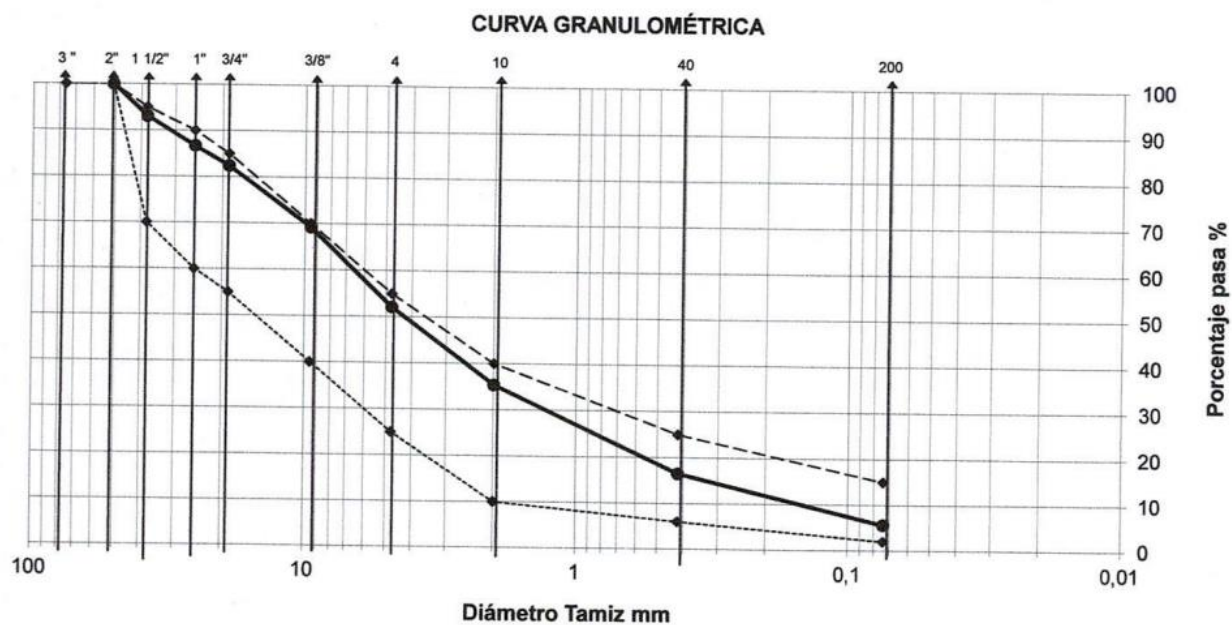


Ilustración 28, Curva granulométrica ensayo muestra 3, fuente anexo1.

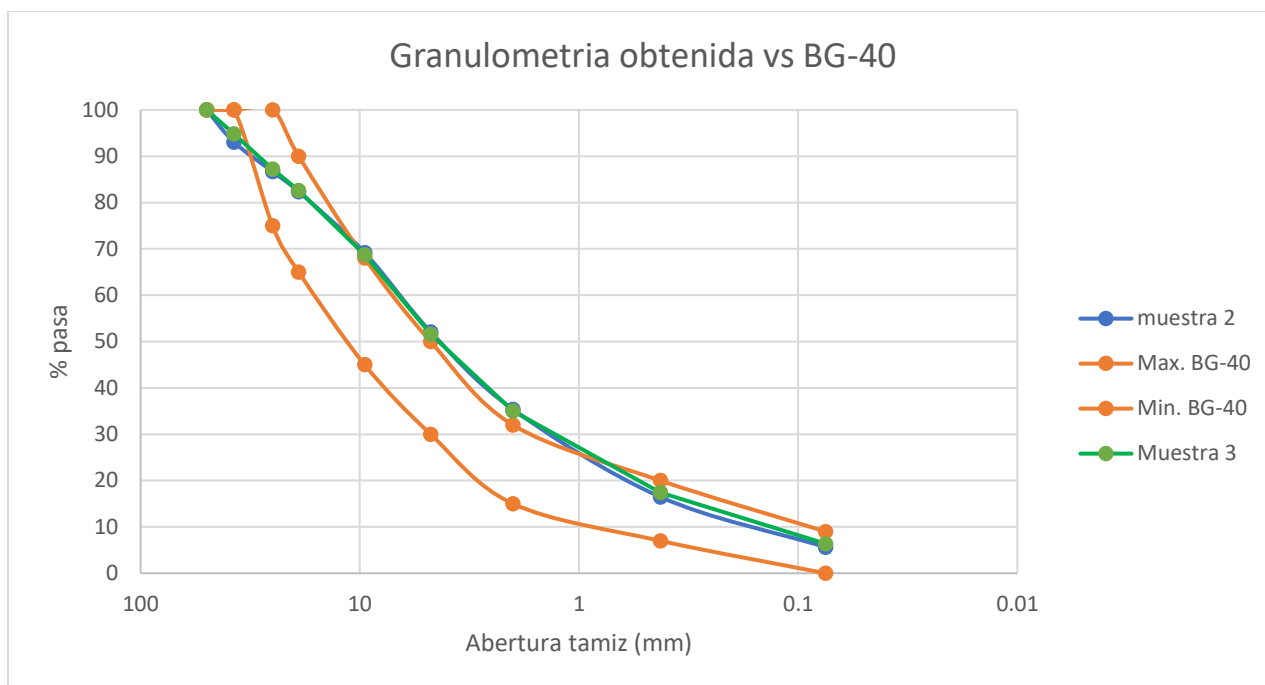


Ilustración 29, comparación granulometría obtenida vs especificaciones técnicas

Al analizar los resultados de granulometría, se observa una variación entre las franjas granulométricas obtenidas en el ensayo y las especificaciones establecidas por el INVIAE para la construcción. Sin embargo, al considerar las tolerancias permitidas dentro de dichas especificaciones, se concluye que los resultados del ensayo cumplen con los requisitos establecidos.

Este análisis demuestra que, aunque existan diferencias puntuales en los valores, estas se encuentran dentro de los límites aceptables, lo que garantiza que los materiales utilizados cumplen con los estándares necesarios para asegurar la calidad y funcionalidad de la obra. Esto refuerza la importancia de realizar ensayos técnicos como parte de la supervisión y control de calidad en los proyectos de infraestructura.

Otros ensayos que se realizaron fueron:

**CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS
PAVIMENTACIÓN EN ASFALTO VÍA IMUES - NARIÑO**

	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROYECTO	AGOSTO 13-2017
GRANULOMETRIA DE BASE	NORMA	NORMA	CHEQUEA CHEQUEA	CHEQUEA NO CHEQUEA (PLASTICIDAD)
PROCTOR MODIFICADO	NORMA	NORMA	2,00 gr/cm ³ 1,98 gr/cm ³	2,029 gr/cm ³ 2,029 gr/cm ³
DENSIDADES DE CAMPO	98%	98%	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA	CHEQUEA CHEQUEA NO CHEQUEA (CONTAMINADA)
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
GRANULOMETRIA DE ASFALTO	NORMA	NORMA	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA
CONTENIDO DE ASFALTO	7,07%	5,98%	6,4 5,8 6,1	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA
		6,05%		
ESTABILIDAD	1894,3 - 1762,1	1872,2 - 1806,2	968 kg 1089 kg 1165 kg	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA
		2224,7 - 2180,6		
FLUJO	4,95 - 5,08 mm	5,21 - 4,83 mm	4,32 mm 5,84 mm 4,06 mm	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA
		3,68 - 3,26 mm		
PESO ESPECIFICO BULK	2,317 - 2,344	2,352 - 2,344	2,193 2,265 2,237	CHEQUEA CHEQUEA CHEQUEA
		2,352 - 2,344		
PORCENTAJE DE VACÍOS	3,66 - 2,52	2,93 - 3,25		
		2,72 - 3,05		

MEZCLA ASFALTICA MDC - 2 - PLANTA MINA CAPULÍ - FUENTE: RÍO GUIATARA - RÍO TELLEZ

Luego de evidenciar cada uno de los ensayos realizados la asociación Nariñense de ingenieros en su complemento de peritaje y estudio de responsabilidad, concluye que el porcentaje de asfalto entre el seis y el siete por ciento; la granulometría de la base cuya gráfica se encuentra dentro los parámetros normativos de Invías, aunque con tendencia al límite de partículas gruesas; el valor del Proctor modificado de la Base con un 126,6 lbs/pie; las densidades de campo con un valor promedio de compactación de base superior al 92% del Proctor modificado; el mismo peso específico bulk de la muestra tomada a la carpeta asfáltica con un valor promedio superior a los 2,34 grs/cm³, entre otros datos obtenidos, indica claramente que tanto los materiales utilizados por el Consorcio B&B como el proceso constructivo corresponden a las especificaciones y requerimientos dados por esta clase de

contrato y obra, y bajo los lineamientos definidos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS y acogidos y exigidos por Interventoría.

De acuerdo con el informe del estudio hidráulico presentado por la especialista, la Ingeniera PhD Lorena Lucía Salazar Gámez, se identificó que el sistema de alcantarillado en concreto de 8 pulgadas de diámetro, cuya vida útil ya estaba cumplida, fue un factor determinante en el colapso ocurrido en el tramo final del sistema. Este segmento, ubicado entre las cámaras CM45, CM46 y CM27, coincide con el área inicial de las obras de pavimentación evaluadas en el contrato peritado.

Las lluvias intensas registradas en marzo de 2016 deterioraron aún más las condiciones ya precarias del sistema, lo que culminó en su colapso durante un episodio de lluvias extremas a principios de abril del mismo año. Este evento subraya la importancia de evaluar y renovar oportunamente la infraestructura subterránea, especialmente en proyectos de pavimentación, para evitar fallas prematuras y garantizar la sostenibilidad de las obras.

La tubería operaba bajo condiciones de presión (a tubo lleno) durante un tiempo determinado antes de sufrir un colapso total y definitivo. Este colapso permitió que el agua comenzara a filtrarse hacia las capas subyacentes de la carpeta asfáltica, aumentando la humedad por encima de los niveles óptimos establecidos para la estructura del pavimento.

Como consecuencia, el tránsito de vehículos pesados sobre esta vía durante esos días aceleró un proceso de deterioro en una carpeta asfáltica que había sido entregada y recibida bajo estándares legales y técnicos. Este fenómeno resalta la importancia de prever el impacto de condiciones hidráulicas adversas sobre la infraestructura vial y de implementar soluciones que garanticen su estabilidad frente a factores externos como filtraciones o humedad excesiva.

El motivo por el cual el pavimento continúa fallando hacia la zona de Llano Flores se puede atribuir a varios factores interrelacionados. En primer lugar, la fuerte pendiente de la vía incrementa la velocidad y el volumen del agua lluvia, superando los niveles permisibles de escorrentía que la estructura del pavimento puede manejar. Este exceso de agua se filtra desde la subrasante y a través de los puntos debilitados en la carpeta asfáltica ya deteriorada.

Además, esta acumulación de humedad en la base del pavimento se vio agravada por las altas temperaturas registradas en los días posteriores, que intensificaron el deterioro de una carpeta asfáltica ya comprometida por una base húmeda. La combinación de estos factores—pendiente pronunciada, escorrentía excesiva, filtración y temperaturas elevadas—creó un entorno que aceleró significativamente el daño estructural del pavimento.

Ademas el peritaje tambien arroja como propuesta de intervencion una reconstruccion de la base granular, al menos 15 cm de subbase granular y del pavimento asphaltico, tambien propone un presupuesto basado en esta informacion;

$$V_{subbase} = 1100m * 6m * 0.15m = 990m^3$$

$$V_{base} = 1100m * 6m * 0.15m = 990m^3$$

$$A_{imprimacion} = 1100m * 6m = 6600m^2$$

$$V_{MDC-2} = 1100m * 6m * 0.1m = 660m^3$$

$$L_{demarcacion} = 1100m * 3 = 3300m$$

Tabla 7, Presupuesto propuesta de rehabilitación

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				
SUBBASE GRANULAR	M3	990,00	\$ 60.406,00	\$ 59.801.940,00
BASE GRANULAR	M3	990,00	\$ 66.572,00	\$ 65.906.280,00
PAVIMENTO				
RIEGO DE IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA	M2	6.600,00	\$ 2.187,00	\$ 14.434.200,00
MEZCLA Densa EN CALIENTE TIPO MDC - 2 e=,10m.	M3	660,00	\$ 424.194,00	\$ 279.968.040,00
OBRAS DE DRENAJE Y SUBDRENAJE				
SEÑALIZACION				
LÍNEA DE DEMARCACION CON PINTURA EN FRÍO	ML	3.300,00	\$ 1.212,00	\$ 3.999.600,00
COSTO DIRECTO				
A.I.U.	30%			\$ 424.110.060,00
ADMINISTRACION	22%			\$ 127.233.018,00
IMPREVISTOS	3%			\$ 93.304.213,20
UTILIDAD	5%			\$ 12.723.301,80
VALOR TOTAL OBRA CIVIL A ENERO 2014				
				\$ 551.343.078,00
INFLACIÓN BÁSICA ENTRE INICIO DE OBRA Y FECHA ACTUAL			1,1855521918	
VALOR TOTAL OBRA CIVIL VALOR A DICIEMBRE 2017				\$ 653.645.995,00

De acuerdo con la fecha, debemos calcular el valor de la obra de acuerdo con la inflación sufrida entre el año 2017 y 2023;

Tabla 8, presupuesto para rehabilitación teniendo en cuenta la inflación.

Año	Inflación anual (%)	Valor de la obra
2017	4.09	\$ 680,380,116.2
2018	3.18	\$ 702,016,203.89
2019	3.8	\$ 728,692,819.64
2020	1.61	\$ 740,424,774.03
2021	5.62	\$ 782,036,646.34
2022	13.2	\$ 885,265,483.65
2023	9.28	\$ 967,418,120.53

A este valor hay que adicionarle el precio de la interventoria, el cual es el 10% del total de la rehabilitación:

$$Valor_{interventoria} = 0.1 * 967418120.53 = \$96741812.053$$

Por lo tanto, se necesitara de \$96,418,120.53 Mda/cte.

8. analisis de resultados

De acuerdo con las patologías identificadas en esta vía y los resultados obtenidos en el peritaje realizado en 2017, surgen ciertas inconsistencias entre el veredicto del estudio y lo evidenciado en el terreno. Por ejemplo, problemas como la filtración por escorrentía debido a lluvias intensas o el lavado del material fino de la estructura de soporte causado por el fallo de la alcantarilla en el tramo final del abscisado, atribuido a las fuertes pendientes, no parecen estar suficientemente correlacionados con las fallas observadas en los tramos más bajos de la vía.

Es crucial entender que, durante el proceso constructivo, se evidenció la instalación de un filtro al pie del talud, diseñado para controlar el flujo de agua debido a un incremento en el nivel freático o la infiltración en los taludes durante lluvias intensas. Según esta lógica, ni el agua filtrada por la escorrentía ni el fallo en la alcantarilla ubicada en la parte alta no debería haber tenido un impacto significativo en los tramos más bajos, ya que el filtro debería haber mitigado estos efectos.

Por otro lado, los resultados de los ensayos indican que la densidad de la base granular medida en 2017 era incluso mayor que la densidad registrada originalmente en el proyecto. Esto plantea una posible inconsistencia, ya que, si efectivamente ocurrió un lavado de las capas granulares, esto habría provocado una pérdida de material fino y, en consecuencia, una disminución de la densidad debido a la reacomodación de partículas. Esta discrepancia podría deberse a errores en la recolección de datos o a un análisis incompleto de las condiciones reales de la vía.

Como se evidencia en la ilustración 30, si el volumen de vacíos aumenta por la pérdida de material fino, la densidad debe disminuir, lo cual no pasa en los ensayos realizados.

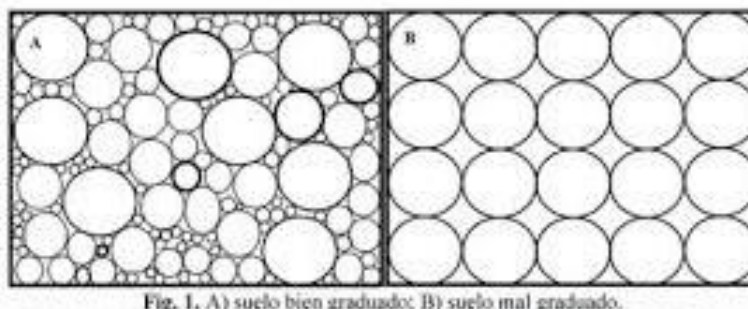


Fig. 1. A) suelo bien graduado; B) suelo mal graduado.

Ilustración 30, gradación de material pétreo, fuente; <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBL8oMxRJ1WcJFBcLI1B9MZLF9wpVI7ujCCw&w>

Con base en los diversos daños y patologías identificados en la vía, se puede concluir que la mayoría están relacionados con deficiencias en la estructura de soporte. Estas fallas pueden deberse a varios factores, como insuficiencia en el espesor de las capas estructurales, compactación deficiente o incluso errores en la dirección de compactación de las capas de base y subbase granular. Estos problemas comprometen la estabilidad y durabilidad del pavimento, acelerando su deterioro.

Para obtener un diagnóstico más preciso y confiable, se recomienda realizar una serie de ensayos técnicos específicos, entre ellos:

1. Ensayo de densidad para evaluar la compactación efectiva de las capas de base y subbase.
2. Ensayo de granulometría para verificar si los materiales utilizados cumplen con las especificaciones del diseño.
3. Ensayo del CBR (Índice de soporte California) de la subrasante, que permitirá determinar su capacidad de carga.
4. Comparación de los resultados obtenidos con los datos originales del proyecto, para identificar discrepancias que puedan evidenciar errores de diseño o construcción.

Estos análisis son esenciales para comprender el origen de las patologías y establecer las acciones correctivas necesarias, asegurando la recuperación funcional de la vía y la optimización de recursos en futuras intervenciones.

9. Propuesta de intervencion

Dado el nivel de deterioro que presenta la vía, no se considera viable realizar reparaciones parciales, como bacheos o intervenciones puntuales, ya que estas no solucionarían los problemas estructurales subyacentes. Por el contrario, se recomienda optar por una intervención integral que contemple la reconstrucción completa de las capas de soporte y de la carpeta asfáltica, o bien, evaluar el cambio del pavimento flexible actual a un pavimento rígido, dadas las ventajas que este último ofrece.

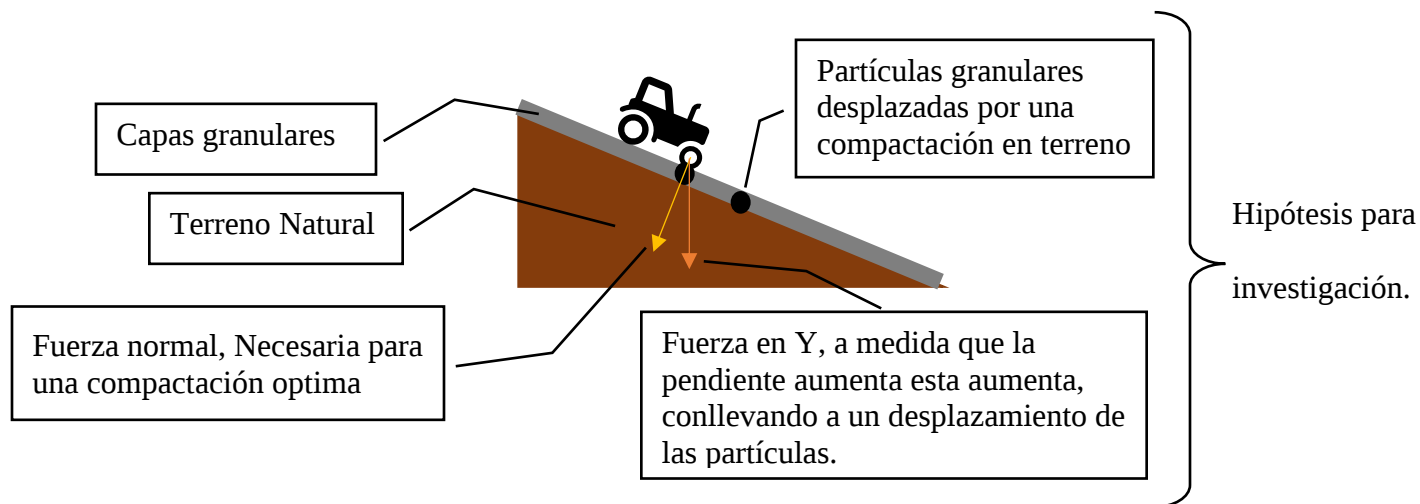
En términos de diseño, el pavimento rígido se apoya en una base granular y, en casos donde el terreno lo permita por su alta capacidad portante, incluso podría colocarse directamente sobre la rasante. Esto simplificaría la estructura base y proporcionaría mayor estabilidad.

Una de las principales ventajas del pavimento rígido es su capacidad para distribuir las cargas de manera uniforme, lo que reduce significativamente los asentamientos diferenciales, un problema recurrente en este tipo de proyectos. Además, su durabilidad y menor requerimiento de mantenimiento lo convierten en una opción más adecuada para vías sometidas a condiciones extremas o tráfico constante.

Esta recomendación busca no solo solucionar los daños actuales, sino también garantizar una infraestructura más resistente y sostenible a largo plazo, reduciendo futuros costos de reparación y mejorando la calidad del tránsito.

10. Hipotesis de investigacion

La hipotesis de investigacion es determinar el los efectos negativos que tiene la compactacion de capas granulares sobre terrenos naturales con pendientes grandes.



Esta hipotesis se basa en los fenomenos presentados en la via Imues – Llano de Flores, y la via alterna que se construyo en el municipio de Rosas, las cuales presentaron fallos similares, y lo que tienen en comun es que estas dos vias presentaban pendientes longitudinales grandes.

11. Conclusiones

El análisis realizado en el informe revela la presencia de diversas afectaciones y patologías que están impactando negativamente la estructura del pavimento. Se han identificado una serie de daños significativos, entre los cuales se destacan grietas, deformaciones, hundimientos y desprendimientos, entre otros. Estos problemas evidencian una clara degradación en la integridad estructural de la vía.

Debido a la naturaleza y magnitud de los daños observados, resulta apropiado considerar la posibilidad de realizar nuevos ensayos, lo que respaldaría la necesidad de llevar a cabo un estudio patológico exhaustivo. Este análisis permitirá determinar con mayor precisión las causas subyacentes de las fallas y establecer estrategias efectivas para su rehabilitación y mantenimiento a largo plazo.

Se observa que una gran parte de las unidades de muestreo analizadas presentan patrones de daños y patologías similares, lo que indica un fallo generalizado en la estructura del pavimento. Estos hallazgos sugieren que el origen y las causas principales de los daños están estrechamente relacionados con deficiencias en la estructura de soporte del pavimento.

Se contempla que estas deficiencias pueden ser resultado de una mala compactación, la cual se habría visto afectada principalmente por factores como la dirección aplicada durante el proceso de compactación y las características particulares de la pendiente del terreno. Ambos elementos habrían contribuido a que la estructura no lograra la estabilidad y resistencia necesarias para soportar las cargas de tránsito y las condiciones climáticas, lo que ha derivado en el deterioro observado.

12. Bibliografía

Vásquez Varela, L. R. (2001). *PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) PARA PAVIMENTOS ASFALTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS*.

Patiño Lopez, G. A., & Ovalles Camargo, F. A. (2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*.

Murgueitio Valencia, A., Paz Achipiz, C. I., Florez Galvez, J. H., Correa Muñoz, N. A., Solano Fajardo, E. d. J., Arboleda Fajardo, C. A., & Rivas Muñoz, N. (2008). *Manual de diseño geométrico de carreteras*.

Bocanegra, L. C., & Sánchez, J. J. (s. f.). *MAPA DE FALLAS DE LOS VOLCANES CHILES-CERRO NEGRO (NARIÑO) a PARTIR DE MINERÍA DE DATOS y CONFIRMACIÓN DE CAMPO*. <https://www.redalyc.org/journal/3496/349653053005/html/>

Vera Guarnizo, M. C., Miranda Gutiérrez, D. A., Monroy Gutiérrez, J. E., Díaz Ochoa, M. G., & Grimaldo Rodríguez, J. F. (2022). *PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
©Corporación Universitaria Minuto de Dios.