Estudio Patológico Vía en Placa Huella Barrio Peñitas, Municipio de Victoria, Caldas

Ing. Paula Andrea Palacio Ríos

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Especialización en Patología de la Construcción

Ingeniera, Magister

Olga Lucia Vanegas Alfonso

Victoria, Caldas

24 de Julio de 2024

Estudio Patológico Vía en Placa Huella Barrio Peñitas, Municipio de Victoria, Caldas

AUTOR

Ing. Paula Andrea Palacio Ríos

Trabajo Profesional Integrado (TPI) para optar el título de: Especialista en Patología de la Construcción

DIRECTORA

Ingeniera Magister. Olga Lucia Vanegas Alfonso

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ciencias y Tecnologías

Especialización en Patología de la Construcción

Victoria, 2024

ESTUDIO PATOLÓGICO VÍA EN PLACA HUELLA BARRIO PEÑITAS, EN EL MUNICIPIO DE VICTORIA, CALDAS.

RESUMEN

Este estudio académico se centró en la evaluación patológica de la vía en placa huella en el barrio Peñitas, municipio de Victoria, Caldas, abordando una extensión de 230 metros, con el propósito de diagnosticar integralmente las afectaciones y proponer intervenciones técnicas que restauraran su funcionalidad, preservando su relevancia como corredor alterno y contribuyendo al desarrollo socioeconómico regional.

La metodología comprendió la recopilación detallada de información sobre la construcción de la vía, identificación de sus condiciones físicas, mecánicas y químicas, y un análisis específico de los daños en los elementos que la conforman. Se realizó un auscultamiento de la vía y se efectuaron ensayos destructivos y no destructivos para evaluar adecuadamente las lesiones y así determinar causas acertadas.

Los resultados proporcionaron un diagnóstico preciso de las afectaciones patológicas, destacando la importancia de un trabajo concienzudo. En conclusión, este estudio proporcionó una evaluación integral de la vía en placa huella, identificando los desafíos patológicos y proponiendo alternativas para preservar su funcionalidad y contribuir al desarrollo sostenible de la región, en la búsqueda de soluciones que permitieran garantizar un adecuado y seguro tránsito vehicular. Además, se presentaron recomendaciones para evitar futuros problemas de este tipo en otras vías de igual modelo constructivo.

ABSTRACT

This academic study focused on the pathological evaluation of the roadway in the Peñitas neighborhood, municipality of Victoria, Caldas, covering an extension of 230 meters, with the purpose of comprehensively diagnosing the damages and proposing technical interventions to restore its functionality, preserving its relevance as an alternative corridor and contributing to the regional socioeconomic development.

The methodology included the detailed collection of information on the construction of the road, identification of its physical, mechanical and chemical conditions, and a specific analysis of the damage to its elements. The track was auscultated and destructive and non-destructive tests were performed to properly evaluate the injuries and determine the correct causes.

The results provided an accurate diagnosis of the pathological affectations, highlighting the importance of conscientious work. In conclusion, this study provided an integral evaluation of the roadway on the footprint, identifying the pathological challenges and proposing alternatives to preserve its functionality and contribute to the sustainable development of the region, in the search for solutions that would guarantee adequate and safe vehicular traffic. In addition, recommendations were presented to avoid future problems of this type in other roads of the same construction model.

PALABRAS CLAVE

- Patología
- Hundimiento
- Lesión

KEY WORD

- Pathology
- Sinking
- Injury

CONTENIDO

RESUMEN 4
ABSTRACT..... 5
PALABRAS CLAVE..... 6
KEY WORD..... 6
1. INTRODUCCIÓN.....16
2. JUSTIFICACIÓN.....18
3. OBJETIVOS 21
3.1 Objetivo General 21
3.2 Objetivos Específicos 21
4. ALCANCES Y LIMITACIONES 22
4.1 Alcances 22
4.2 Limitaciones 24
5. METODOLOGÍA 25
5.1 Preparación y planteamiento del estudio 25
5.1.1 Inspección preliminar del paciente 27
5.1.2 Recopilación de información necesaria para el estudio. 28
5.1.3 Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.....30
5.1.4 Definición del equipo humano de trabajo que realizará la exploración. 30
5.1.5 Definición de los medios instrumentales para realizar la exploración. 30
6. HISTORIA CLÍNICA 32
6.1 Fecha de realización del estudio 32
6.2 Datos generales del paciente: 32
6.2.1 Nombre.....32
6.2.2 Uso.....32
6.2.3 Propietario 32
6.2.4 Localización (departamento, municipio, vereda) 32
6.2.5 Fecha de construcción.....34
6.2.6 Fecha de intervenciones 34

6.2.7 Uso previsto, actual y futuro del sector 35
6.3 Datos generales del entorno: 37
6.3.1 Edificaciones u obras vecinas 37
6.3.2 Clima y contaminación del ambiente 38
6.3.3 Temperatura y humedad atmosférica 38
6.3.4 Precipitaciones anuales 41
6.3.5 Escorrentías aguas superficiales 43
7. SUELOS Y CIMENTACIONES 43
7.1 Geología general del paciente 43
7.2 Estudio de suelos realizado en el paciente 46
7.3 Tipo de cimentación realizada 48
7.4 Nivel freático 49
7.5 Estratigrafía 51
8. ARQUITECTURA 55
8.1 Contexto histórico 55
8.2 Materiales 55
8.3 Sistema constructivo 57
8.3.1 Sistema constructivo y estructural 57
8.3.2 Superficie de apoyo de las losas - Cimentación 57
8.3.3 Material de las losas 57
8.3.4 Dimensión de las losas 57
8.3.5 Criterio de diseño adoptado 57
9. ESTRUCTURA 61
9.1 Dimensiones y refuerzo: 61
10. EDIFICACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN 64
10.1 Información existente 64
10.2 Fidelidad de los planos 66
10.3 Aplicación patológica 66
11. DATOS DE LAS LESIONES 67
12. DESCRIPCIÓN PROCESO PATOLÓGICO MÁS RELEVANTE 81
12.1 Afectación de placas 81

12.2 Patologías por severidad 87
12.2.1 Tramo 1:.....87
13. MARCO REFERENCIAL.....94
13.1 Teórico 94
13.2 Legal.....104
13.3 Geográfico 105
14. COMPONENTE EXPERIMENTAL.....110
14.1 Ensayos destructivos y no destructivos 110
14.1.1 Ensayos destructivos 110
14.2 Estudio de vulnerabilidad sísmica 122
15. DIAGNOSTICO 135
15.1 Análisis y procesamiento de datos 135
15.2 Consolidación de información.....137
15.2.1 Ficha de información general.....137
15.2.2 Ficha de información histórica 137
15.2.3 Ficha de ubicación específica.....137
15.2.4 Ficha de detalles generales 138
15.2.5 Ficha de planos generales.....138
15.2.6 Ficha de lesiones por elementos 138
15.2.7 Ficha de tipificación por lesiones 139
15.2.8 Ficha de planos generales de calificación 139
16. ALTERNATIVA Y PRONÓSTICO 140
17. ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN SELECCIONADA 142
17.1 Impacto ambiental 143
17.2 Programación 144
17.3 Presupuesto 145
18. CONCLUSIONES 147
19. RECOMENDACIONES.....149
20. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....151
21. ANEXOS.....154

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1.Ubicación alcance placa huella. 23
Ilustración 2. Mapa conceptual metodología estudio patológico.....25
Ilustración 3. Ubicación tramo en estudio. 34
Ilustración 4. Tránsito vehicular. 36
Ilustración 5. Tránsito vehicular. 36
Ilustración 6. Entorno de la vía. 37
Ilustración 7. Estado del clima en Victoria para el año 2023. 38
Ilustración 8. Temperatura máxima y mínima promedio en Victoria para el año 2023. 39
Ilustración 9. Temperatura máxima en Victoria para el mes de octubre del 2023. 40
Ilustración 10. Niveles de comodidad de la humedad en Victoria para el año 2023. 40
Ilustración 11. Probabilidad mensual de precipitación en Victoria para el año 2023. 41
Ilustración 12. Promedio mensual de lluvia en Victoria para el año 2023. 42
Ilustración 13. Precipitaciones en Victoria para el mes de octubre del 2023. 42
Ilustración 14. Información Geológica zona de estudio. 44
Ilustración 15. Localización plancha zona de estudio. 44
Ilustración 16. Ubicación general del paciente. 45
Ilustración 17. Ubicación especifica del paciente. 45
Ilustración 18. Fracción Mapa Geológico Generalizado de Caldas. 45
Ilustración 19. Detalle cimentación placa huella. 48
Ilustración 20. Ubicación de apiques. 52
Ilustración 21. Perfil estratigráfico sondeo 1. 53
Ilustración 22. Perfil estratigráfico sondeo 2. 54
Ilustración 23. Detalle cinta huella – Piedra pegada. 58
Ilustración 24. Detalle viga riostra. 58
Ilustración 25. Detalle cuneta y bordillo. 58
Ilustración 26. Verificación de medidas placa huella. 61
Ilustración 27. Verificación de anchos ciclópeo. 62
Ilustración 28. Verificación de anchos viga riostra. 62

Ilustración 29. Verificación de espesor. 62
Ilustración 30. Vista en planta refuerzo placa huella. 63
Ilustración 31. Vista en corte viga riostra. 64
Ilustración 32. Vista en corte placa huella. 64
Ilustración 33. División de placa huella para su evaluación. 82
Ilustración 34. Clasificación de los tramos a evaluar. 82
Ilustración 35. Gráfica daños Tramo 1. 83
Ilustración 36. Gráfica daños Tramo 2. 84
Ilustración 37. Gráfica total placas afectadas.....85
Ilustración 38. Gráfica deterioro severidad baja – media - alta T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central). 89
Ilustración 39. Gráfica deterioro severidad baja – media – alta T1 (Cunetas y Bordillo). 91
Ilustración 40. Gráfica deterioro severidad baja – media - alta T2 (Cintas huellas - Ciclópeo central). 92
Ilustración 41. Gráfica deterioro severidad baja – media – alta T2 (Cunetas y Bordillo). 94
Ilustración 42. Ubicación general. 105
Ilustración 43. Ubicación especifica. 105
Ilustración 44. Vista aérea de la vía. 106
Ilustración 45. Entorno de la vía - Viviendas - Lote.....107
Ilustración 46. Accesos vía en estudio carrera 9B. 108
Ilustración 47. Acceso calle 8. 108
Ilustración 48. Accesos vía en estudio carrera 9A. 109
Ilustración 49. Extracción Núcleo No 1. 112
Ilustración 50. Núcleo No 1 Extraído. 112
Ilustración 51. Identificación Agregados. 112
Ilustración 52. Localización de Acero. 112
Ilustración 53. Extracción Núcleo No 2. 113
Ilustración 54. Núcleo No 2 Extraído. 113
Ilustración 55. Taponamiento de los Orificios. 113
Ilustración 56. Medición No 1. 115
Ilustración 57. Medición No 2. 115

Ilustración 58. Medición No 3. 115
Ilustración 59. Medición No 4. 115
Ilustración 60. Orificio Extracción Núcleo No1. 118
Ilustración 61. Carbonatación Orificio Núcleo No1. 118
Ilustración 62. Orificio Extracción Núcleo No2. 119
Ilustración 63. Carbonatación Orificio Núcleo No2. 119
Ilustración 64. Carbonatación Fallo Cilindro No1. 119
Ilustración 65. Carbonatación Fallo. 119
Ilustración 66. Grafica de sismicidad registrada periodo enero - junio 2017. 126
Ilustración 67. Eventos sísmicos durante julio-diciembre de 2022. 132
Ilustración 68. Eventos sísmicos durante julio-diciembre de 2023. 133
Ilustración 69. Proyección programación de obra. 145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultados estudios de suelos. 47
Tabla 2. Resultado muestra N 1 Límite de Consistencia, Gradación y Humedad Natural. 49
Tabla 3. Resultado muestra N 2 Límite de Consistencia, Gradación y Humedad Natural. 50
Tabla 4. Resultados Sondeo N 1. 53
Tabla 5. Resultados sondeo N 2. 54
Tabla 6. Tipificación de lesiones - Bache - Cinta huella. 67
Tabla 7. Tipificación de lesiones - Grietas transversales - Cinta huella.....69
Tabla 8. Tipificación de lesiones - Hundimientos - Cinta huella. 70
Tabla 9.Tipificación de lesiones - Cabeza dura - Cinta huella. 71
Tabla 10. Tipificación de lesiones - Desportillamiento - Viga riostra. 72
Tabla 11. Tipificación de lesiones - Grieta en bloque - Cuneta. 74
Tabla 12. Tipificación de lesiones - Hundimiento - Cuneta.....75
Tabla 13. Tipificación de lesiones - Bache - Cuneta.....76
Tabla 14. Tipificación de lesiones - Grieta en bloque - Bordillo.....78
Tabla 15. Tipificación de lesiones - Grietas transversales- Piedra Pegada. 79
Tabla 16. Placas afectadas TRAMO 1. 83
Tabla 17. Placas afectadas TRAMO 2. 84
Tabla 18. Total placas afectadas.....85
Tabla 19. Resumen deterioro severidad baja T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).....88
Tabla 20. Resumen deterioro severidad media T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).....88
Tabla 21. Resumen deterioro severidad alta T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).....88
Tabla 22. Resumen deterioro severidad baja T1 (Cunetas y Bordillo). 90
Tabla 23. Resumen deterioro severidad media T1 (Cunetas y Bordillo). 90
Tabla 24. Resumen deterioro severidad alta T1 (Cunetas y Bordillo). 90
Tabla 25. Resumen deterioro severidad media T2 (Cintas huellas - Ciclópeo central).....92
Tabla 26. Resumen deterioro severidad media T2 (Cunetas y Bordillo). 93
Tabla 27. Resumen deterioro severidad alta T2 (Cunetas y Bordillo). 93

Tabla 28. Definición de la zona de amenaza sísmica de los municipio del departamento de Caldas, según la NSR 10- Titula A. 124
Tabla 29. Sismos periodo julio - diciembre 2016. 125
Tabla 30. Sismos periodo julio - diciembre 2016. 126
Tabla 31. Sismos periodo enero - junio 2017. 127
Tabla 32. Sismos periodo enero - junio 2017. 127
Tabla 33. Sismos periodo enero - junio 2017. 128
Tabla 34. Sismos periodo enero - junio 2022. 131
Tabla 35. Presupuesto de Obra. 146

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización Estudio del Paciente

Anexo 2. Formatos de Recopilación de Información en Campo

Anexo 3. Tabla de Daños

Anexo 4. Tabla de Daños – Registro Fotográfico

Anexo 5. Fichas de Recolección de Información y Documentación

5.1 Información General

5.2 Información Histórica

5.3 Ubicación Específica

5.4 Detalles Generales

5.5 Planos Generales

5.6 Lesiones por Elementos

5.7 Tipificación de Lesiones

5.8 Planos Generales de Calificación

5.9 Daños por Compresión

5.10 Daños por Flexión

Anexo 6. Informe Resultado de Ensayos

Anexo 7. Matriz de Vulnerabilidad Sísmica

Anexo 8. Fichas Impacto Ambiental

Anexo 9. Programación de Obra

Anexo 10. Presupuesto de Obra

Anexo 11. Estudios y Diseños Obra Inicial

1. INTRODUCCIÓN

Este informe aborda el estudio patológico de la vía en placa huella ubicada en el Barrio Peñitas, Municipio de Victoria, Caldas. El enfoque de este análisis se centró en una extensión de 230 metros, con el objetivo de diagnosticar exhaustivamente las afectaciones presentes y proponer intervenciones técnicas que restablezcan su funcionalidad, preservando su importancia como corredor alterno y contribuyendo al desarrollo socioeconómico regional.

Durante el primer semestre de este estudio, se emprendió una metodología integral que incluyó la recopilación detallada de información sobre la construcción de la vía, identificación de condiciones físicas, mecánicas y químicas, y un análisis específico de los daños presentes en sus elementos constitutivos.

Los resultados obtenidos a lo largo de este proceso permitieron realizar un diagnóstico preciso de las afectaciones patológicas, destacando la relevancia de un análisis minucioso. Este diagnóstico se basó en la identificación de grietas longitudinales y transversales, grietas de esquina, grietas de bloque o múltiples, hundimientos o asentamientos, baches, desportillamiento de juntas y cabeza dura, cada uno con características específicas de ubicación y severidad.

Se planteó la alternativa de solución más viable para la vía, teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico realizado, incluyendo los resultados de cada uno de los ensayos de

laboratorio, tanto destructivos como no destructivos. Estos ensayos se realizaron con el objetivo de subsanar los procesos patológicos desde su origen y causa. Los ensayos destructivos incluyeron pruebas de resistencia a la compresión de cilindros de concreto, mientras que los ensayos no destructivos abarcaron mediciones de rebote del concreto endurecido, determinación de la profundidad de carbonatación y medición de grietas y fisuras.

Este documento presenta los resultados alcanzados bajo los ensayos de laboratorio realizados; para los núcleos extraídos de las cintas huellas se mostraron resistencias a la compresión mayores que la resistencia de diseño de la placa huella, lo que sugiere una calidad adecuada del material y una construcción sólida de los elementos evaluados, además, los ensayos de medición de rebote de concreto endurecido, arrojaron valores de resistencia deducida que estuvieron dentro de rangos aceptables, lo que indica una resistencia adecuada del concreto en la mayoría de las áreas valoradas, lo anterior permitió llegar a una conclusión fundamentada sobre la mejor alternativa de intervención para garantizar la integridad y durabilidad de la infraestructura vial.

Finalmente, se concluyó que la sobrecarga vehicular es una de las principales causas de deterioro de la vía, los vehículos que exceden las cargas máximas diseñadas aceleran el desgaste y la aparición de daños estructurales. La implementación de medidas para controlar la carga vehicular, como la instalación de señalización de restricciones de peso y desvío de este tipo de vehículos, es fundamental para prolongar la vida útil de las reparaciones y garantizar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura.

2. JUSTIFICACIÓN

La selección del paciente para el estudio patológico de la vía en placa huella en el Barrio Peñitas, municipio de Victoria, Caldas, se fundamenta en la necesidad imperativa de evaluar el estado actual de la infraestructura afectada en una extensión total de 230 metros, para las múltiples afectaciones que presenta en cunetas, bordillos, cintas huellas, vigas riostras y en conjunto todos los elementos que la componen, lo cual demanda un análisis detallado para comprender la magnitud de los daños y determinar intervenciones pertinentes.

Es relevante destacar que hasta la fecha no existe una declaratoria patrimonial para la vía en placa huella en cuestión, sin embargo, la importancia socioeconómica como un corredor alterno crítico se sustenta en su papel esencial en la interconexión entre municipios vecinos y corredores viales estratégicos para el desarrollo socioeconómico. El deterioro actual representa una amenaza significativa para la funcionalidad y seguridad de este componente clave de la infraestructura vial.

En cuanto al impacto socioeconómico negativo, este se manifiesta en la interrupción del flujo vehicular, afectando no solo a los residentes locales, sino también a las actividades comerciales y al acceso a servicios públicos. La rehabilitación de la vía no solo preservará un elemento fundamental de la infraestructura vial, sino que también contribuirá a la revitalización económica al mejorar la conectividad y facilitar el transporte eficiente de bienes y personas.

Además, la importancia de esta vía como corredor alterno crítico, conectando municipios vecinos y corredores viales estratégicos, resalta su papel fundamental en el desarrollo de la región. La falta de una declaratoria patrimonial no disminuye su relevancia para la movilidad y el intercambio económico, haciendo imperiosa su intervención para preservar su funcionalidad y contribuir al desarrollo socioeconómico.

En comparación con otros pacientes, esta vía específica se destaca por su impacto significativo en la conectividad y en el desarrollo de la actividad económica de la región. La necesidad de intervención se fundamenta en la urgencia de mantener la integridad estructural y funcional de esta infraestructura clave para garantizar el flujo eficiente de vehículos y contribuir al progreso económico de la comunidad.

Realizar un estudio patológico, exponer las afectaciones y proponer posibles alternativas para la intervención en la vía en placa huella del Barrio Peñitas en el municipio de Victoria, se presenta como imperativa dada su función crítica como el corredor alterno y la principal vía de acceso al oriente de Caldas. Esta carretera sirve como la puerta de entrada para una red interconectada de municipios, incluyendo Samaná, Marquetalia, Manzanares y Pensilvania, desempeñando un papel central en el transporte de alimentos, bienes de comercio y materias primas, estos municipios centran su economía en actividades principalmente agropecuarias y de turismo, así mismo en la producción de alimentos derivados de la caña, aguacate, café, chocolate, y lácteos en general, existen alrededor de 25 empresas productoras en el territorio, que

dinamizan la economía en aproximadamente el 70% de la región y así mismo aportan a la economía del país.

Caldas, al ser un punto nodal para estas localidades, depende esencialmente de la funcionalidad de esta vía para el flujo eficiente de suministros críticos, ya que esta carretera no solo facilita la entrada de recursos esenciales a la región, sino que también sirve como ruta primordial para la distribución de productos desde estas localidades hacia la ciudad capital.

La necesidad de intervenir esta vía se amplifica al considerar su rol como columna vertebral para la actividad económica en la región, su deterioro compromete no solo la movilidad, sino también la cadena de suministro regional. La intervención se torna fundamental para preservar la conectividad vital que sostiene el intercambio económico entre estos municipios, asegurando la fluidez en el ingreso y salida de bienes esenciales para el desarrollo sostenible de la zona.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Realizar un estudio patológico vía en placa huella barrio Peñitas, en el municipio de Victoria, Caldas.

3.2 Objetivos Específicos

Identificar a través de una salida de campo utilizando instrumentos para poder analizar el estado de vulnerabilidad del paciente.

Realizar ensayos de laboratorio para identificar las diferentes patologías.

Evaluar los resultados de laboratorios obtenidos de los ensayos tomados.

Concluir los resultados obtenidos durante la visita de campo y los ensayos realizados en la estructura vial estudiada.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1 Alcances

El estudio patológico se enfoca específicamente en la vía en placa huella ubicada en el barrio Peñitas del municipio de Victoria, Caldas, carrera 9 entre calles 6 y 8, abarcando una extensión de 230 metros. El análisis se centra en los aspectos patológicos de la infraestructura vial, considerando la contextualización de su construcción, antecedentes, estudios de suelos, procesos constructivos y planimetría.

Abarca el dictamen patológico de las lesiones típicas identificadas en el caso de estudio, se busca evaluar el nivel de deterioro de la infraestructura a lo largo de todos sus componentes como cunetas, bordillos, cintas huellas, ciclópeo central o piedra pegada y vigas riostras. Además, se proporcionan recomendaciones para el diagnóstico definitivo y alternativas de intervención pertinentes para preservar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura vial.

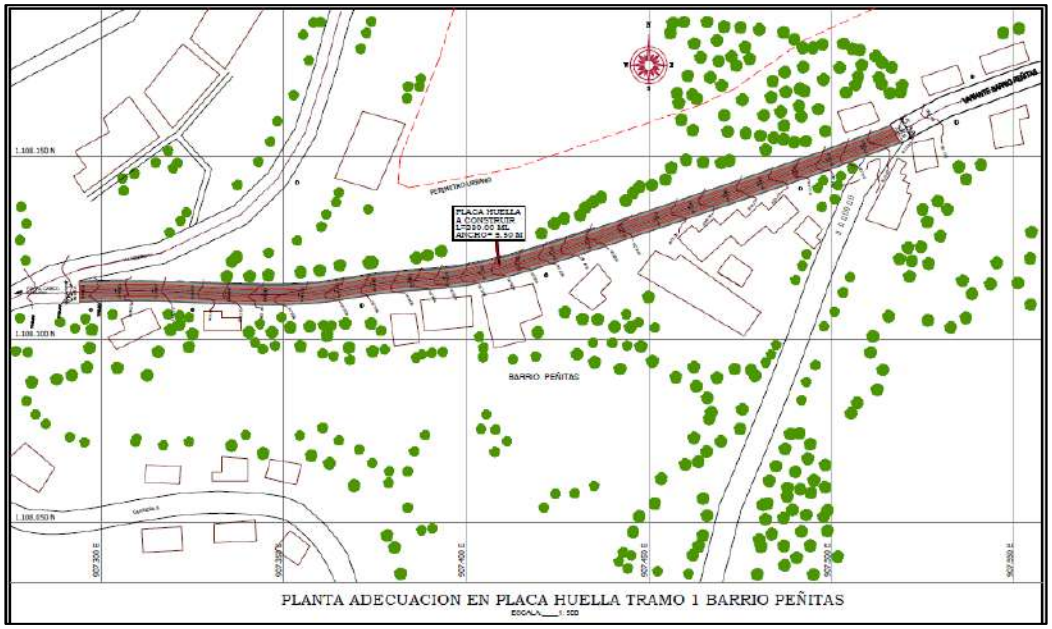


Ilustración 1.Ubicación alcance placa huella.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

Se cuenta con los documentos soportes de la elaboración y construcción del proyecto, así como los permisos necesarios para emplear los mismos y de igual manera realizar los ensayos que sean pertinentes en la vía, con la finalidad de tener un diagnóstico acertado de las causas que han generado el deterioro y las lesiones que presenta la placa huella en la actualidad.

El proyecto no solo se centra en la evaluación de daños, sino también en proponer soluciones viables para la intervención, considerando la necesidad urgente de mantener la integridad estructural y funcional de la vía. El alcance se extiende a la contribución para la revitalización económica al mejorar la conectividad y facilitar el transporte eficiente de bienes y personas, beneficiando la economía local y regional. De igual forma, se proporciona una propuesta con costos para la intervención o rehabilitación de la vía.

4.2 Limitaciones

Dentro del área de estudio definida, las actividades se limitan al diagnóstico de las condiciones físicas, mecánicas y químicas de la vía, identificando posibles lesiones y afectaciones mediante métodos técnicos de evaluación patológica. La investigación se concentra en la evaluación de los daños y en la presentación de alternativas de solución, conforme a los objetivos específicos planteados.

Este estudio patológico se realiza exclusivamente con fines académicos, por lo que en caso de necesitar acceso a los resultados obtenidos, se requerirá la debida autorización de la profesional responsable de la investigación. La información generada es tratada con la confidencialidad necesaria y está sujeta a las normativas éticas y académicas correspondientes.

Una de las limitaciones más relevantes es la cantidad de ensayos a realizar, debido a los costos que implica y el hecho de ser asumidos por un solo estudiante, por lo cual se realizan tres ensayos entre destructivos y no destructivos para el desarrollo del estudio patológico, lo cual a pesar de ser una limitante, se considera suficiente para obtener datos representativos y fiables que permitan formular un diagnóstico adecuado de las condiciones de la vía. Asimismo, la interpretación de los resultados se lleva a cabo con rigurosidad técnica para garantizar que las conclusiones y recomendaciones sean precisas y útiles para futuros trabajos o intervenciones.

5. METODOLOGÍA

5.1 Preparación y planteamiento del estudio

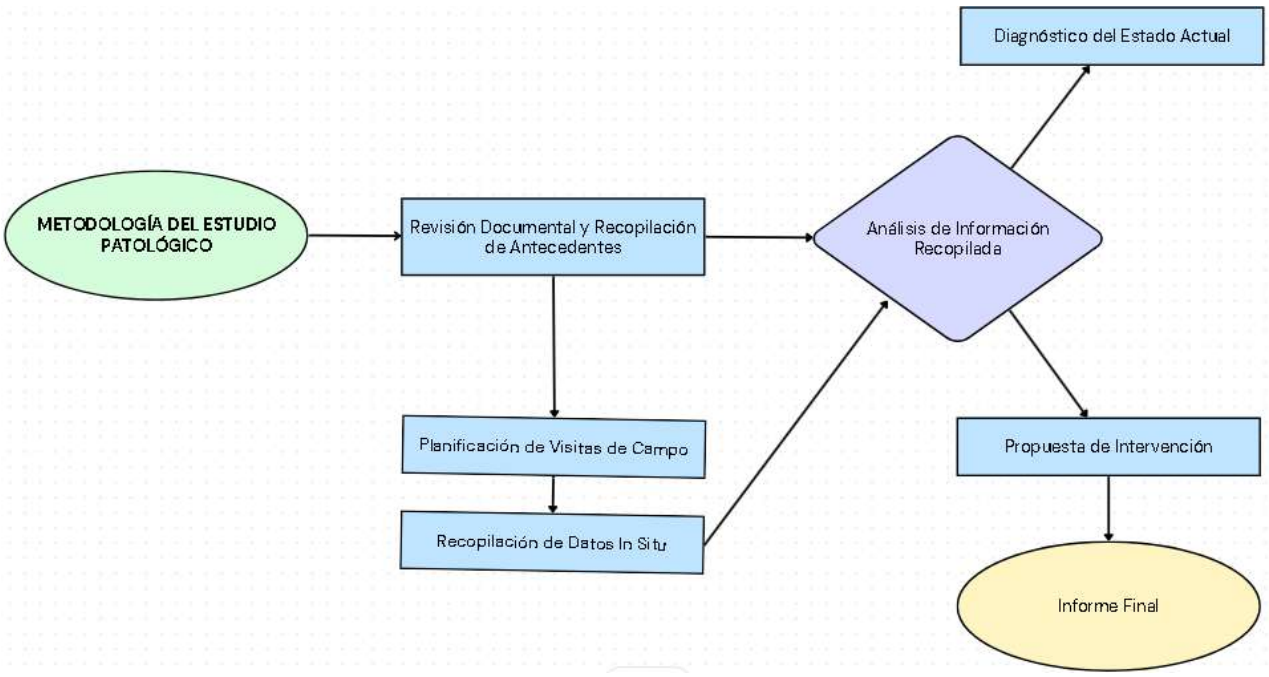


Ilustración 2. Mapa conceptual metodología estudio patológico.

Fuente: Elaboración propia.

Revisión Documental y Recopilación de Antecedentes:

Análisis detallado de planos originales y documentos de diseño y construcción de la placa huella.

Planificación de Visitas de Campo:

Programación de visitas para inspecciones visuales y toma de datos representativos.

Identificación de zonas críticas mediante las inspecciones preliminares.

Recopilación de Datos In Situ:

Utilización de instrumentación de aerofotografía para recolección visual de lesiones y entorno de la vía.

Registro detallado de la condición superficial de la placa huella mediante fichas de levantamiento de información y registros fotográficos amplios.

Análisis de Información Recopilada:

Procesamiento de datos de estudios y diseños, así como especificaciones constructivas de la placa huella.

Análisis de las aerofotografías para identificar lesiones.

Estudio de las fichas del levantamiento de información con el registro fotográfico, donde se puedan clasificar las afectaciones como grietas, hundimientos y otros signos visuales de deterioro.

Diagnóstico del Estado Actual:

Integración de datos para un diagnóstico estructural detallado.

Clasificación de patologías según su gravedad y afectación a la funcionalidad de la placa huella.

Propuesta de Intervención:

Desarrollo de estrategias de intervención basadas en el diagnóstico, y la necesidad de funcionalidad de la vía, incluyendo todos los aspectos relevantes de su entorno y su uso.

Evaluación de la viabilidad técnica de la propuesta de intervención.

Informe Final:

Documentación técnica detallada de la metodología aplicada.

Presentación de resultados, diagnóstico y propuestas de intervención.

Conclusiones y recomendaciones para futuros estudios y acciones de mantenimiento.

5.1.1 Inspección preliminar del paciente

En el marco de la metodología, se contempla una fase de inspección preliminar del área de estudio, equiparable a la exploración inicial de un paciente, las visitas de campo se llevan a cabo para evaluar la sintomatología, que en este contexto se traduce en la observación de posibles indicadores de deterioro, como grietas, hundimientos o cualquier otra manifestación en la infraestructura de la vía en placa huella.

Se realizaron visitas de inspección al paciente, diligenciando el formato de inspección de pavimentos rígidos del Instituto Nacional de Vías - INVIAS, donde se pudieron plasmar las

afectaciones presentes en cada placa, incluyendo el nivel de severidad así como las dimensiones de la lesión encontrada, es una herramienta de gran ayuda para el levantamiento de la información en campo.

Lo anterior como insumo para diligenciar las fichas de recolección de información y documentación del paciente, las cuales son un anexo del presente informe. (Ver Anexo No 5).

5.1.2 Recopilación de información necesaria para el estudio.

Se destacan los recursos disponibles para realizar el estudio, como lo son:

Estudios y Diseños Originales:

Se cuenta con estudios y diseños de la construcción inicial de la vía en placa huella, proporcionando una base técnica detallada.

Levantamiento Topográfico:

Disponibilidad de un levantamiento topográfico de la fecha de construcción de la obra, que incluye detalles precisos de la topografía de la vía y sus alrededores.

Carteras Topográficas Existentes:

Referencia a carteras topográficas existentes para obtener información adicional sobre el entorno circundante.

Detalles de la Placa Huella:

Información detallada sobre la placa huella, incluyendo dimensiones, materiales utilizados y métodos constructivos.

Estudio de Suelo Preexistente:

Datos previos del estudio de suelo que proporcionan información sobre las condiciones geotécnicas del terreno.

Planta de Adecuación de la Placa Huella:

Documentación técnica que describe la planta de adecuación de la placa huella, brindando información sobre detalles del tramo en estudio.

Presupuesto de Obra y Cantidades de Obra:

Revisión del presupuesto original y las cantidades de obra ejecutadas en el proyecto.

Fotografías Históricas y Aerofotografías:

Utilización de fotografías antiguas para contextualizar la evolución histórica de la vía.

Análisis de aerofotografías actuales para obtener perspectivas aéreas y detalles específicos.

Con estos recursos disponibles, la recopilación de información se llevará a cabo de manera integral, aprovechando estudios previos, documentación técnica y herramientas específicas para garantizar una base sólida del estudio de la vía en placa huella.

5.1.3 Permisos y autorizaciones para abordar estudio al paciente.

Se cuentan con los permisos y autorizaciones necesarias por parte de la entidad territorial responsable de la vía, como lo es la Alcaldía Municipal de Victoria Caldas; para emplear los estudios y diseños iniciales de la construcción de la vía en placa huella, como información preliminar y de base del presente estudio patológico, así como también autorizaciones para realizar inspecciones visuales en cualquier momento y los ensayos que sean necesarios para el desarrollo del trabajo académico, en el tramo de la placa huella, ubicada en la carrera 9, entre calles 6 y 8. (Ver Anexo No 1).

5.1.4 Definición del equipo humano de trabajo que realizará la exploración.

El equipo humano responsable de realizar las exploraciones será únicamente la Ingeniera Civil Paula Andrea Palacio Ríos, como parte de investigación para el desarrollo del Trabajo Profesional Integrado (TPI) de la Especialización en Patología de la Construcción.

5.1.5 Definición de los medios instrumentales para realizar la exploración.

Se emplearan los siguientes instrumentos para realizar las inspecciones:

- Dispositivos de medición: como flexometros y medidor laser, para determinar medidas y distancias de forma acertada.

- Nivel láser: para establecer referencias de nivelación en el área de estudio.
- GPS de alta precisión: para la georreferenciación exacta de puntos relevantes.
- Cámaras fotográficas y drones: para documentar visualmente la topografía y el entorno de la vía.
- Equipos de seguridad personal: para garantizar la seguridad del equipo de exploración durante las actividades en campo.
- Fichas de caracterización: para levantamiento de información del entorno y lesiones presentes en el paciente.
- Elementos para toma de notas importantes.
- Instrumentos necesarios para realizar ensayos

5.1.6 Responsable del Estudio

La responsable del estudio es la estudiante de la Especialización en Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomas, Ingeniera Civil Paula Andrea Palacio Ríos.

6. HISTORIA CLÍNICA

6.1 Fecha de realización del estudio

Se da inicio al estudio patológico el día 30 de septiembre de 2023 y se continúa desarrollando durante el segundo semestre de la Especialización en Patología de la Construcción, es decir, hasta el mes de julio del año 2024.

6.2 Datos generales del paciente:

6.2.1 Nombre

Obra Pública Para La Construcción y Adecuación de Vías En Placa Huella del Municipio de Victoria, Caldas.

6.2.2 Uso

Vía Intermunicipal.

6.2.3 Propietario

Municipio de Victoria, Caldas.

6.2.4 Localización (departamento, municipio, vereda)

La obra pública se construyó en el municipio de Victoria ubicado en el oriente del departamento de Caldas, en la región conocida como Magdalena Medio, se encuentra este municipio entre el piedemonte Oriental de la Cordillera Central y el Valle Interandino del río Magdalena.

El municipio limita por el Oriente con el Municipio de La Dorada; por el Occidente con los Municipios de Marquetalia y Samaná; por el Norte con Norcasia y Samaná y por el sur con los Municipios del Tolima, Honda y Mariquita.

Victoria es un Municipio con una extensión geográfica de 507 Km2 donde el área rural comprende 505 Km2 abarcando el 99,6% de la extensión total, siendo un municipio eminentemente de vocación agraria, sin embargo, su extensión urbana es de 2 Km2 con un porcentaje del 0,39%. (Alcaldía Municipal de Victoria, 2024)

La ubicación específica del tramo a estudiar es la siguiente, Barrio Peñitas, carrera 9 entre calles 6 y 8, un tramo con una longitud total de 230 metros:

Coordenadas de Inicio	Norte 05º19’12.4”N	Este 74º54’48.9”O
Coordenadas Final	Norte 05º19’14.1”N	Este 74º54’42.8”O

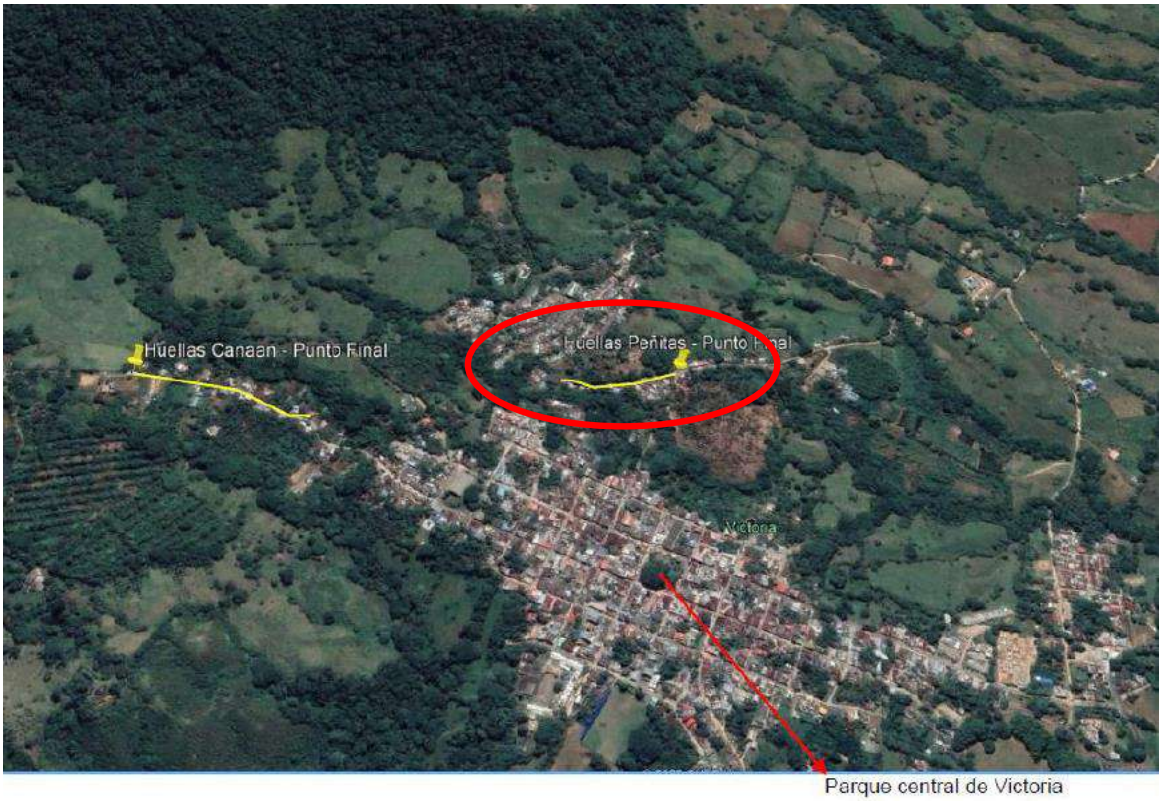


Ilustración 3. Ubicación tramo en estudio.

Fuente: Google Earth.

6.2.5 Fecha de construcción

Inicio su construcción el 06 de noviembre del año 2015 y fue terminada el 11 de marzo de 2016, desde entonces se encuentra en funcionamiento para el objeto que fue construida.

6.2.6 Fecha de intervenciones

No se han realizado intervenciones a la fecha.

6.2.7 Uso previsto, actual y futuro del sector

Uso Previsto: El uso previsto está orientado hacia la mejora de la transitabilidad y seguridad de los residentes locales, así como la relevancia estratégica de la vía como corredor clave, por ser el ingreso a los municipios que hacen parte de oriente de Caldas, con lo cual se busca el desarrollo económico y turístico de la región, preservando un ambiente tranquilo y un equilibrio cuidadoso entre la conservación de la naturaleza residencial de la zona y la optimización de la vía como infraestructura esencial para la conectividad regional.

Uso Actual: La vía en estudio es considerada como una vía alterna o variante, por la cual transitan gran cantidad de vehículos diariamente, ya que el municipio se encuentra en lugar de transito obligado, como puerta de ingreso al oriente del departamento de Caldas, se decidió mejorar el estado de la vía mediante la construcción de esta placa huella en el año 2016, desde entonces su uso y funcionamiento ha sido constante.

Según lo dispuesto en el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Victoria, aprobado mediante Acuerdo 087 del 01 de septiembre del 2.000 por el Honorable Concejo Municipal, el sector está definido como de uso residencial para vivienda unifamiliar, así mismo para comercio, servicios y equipamiento colectivo, los anteriores usos controlados y reglamentados en las disposiciones del EOT del municipio.

Uso Futuro: Se proyecta que el sector mantendrá su función residencial, existe un proyecto de loteo en el costado de la vía donde no hay intervención alguna a la fecha, por lo cual la vía adquiere una significativa relevancia, así mismo su importancia es estratégica y lo seguirá siendo y se espera que la misma experimente un aumento en el uso como corredor vial, no solo para los residentes locales sino también como ruta de acceso clave para el desarrollo económico y turístico de la región oriental del departamento.

Esta doble función como zona residencial y vía de transito resalta la importancia de evaluar y planificar de manera integral su desarrollo futuro, considerando la demanda creciente y garantizando la preservación de su infraestructura para facilitar un tránsito eficiente y seguro.

Es importante contemplar dentro de un uso futuro ampliar la calzada de la vía y cambiar el tipo construcción de la misma, ya que la placa huella es principalmente usada para zonas rurales de bajo tráfico y con diseño máximo de 22 toneladas, y la vía en la actualidad está soportando cargas mayores a 30 toneladas, como se observa en las ilustraciones No 4 y No 5, tomada en el momento de la inspección realizada.

Ilustración 4. Tránsito vehicular.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 5. Tránsito vehicular.

Fuente: Elaboración Propia.

6.3 Datos generales del entorno:

6.3.1 Edificaciones u obras vecinas

En el entorno actual, se encuentran edificaciones de uso residencial, todas ellas conformadas por un máximo de un nivel. Estas viviendas están ubicadas de manera contigua a un lado de la vía, mientras que en el lado opuesto se extiende un terreno sin intervenciones, sin ninguna obra o construcción cercana a la placa huella, como se observa en la ilustración No 6.

Ilustración 6. Entorno de la vía.

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.2 Clima y contaminación del ambiente

En Victoria, los veranos son cortos, cálidos y húmedos; los inviernos son cortos, calurosos y bochornosos y está mojado y nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 31 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 35 °C. (Spark, 2023).

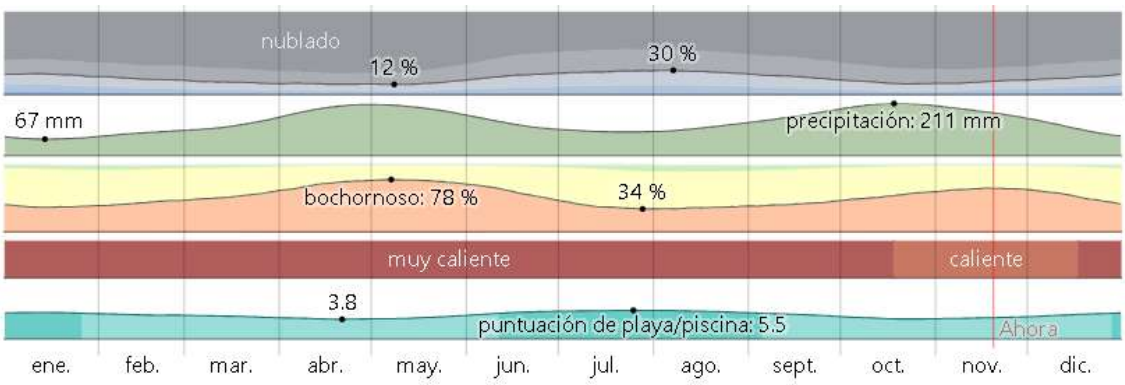


Ilustración 7. Estado del clima en Victoria para el año 2023.

Fuente: (Spark, 2023).

En relación a la contaminación del ambiente, se observa un nivel bajo de contaminantes atmosféricos.

6.3.3 Temperatura y humedad atmosférica

La temporada calurosa dura 1,8 meses y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El mes más cálido del año en Victoria es agosto, con una temperatura máxima promedio de 31 °C y mínima de 21 °C. (Spark, 2023).

La temporada fresca dura 1,9 meses y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 29 °C. El mes más frío del año en Victoria es noviembre, con una temperatura mínima promedio de 21 °C y máxima de 29 °C. (Spark, 2023).

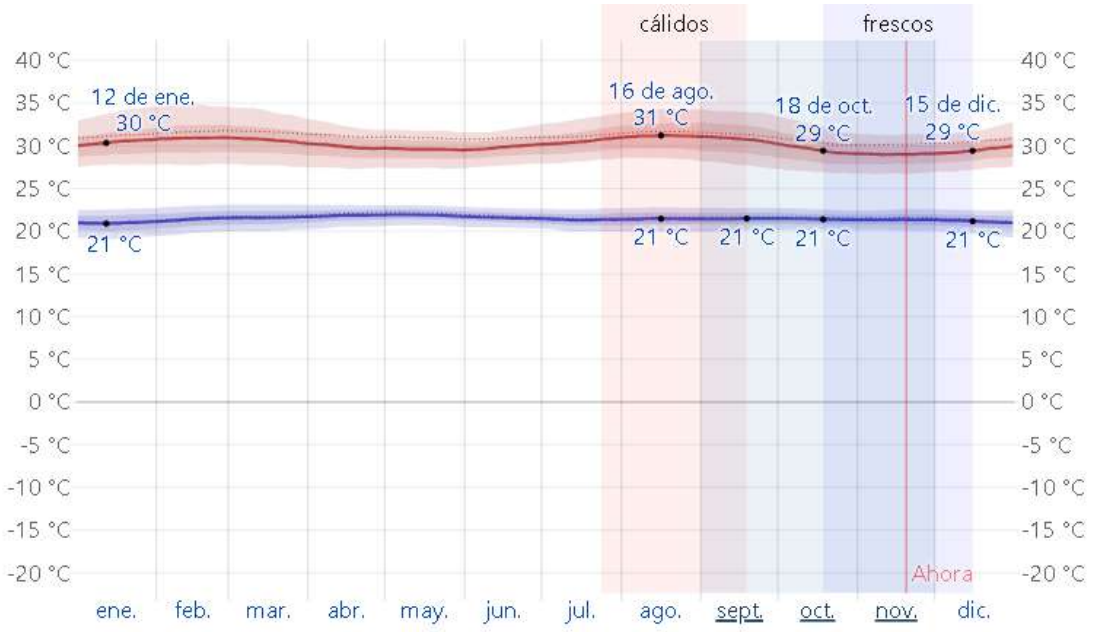


Ilustración 8. Temperatura máxima y mínima promedio en Victoria para el año 2023.

Fuente: (Spark, 2023).

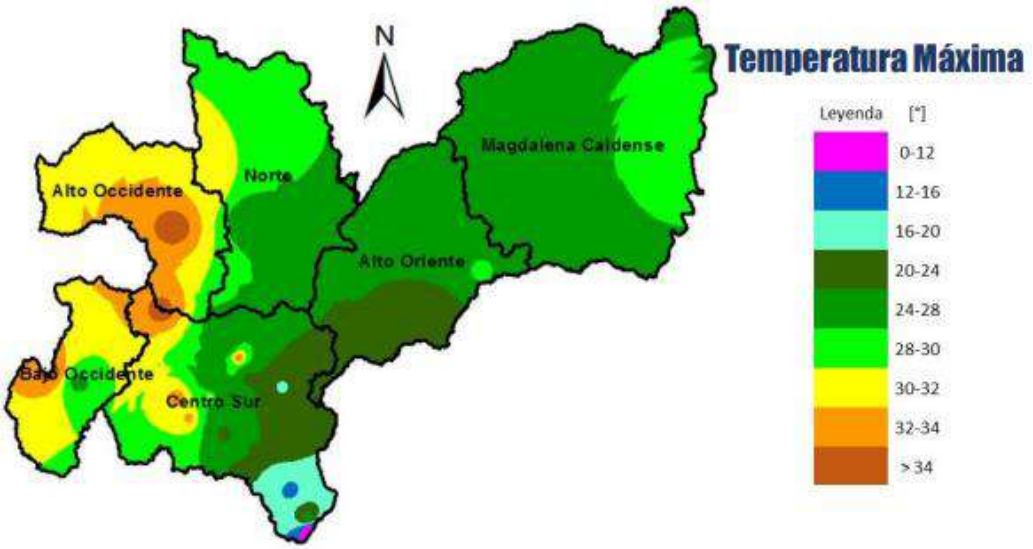


Ilustración 9. Temperatura máxima en Victoria para el mes de octubre del 2023.

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

En Victoria la humedad percibida varía considerablemente, el período más húmedo del año dura 9,2 meses y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 45 % del tiempo. El mes con más días calurosos en Victoria es mayo, con 23,4 días. (Spark, 2023).

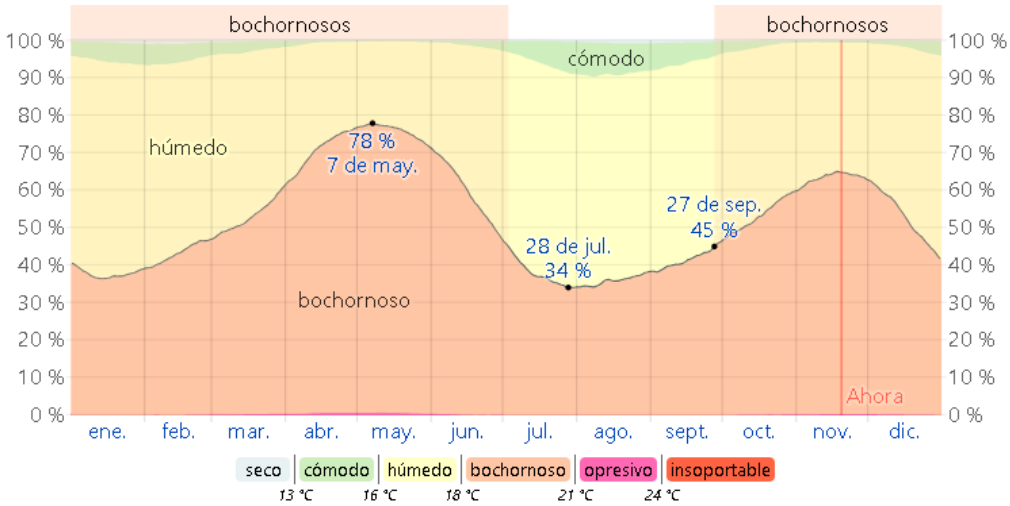


Ilustración 10. Niveles de comodidad de la humedad en Victoria para el año 2023.

Fuente: (Spark, 2023).

6.3.4 Precipitaciones anuales

La temporada más mojada dura 8,7 meses, con una probabilidad de más del 58 % de precipitación. El mes con más días mojados en Victoria es octubre, con un promedio de 23,9 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 3,3 meses, el mes con menos días mojados en Victoria es enero, con un promedio de 12,1 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. El mes con más días con solo lluvia en Victoria es octubre, con un promedio de 23,9 días. (Spark, 2023).

Ilustración 11. Probabilidad mensual de precipitación en Victoria para el año 2023.

Fuente: (Spark, 2023).

Llueve durante todo el año en Victoria y el mes con más lluvia es octubre, con un promedio de 211 milímetros de lluvia. (Spark, 2023).

El mes con menos lluvia en Victoria es enero, con un promedio de 67 milímetros de lluvia.

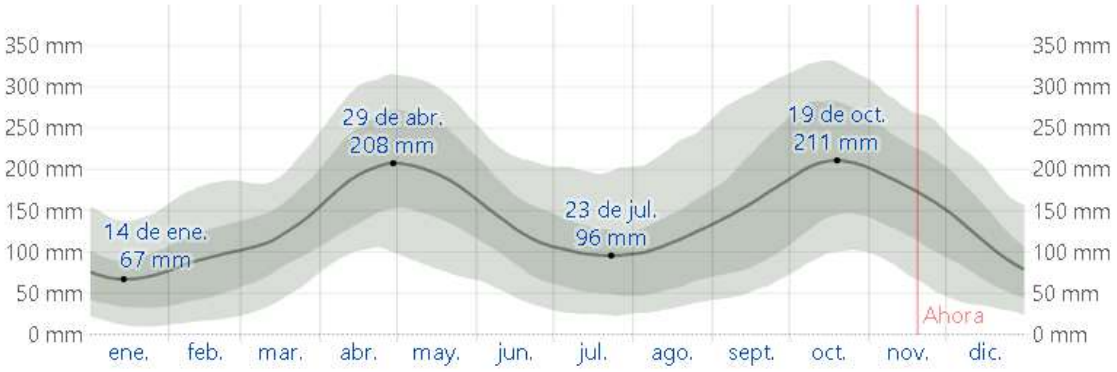


Ilustración 12. Promedio mensual de lluvia en Victoria para el año 2023.

Fuente: (Spark, 2023).

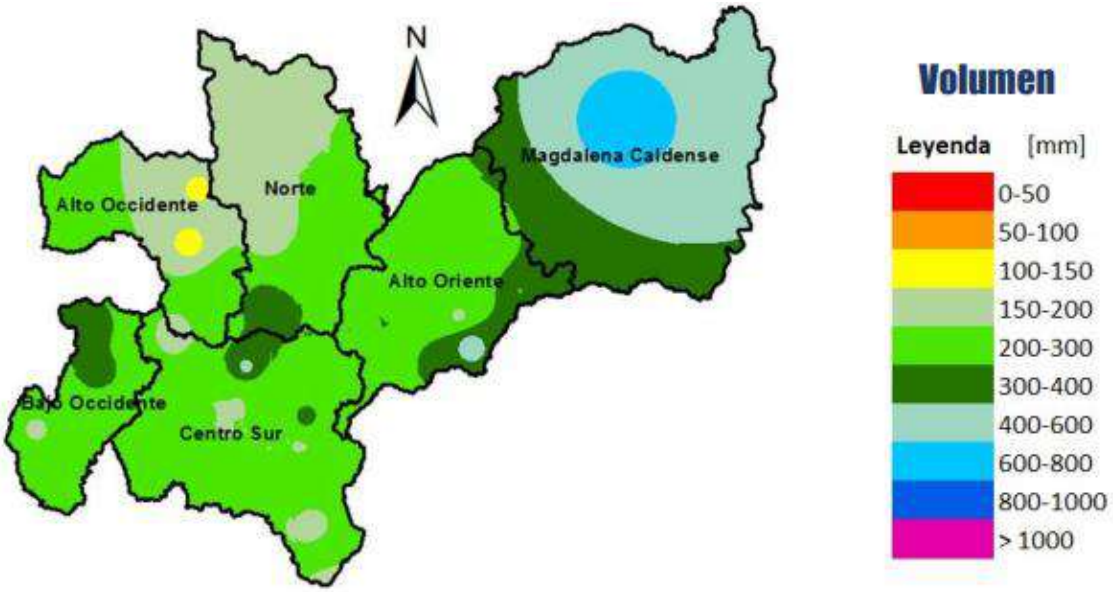


Ilustración 13. Precipitaciones en Victoria para el mes de octubre del 2023.

Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

6.3.5 Escorrentías aguas superficiales

En la zona de estudio, se observa una notable convergencia de aguas de escorrentía, que llegan desde las vías contiguas a esta, las cuales se filtran a través de grietas que se extienden a lo largo de la vía, tanto en las cintas huellas como en las cunetas, debido al notable deterioro que presenta el paciente. Las cunetas que son los elementos diseñados para el flujo continúo y controlado de las aguas superficiales, debido a las afectaciones presentes, está permitiendo su infiltración a lo largo del trayecto.

7. SUELOS Y CIMENTACIONES

7.1 Geología general del paciente

A continuación se relaciona la información geológica general del paciente, basados en la información existente en el Servicio Geológico Colombiano, así como en los estudios realizados previos a la ejecución del proyecto.

Con la información contenida en el Servicio Geológico Colombiano, el proyecto se encuentra localizado en la Plancha No 188 – La Dorada, donde prevalecen lutitas rojas con intercalación de areniscas; arenas y gravas con cantos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas y efusivas; lutitas y areniscas grises. (Servicio Geológico Colombiano, 2014)

Tsh

GRUPO HONDA

Lutitas rojas con intercalación de areniscas; arenas y gravas con cantos de rocas metamórficas e ígneas intrusivas y efusivas; lutitas y areniscas grises.

Ilustración 14. Información Geológica zona de estudio.

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

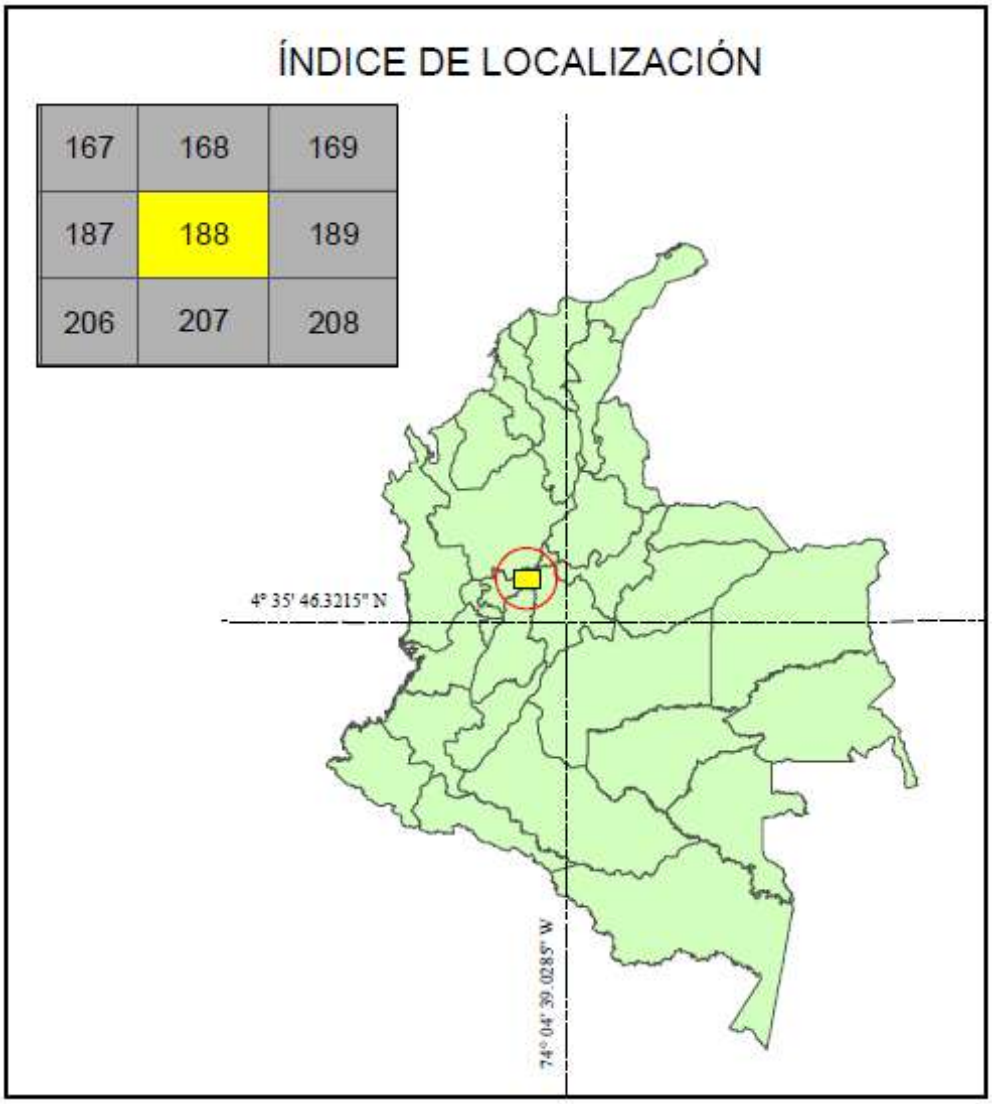


Ilustración 15. Localización plancha zona de estudio.

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2014).

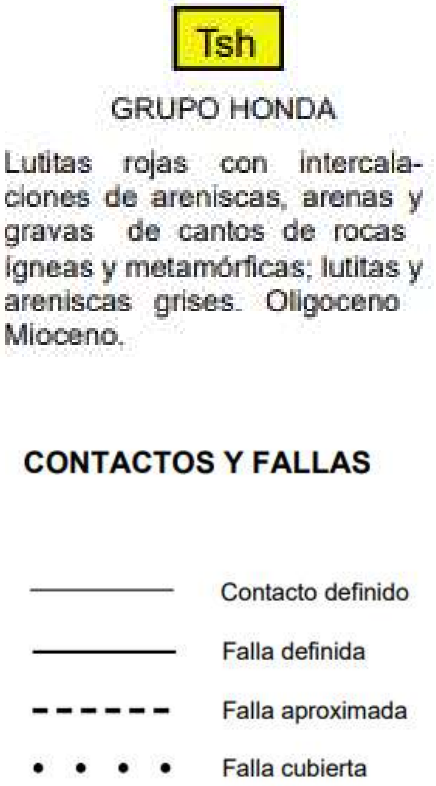
Fallas:

Ilustración 16. Ubicación general del paciente.

Fuente: (Alcaldía Municipal de Victoria, 2024)

Ilustración 17. Ubicación especifica del paciente.

Fuente: Google Maps.



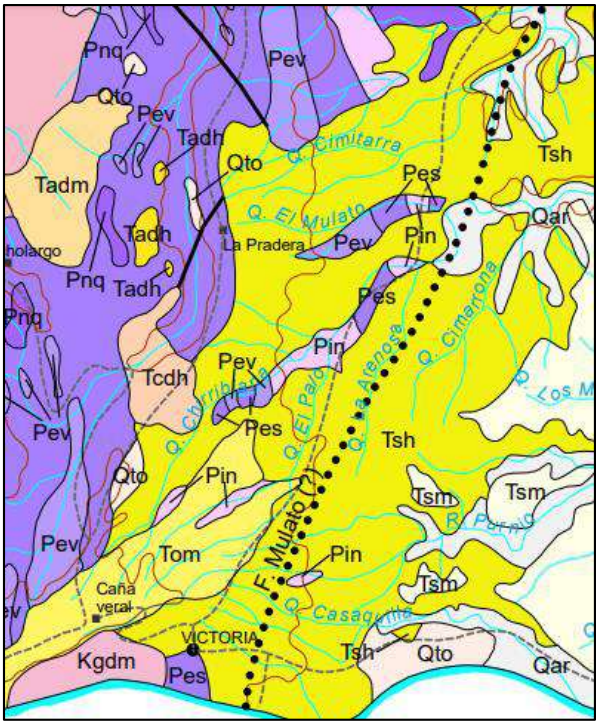


Ilustración 18. Fracción Mapa Geológico Generalizado de Caldas.

Fuente: (I, 2010)

La Falla de Mulato, ubicada en el Valle del Magdalena, se extiende aproximadamente unos 185 km y es conocida por desplazar depósitos del periodo Flio-Cuaternario, además, causa una extensa erosión en superficies del Terciario pre-Mesa. (I, 2010)

Se caracteriza por ser una falla inversa con posible movimiento oblicuo, lo que significa que las rocas a lo largo de la falla se mueven hacia arriba en relación con las rocas adyacentes, su tasa de desplazamiento es muy lenta, lo que implica que los cambios en el paisaje debido a la actividad de la falla pueden ocurrir a lo largo de períodos extensos de tiempo, esto puede representar una amenaza potencial para las áreas cercanas.

El paciente se encuentra próximo a la Falla Mulato, de manera que esta puede ser una causa de su afectación y del mismo modo, se podría ver afectado en el futuro por la dinámica de la misma.

7.2 Estudio de suelos realizado en el paciente

De acuerdo a la información contenida en los estudios y diseños previos a la ejecución de la obra y como insumo, se tiene la siguiente información:

Para realizar el estudio de suelos se practicaron 2 Apiques de 1.00 metro de profundidad distribuidos a margen derecha e izquierda a lo largo de la vía a intervenir.

En esta tarea, se utilizó un conjunto de herramientas manuales de perforación que incluyeron paladraga, barras, picas, palas y un cono dinámico para CBR in-situ. El objetivo era determinar la densidad en estado natural y establecer el grado de compactación necesario para la construcción.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio, en donde se les practicaron los análisis correspondientes a Gradaciones, Humedades, Límites de Atterberg, Clasificaciones, y ensayo CBR de muestras alteradas y penetración CBR de muestras inalteradas.

Tabla 1. Resultados estudios de suelos.

DESCRIPCION	#1 TRAMO 1		#2 TRAMO 1		#1 TRAMO2		#2 TRAMO 2	
Muestra #	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
Espesor mts	0.10 - 0.40	0.40 – 1.00	0.10 – 0.70	0.70 – 1.00	0.00 – 0.50	0.50 – 1.00	0.10 – 0.30	0.30 – 1.00
Toma de muestra mts	0.30	1.00	0.50	1.00	0.30	1.00	0.20	0.80
Humedad natural %	13.7	16.2	15.3	16.3	13.9	17.3	11.3	13.3
Limite Liquido %	30.2	28.3	35.0	35.4	26.0	35.2	28.2	28.1
Limite Plástico %	18.2	18.4	21.3	20.1	14.7	22.0	14.6	16.2
I. P. %	12.1	9.9	13.7	15.3	11.2	13.2	13.6	11.9
Pasa Tamiz # 200 %	60.6	59.5	64.4	66.3	62.3	70.4	73.1	80.6
Clasificación U. S. C.	CL	CL – ML	CL	CL	CL	CL	CL	CL
Indice de Grupo	5	3	7	8	4	8	7	8
Ashoo	A - 6	A - 4	A - 6	A - 6	A - 6	A - 6	A - 6	A - 6
PDC y correlación CBR	22		15		10		15	
C.B.R.	4.0							

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

Los análisis arrojaron como resultado las siguientes características:

El sector se compone de suelos arcillosos e inorgánicos de alta plasticidad, presentándose algunos cambios en sus colores. (Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas)

7.3 Tipo de cimentación realizada

7.3.1 Cimentación – superficie de apoyo de las losas

La estrategia de diseño implementada se centra en desarrollar losas de concreto reforzado con un espesor de veinte centímetros (20 cm), las cuales se ubican directamente sobre una sub-base granular de quince centímetros (15 cm) de espesor. Estas losas se complementan con vigas transversales (riostras) también reforzadas, distribuidas uniformemente y con apoyo completo.

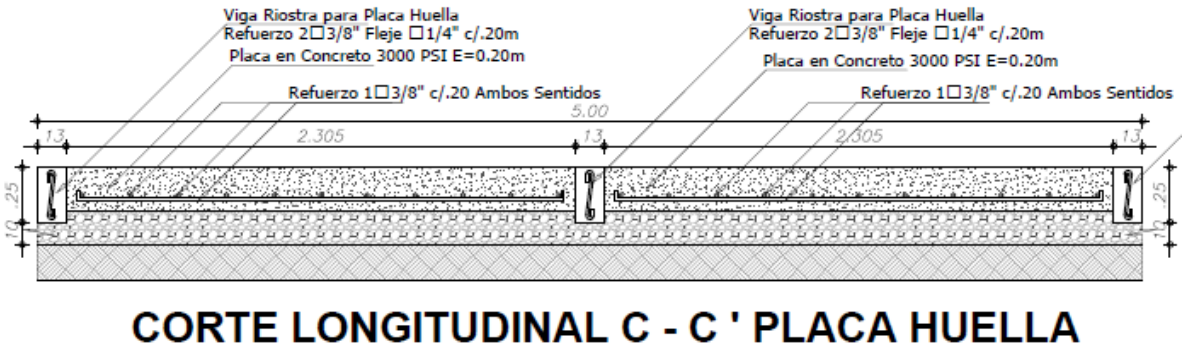


Ilustración 19. Detalle cimentación placa huella.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

7.4 Nivel freático

En el proceso de inspección para la obtención de muestras en campo destinadas a la clasificación del suelo, se evidenció que no se existía presencia del nivel freático a una profundidad de 1,00 metro.

Límites de Consistencia, Gradación y Humedad Natural:

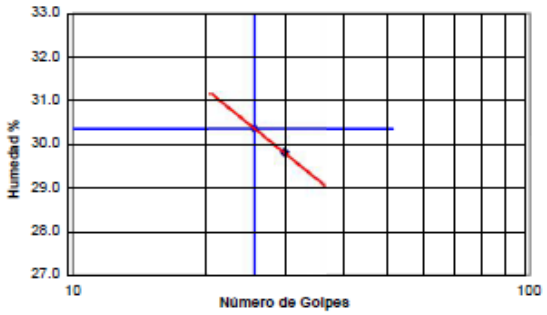
Tabla 2. Resultado muestra N 1 Límite de Consistencia, Gradación y Humedad Natural.

INVIAS: E 122 - 123 - 125 - 126

LIMITES DE CONSISTENCIA, GRADACIÓN Y HUMEDAD NATURAL

EMPRESA:	**MUNICIPIO DE VICTORIA**
PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS ADECUACION DE VIAS EN PLACA HUELLA DEL MUNICIPIO DE VICTORIA - CALDAS
MATERIAL:	Suelos Arcillosos e inorgánicos de Alta plasticidad, color amarillo oscuro
UBICACIÓN:	Via a Barrio Peñitas

SONDEO UNO



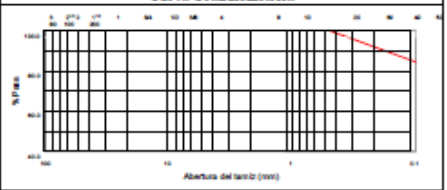
MUESTRA	**1**	**0,30 MTS**
Limite Líquido		
No. De Golpes	29	
No. Recipiente	33	
P1	81.15	
P2	63.73	
P3	5.3	
W%	29.8	
Limite Plastico		
No. Recipiente	11	**Humedad Nat.**
P1	15.12	479.2
P2	13.43	399.4
P3	5.2	38.4
W%	20.5	22.1

DENSIDAD DEL SUELO	
Peso del molde Grs	6.0
Volumen del molde C.C.	16.6
Peso muestra humeda + molde gr	34.3
Peso de la muestra Grs	28.3
DENSIDAD DEL SUELO Kg/m3	**1.70**

Granulometria por Tamizado

P1=	116.9		P2=		18.2
Tamiz	Peso Ret.	% Retenido	% Ret. Acu.	% Que pasa	Norma
11/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	70 - 100
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	60 - 90
4	0.0	0.0	0.0	100.0	45 - 75
10	0.0	0.0	0.0	100.0	30 - 60
40	0.0	0.0	0.0	100.0	20 - 45
200	18.2	15.6	15.6	84.4	10 - 30
-200	98.7	84.4	100.0	0.0	5 - 15

Curva Granulométrica



GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	
Peso del pignometro + agua + solidos	684.8
Temperatura del ensayo	30 °C
Peso del pignometro + agua	630.3
Gravedad especifica del agua	0.9973
Peso recipiente + solidos	127.8
Peso recipiente	40.3
peso de los solidos	87.5
PESO ESPECIFICO grs/cm3	**2.644**

Clasificación		
Humedad Natural	%	22.1
Limite Liquido	%	30.4
Limite Plastico	%	20.5
Indice de Plasticidad	%	9.8
Gruesos	%	0.0
Finos	%	15.6
Pasa Tamiz # 200	%	84.4
U.S.C		**CL**
Indice de Grupo		7
AASHTO		A - 6

OBSERVACIONES:	**Profundidad toma de muestra: 0,00 Mts Estrato: de 0,15 - 0.30 Mts**

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

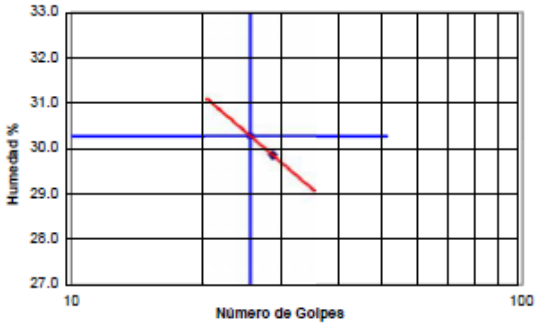
Tabla 3. Resultado muestra N 2 Límite de Consistencia, Gradación y Humedad Natural.

INVIAS: E 122 - 123 - 125 - 126

LIMITES DE CONSISTENCIA, GRADACIÓN Y HUMEDAD NATURAL

EMPRESA:	**MUNICIPIO DE VICTORIA**
PROYECTO:	ESTUDIO DE SUELOS ADECUACION DE VIAS EN PLACA HUELLA DEL MUNICIPIO DE VICTORIA – CALDAS.
MATERIAL:	Suelos Arcillosos e inorgánicos de Alta plasticidad, color amarillo oscuro
UBICACIÓN:	Via a Barrio Peñitas

SONDEO UNO



MUESTRA	**2**	**1.00 MTS**
Límite Líquido		
No. De Golpes	28	
No. Recipiente	9	
P1	84.43	
P2	66.21	
P3	5.2	
W%	29.9	
Límite Plastico		
No. Recipiente	28	**Humedad Nat.**
P1	15.43	539.1
P2	13.69	452.6
P3	5.1	38.4
W%	20.3	20.9

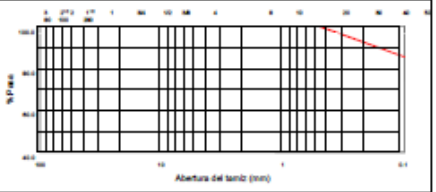
DENSIDAD DEL SUELO	
Peso del molde Grs	6.0
Volumen del molde C.C.	16.6
Peso muestra humeda + molde gr	34.7
Peso de la muestra Grs	28.7
DENSIDAD DEL SUELO Kg/m3	**1.73**

Granulometria por Tamizado

P1= 174.8 P2= 25.3

Tamiz	Peso Ret.	% Retenido	% Ret. Acu.	% Que pasa	Norma
11/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	70 - 100
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	60 - 90
4	0.0	0.0	0.0	100.0	45 - 75
10	0.0	0.0	0.0	100.0	30 - 60
40	0.0	0.0	0.0	100.0	20 - 45
200	25.3	14.5	14.5	85.5	10 - 30
-200	149.5	85.5	100.0	0.0	5 - 15

Curva Granulometrica



GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO	
Peso del pignometro + agua + solidos	722.2
Temperatura del ensayo	30 °C
Peso del pignometro + agua	663.3
Gravedad especifica del agua	0.9973
Peso recipiente + solidos	135.1
Peso recipiente	40.5
peso de los solidos	94.6
PESO ESPECIFICO grs/cm3	**2.643**

Clasificación		
Humedad Natural	%	20.9
Limite Liquido	%	30.3
Limite Plastico	%	20.3
Indice de Plasticidad	%	10.0
Gruesos	%	0.0
Finos	%	14.5
Pasa Tamiz # 200	%	85.5
U.S.C		**CL**
Indice de Grupo		8
AASHTO		A - 6

OBSERVACIONES: **Profundidad toma de muestra: 1,00 Mts Estrato: de 0.50 - 1,00 Mts**

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

Los resultados del análisis de laboratorio revelan características importantes del suelo en el área donde se construyó la placa huella en el municipio de Victoria, Caldas. El límite líquido y el límite plástico proporcionan información sobre la plasticidad del suelo, siendo 29.8% y 20.5% respectivamente en la primera muestra, y 29.9% y 20.3% en la segunda muestra. Estos valores indican la capacidad del suelo para deformarse bajo carga y su susceptibilidad a cambios de humedad, aspectos relevantes para la estabilidad a largo plazo de la infraestructura ya construida.

La humedad natural del suelo, medida en 22.1% para la primera muestra y 20.9% para la segunda muestra, ofrece información sobre la cantidad de agua presente en el suelo en condiciones naturales, este parámetro es importante para evaluar el potencial de asentamiento y expansión del suelo, aspectos que pueden influir en la integridad estructural de la placa huella existente.

Además, la densidad del suelo y el peso específico proporcionan datos sobre la compacidad y la capacidad de soporte del suelo, siendo 1.70 kg/m³ y 2.644 gr/cm³ en la primera muestra, y 1.73 kg/m³ y 2.643 gr/cm³ en la segunda muestra, respectivamente. Con estos resultados se pueden comprender las propiedades geotécnicas del suelo y tomar decisiones de mantenimiento y rehabilitación adecuadas para asegurar la durabilidad y estabilidad de la placa huella ya construida.

7.5 Estratigrafía

Se llevaron a cabos dos sondeos para identificación de los estratos presentes en el tramo de estudio, abarcando desde el nivel 0 hasta una profundidad máxima de 1 metro. En ambos sondeos realizados en el tramo de estudio, se encontraron dos estratos distintos, en las mismas profundidades, desde el nivel 0 hasta 0.45 metros, se identificó suelo arcilloso de alta plasticidad con un color amarillo oscuro. A partir de 0.45 metros hasta 1 metro, la medida máxima de las perforaciones, se observó suelo arcillo limoso de alta plasticidad con un color amarillo y vetas abanas.

El análisis revela una consistencia en los hallazgos entre los dos sondeos, indicando la presencia de estratos similares en ambas muestras. La presencia de arcilla de alta plasticidad sugiere propiedades mecánicas que podrían influir en la estabilidad del terreno, mientras que la variación en color y textura entre los estratos podría tener implicaciones para futuras consideraciones de construcción o ingeniería.

En la Ilustración No 20 se identifica los lugares exactos donde se realizaron los apiques.

Ilustración 20. Ubicación de apiques.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

A continuación se observan los resultados obtenidos en ambos sondeos, para los perfiles estratigráficos.

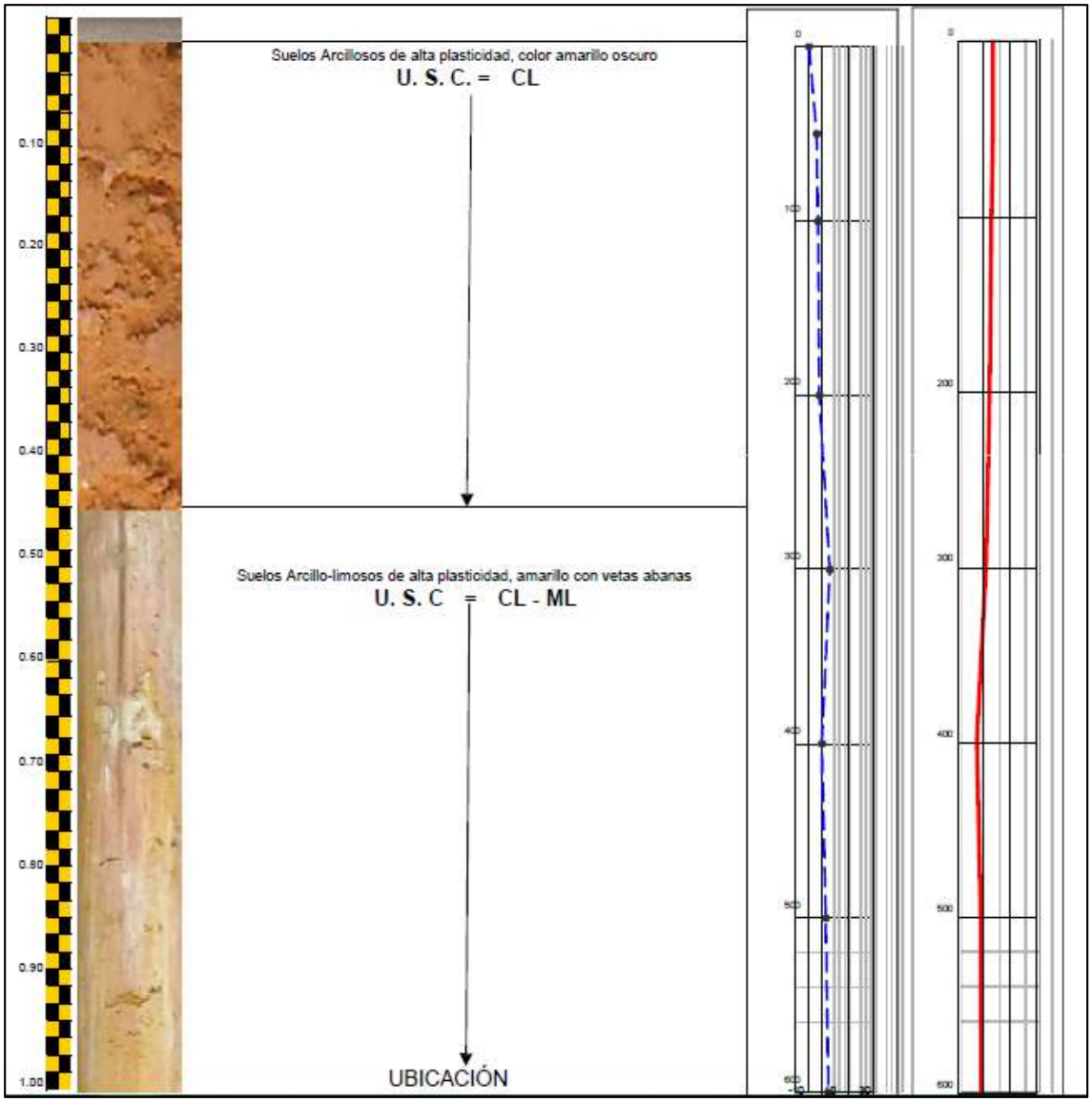


Ilustración 21. Perfil estratigráfico sondeo 1.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

Tabla 4. Resultados Sondeo N 1.

SONDEO UNO

# Golpes	0	6	7	8	16	10	13	15
Profundidad (cms)	0	50	100	200	300	400	500	600
H. N. %	22.1	22.1	21.6	20.9	19.5	16.0	17.5	17.7
Densidad. Tn/m3	1.70			1.73	1.77			

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

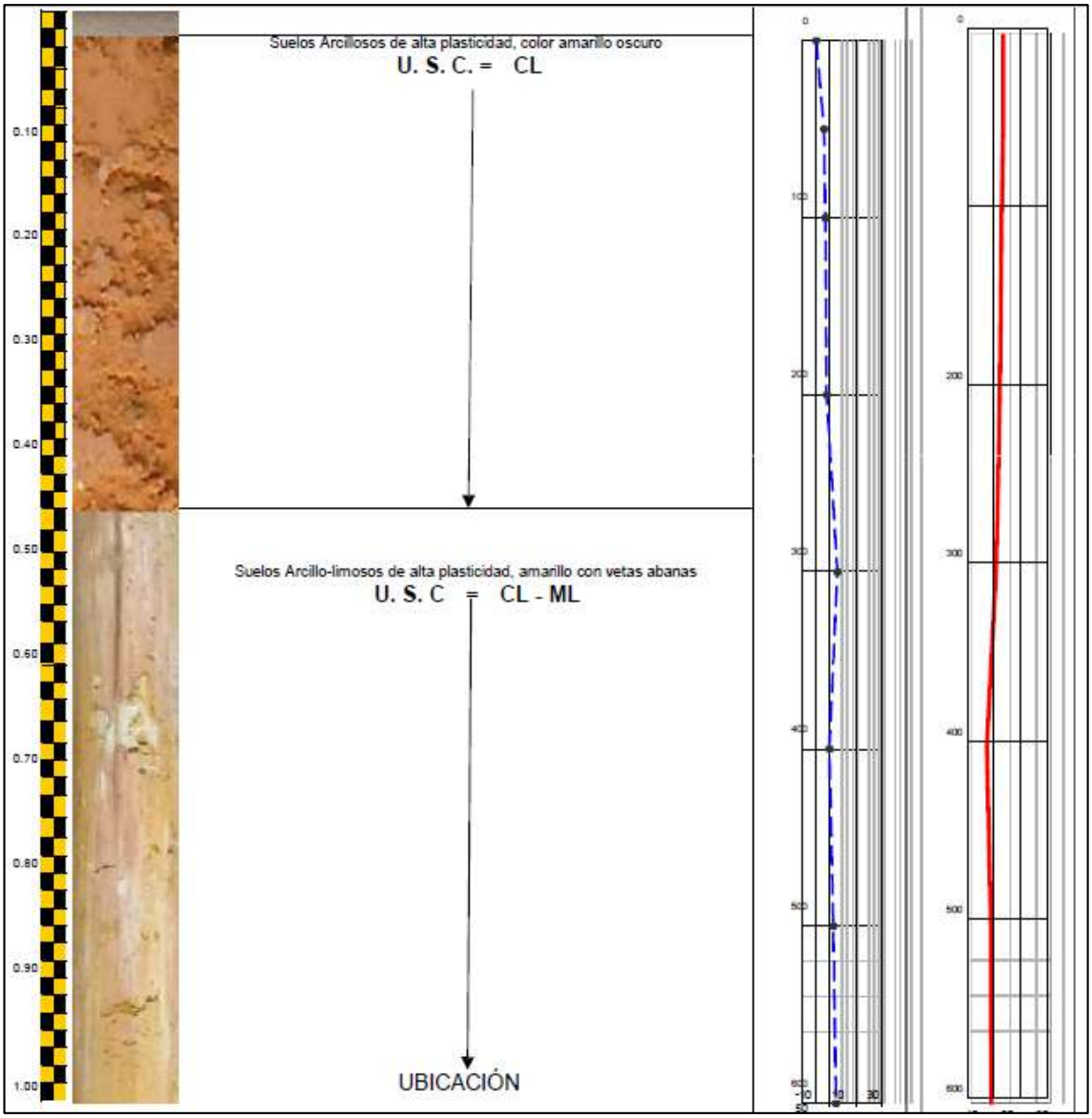


Ilustración 22. Perfil estratigráfico sondeo 2.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

Tabla 5. Resultados sondeo N 2.

SONDEO DOS

# Golpes	0	6	7	8	16	10	13	15
Profundidad (cms)	0	50	100	200	300	400	500	600
H. N. %	22.1	22.1	21.6	20.9	19.5	16.0	17.5	17.7
Densidad. Tn/m3	1.70			1.73	1.77			

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

8. ARQUITECTURA

8.1 Contexto histórico

Socialmente, esta infraestructura es fundamental para los residentes locales, mejorando su calidad de vida al facilitar el acceso a servicios y actividades diarias. Económicamente, la vía soporta el transporte de productos agroindustriales y turísticos, siendo crítico para la economía regional. Geográficamente, se ubica en una zona montañosa que demanda soluciones constructivas específicas para enfrentar los retos del terreno. Ideológicamente, el desarrollo de esta vía refleja un compromiso con el progreso y la modernización regional. Políticamente, ha recibido apoyo de las autoridades locales y regionales para su construcción. Jurídicamente, su desarrollo y conservación están regidos por las normativas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y el Ministerio de Transporte, garantizando el cumplimiento de los estándares técnicos y legales vigentes.

8.2 Materiales

Los materiales utilizados en la construcción de la vía son los que se mencionan a continuación, según el documento ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS, que hace parte integral de los estudios y diseños propios e iniciales de la placa huella.

Concreto

El concreto será de clase D, según lo manifestado en la Especificación 630 “Concretos”.

Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie

Todos los materiales de relleno requeridos para el acondicionamiento de las placa huellas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales, según lo determine el Interventor. Se ajustarán a la especificación 311 “AFIRMADO”

Sellante para juntas

Para el sello de las juntas entre placas huellas se empleará material asfáltico o premoldeado, cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M-89, M-33, M-153 y M-30, o en su defecto un sellador elástico de poliuretano de alto desempeño.

Hierro

Se colocará en las placas una armadura de hierro No 3 (3/8”) con separación máxima de treinta (25) centímetros en ambos sentidos y una varilla No 3 (3/8”) arriba y abajo en las viguetas riostras, con flejes en hierro de ¼” colocados cada 20 centímetros.

Piedra

Se colocará piedra pegada entre placa y placa de acuerdo a la Especificación 630-07 “Concreto Clase G - Piedra pegada”, esta actividad se pagará de acuerdo con la especificación antes mencionada. (Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas)

8.3 Sistema constructivo

8.3.1 Sistema constructivo y estructural

Losas en concreto con un espesor de 0,20 metros.

8.3.2 Superficie de apoyo de las losas - Cimentación

Sub-base granular de 0.15 metros de espesor.

8.3.3 Material de las losas

Placa en concreto reforzado de 3000 PSI, refuerzo en parilla 3/8” cada 0.20 metros en ambos sentidos.

8.3.4 Dimensión de las losas

Longitud: 2.305 metros

Ancho: 0.90 metros

Espesor: 0.20 metros

8.3.5 Criterio de diseño adoptado

El enfoque de diseño adoptado implica la creación de losas (placas huella) con un espesor de 0,20 metros en concreto reforzado, colocadas directamente sobre la sub-base. Estas losas se complementan con vigas transversales (riostras) también reforzadas, distribuidas de manera uniforme y completamente apoyadas. Estas vigas proporcionan confinamiento a todos los elementos de la sección transversal. Es importante destacar que el acero de refuerzo de las placas huella y las riostras se entrecruzan estratégicamente, garantizando un comportamiento monolítico integral en el conjunto de la estructura.

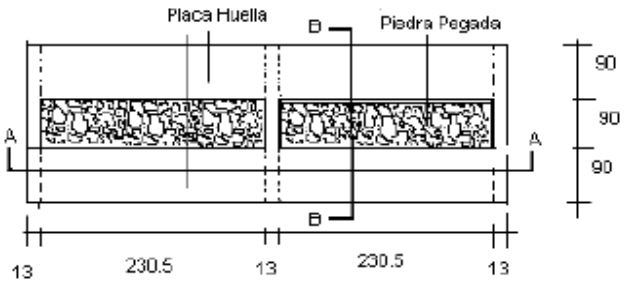


Ilustración 23. Detalle cinta huella – Piedra pegada.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

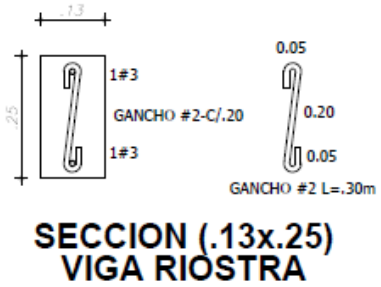


Ilustración 24. Detalle viga riostra.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

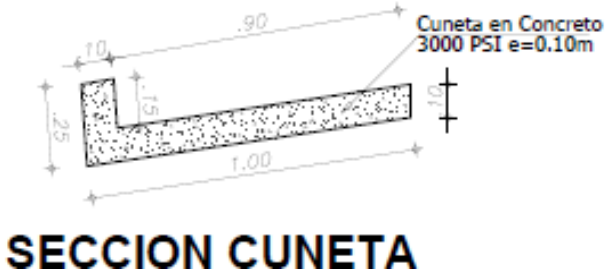


Ilustración 25. Detalle cuneta y bordillo.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

8.4 Proceso constructivo

Para la construcción de la placa huella se empleó el proceso que se relaciona a continuación, según el documento ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS, que hace parte integral de los estudios y diseños propios de la placa huella.

Acondicionamiento de la placa huella.

El Constructor deberá ejecutar la excavación necesaria para retirar el material contaminante que se encuentre en el sitio (material orgánico, arcilla saturada, etc) y colocar un material de relleno de acuerdo a la especificación 311 "AFIRMADO" en un espesor mínimo de 15 cm, con el cual se garantiza el soporte de la placa huella.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad incluirán la excavación, cargue, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, a juicio del Interventor, para obtener la sección típica prevista.

Colocación de formaletas

Acondicionadas la placa huellas en tierra, el Constructor instalará las formaletas de manera ó metálica para garantizar que las placa huellas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos u ordenados por el Interventor.

Elaboración del concreto

El Constructor deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en la especificación 630 “Concretos”

Construcción de la placa huella

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la excavación de la placa huella, se colocará la armadura de hierro y se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la placa huella y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, el señalado en los planos.

Durante la construcción, se deberán dejar juntas a los intervalos y con la abertura que indiquen los planos u ordene el Interventor. Sus bordes serán verticales y normales, al alineamiento de la placa huella. Las juntas se han de sellar con el producto asfáltico especificado.

El Constructor deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la placa huella quede con las verdaderas forma y dimensiones indicadas en los planos.

Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento de un tipo aprobado por el Interventor.

TEXTURA

Se debe dejar un estriado final tipo espina de pescado en la placa de concreto, con el fin de proporcionar una buena adherencia a los vehículos y de permitir una rápida

evacuación del agua que pueda circular sobre la placa huella. (Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas)

9. ESTRUCTURA

La estructura de la vía en placa huella se compone de losas de concreto reforzado apoyadas sobre una sub-base granular, con las especificaciones que se relacionan seguidamente.

9.1 Dimensiones y refuerzo:

Longitud

Se tienen placas de 2.305 metros cada una, entre vigas riostras.	 *Ilustración 26. Verificación de medidas placa huella.* Fuente: Elaboración propia.

Ancho

Cintas huellas, ciclópeo central y cunetas: 0.90 metros. Vigas riostras: 0.13 metros. Bordillos: 0.10 metros.	 *Ilustración 27. Verificación de anchos ciclópeo.* Fuente: Elaboración propia. *Ilustración 28. Verificación de anchos viga riostra.* Fuente: Elaboración propia.

Espesor

Cintas huellas, ciclópeo central: 0.20 m. Vigas riostras y bordillos: 0.25 m. Cunetas: 0.10 m.	 *Ilustración 29. Verificación de espesor.* Fuente: Elaboración propia.

Refuerzo longitudinal y transversal

Cintas huellas: Parilla en acero 3/8” cada 0.20 metros en ambos sentidos.

Vigas riostras: Longitudinal 2 varillas de acero 3/8”, transversal fleje en acero de 1/4” cada 0.20 metros.

9.2 Esquema en planta y cortes:

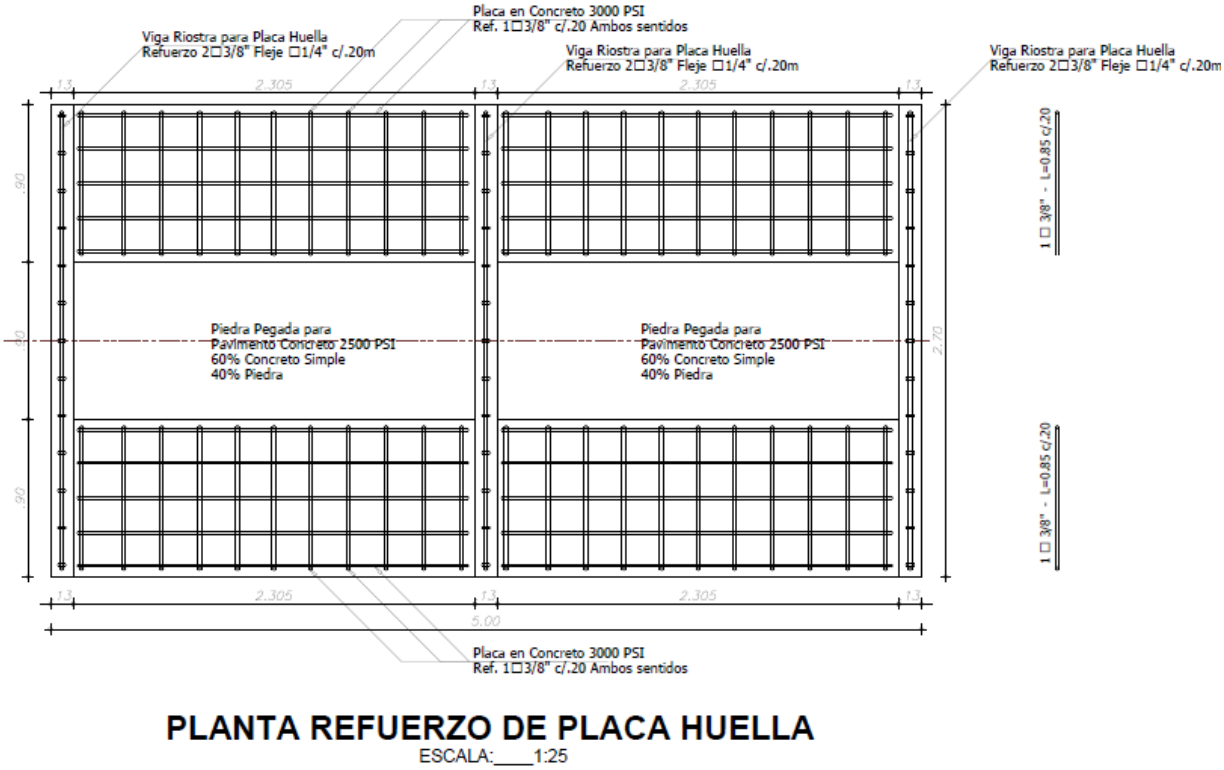
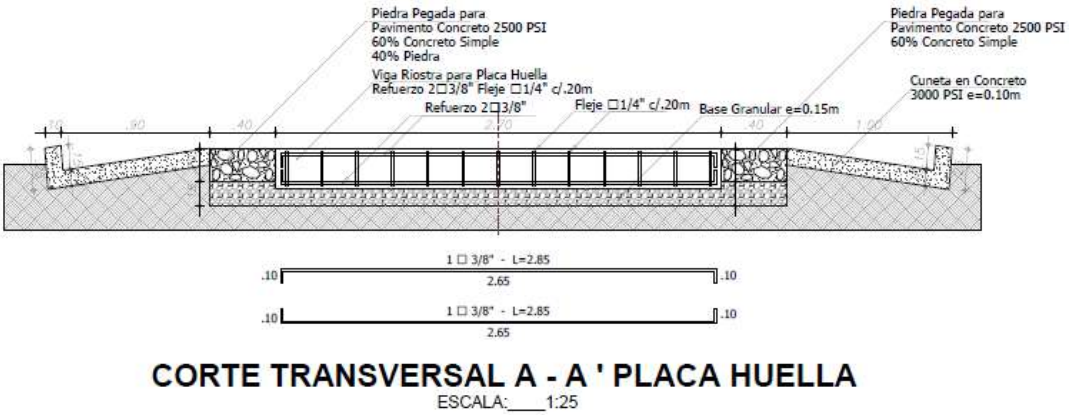


Ilustración 30. Vista en planta refuerzo placa huella.

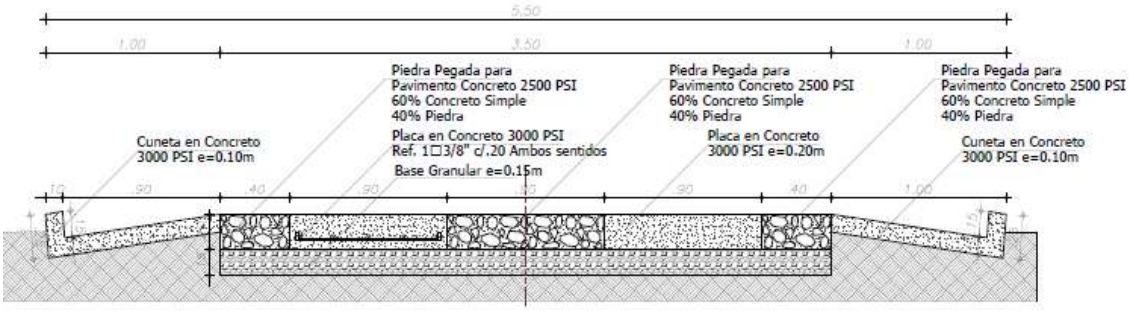
Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.



CORTE TRANSVERSAL A - A ' PLACA HUELLA
ESCALA:____1:25

Ilustración 31. Vista en corte viga riostra.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.



CORTE TRANSVERSAL B - B ' PLACA HUELLA
ESCALA:____1:25

Ilustración 32. Vista en corte placa huella.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

10. EDIFICACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN

10.1 Información existente

Se relacionan los recursos disponibles para realizar el estudio, como lo son:

- Estudios y Diseños Originales: Corresponde a los documentos que hace parte integral del proyecto para la construcción de la placa huella, entre los cuales se encuentran planos con detalles, topografía, estudio de suelos, análisis de precios unitarios de cada uno de los ítems del presupuesto, así mismo el presupuesto completo de la obra, cantidades de obra, certificaciones del proyecto, cronograma y flujo de caja, especificaciones técnicas constructivas, plan de manejo de tránsito y plan de manejo de tráfico, perfiles viales, georeferenciación del proyecto, listado de materiales entre otros.

- Levantamiento Topográfico: Donde se evidencia el levantamiento del tramo en estudio con vista en planta y perfil, las curvas de nivel, infraestructura física aledaña y puntos relevantes. (Ver Anexo No 11).

- Carteras Topográficas Existentes: Se evidencia la información detallada de los puntos levantados, con cada una de las coordenadas y los detalles referenciados, como paramento, eje, vía, muro, anden, árbol, poste, además de las cotas.

- Detalles de la Placa Huella: Corresponde a la vista en planta, secciones y cortes del conjunto de los elementos que componen la placa huella, sus características y detalles constructivos, como medidas, refuerzos, tipo de material a emplear y ubicación. (Ver Anexo No 11).

- Estudio de Suelo Preexistente: Datos previos de las condiciones y características geotécnicas del terreno, con los resultados de los sondeos realizados para el desarrollo del mismo. (Ver Anexo No 11).

- Presupuesto de Obra y Cantidades de Obra: Donde se relacionan los costos de la obra, con cada uno de sus cantidades y análisis de precios unitarios de los ítems que lo componen.

- Fotografías Históricas y Aerofotografías: En los estudios realizados se observa el registro fotográfico de la vía antes del desarrollo del proyecto.

Con los recursos disponibles, se realizará una recopilación de información íntegra, utilizando estudios anteriores, documentación técnica y herramientas especializadas para asegurar una base sólida durante la fase de estudio.

10.2 Fidelidad de los planos

La inspección en campo ha demostrado que la planimetría del proyecto se alinea con lo que ha sido construido, esta correspondencia ha sido confirmada mediante observaciones visuales detalladas, corroborando que las dimensiones, ubicaciones y especificaciones plasmadas en los planos originales se reflejan adecuadamente en la obra realizada. La congruencia entre los planos y la estructura física indica un cumplimiento de los diseños planificados, asegurando que la construcción se haya ejecutado conforme a las especificaciones técnicas establecidas.

10.3 Aplicación patológica

Pediátrica: La estructura se clasifica en un nivel pediátrico, teniendo en cuenta el tiempo de uso del mismo, el cual es de 8 años.

11. DATOS DE LAS LESIONES

Basado en las fichas de levantamiento de información y clasificación, se consideran las siguientes lesiones para cada uno de los elementos.

Cintas Huellas

En la cinta huella se identificaron diversas lesiones de importancia, se observaron grietas transversales con niveles de severidad que van desde media hasta alta, así como baches que también presentan grados de severidad significativos, se detectaron hundimientos de severidad alta, indicando posibles problemas estructurales, se evidenció daño denominado cabezas duras en una de las placas. Estas lesiones indican un deterioro significativo en la estructura, destacando la necesidad de reparación para garantizar la integridad y funcionalidad adecuada de la placa huella.

Tabla 6. Tipificación de lesiones - Bache - Cinta huella.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO	
TIPO DE DAÑO	BACHE (BCH)

TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FÍSICA		BAJA	
MECÁNICA	**X**	MEDIA	**X**
QUÍMICA		ALTA	
CAUSA	DIRECTA	Desgaste mecánico de la placa huella debido al tráfico vehicular constante y condiciones climáticas adversas.	
	INDIRECTA	Falta de drenaje adecuado, permitiendo la acumulación de agua que contribuye al debilitamiento de la estructura de la placa.	
LESIÓN SECUNDARIA	**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**	
Desprendimiento de fragmentos de la placa, creando obstáculos adicionales en la vía.	Este tipo de daño sugiere una posible falta de resistencia localizada en la estructura, posiblemente ocasionada por cargas concentradas o repetitivas. La ubicación y el tamaño del bache indican la necesidad de una intervención específica para restablecer la integridad de la placa-huella y prevenir un deterioro más extenso.	Implementación de sistemas de drenaje eficientes, reparación temprana de grietas y hundimientos, uso de materiales resistentes en la construcción de la placa huella. Además, establecer un plan de mantenimiento preventivo regular para evitar la formación de baches.	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Tipificación de lesiones - Grietas transversales - Cinta huella.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO			
TIPO DE DAÑO		GRIETAS TRANSVERSALES (GT)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FISICA		BAJA	
MECÁNICA	**X**	MEDIA	
QUÍMICA		ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	Puede atribuirse a cargas pesadas, movimientos diferenciales del terreno o una combinación de factores que generan tensiones significativas en la estructura de la placa huella.	
	INDIRECTA	Factores ambientales o cambios volumétricos en el suelo pueden haber contribuido indirectamente al desarrollo y propagación de las grietas.	
LESIÓN SECUNDARIA	**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**	
Es posible que se formen grietas en bloque o escalonamientos debido a la entrada de agua y otros agentes ambientales.	Disminución significativa de la resistencia estructural y la capacidad de carga. El pre diagnóstico indica la necesidad de intervenciones inmediatas para evitar un deterioro adicional y garantizar la seguridad y durabilidad de la cinta huella.	La prevención futura implica el diseño y construcción adecuados, considerando factores de carga y condiciones del suelo. La intervención actual debería incluir reparaciones en todo el espesor de la cinta huella.	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Tipificación de lesiones - Hundimientos - Cinta huella.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO			
TIPO DE DAÑO		HUNDIMIENTOS O ASENTAMIENTOS (HU)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FÍSICA		BAJA	
MECÁNICA	**X**	MEDIA	
QUÍMICA		ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	Está relacionada con la consolidación diferencial del suelo subyacente, posiblemente causada por asentamientos o movimientos en la sub-rasante.	
	INDIRECTA	Cambios en las condiciones de carga, infiltración de agua, o características geotécnicas del suelo podrían haber contribuido indirectamente al hundimiento de la cinta huella.	
LESIÓN SECUNDARIA		**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**
Es probable que la formación de grietas alrededor del área hundida sea una lesión secundaria, causada por la redistribución de las cargas y cambios en la estructura circundante.		La presencia de hundimientos indica una pérdida sustancial de soporte estructural y puede comprometer la funcionalidad y seguridad de la cinta huella.	La prevención implica el diseño y construcción adecuados, considerando las características del suelo y evitando condiciones que favorezcan la consolidación diferencial. La intervención actual debe abordar la causa subyacente del hundimiento y

		podría requerir la aplicación de técnicas como rellenos controlados, mejora del suelo o incluso la reconstrucción de la cinta huella en áreas críticas.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9.Tipificación de lesiones - Cabeza dura - Cinta huella.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO				
TIPO DE DAÑO			CABEZAS DURAS (CD)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN			**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FISICA			BAJA	
MECÁNICA	**X**		MEDIA	**X**
QUIMICA			ALTA	
CAUSA	DIRECTA	Puede atribuirse al desgaste progresivo de la superficie de la cinta huella debido a la abrasión continua, posiblemente causada por el tráfico vehicular constante y condiciones climáticas adversas.		
	INDIRECTA	Factores como la falta de un material resistente al desgaste en la capa superficial o la exposición prolongada a condiciones climáticas agresivas.		
LESIÓN SECUNDARIA		**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**	

La formación de grietas superficiales y pérdida de textura pueden considerarse lesiones secundarias, generadas como consecuencia del desgaste superficial.	Esta lesión Indica una disminución significativa en la resistencia y durabilidad de la cinta huella. Se sugiere una evaluación detallada para determinar la extensión del desgaste y evaluar la integridad estructural restante.	Para prevenir se deben considerar materiales de superficie más resistentes al desgaste durante la construcción o mantenimiento. La intervención actual podría incluir la aplicación de recubrimientos protectores para restaurar la superficie y mejorar su resistencia al desgaste.

Fuente: Elaboración Propia.

Viga Riostra

En el análisis específico de la viga riostra, se detectaron lesiones predominantes, centrándose particularmente en desportillamientos de juntas con severidad media presentes en cuatro de las placas evaluadas. Estos desportillamientos indican una afectación considerable en la integridad estructural de las vigas riostras, lo que puede comprometer la capacidad de carga y estabilidad de la infraestructura.

Tabla 10. Tipificación de lesiones - Desportillamiento - Viga riostra.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO	
TIPO DE DAÑO	DESPORTILLAMIENTO (DPT)

TIPO - SEGÚN ORIGEN		GRADO DE AFECTACIÓN	
FÍSICA		BAJA	
MECÁNICA	**X**	MEDIA	**X**
QUÍMICA		ALTA	

CAUSA	DIRECTA	Puede atribuirse a cargas repetitivas y movimientos que generan tensiones concentradas en las aristas de las juntas, resultando en la pérdida de material.
	INDIRECTA	Podría estar relacionada con deficiencias en el diseño estructural que no previeron adecuadamente las solicitaciones y movimientos específicos a los que estaría expuesta la viga riostra.

LESIÓN SECUNDARIA	**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**
La evolución probable de este daño es el bombeo, lo que podría generar el ingreso de agua a la base de la estructura, comprometiendo su estabilidad a largo plazo.	Este daño evidencia una pérdida de material en las aristas de las juntas, posiblemente debido a cargas repetitivas y movimientos que han generado tensiones concentradas. La extensión y gravedad del desportillamiento requerirán una evaluación más detallada para determinar las medidas de intervención necesarias.	Para prevenir el desportillamiento y su evolución hacia el bombeo, es crucial implementar un diseño estructural resistente y técnicas constructivas adecuadas. La intervención debe incluir la reparación de las áreas desportilladas, asegurando un sellado efectivo para prevenir la entrada de agua y, si es necesario, aplicar medidas de drenaje para evitar acumulaciones futuras.

Fuente: Elaboración Propia.

Cuneta

El análisis de la cuneta revela una variedad de lesiones, siendo las de severidad alta las más significativas. Entre estas lesiones destacan grietas en bloque, hundimientos y baches, todas catalogadas con un nivel de severidad alto.

La presencia de estas condiciones sugiere un deterioro substancial en la estructura y funcionalidad de la cuneta, indicando posiblemente problemas relacionados con el diseño, la calidad de los materiales o las cargas a las que ha sido sometida.

Tabla 11. Tipificación de lesiones - Grieta en bloque - Cuneta.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO				
TIPO DE DAÑO			GRIETAS EN BLOQUE O MULTIPLES (GB)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN			**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FISICA			BAJA	
MECÁNICA	**X**		MEDIA	
QUIMICA			ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	El tráfico con carga mayor a la de diseño representa la causa directa del daño, la exposición constante a cargas pesadas ha superado la capacidad estructural prevista, generando tensiones excesivas en la cuneta.		
	INDIRECTA	La falta de un sistema de drenaje eficiente ha contribuido indirectamente al daño. La acumulación de agua, combinada con las cargas excesivas, ha aumentado la presión sobre la cuneta, acelerando su deterioro.		
LESIÓN SECUNDARIA		**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**	

Este daño puede evolucionar hacia el deterioro total de la estructura y hundimientos.	Considerando la carga adicional y las condiciones de drenaje inadecuadas, se puede anticipar que la cuneta presenta desgaste estructural significativo, con grietas y pérdida parcial de material.	La intervención debe abordar la reparación de grietas existentes y reforzar la cuneta para resistir cargas adicionales. Además, implementar medidas para gestionar adecuadamente el agua pluvial es un elemento fundamental.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Tipificación de lesiones - Hundimiento - Cuneta.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO			
TIPO DE DAÑO		HUNDIMIENTO (HU)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FÍSICA		BAJA	
MECANICA	**X**	MEDIA	
QUÍMICA		ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	Se puede atribuir al tráfico con carga superior a la capacidad de diseño, generando deformaciones y asentamientos en la estructura.	
	INDIRECTA	La falta de un sistema de drenaje eficiente constituye una causa indirecta. La acumulación de agua, combinada con las cargas excesivas, ha debilitado la capacidad de soporte del suelo, contribuyendo al hundimiento.	

LESIÓN SECUNDARIA	PREDIAGNÓSTICO	PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN
Como lesión secundaria, se podría esperar una deformación adicional de la cuneta, manifestada por grietas, fracturas o desplazamientos de material.	Ante el hundimiento evidente, el prediagnóstico sugiere un deterioro estructural significativo en la cuneta. Se anticipa la presencia de grietas y deformaciones que podrían afectar negativamente la funcionalidad.	La prevención implica controlar y limitar el tráfico a niveles adecuados de carga y mejorar el sistema de drenaje para evitar acumulaciones de agua.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Tipificación de lesiones - Bache - Cuneta.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO				
TIPO DE DAÑO			BACHE (BCH)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN			**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FÍSICA			BAJA	
MECANICA		**X**	MEDIA	
QUÍMICA			ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	Puede atribuirse al tráfico constante y a cargas puntuales concentradas, generando desprendimientos locales en la superficie.		
	INDIRECTA	La falta de mantenimiento y control del drenaje en la cuneta contribuye indirectamente al problema de baches.		

LESIÓN SECUNDARIA	**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**
La formación de baches podría propiciar la acumulación de agua en esas áreas, lo que podría amplificar el deterioro y afectar la integridad estructural de la cuneta.	Indica la presencia de baches, sugiriendo un deterioro localizado en la cuneta. Se espera que estos baches sean indicativos de problemas subyacentes en la integridad de la superficie.	La prevención implica la implementación de medidas para controlar la carga vehicular y la mejora del sistema de drenaje en la cuneta. La intervención deberá centrarse en el relleno y la nivelación de los baches, seguido de medidas para fortalecer la superficie y prevenir futuros desprendimientos.

Fuente: Elaboración Propia.

Bordillo

El análisis de los bordillos reveló la presencia de lesiones significativas, destacando particularmente grietas en bloque que han ocasionado desprendimientos tanto parciales como totales de estos elementos. Estas lesiones permanentes indican un deterioro estructural importante en los bordillos, comprometiendo su función de contención y delimitación en la placa huella, además del flujo de agua lluvias.

Tabla 14. Tipificación de lesiones - Grieta en bloque - Bordillo.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO			
TIPO DE DAÑO		GRIETAS EN BLOQUE O MULTIPLES (GB)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FISICA		BAJA	
MECÁNICA	**X**	MEDIA	
QUIMICA		ALTA	**X**
CAUSA	DIRECTA	Se atribuye a la exposición prolongada a cargas vehiculares, cambios de temperatura y procesos de contracción y expansión del concreto.	
	INDIRECTA	La falta de un sistema de drenaje adecuado contribuye indirectamente a la formación de grietas en bloque al permitir la acumulación de agua y exponer el bordillo a condiciones ambientales desfavorables.	
LESIÓN SECUNDARIA		**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**
Como lesión secundaria, el desprendimiento parcial o total del bordillo puede resultar en un mayor riesgo de daño a vehículos y peatones, así como en la degradación general de		La falta de amarre estructural del bordillo a la cuneta, así como la ausencia de pasadores, identificados durante la visita de campo, sugieren un potencial problema de desintegración en el bordillo. Este hallazgo puede atribuirse a deficiencias en la construcción inicial o al desgaste con el tiempo. Como prediagnóstico, se plantea que esta	Para prevenir la formación de grietas en bloque, se deben implementar medidas que mejoren la resistencia del bordillo, como el uso de concreto de

la apariencia estética de la infraestructura.	falta de conexión estructural puede provocar una disminución en la estabilidad del bordillo, afectando su capacidad para resistir cargas y cambios climáticos	alta calidad y la instalación de un sistema de drenaje efectivo.

Fuente: Elaboración Propia.

Piedra Pegada

El examen de la piedra pegada reveló la presencia de lesiones específicas, siendo las grietas transversales el tipo predominante. Es importante destacar que, en el conjunto del tramo de estudio, solo se identificaron dos lesiones en este elemento, ambas clasificadas como de severidad media. Aunque la incidencia de lesiones en la piedra pegada es limitada, la consideración de su severidad media sugiere la necesidad de monitoreo continuo y, eventualmente, acciones correctivas.

Tabla 15. Tipificación de lesiones - Grietas transversales- Piedra Pegada.

TIPIFICACIÓN DE LESIONES POR TIPO DE DAÑO			
TIPO DE DAÑO		GRIETAS TRANSVERSALES (GT)	
TIPO - SEGÚN ORIGEN		**GRADO DE AFECTACIÓN**	
FÍSICA		BAJA	

MECÁNICA	**X**	MEDIA	**X**
QUÍMICA		ALTA	

CAUSA	DIRECTA	Puede estar relacionada con la exposición a cargas significativas, deformaciones estructurales o cambios térmicos.
	INDIRECTA	Factores como la falta de juntas de dilatación adecuadas, deficiencias en el diseño estructural o la calidad del material podrían contribuir a la formación de estas grietas.

LESIÓN SECUNDARIA	**PREDIAGNÓSTICO**	**PREVENCIÓN - INTERVENCIÓN**
Se puede tener el desprendimiento gradual de fragmentos de la piedra pegada, afectando la integridad estructural.	El prediagnóstico, considerando la observación en el lugar, sugiere que estas grietas podrían evolucionar y extenderse, comprometiendo la estabilidad general del elemento.	Para prevenir y abordar esta problemática, se recomienda una intervención que contemple la implementación de juntas de dilatación adecuadas, evaluación y mejora del diseño estructural, y posiblemente reparaciones específicas para sellar las grietas existentes y evitar su progresión.

Fuente: Elaboración Propia.

Se ha llevado a cabo una íntegra fase de recopilación de datos y documentación para la placa huella, empleando fichas elaboradas que proporcionan una visión integral del estado estructural del paciente. Para detallar mejor estas lesiones se encuentra el Anexo No 5.6 y No 5.7 – Fichas de Diagnostico.

12. DESCRIPCIÓN PROCESO PATOLÓGICO MÁS RELEVANTE

12.1 Afectación de placas

De acuerdo con la información recolectada en campo (Ver Anexo No 2 y No 3), y siguiendo los lineamientos dispuestos en el Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos del INVIAS, se inicia con el cálculo de las placas afectadas, para ello se divide el total de la placa huella en dos tramos, los mismos con una subdivisión para tener claridad sobre los daños por elementos, así las cosas, el TRAMO 1 esta subdivido en T1-A (correspondiente a la cinta huella, ubicada en el costado derecho, con dirección al abscisado de la vía), T1-B (correspondiente a la cinta huella, ubicada en el costado izquierdo, con dirección al abscisado de la vía), T1-P (correspondiente al ciclópeo central o piedra pegada, ubicada en el centro de la vía), T1-AC (correspondiente a la cuneta y bordillo, ubicado en el costado derecho de la cinta huella derecha, con dirección al abscisado de la vía), T1-BC (correspondiente a la cuneta y bordillo, ubicado en el costado izquierdo de la cinta huella izquierda, con dirección al abscisado de la vía), para un total de 22 placas que van desde el abscisado K0+000.0 al K0+103.9; el TRAMO 2 esta subdivido en T2-A (correspondiente a la cinta huella, ubicada en el costado derecho, con dirección al abscisado de la vía), T2-B (correspondiente a la cinta huella, ubicada en el costado izquierdo, con dirección al abscisado de la vía), T2-P (correspondiente al ciclópeo central o piedra pegada, ubicada en el centro de la vía), T2-AC (correspondiente a la cuneta y bordillo, ubicado en el costado derecho de la cinta huella derecha, con dirección al abscisado de la vía), T2-BC (correspondiente a la cuneta y bordillo, ubicado en el costado izquierdo de la cinta huella izquierda, con dirección al abscisado de la vía), para un total de 19 placas que van desde el abscisado K0+103.9 al K0+203.9, las demás placas no se evaluaron, ya que se encontraban en perfecto estado, es decir el tramo que va desde el abscisado K0+203.9 al K0+230.0.

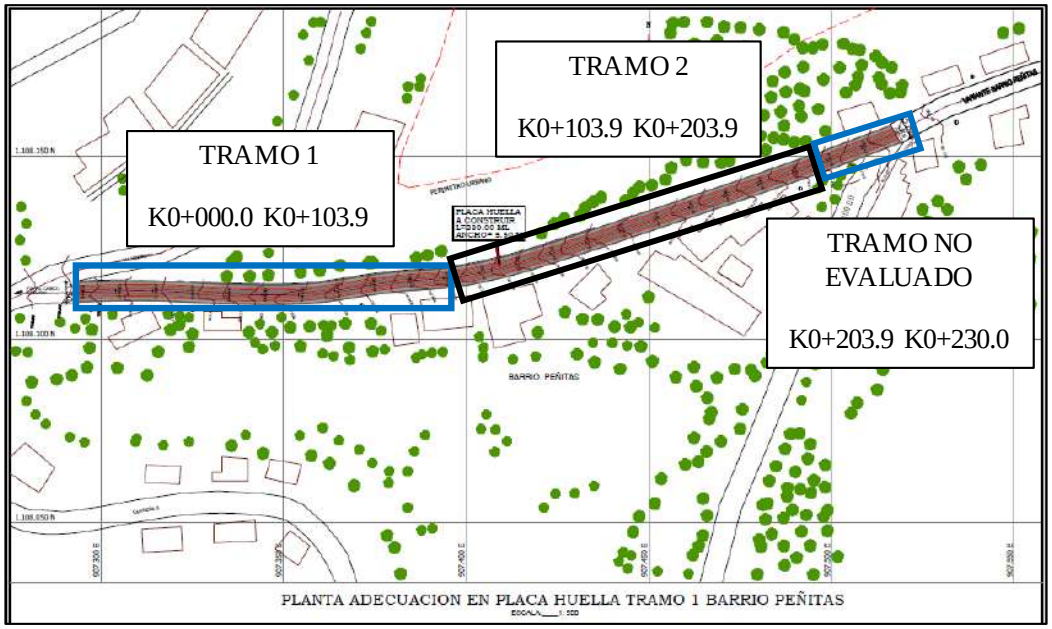


Ilustración 33. División de placa huella para su evaluación.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

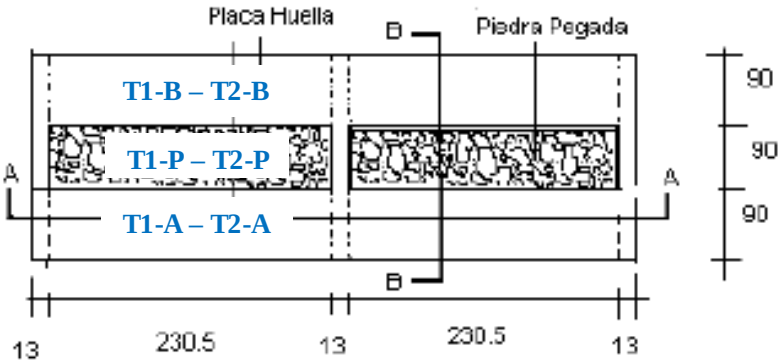


Ilustración 34. Clasificación de los tramos a evaluar.

Fuente: Documentos soporte proyecto – Alcaldía Municipal Victoria, Caldas.

A continuación se relaciona el porcentaje de placas afectadas respecto al total de placas construidas por tramo.

Tabla 16. Placas afectadas TRAMO 1.

TRAMO	PR INCIAL	PR FINAL	N° PLACAS CONSTRUIDAS	TOTAL PLACAS AFECTADAS	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS EN EL TRAMO
T1-A	K0+000	K0+103.9	22	22	100.00%
T1-B	K0+000	K0+103.9	22	19	86.36%
T1-P	K0+000	K0+103.9	22	2	9.09%
T1-AC	K0+000	K0+103.9	22	20	90.91%
T1-BC	K0+000	K0+103.9	22	22	100.00%

Fuente: Formato - Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos, 2013.

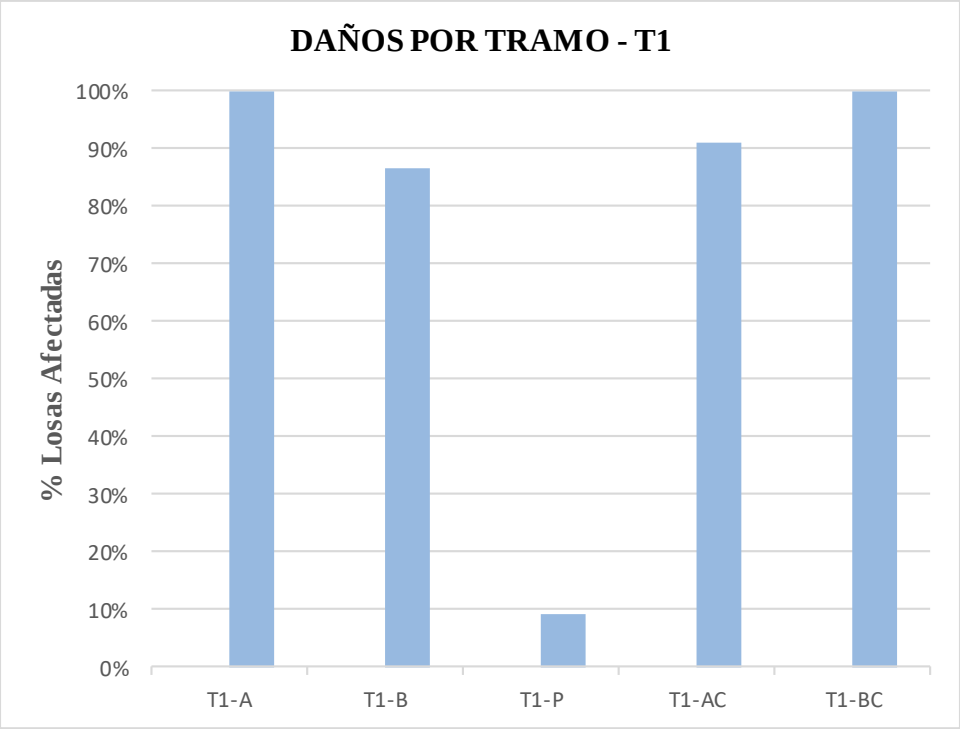


Ilustración 35. Gráfica daños Tramo 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17. Placas afectadas TRAMO 2.

TRAMO	PR INCIAL	PR FINAL	N° PLACAS CONSTRUIDAS	TOTAL PLACAS AFECTADAS	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS EN EL TRAMO
T2-A	K0+103.9	K0+203.9	19	10	52.63%
T2-B	K0+103.9	K0+203.9	19	11	57.89%
T2-P	K0+103.9	K0+203.9	19	0	0.00%
T2-AC	K0+103.9	K0+203.9	19	9	47.37%
T2-BC	K0+103.9	K0+203.9	19	14	73.68%

Fuente: Formato - Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos, 2013.

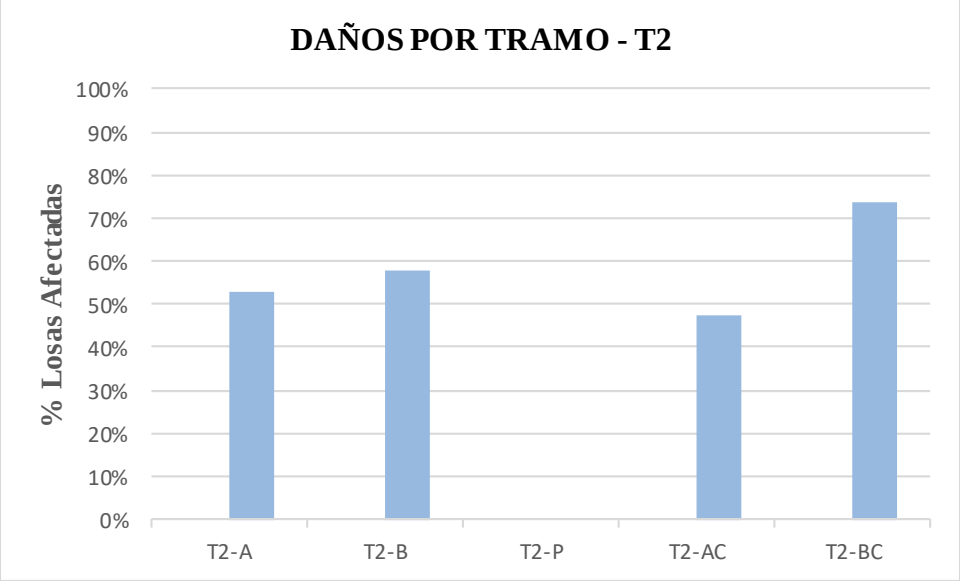


Ilustración 36. Gráfica daños Tramo 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Se procede a realizar la evaluación de los tramos en conjunto con el fin de determinar el porcentaje de afectación con respecto al total de placas construidas en todo el proyecto, así:

Tabla 18. Total placas afectadas.

TRAMO	PR INCIAL	PR FINAL	N° PLACAS CONSTRUIDAS	TOTAL PLACAS AFECTADAS	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS	% RESPECTO AL TOTAL DE PLACAS CONSTRUIDAS EN EL TRAMO
T1-A	K0+000	K0+103.9	22	22	10.73%	100.00%
T1-B	K0+000	K0+103.9	22	19	9.27%	86.36%
T1-P	K0+000	K0+103.9	22	2	0.98%	9.09%
T1-AC	K0+000	K0+103.9	22	20	9.76%	90.91%
T1-BC	K0+000	K0+103.9	22	22	10.73%	100.00%
T2-A	K0+103.9	K0+203.9	19	10	4.88%	52.63%
T2-B	K0+103.9	K0+203.9	19	11	5.37%	57.89%
T2-P	K0+103.9	K0+203.9	19	0	0.00%	0.00%
T2-AC	K0+103.9	K0+203.9	19	9	4.39%	47.37%
T2-BC	K0+103.9	K0+203.9	19	14	6.83%	73.68%
TOTAL			**205**	**129**	**62.93%**	

Fuente: Formato - Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos, 2013.

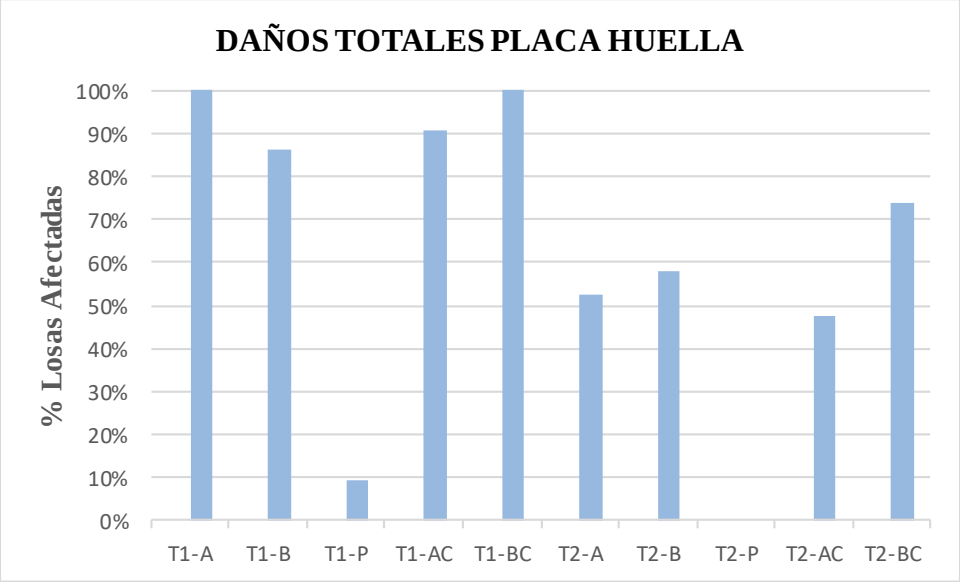


Ilustración 37. Gráfica total placas afectadas.

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede evidenciar con la información anterior, la placa huella presenta gran afectación en toda su longitud y en todos los elementos que la componen, como lo es cinta huella, ciclópeo central, cunetas, vigas riostras y bordillos.

Con respecto al TRAMO 1 se observaron lesiones donde la afectación es total, es decir del 100%, esto para T1-A y T1-BC, así mismo un daño importante para el tramo T1-B con un porcentaje de afectación respecto al total de las placas construidas del 86.36%, para el tramo T1-AC la afectación es de 90.91%, el tramo con menores daños corresponde al T1-P, donde la afectación es del 9.09%.

Con respecto al TRAMO 2 se observaron lesiones en la mayoría de las placas correspondientes al tramo T2-BC, con un porcentaje de afectación respecto al total de las placas construidas del 73.68%, así mismo daños significativos para los tramo T2-A, T2-B y T2-AC, con un porcentaje de afectación respecto al total de las placas construidas de alrededor del 50% y más, para el tramo T2-P, la afectación es nula.

Finalmente se puede resumir que, la evaluación realizada revela una extensa afectación en la placa huella, especialmente en el TRAMO 1 con lesiones severas en T1-A y T1-BC. El TRAMO 2 también presenta daños notables, siendo T2-BC la zona más afectada. Estos hallazgos subrayan la urgencia de intervenciones para la rehabilitación de la infraestructura vial, asegurando la seguridad y funcionalidad de la placa huella en ambas secciones. La atención

inmediata a estas áreas críticas es fundamental para evitar mayores deterioros y garantizar la eficiencia del tránsito.

12.2 Patologías por severidad

Con la información recolectada en campo de acuerdo al formato para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos del INVIAS, se procede a realizar los resúmenes de los hallazgos de acuerdo al nivel de severidad, bajo, medio y alto, esto para cada tramo. Los daños encontrados en el proyecto de estudio corresponden a Grietas Transversales (GT), Grietas Longitudinales (GL), Grietas de Esquina (GE), Grieta en Bloque o Múltiple (GB), Hundimiento (HU), Baches (BCH), Desportillamiento (DPT) y Cabeza Dura (CD).

De acuerdo a las medidas de los daños y siguiendo lo establecido en el Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos del INVIAS, se procede a calcular la afectación de cada elemento por áreas, cabe anotar que para los daños que corresponden a GT, GL, la longitud del daño se multiplico por un ancho de referencia de 0.6 metros y para DPT, se empleó un ancho de referencia de 0.2 metros, con la finalidad de tener unidades consistentes en cuanto al área de daño.

12.2.1 Tramo 1:

Determinando el área de afectación por daño y por nivel de afectación y elemento, para el TRAMO 1, Cintas Huellas y Ciclópeo Central, así:

Tabla 19. Resumen deterioro severidad baja T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD BAJA - T1			
CINTAS HUELLAS Y CICLÓPEO CENTRAL			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GT	1.62	0.58%	280.53
BCH	0.04	0.01%	
TOTAL	1.66	0.59%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20. Resumen deterioro severidad media T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD MEDIA - T1			
CINTAS HUELLAS Y CICLÓPEO CENTRAL			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GT	35.64	12.70%	280.53
DPT	1.62	0.58%	
TOTAL	37.26	13.28%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 21. Resumen deterioro severidad alta T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD ALTA - T1			
CINTAS HUELLAS Y CICLÓPEO CENTRAL			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GT	1.08	0.38%	280.53
HU	1.98	0.71%	
BCH	0.15	0.05%	
TOTAL	3.21	1.14%	

Fuente: Elaboración Propia.

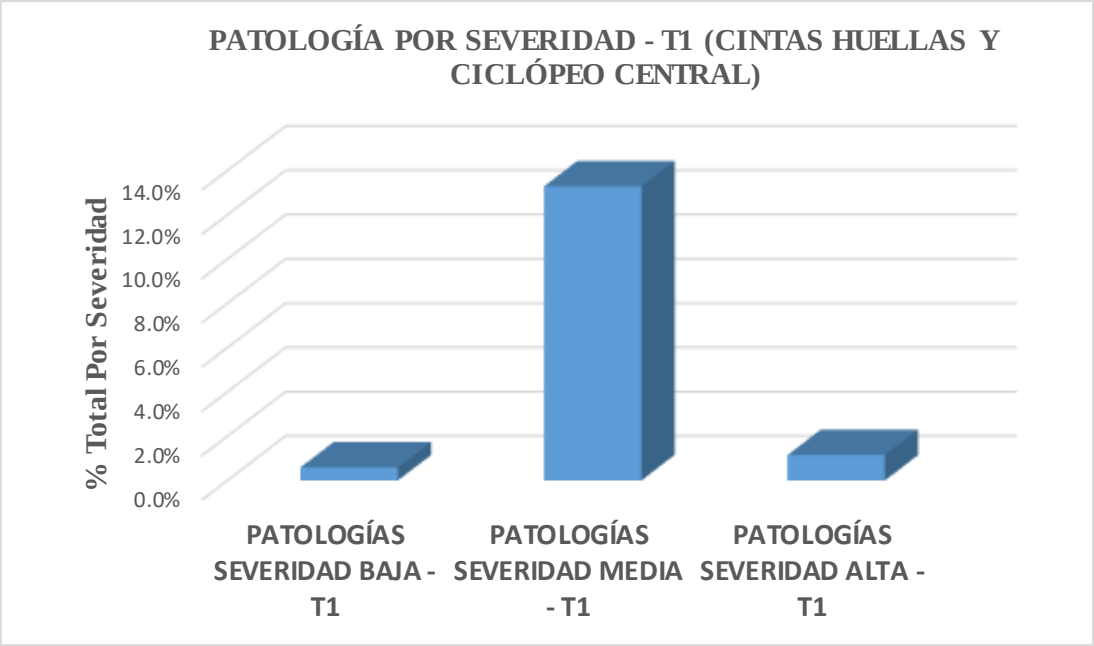


Ilustración 38. Gráfica deterioro severidad baja – media - alta T1 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los datos recopilados, se evidencia que las patologías alcanzan un nivel de relevante complejidad en el TRAMO 1, específicamente en las cintas huellas y el ciclópeo central, con un predominio significativo de afectaciones catalogadas en la categoría de severidad media. Estas observaciones destacan la necesidad de una atención particular y estratégica en este tramo específico, ya que las condiciones patológicas sugieren un deterioro significativo que merece una evaluación y tratamiento detallado.

Para Cunetas y Bordillos, así:

Tabla 22. Resumen deterioro severidad baja T1 (Cunetas y Bordillo).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD BAJA - T1			
CUNETAS Y BORDILLO			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GL	1.32	0.62%	214.03
BCH	3.96	1.85%	
TOTAL	5.28	2.47%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23. Resumen deterioro severidad media T1 (Cunetas y Bordillo).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD MEDIA - T1			
CUNETAS Y BORDILLO			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GT	2.16	1.01%	214.034
GL	1.50	0.70%	
GE	0.82	0.38%	
TOTAL	4.48	2.09%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24. Resumen deterioro severidad alta T1 (Cunetas y Bordillo).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD ALTA - T1			
CUNETAS Y BORDILLO			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T1 (M2)**
GE	0.70	0.33%	214.034
HU	59.79	27.93%	
BCH	22.11	10.33%	
GB	108.85	50.85%	
TOTAL	191.44	89.44%	

Fuente: Elaboración Propia.

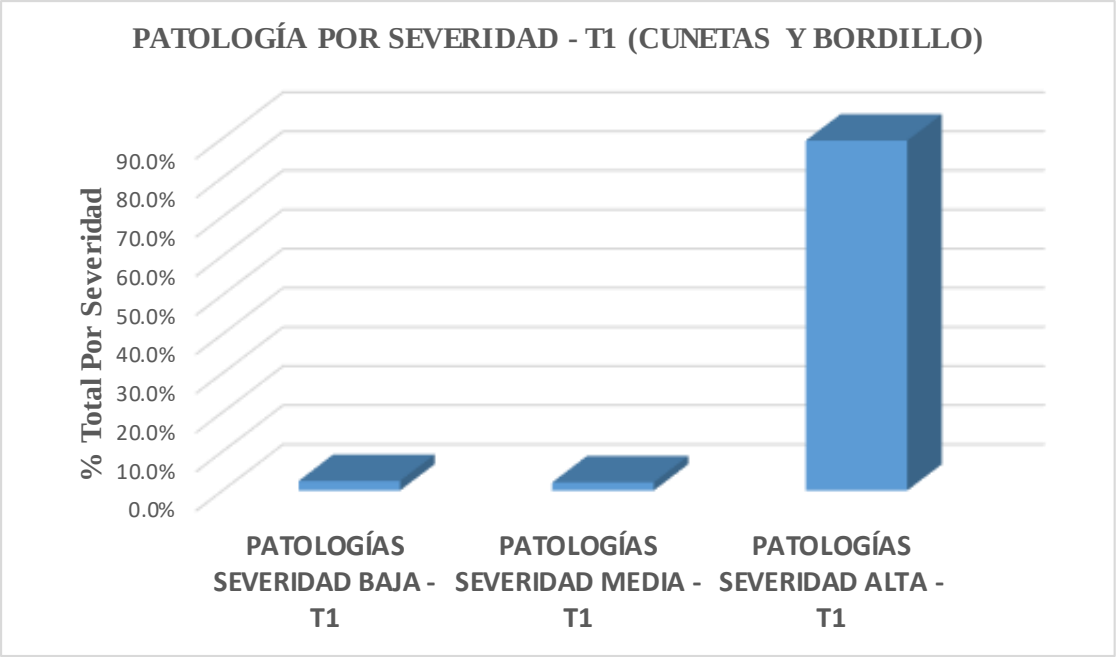


Ilustración 39. Gráfica deterioro severidad baja – media – alta T1 (Cunetas y Bordillo).

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la información analizada, se concluye que las patologías más pronunciadas se localizan en el TRAMO 1, específicamente en cunetas y bordillos, alcanzando un nivel de severidad considerado alto. Este hallazgo resalta la urgencia de abordar de manera prioritaria y detallada las condiciones patológicas identificadas en este tramo particular, donde las afectaciones sugieren un deterioro significativo que requiere intervenciones específicas para garantizar la integridad y funcionalidad adecuadas de la infraestructura vial.

12.2.2 Tramo 2:

Se determina el área de afectación por daño y por nivel de afectación y elemento, para el TRAMO 2, Cintas Huellas y Ciclópeo Central, así:

Tabla 25. Resumen deterioro severidad media T2 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD MEDIA - T2			
CINTAS HUELLAS Y CICLÓPEO CENTRAL			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T2 (M2)**
GT	12.96	4.80%	270
DPT	0.18	0.07%	
TOTAL	13.14	4.87%	

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe resaltar que para el TRAMO 2, en las placas correspondientes a cintas huellas y ciclópeo central, no se cuenta con afectaciones correspondientes a un nivel de deterioro BAJO y ALTO, por tanto solo se ilustran los daños con severidad MEDIA.

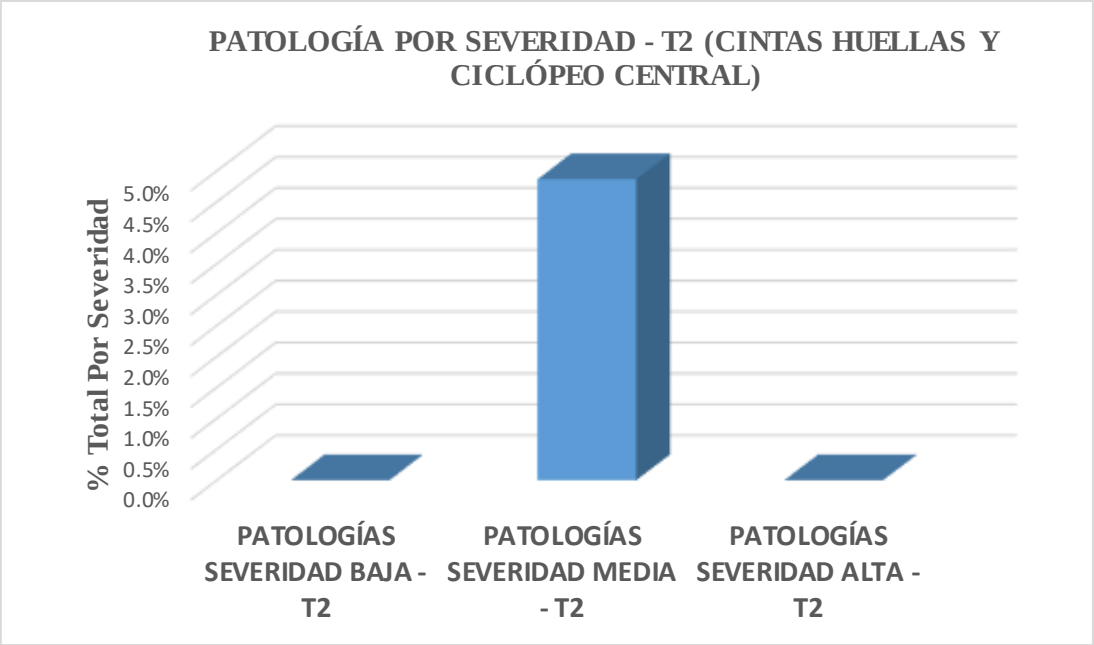


Ilustración 40. Gráfica deterioro severidad baja – media - alta T2 (Cintas huellas - Ciclópeo central).

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los datos recopilados, se evidencia que la patología correspondiente a Grieta Transversal, alcanza un nivel con mayor porcentaje que las demás lesiones evaluadas, por tanto el dominio de las afectaciones correspondiente a cintas huellas y ciclópeo central son las GT, con un total de 12.96 M2 de losa afectada.

Para Cunetas y Bordillos, se evalúa el área de afectación para los niveles de severidad así:

Tabla 26. Resumen deterioro severidad media T2 (Cunetas y Bordillo).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD MEDIA - T2			
CUNETAS Y BORDILLO			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T2 (M2)**
GT	0.54	0.26%	206
GL	1.32	0.64%	
GE	0.31	0.15%	
BCH	0.47	0.23%	
TOTAL	2.64	1.05%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27. Resumen deterioro severidad alta T2 (Cunetas y Bordillo).

PATOLOGÍAS SEVERIDAD ALTA - T2			
CUNETAS Y BORDILLO			
DETERIORO	**AREA AFECTADA (M2)**	**% FRENTE AL TOTAL**	**AREA T2 (M2)**
GB	49.35	23.96%	206
TOTAL	49.35	23.96%	

Fuente: Elaboración Propia.

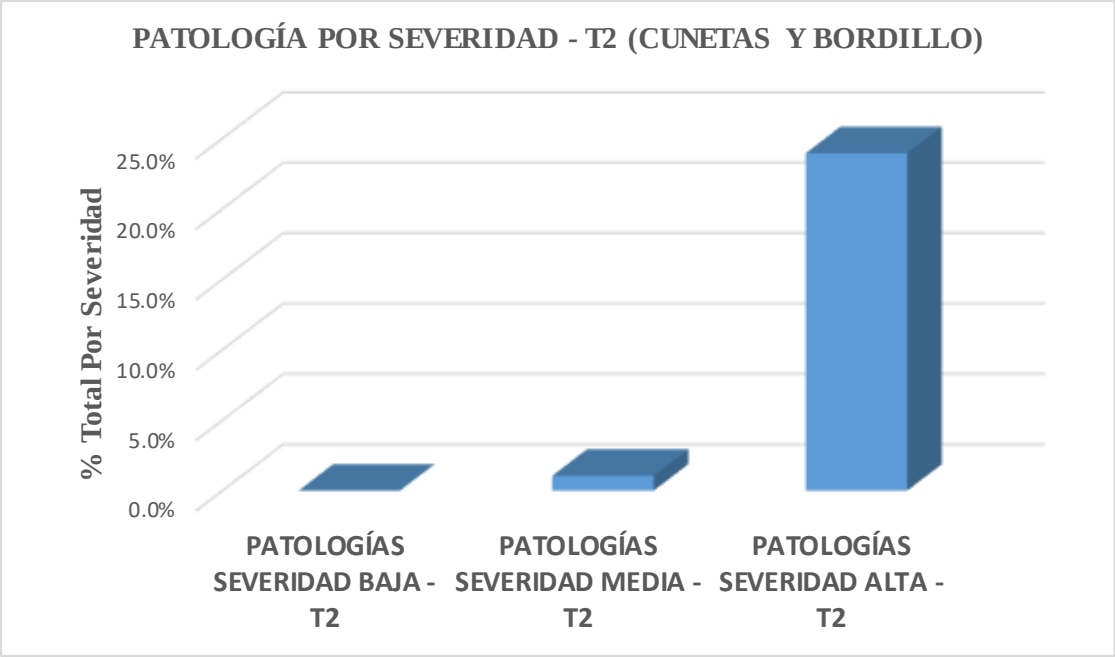


Ilustración 41. Gráfica deterioro severidad baja – media – alta T2 (Cunetas y Bordillo).

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la información analizada, se concluye que las patologías más significativas localizadas en el TRAMO 2, específicamente en cunetas y bordillos, alcanzando un nivel de severidad considerado ALTO., son las Grietas de Bloque, para un total de 49.35 M2 de afectación.

13. MARCO REFERENCIAL

13.1 Teórico

A continuación, se realiza la descripción de diferentes parámetros, la identificación de las posibles causas y finalmente, se generan recomendaciones de acuerdo a lo establecido en el Manual de Inspección Visual de Pavimento Rígido.

Grietas Transversales (GT)

Son las grietas que se desarrollan en dirección perpendicular al eje de circulación de la vía y tienen la capacidad de prolongarse desde la junta transversal hasta la junta longitudinal.

Posibles Causas

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las solicitaciones.
- Gradiente térmico que origina alabeos.
- Problemas de drenaje.
- Cargas excesivas.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

Las grietas transversales tienen una alta probabilidad de evolucionar hacia la formación de grietas en bloque, siendo este el daño más probable. Además, existe la posibilidad de que se produzca escalonamiento debido a la infiltración de agua en las grietas.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para abordar grietas transversales con niveles de severidad baja y media, se sugiere realizar un sellado, específicamente la operación de Sellado de Juntas y Grietas. En situaciones de severidad alta, se aconseja llevar a cabo una reparación en todo el espesor, optando por la opción que corresponda según lo establecido en el catálogo de deterioros de pavimentos rígidos. Estas recomendaciones son específicas para las grietas transversales identificadas en la placa huella del proyecto, proporcionando una guía precisa para abordar de manera eficaz los diferentes niveles de severidad de estas afectaciones.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Grietas Longitudinales (GL)

Las grietas que prevalecen son aquellas que se desarrollan mayormente en paralelo al eje de la calzada o se extienden desde una junta transversal hasta el borde de la losa.

Posibles Causas

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Alabeo térmico.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.

- Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje.
- Aserrado tardío de la junta.
- Contracción del concreto.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

Las grietas longitudinales tienen una alta probabilidad de evolucionar hacia la formación de grietas en bloque o fracturas múltiples en la losa, así como incremento de los escalonamientos.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para hacer frente a las grietas transversales en la placa huella, se sugiere aplicar sellado en situaciones de severidad baja y media. En casos de severidad alta, se aconseja realizar una reparación abarcando todo el espesor del tramo afectado. La elección entre las opciones de reparación en todo el espesor dependerá de la gravedad de la situación y las directrices establecidas para abordar los deterioros en pavimentos rígidos. Estas recomendaciones proporcionan una guía precisa para tratar de manera efectiva los diferentes niveles de severidad de las grietas transversales identificadas en el proyecto de la placa huella.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Grietas de Esquina (GE)

Se caracterizan por generar un bloque triangular en la losa, surgiendo típicamente en la intersección de juntas transversales y longitudinales. Estas grietas describen un ángulo superior a 45° con respecto a la dirección del tráfico y tienen longitudes de lado variables, oscilando entre 0,3 m y la mitad del ancho de la losa. Este tipo de deterioro se observa tanto en placas de concreto simple como en placas de concreto reforzado.

Posibles Causas

- Asentamiento de la base y/o la subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Alabeo térmico.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

Las grietas de esquina tienen una alta probabilidad de evolucionar hacia la formación de grietas en bloque o fracturas múltiples en la losa, siendo este el daño más probable.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para abordar grietas de esquina con severidad baja, se sugiere realizar un sellado, mientras que en casos de severidad media o alta, se recomienda llevar a cabo una reparación en todo el espesor de una franja de la placa huela o del elemento afectado. La elección entre la reparación de severidad media o alta dependerá de las directrices establecidas en el Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos. Estas recomendaciones son específicas para las grietas de esquina identificadas en la placa huella del proyecto.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Grietas en Bloque o Fracturación Múltiple (GB)

Surgen debido a la intersección de grietas longitudinales y transversales, dando lugar a la formación de bloques a lo largo de la placa. Este conjunto de grietas incluye también las conocidas como grietas en forma de "Y" y se observa comúnmente tanto en placas de concreto simple como en aquellas de concreto reforzado.

Posibles Causas

La fracturación múltiple surge debido a la repetición de cargas pesadas, conocida como fatiga del concreto, así como por un diseño estructural incorrecto y condiciones de soporte deficientes. Este fenómeno representa la etapa final en la evolución del proceso de fisuración, que inicialmente forma una malla más o menos cerrada. La circulación vehicular y la constante flexión de las losas aceleran la subdivisión de esta malla en bloques más pequeños, lo que

propicia el desportillamiento de sus bordes. Aunque pueden adoptar diversas formas y aspectos, con mayor frecuencia están delimitadas por una junta y una fisura. La fracturación múltiple, puede ser causada por la repetición de cargas pesadas (fatiga de concreto), el equivocado diseño estructural y las condiciones de soporte deficiente. Es la evolución final del proceso de fisuración, que comienza formando una malla más o menos cerrada; el tránsito y la continua flexión de las losas aceleran la subdivisión en bloques más pequeños, favoreciendo el desportillamiento de sus bordes.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

Las grietas en bloque tienen una alta probabilidad de evolucionar hacia el deterioro total de la estructura y hundimientos.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para abordar las grietas en bloque en la placa huella, se aconseja llevar a cabo reparaciones integrales en todo el espesor, reemplazando longitudinal y transversalmente la zona afectada.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Hundimientos o Asentamientos (HU)

La depresión o descenso de la superficie del pavimento se refiere a una disminución localizada en un área específica, la cual puede ir acompañada de un agrietamiento significativo, provocado por el asentamiento de las losas.

Posibles Causas

Esta forma de deformación permanente en el pavimento, ya sea con o sin agrietamiento, puede manifestarse cuando se experimenta asentamiento o consolidación en la subrasante. Este fenómeno puede ser consecuencia, por ejemplo, de áreas cercanas a una estructura de drenaje o retención, donde el material de relleno puede asentarse debido a una compactación inicial deficiente o al movimiento de la propia estructura.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

El hundimiento tiene una alta probabilidad de evolucionar hacia el deterioro total de la estructura y agrietamiento total de la losa.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para abordar los hundimientos en la placa huella, se aconseja llevar a cabo reparaciones en todo el espesor, abarcando una franja con el ancho de la losa y comprendiendo

longitudinalmente toda la zona afectada. Se sugiere, además, reconstruir la junta de contracción según sea necesario.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Baches (BCH)

Se distingue por la descomposición de la losa de concreto y la eliminación de material en una zona específica, creando una cavidad con bordes irregulares que podría exponer incluso el material de base.

Posibles Causas

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.

Acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Recomendaciones

Para abordar los baches en la placa huella, se sugiere realizar una limpieza exhaustiva de las paredes afectadas, seguida por la aplicación de un puente de adherencia, para posteriormente rellenar con una mezcla de hormigón.

(CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, 2002)

Desportillamiento de Juntas (DPT, DPL)

La desintegración de las aristas de una junta, ya sea longitudinal o transversal, se manifiesta con la pérdida de fragmentos que puede alcanzar hasta 0,15 m (15 cm) a ambos lados de la junta. Este tipo de deterioro es común en todos los pavimentos rígidos que cuentan con juntas.

Posibles Causas

- Debilitamiento de los bordes de la junta debido a defectos constructivos.
- Desintegración del concreto, por mala calidad del material.
- Presencia de material incompresible en la junta, el cual al expandirse genera concentración de esfuerzos y la posterior falla ante el paso de vehículos.
- Mal procedimiento de corte de la junta.

- Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

Evolución Probable

El desportillamiento tiene una alta probabilidad de evolucionar en bombeo, generado por el ingreso de agua a la base de la estructura.

(MINISTERIO DE TRANSPORTE INVIAS Y UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2006)

13.2 Legal

Según la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del Instituto Nacional de Vías y Ministerio de Transporte publicada en el año 2017, se establece que los componentes de la placa huella deben garantizar una vida útil mínima de veinte años, siempre y cuando no se sometan a cargas que excedan los límites de diseño, generando tensiones superiores y ocasionando fracturas en el pavimento, de igual forma cumpliendo con las especificaciones de diseño y materiales empleados en su construcción, lo que de igual forma se encuentra planteado en Especificación Placa Huella 500-1P del Instituto Nacional de Vías INVIAS, norma con la cual se diseñó la vía en cuestión.

No obstante, la vía actual en placa huella no cumple con dichas condiciones, según las evaluaciones de afectaciones y lesiones ya identificadas, bajo las instrucciones del Manual de Inspección de Pavimentos Rígidos del Instituto Nacional de Vías.

13.3 Geográfico

Esta vía se encuentra localizada en el costado norte de la zona urbana del municipio de Victoria departamento de Caldas, por allí se conecta con los municipios que hacen parte del corredor oriental del departamento, es decir, Marquetalia, Samaná, Manzanares y Pensilvania, además de La Dorada, todos estos de Caldas y así mismo con Mariquita Tolima.

Ilustración 42. Ubicación general.

Fuente: (Alcaldía Municipal de Victoria, 2024)

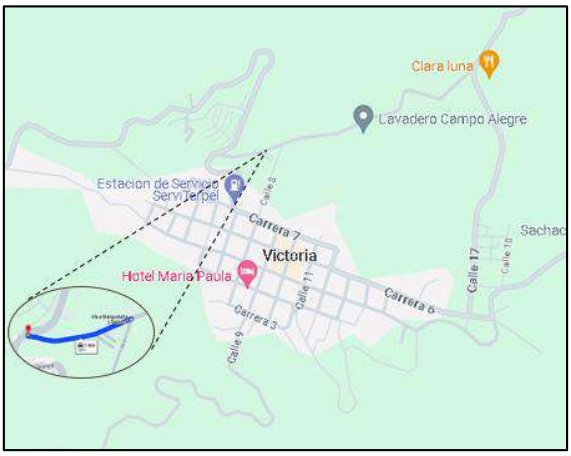


Ilustración 43. Ubicación especifica.

Fuente: Google Maps.

Ilustración 44. Vista aérea de la vía.

Fuente: Elaboración Propia.

Las edificaciones presentes en el sector son de uso residencial, familiares, que no superan la altura de piso de un nivel, estas viviendas están ubicadas al lado derecho de la vía, mientras que en el lado izquierdo se encuentra un terreno de mayor extensión, sin ninguna obra o construcción aledaña a la vía en placa huella.

Ilustración 45. Entorno de la vía - Viviendas - Lote.

Fuente: Elaboración Propia.

La vía se comunica directamente con la calle 6 y calle 8, además de la continuación de la carrera 9 e ingreso y salida de la carrera 9A y 9B.

Ilustración 46. Accesos vía en estudio carrera 9B.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 47. Acceso calle 8.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 48. Accesos vía en estudio carrera 9A.

Fuente: Elaboración Propia.

La relevancia socioeconómica de esta vía como corredor alterno se fundamenta en su función esencial de conectar no solo municipios circundantes, sino también corredores viales estratégicos, desempeñando un papel fundamental en el impulso del desarrollo socioeconómico.

En el ámbito urbanístico, el sector se caracteriza por su designación para uso residencial, abarcando tanto viviendas unifamiliares como espacios destinados a actividades comerciales, servicios y equipamiento colectivo.

14. COMPONENTE EXPERIMENTAL

Los ensayos tanto destructivos como no destructivos (excepto la medición de grietas y fisuras) se contrataron y realizaron con INGENIERÍA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S, ubicado en el municipio de Mariquita Tolima, ellos fueron los encargados de la toma de las muestras y procesamiento de información, siempre en compañía de la responsable del estudio patológico, se encuentra anexo a este documento el informe con los respectivos resultados.

14.1 Ensayos destructivos y no destructivos

14.1.1 Ensayos destructivos

Ensayos de Resistencia a la Compresión de Cilindros de Concreto INV-E 410-13:

- Propósito: Los ensayos de compresión de núcleos de concreto se realizaron con el propósito de determinar la resistencia del concreto en las cintas huellas del tramo en estudio. Estos ensayos proporcionan información decisiva sobre la resistencia del concreto en su estado endurecido, lo que permite evaluar su capacidad para soportar cargas y su nivel de integridad estructural.

- Ubicación: Se extrajeron núcleos de concreto de diferentes ubicaciones a lo largo de las cintas huellas del tramo en estudio. Estos núcleos se seleccionaron estratégicamente para representar áreas con diferentes condiciones de exposición y niveles de deterioro potencial, los puntos de extracción de los núcleos se determinaron de manera que abarcaran toda la extensión

del tramo en estudio y proporcionaran una muestra representativa de la calidad del concreto utilizado en la construcción de la vía.

- Cantidad: Se realizó la extracción de 2 núcleos de concreto.

En las ilustraciones siguientes se detalla el proceso de extracción del núcleo No 1 de la placa huella, se puede apreciar claramente la identificación del núcleo extraído, así como la granulometría del material circundante y una varilla de acero que ha sido cortada, la ubicación exacta de esta varilla con respecto a la superficie es de 11 centímetros, no se evidencia ningún signo de corrosión en la varilla ni en ningún otro elemento del área de extracción, lo que sugiere una integridad estructural adecuada en la zona evaluada.

Ilustración 49. Extracción Núcleo No 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 50. Núcleo No 1 Extraído.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 51. Identificación Agregados.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 52. Localización de Acero.

Fuente: Elaboración Propia.

La extracción del núcleo se realizó de manera precisa, evidenciando la homogeneidad del material circundante. No se observa ninguna señal de corrosión ni otros deterioros en la zona de extracción, lo que indica una buena calidad estructural en el área evaluada, como se evidencia en las ilustraciones siguientes.

Ilustración 53. Extracción Núcleo No 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 54. Núcleo No 2 Extraído.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 55. Taponamiento de los Orificios.

Fuente: Elaboración Propia.

Los ensayos destructivos realizados en el estudio patológico proporcionaron información valiosa sobre el estado del concreto en las cintas huellas del tramo en estudio. El presente ensayo realizado de acuerdo con la norma INV E 410-13 del INVIAS, arrojó resultados significativos.

Los núcleos extraídos de las cintas huellas mostraron una resistencia a la compresión mayor que la resistencia de diseño de la placa huella, que era de 21 MPa. El primer núcleo evaluado registró una resistencia de 33.3 MPa, mientras que el segundo núcleo evaluado mostró una resistencia de 29.8 MPa. Estos resultados indican que el concreto tiene una resistencia superior a la esperada, lo que sugiere una calidad adecuada del material y una construcción sólida de las cintas huellas.

14.1.2 Ensayos no destructivos

Método para Medir el Número de Rebote del Concreto Endurecido NTC 3692:

- Propósito: La esclerometría se realizó con el propósito de medir la dureza superficial del concreto en las cintas huellas a lo largo del tramo en estudio. Este ensayo proporciona una evaluación cuantitativa de la resistencia del concreto, lo que permite identificar áreas con posible deterioro o debilidad estructural.

- Ubicación: Se llevaron a cabo mediciones de esclerometría en varias ubicaciones a lo largo del tramo de la vía en placa huella bajo análisis. Estas mediciones se realizaron de manera sistemática para cubrir adecuadamente toda la superficie de las cintas huellas.

- Cantidad: Se realizaron 4 mediciones.

Ilustración 56. Medición No 1.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 57. Medición No 2.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 58. Medición No 3.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 59. Medición No 4.

Fuente: Elaboración Propia.

Los ensayos no destructivos también proporcionaron información valiosa sobre el estado del concreto. El ensayo de medición de rebote de concreto endurecido, realizado de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 3692, mostró variaciones en la resistencia del concreto a lo largo de las cintas huellas. Los valores de resistencia deducida variaron entre las diferentes ubicaciones de ensayo, lo que indica posibles variaciones en la calidad del concreto a lo largo del

tramo en estudio. Sin embargo, en general, los valores de resistencia deducida estuvieron dentro de rangos aceptables, lo que sugiere una resistencia adecuada del concreto en la mayoría de las áreas evaluadas.

Este ensayo no destructivo se realizó en cuatro ubicaciones distintas a lo largo de las cintas huellas.

En la medición No 1, correspondiente al elemento testigo en el K0+091,5, donde se extrajo el núcleo número No 1, la resistencia deducida fue de 33,3 MPa. Este valor es consistente con el resultado del ensayo destructivo de compresión del núcleo, que también fue de 33,3 MPa, superando así la resistencia de diseño de 21 MPa.

En la medición No 3, que corresponde a la cinta huella del lado contrario a la medición No 1, la resistencia deducida fue de 27,6 MPa. Aunque este valor es ligeramente inferior al obtenido en la medición No 1, sigue estando por encima de la resistencia de diseño, indicando una calidad aceptable del concreto en esta área.

En la medición No 2, que es el elemento testigo en el K0+145,8, donde se extrajo el núcleo número No 2, la resistencia deducida fue de 29,8 MPa. Este resultado también coincide con el ensayo destructivo de compresión del núcleo correspondiente, que arrojó la misma resistencia de 29,8 MPa, nuevamente superando la resistencia de diseño.

Finalmente, en la medición No 4 que corresponde a la cinta huella del lado contrario a la medición No 3, la resistencia deducida fue de 29,6 MPa. Este valor, aunque ligeramente inferior al del testigo de la medición No 3, sigue estando por encima de los 21 MPa especificados en el diseño, confirmando la calidad adecuada del concreto en esta sección.

El propósito del ensayo de esclerometría es evaluar la dureza superficial del concreto y deducir su resistencia, proporcionando una estimación rápida y no destructiva del estado del concreto en distintas áreas de la estructura. Los valores de resistencia deducida en las ubicaciones testigo son consistentes con los resultados obtenidos en el ensayo destructivo de compresión de núcleos. Esta consistencia confirma la buena calidad del concreto en estas zonas específicas. (American Society for Testing and Materials).

En las ubicaciones no testigo, los resultados muestran cierta variabilidad, con valores ligeramente inferiores pero aún por encima de la resistencia de diseño. Esta variabilidad es normal y no indica fallas significativas en el material, sino que refleja la variabilidad inherente a los materiales de construcción y las condiciones de prueba.

Determinación de la Profundidad de Carbonatación en un Hormigón Endurecido por el Método de la Fenolftaleína UNE-EN 14630 (Asociación Española de Normalización, 2007)***:***

- Propósito: El propósito del ensayo de carbonatación fue determinar la profundidad de carbonatación en el concreto, lo que proporciona información sobre su grado de exposición a

agentes ambientales corrosivos, como el dióxido de carbono presente en el aire. Este examen es crucial para evaluar el riesgo de corrosión de las armaduras de refuerzo y el deterioro del concreto.

- Ubicación: Los ensayos de carbonatación se llevaron a cabo en los orificios donde se extrajeron los núcleos de concreto, así como en los mismos núcleos después de ser fallados.

- Cantidad: Se realizaron 4 mediciones.

Ilustración 60. Orificio Extracción Núcleo No1.
Fuente: Elaboración Propia.

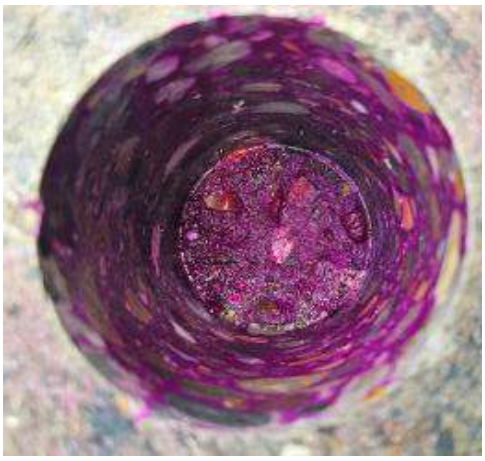


Ilustración 61. Carbonatación Orificio Núcleo No1.
Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 62. Orificio Extracción Núcleo No2.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 63. Carbonatación Orificio Núcleo No2.

Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 64. Carbonatación Fallo Cilindro No1.

Fuente: (INGENIERIA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S, 2024)

Ilustración 65. Carbonatación Fallo. Cilindro No2.

Fuente: (INGENIERIA Y LABORATORIO DE MATERIALES S.A.S, 2024)

En el anterior registro fotográfico se documenta el ensayo de carbonatación realizado tanto en los orificios de extracción de núcleos como en los núcleos mismos después de su falla en el laboratorio.

Los primeros dos ensayos se realizaron in situ, directamente en los orificios de extracción de los núcleos. En el orificio correspondiente al núcleo número 1, se observó la presencia de carbonatación en la zona superficial, sin que se alcanzara una profundidad significativa. Un resultado similar se obtuvo en el orificio del núcleo número 2, donde se detectó carbonatación superficial.

Posteriormente, se realizó la evaluación de la profundidad de carbonatación en el laboratorio, tras la ruptura de los núcleos. Para el núcleo número 1, se registró una profundidad de carbonatación de 4.5 mm, mientras que el núcleo número 2 presentó una profundidad de 6.3 mm. En ambos casos, se evidenció un color fucsia en el resto del material, lo cual indica un pH adecuado y un nivel de carbonatación aceptable considerando que la obra fue finalizada en el año 2017, hace 7 años.

El análisis de estos resultados sugiere que la carbonatación está dentro de los límites esperados para la edad del concreto, presentando una profundidad de carbonatación que no excede el milímetro por año, lo cual es un indicador positivo de la durabilidad y calidad del concreto utilizado en la construcción de la placa huella.

Los resultados detallados y los registros fotográficos de cada ensayo están anexados a este informe para una revisión más rigurosa. (Ver Anexo No 6).

Medición de Grietas y Fisuras:

- Propósito: Se realizaron mediciones detalladas de grietas y fisuras a lo largo de las cintas huellas en el tramo en estudio para evaluar su extensión, profundidad y evolución. El propósito principal fue identificar las áreas afectadas por deterioro y determinar la gravedad de las patologías presentes en la superficie del concreto.

- Ubicación: Las mediciones se llevaron a cabo en todas las secciones y elementos de la placa huella del tramo en estudio, abarcando áreas susceptibles a la formación de grietas y fisuras, como juntas de construcción, zonas de carga y descarga, y áreas expuestas a cambios de temperatura y humedad. Se prestaron especial atención a las áreas donde se observaron signos evidentes de deterioro estructural y se priorizaron las secciones críticas que podrían afectar la integridad y seguridad de la vía.

Los ensayos realizados en el estudio patológico incluyeron una variedad de técnicas para evaluar el estado del concreto en las cintas huellas del tramo en estudio, estos ensayos abarcaron desde mediciones de esclerometría para evaluar la dureza superficial del concreto, hasta ensayos de carbonatación para determinar la profundidad de la carbonatación y su impacto en la durabilidad del concreto. Además, se llevaron a cabo ensayos de compresión de núcleos de concreto para evaluar la resistencia del material en diferentes puntos a lo largo de las cintas huellas.

Cada ensayo se diseñó con un propósito específico, ya sea para evaluar la resistencia del concreto, identificar áreas de deterioro, o determinar la exposición del material a agentes corrosivos. Las ubicaciones de los ensayos se seleccionaron estratégicamente para garantizar una representación adecuada de las condiciones de la vía y abordar áreas críticas donde se observaron signos de deterioro estructural.

Los resultados de los ensayos proporcionaron información valiosa sobre el estado del concreto, las patologías presentes y la severidad del deterioro en las cintas huellas. Estos datos fueron fundamentales para el diagnóstico de las afectaciones, la evaluación de la seguridad vial y la formulación de recomendaciones para intervenciones correctivas. En conjunto, los ensayos realizados proporcionaron una visión integral del estado de la infraestructura vial, facilitando la toma de decisiones informadas para su rehabilitación y mantenimiento a largo plazo.

14.2 Estudio de vulnerabilidad sísmica

14.2.1 Historia de sismos en la zona

Zona de Amenaza Sísmica

De acuerdo con la Norma Sismo Resistente Título A - Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo Resistente, el municipio de Victoria, Caldas se encuentra clasificado como una zona de amenaza sísmica ALTA debido a su ubicación geográfica y la evaluación de la actividad sísmica histórica y potencial en la región. Esto implica que las estructuras y edificaciones en esta área deben diseñarse y construirse con medidas específicas para resistir y

mitigar los efectos de los sismos, conforme a los estándares y disposiciones establecidos por la normativa vigente.

Dada la clasificación de la zona de amenaza sísmica, es posible que se hayan presentado afectaciones en el paciente, ya que las condiciones geológicas y la actividad sísmica pueden influir en la estabilidad de la infraestructura vial, especialmente en sistemas de construcción como las placas de huella. Las vibraciones y movimientos causados por los sismos pueden provocar daños en la superficie de la vía, como agrietamientos, deformaciones o deslizamientos, lo que afectaría la seguridad y la funcionalidad de la misma, por lo tanto, es fundamental realizar evaluaciones periódicas de la vía y, si es necesario, implementar medidas de reparación o refuerzo para garantizar su adecuado funcionamiento y seguridad frente a eventos sísmicos.

Tabla 28. Definición de la zona de amenaza sísmica de los municipio del departamento de Caldas, según la NSR 10- Titula A.

Departamento de Caldas						
Municipio	**Código Municipio**	A_a	A_v	**Zona de Amenaza Sísmica**	A_e	A_d
Manizales	17001	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Aguadas	17013	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Anserma	17042	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Aranzazu	17050	0.25	0.25	Alta	0.19	0.09
Belalcázar	17088	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Chinchiná	17174	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Filadelfia	17272	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
La Dorada	17380	0.15	0.20	Intermedia	0.11	0.06
La Merced	17388	0.25	0.25	Alta	0.21	0.10
Manzanares	17433	0.20	0.20	Intermedia	0.20	0.10
Marmato	17442	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Marquetalia	17444	0.20	0.20	Intermedia	0.17	0.08
Marulanda	17446	0.20	0.25	Alta	0.18	0.09
Neira	17486	0.25	0.25	Alta	0.19	0.10
Norcasia	17495	0.15	0.20	Intermedia	0.15	0.07
Pácora	17513	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Palestina	17524	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Pensilvania	17541	0.20	0.20	Intermedia	0.18	0.09
Riosucio	17614	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Risaralda	17616	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Salamina	17653	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09
Samaná	17662	0.20	0.20	Intermedia	0.19	0.09
San José	17665	0.25	0.30	Alta	0.20	0.10
Supía	17777	0.15	0.30	Alta	0.20	0.10
Victoria	17867	0.25	0.20	Alta	0.13	0.06
Villamaría	17873	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09
Viterbo	17877	0.25	0.30	Alta	0.23	0.10

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., 2010).

Historia de Sismos

De acuerdo con la investigación realizada según la información contenida en el Servicio Geológico Colombiano se han presentado sismos a lo largo de la historia del paciente, estos sismos en su mayoría leves, pero que de igual manera son considerables para las afectaciones que hoy presenta la vía en placa huella.

Mediante boletines semestrales de la Red Sismológica Nacional de Colombia – RSNC se destacan los siguientes eventos a lo largo de la vida del paciente.

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2016:

Durante los meses de julio-diciembre de 2016 se registraron 19267 eventos, de los cuales 2 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017).

Tabla 29. Sismos periodo julio - diciembre 2016.

N	FECHA	H_M_S	LAT	LONG	Z	MAG	RMS	GAP	NF	UBICACION
6880	Dic 1 2016	20:06:46.6	6.82	-73.21	132	2.4	0.3	128	23	ZAPATOCA (SANTANDER)
6881	Dic 1 2016	20:10:37.2	5.75	-73.94	104	1.7	0.3	127	16	ALBANIA (SANTANDER)
6882	Dic 1 2016	20:19:53.8	6.77	-73.14	133	1.5	0.2	157	7	LOS SANTOS (SANTANDER)
6883	Dic 1 2016	22:09:22.7	7.19	-73.26	177	1.5	0.4	166	7	LEBRIJA (SANTANDER)
6884	Dic 1 2016	23:12:20.0	4.70	-76.20	95	1.9	0.3	146	14	EL CAIRO (VALLE)
6885	Dic 2 2016	00:20:57.3	6.77	-73.13	146	1.6	0.5	159	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
6886	Dic 2 2016	02:55:34.9	7.48	-73.21	139	1.4	0.3	233	10	EL PLAYON (SANTANDER)
6887	Dic 2 2016	02:58:11.6	6.77	-73.15	147	1.8	0.5	120	14	LOS SANTOS (SANTANDER)
6888	Dic 2 2016	03:54: 3.6	6.68	-73.11	139	1.2	0.3	182	8	JORDAN (SANTANDER)
6889	Dic 2 2016	04:38:11.5	6.72	-73.13	145	1.8	0.4	166	14	JORDAN (SANTANDER)
6890	Dic 2 2016	04:55:56.0	6.73	-73.15	144	1.2	0.5	154	10	LOS SANTOS (SANTANDER)
6891	Dic 2 2016	05:17:25.7	6.67	-73.09	140	1.4	0.2	234	8	JORDAN (SANTANDER)
6892	Dic 2 2016	05:36:53.9	6.72	-73.13	140	1.6	0.6	164	14	JORDAN (SANTANDER)
6893	Dic 2 2016	06:01:45.9	7.15	-72.19	Sup	2.3	0.7	148	26	CUBARA (BOYACA)
6894	Dic 2 2016	07:12: 5.7	6.68	-73.11	144	1.3	0.4	183	10	JORDAN (SANTANDER)
6895	Dic 2 2016	07:51:19.2	6.71	-73.13	145	1.5	0.4	169	12	JORDAN (SANTANDER)
6896	Dic 2 2016	08:08:13.7	6.75	-73.13	142	1.5	0.5	158	14	LOS SANTOS (SANTANDER)
6897	Dic 2 2016	08:19:51.9	7.37	-73.18	132	1.8	0.1	180	10	EL PLAYON (SANTANDER)
6898	Dic 2 2016	08:20:52.5	6.70	-73.64	100	1.3	0.5	154	10	EL CARMEN (SANTANDER)
6899	Dic 2 2016	09:10:11.9	7.40	-73.29	121	1.8	0.4	183	20	EL PLAYON (SANTANDER)
6900	Dic 2 2016	09:27:26.9	4.40	-73.62	Sup	1.7	0.4	155	10	SAN JUANITO (META)
6901	Dic 2 2016	09:31:29.2	6.70	-73.12	139	1.6	0.2	173	7	JORDAN (SANTANDER)
6902	Dic 2 2016	10:42:49.5	7.10	-73.32	122	1.1	0.4	145	7	LEBRIJA (SANTANDER)
6903	Dic 2 2016	11:25:43.2	4.21	-76.51	48	1.5	0.5	123	12	TRUJILLO (VALLE)
6904	Dic 2 2016	11:49:58.3	6.34	-73.55	110	1.5	0.5	151	13	SANTA HELENA DEL OPON (SANTANDER)
6905	Dic 2 2016	12:34: 1.9	6.75	-73.14	138	2.3	0.5	155	28	LOS SANTOS (SANTANDER)
6906	Dic 2 2016	13:26:26.5	3.17	-76.65	84	1.4	0.5	165	12	JAMUNDI (VALLE)
6907	Dic 2 2016	13:31:42.3	7.86	-74.66	26	1.5	0.3	268	8	NECHI (ANTIOQUIA)
6908	Dic 2 2016	13:56:12.8	6.73	-73.14	143	1.7	0.2	157	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
6909	Dic 2 2016	14:39: 3.3	6.22	-73.63	108	1.7	0.3	240	8	LA PAZ (SANTANDER)
6910	Dic 2 2016	14:49: 9.7	6.77	-73.11	154	1.4	0.3	165	8	LOS SANTOS (SANTANDER)
6911	Dic 2 2016	15:35:45.8	5.36	-74.92	6	1.6	0.5	139	14	VICTORIA (CALDAS)

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Tabla 30. Sismos periodo julio - diciembre 2016.

N	FECHA	H_M_S	LAT	LONG	Z	MAG	RMS	GAP	NF	UBICACION
7478	Dic 15 2016	07:13: 8.9	5.94	-73.66	118	0.9	0.2	212	8	GUAVATA (SANTANDER)
7479	Dic 15 2016	07:44:56.8	6.74	-73.15	152	1.0	0.0	137	8	LOS SANTOS (SANTANDER)
7480	Dic 15 2016	07:50:30.6	5.30	-74.87	Sup	1.6	0.5	64	28	VICTORIA (CALDAS)

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Sismicidad periodo enero – junio de 2017:

Durante los meses de enero-junio de 2017 se registraron 20766 eventos, de los cuales 3 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, 2 con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter y 1 con magnitud mayor a 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

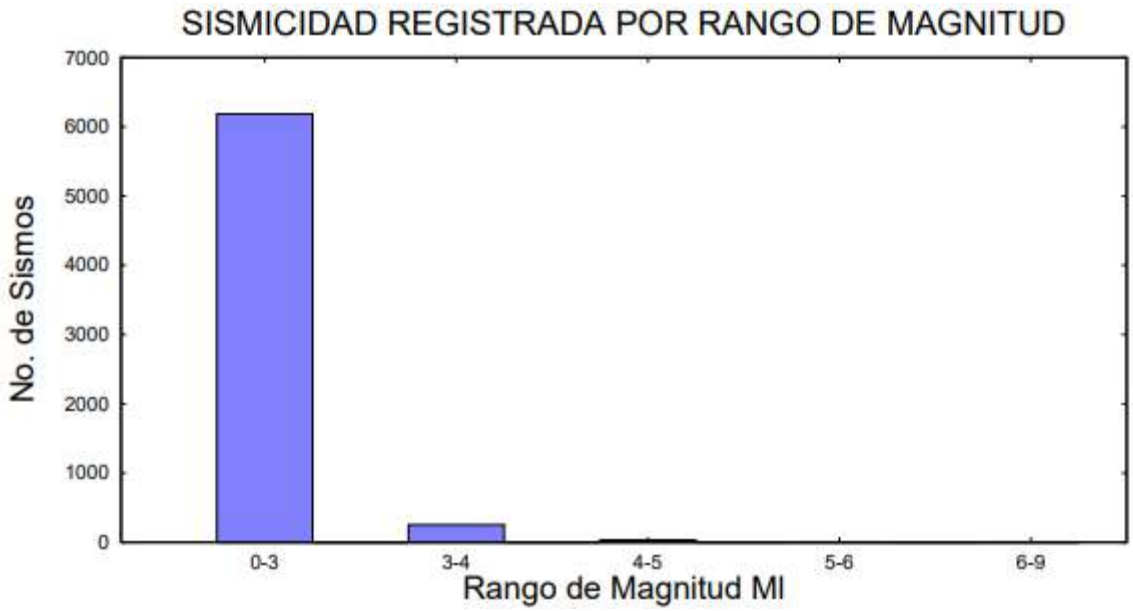


Ilustración 66. Grafica de sismicidad registrada periodo enero - junio 2017.

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Tabla 31. Sismos periodo enero - junio 2017.

N	FECHA	H_M_S	LAT	LONG	Z	MAG	RMS	GAP	NF	UBICACION
3630	Mar 9 2017	07:50:28.6	6.80	-73.17	146	1.8	0.5	102	34	LOS SANTOS (SANTANDER)
3631	Mar 9 2017	08:16:23.1	6.39	-73.59	122	0.8	0.3	149	10	SANTA HELENA DEL OPON (SANTANDER)
3632	Mar 9 2017	08:19: 5.6	6.74	-73.15	156	1.2	0.4	248	11	LOS SANTOS (SANTANDER)
3633	Mar 9 2017	08:44:19.9	6.61	-73.16	142	0.9	0.3	272	8	VILLANUEVA (SANTANDER)
3634	Mar 9 2017	08:48:54.4	6.63	-73.16	142	1.5	0.3	248	8	VILLANUEVA (SANTANDER)
3635	Mar 9 2017	10:02:16.0	6.80	-73.12	142	1.6	0.3	139	24	LOS SANTOS (SANTANDER)
3636	Mar 9 2017	10:06: 2.1	6.76	-73.15	139	1.5	0.3	233	16	LOS SANTOS (SANTANDER)
3637	Mar 9 2017	10:33:25.7	5.40	-74.90	23	0.8	0.3	158	7	VICTORIA (CALDAS)

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Tabla 32. Sismos periodo enero - junio 2017.

N	FECHA	H_M_S	LAT	LONG	Z	MAG	RMS	GAP	NF	UBICACION
3828	Mar 13 2017	18:04:48.6	6.84	-73.14	153	2.8	0.5	70	48	LOS SANTOS (SANTANDER)
3829	Mar 13 2017	18:13:18.5	7.47	-73.39	110	1.9	0.4	183	21	SABANA DE TORRES (SANTANDER)
3830	Mar 13 2017	18:22: 4.0	6.81	-73.16	142	1.4	0.4	134	11	LOS SANTOS (SANTANDER)
3831	Mar 13 2017	18:51:57.2	6.84	-73.12	144	2.8	0.7	74	49	LOS SANTOS (SANTANDER)
3832	Mar 13 2017	19:14: 3.2	5.28	-73.75	141	1.4	0.3	130	8	CUCUNUBA (CUNDINAMARCA)
3833	Mar 13 2017	19:42:14.1	6.80	-73.19	140	1.5	0.1	131	10	ZAPATOCA (SANTANDER)
3834	Mar 13 2017	21:14:58.1	6.83	-73.13	145	2.5	0.4	105	37	LOS SANTOS (SANTANDER)
3835	Mar 13 2017	21:28:40.7	5.68	-72.66	Sup	1.5	0.5	162	14	LABRANZAGRANDE (BOYACA)
3836	Mar 13 2017	21:36:30.0	6.74	-73.10	146	1.4	0.2	144	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
3837	Mar 13 2017	21:46:42.7	7.17	-73.78	29	1.0	0.5	155	10	BARRANCABERMEJA (SANTANDER)
3838	Mar 13 2017	22:01: 5.9	6.79	-73.33	127	1.6	0.3	115	9	ZAPATOCA (SANTANDER)
3839	Mar 13 2017	23:04:53.3	5.63	-73.99	110	1.5	0.4	91	16	PAUNA (BOYACA)
3840	Mar 13 2017	23:38: 0.7	7.39	-73.19	131	2.1	0.3	184	31	EL PLAYON (SANTANDER)
3841	Mar 14 2017	00:43:13.6	8.34	-73.76	24	1.8	0.2	204	13	GAMARRA (CESAR)
3842	Mar 14 2017	01:22:13.0	6.26	-74.40	Sup	1.1	0.4	117	13	PUERTO NARE (ANTIOQUIA)
3843	Mar 14 2017	01:25: 2.7	6.65	-73.55	100	1.0	0.4	119	10	EL CARMEN (SANTANDER)
3844	Mar 14 2017	01:26:46.6	6.70	-73.15	145	1.3	0.3	139	11	VILLANUEVA (SANTANDER)
3845	Mar 14 2017	04:05:50.4	6.74	-73.15	141	1.6	0.3	232	14	LOS SANTOS (SANTANDER)
3846	Mar 14 2017	04:09:50.7	7.77	-72.69	Sup	2.1	0.5	195	18	DURANIA (N.SANTANDER)
3847	Mar 14 2017	04:41:10.4	10.24	-73.30	100	1.7	0.1	220	8	SAN DIEGO (CESAR)
3848	Mar 14 2017	06:01:12.1	6.77	-73.14	145	1.4	0.2	235	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
3849	Mar 14 2017	06:45:48.9	6.56	-72.23	Sup	2.4	0.3	138	22	GUICAN (BOYACA)
3850	Mar 14 2017	06:47:56.7	6.76	-73.13	141	1.4	0.3	139	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
3851	Mar 14 2017	06:55:40.1	6.77	-73.11	148	2.2	0.4	123	34	LOS SANTOS (SANTANDER)
3852	Mar 14 2017	07:19:43.7	6.68	-73.16	147	1.0	0.4	226	7	VILLANUEVA (SANTANDER)
3853	Mar 14 2017	08:23:51.1	6.78	-73.14	138	3.2	0.4	98	46	LOS SANTOS (SANTANDER)
3854	Mar 14 2017	09:48:51.0	6.81	-73.17	143	1.5	0.4	132	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
3855	Mar 14 2017	10:02: 1.1	6.77	-73.14	149	1.4	0.3	139	14	LOS SANTOS (SANTANDER)
3856	Mar 14 2017	10:24:44.7	6.79	-73.13	140	1.8	0.4	100	19	LOS SANTOS (SANTANDER)
3857	Mar 14 2017	13:40:56.3	6.78	-73.16	146	1.6	0.5	135	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
3858	Mar 14 2017	13:51:23.5	5.95	-76.07	35	0.8	0.6	209	8	SALGAR (ANTIOQUIA)
3859	Mar 14 2017	14:52:30.6	6.81	-76.24	Sup	1.9	0.5	176	18	URAMITA (ANTIOQUIA)
3860	Mar 14 2017	15:28:46.3	6.87	-73.16	140	1.5	0.1	243	8	BETULIA (SANTANDER)
3861	Mar 14 2017	16:17:32.2	6.78	-73.17	135	1.7	0.4	133	10	LOS SANTOS (SANTANDER)
3862	Mar 14 2017	16:37:29.1	5.38	-74.85	15	2.3	0.4	60	24	VICTORIA (CALDAS)

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Tabla 33. Sismos periodo enero - junio 2017.

N	FECHA	H_M_S	LAT	LONG	Z	MAG	RMS	GAP	NF	UBICACION
4026	Mar 18 2017	04:53:41.9	2.98	-74.98	Sup	1.3	0.5	175	10	TELLO (HUILA)
4027	Mar 18 2017	04:56:46.8	5.86	-74.05	96	1.3	0.5	79	18	LA BELLEZA (SANTANDER)
4028	Mar 18 2017	06:25:10.6	6.50	-73.48	119	1.3	0.5	73	14	SIMACOTA (SANTANDER)
4029	Mar 18 2017	07:23: 9.1	6.13	-73.76	103	0.7	0.3	191	7	LANDAZURI (SANTANDER)
4030	Mar 18 2017	07:43: 2.9	1.97	-75.92	25	0.8	0.1	138	8	TIMANA (HUILA)
4031	Mar 18 2017	07:51: 8.9	7.46	-72.41	Sup	1.7	0.5	309	13	FRONTERA CON VENEZUELA
4032	Mar 18 2017	08:29:58.5	6.78	-73.12	144	1.4	0.3	140	13	LOS SANTOS (SANTANDER)
4033	Mar 18 2017	08:47:24.9	6.95	-76.60	Sup	2.1	0.7	210	16	MURINDO (ANTIOQUIA)
4034	Mar 18 2017	09:04:24.5	11.07	-74.10	Sup	1.5	0.4	181	8	PIVIJAY (MAGDALENA)
4035	Mar 18 2017	09:24:13.8	4.44	-75.70	Sup	1.4	0.4	149	17	CORDOBA (QUINDIO)
4036	Mar 18 2017	09:24:19.4	6.79	-73.17	137	2.8	0.3	133	39	LOS SANTOS (SANTANDER)
4037	Mar 18 2017	09:56: 9.2	6.73	-73.18	137	1.0	0.3	137	8	VILLANUEVA (SANTANDER)
4038	Mar 18 2017	10:19: 2.0	6.79	-73.15	140	1.9	0.5	136	21	LOS SANTOS (SANTANDER)
4039	Mar 18 2017	10:51:35.9	7.09	-73.38	114	1.3	0.2	145	11	LEBRIJA (SANTANDER)
4040	Mar 18 2017	11:31: 7.6	6.84	-73.12	149	1.8	0.4	137	16	LOS SANTOS (SANTANDER)
4041	Mar 18 2017	11:52: 5.2	2.50	-74.34	Sup	2.2	0.8	109	30	SAN VICENTE DEL CAGUAN (CAQUETA)
4042	Mar 18 2017	12:04:37.6	6.76	-73.16	142	1.5	0.4	136	10	LOS SANTOS (SANTANDER)
4043	Mar 18 2017	13:08:44.1	6.78	-73.15	144	1.7	0.4	136	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
4044	Mar 18 2017	13:37:25.7	5.43	-73.82	129	1.6	0.4	156	12	SUSA (CUNDINAMARCA)
4045	Mar 18 2017	14:15:49.2	6.75	-73.14	144	1.8	0.4	138	12	LOS SANTOS (SANTANDER)
4046	Mar 18 2017	15:05:26.1	6.57	-73.56	116	2.0	0.6	87	18	EL CARMEN (SANTANDER)
4047	Mar 18 2017	15:18: 2.3	5.33	-74.80	Sup	1.5	0.6	166	12	VICTORIA (CALDAS)

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2017)

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2017:

Durante los meses de julio-diciembre de 2017 se registraron 20950 eventos, de los cuales 3 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2018).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2018:

Durante los meses de julio-diciembre de 2018 se registraron 12739 eventos, de los cuales 4 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2019).

Sismicidad periodo enero – junio de 2019:

Durante los meses de enero-junio de 2019 se registraron 13095 eventos, de los cuales 8 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2019).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2019:

Durante los meses de julio-diciembre de 2019 se registraron 13298 eventos, de los cuales 10 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2020).

Sismicidad periodo enero – junio de 2020:

Durante los meses de enero-junio de 2020 se registraron 14650 eventos, de los cuales 5 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2020).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2020:

Durante los meses de julio-diciembre de 2020 se registraron 11351 eventos, de los cuales 19 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2021).

Sismicidad periodo enero – junio de 2021:

Durante los meses de enero-junio de 2021 se registraron 10550 eventos, de los cuales 6 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2021).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2021:

Durante los meses de julio-diciembre de 2021 se registraron 10636 eventos, de los cuales 10 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2022)

Sismicidad periodo enero – junio de 2022:

Durante los meses de enero-junio de 2022 se registraron 10952 eventos, de los cuales 16 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, 15 con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter y 1 con magnitud mayor a 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2022).

Tabla 34. Sismos periodo enero - junio 2022.

N	Fecha	H:M:S	LAT	LON	Z	M	Ubicación
6248	2022/04/08	23:36:01	5,268	-73,747	135	1,9	Cacunubá, Cundinamarca
6249	2022/04/09	00:07:58	6,715	-73,150	130	1,7	Villanueva, Santander
6250	2022/04/09	00:30:13	6,750	-73,155	135	1,9	Los Santos, Santander
6251	2022/04/09	01:53:40	7,597	-73,159	148	1,8	El Playón, Santander
6252	2022/04/09	02:16:01	5,305	-75,613	0	0,8	Filadelfia, Caldas
6253	2022/04/09	02:40:37	6,759	-73,094	139	1,8	Los Santos, Santander
6254	2022/04/09	02:43:25	6,723	-73,151	137	1,9	Villanueva, Santander
6255	2022/04/09	02:53:09	6,744	-73,123	136	2,2	Los Santos, Santander
6256	2022/04/09	03:41:30	4,709	-76,141	89	1,7	Argelia, Valle del Cauca
6257	2022/04/09	04:06:17	3,575	-82,109	0	2,7	Océano Pacífico
6258	2022/04/09	04:24:00	5,259	-73,753	142	1,9	Cacunubá, Cundinamarca
6259	2022/04/09	05:29:34	6,801	-73,128	145	2,1	Los Santos, Santander
6260	2022/04/09	05:41:01	6,750	-73,138	131	1,9	Los Santos, Santander
6261	2022/04/09	06:14:25	8,221	-72,874	19	1,6	Sardinata, Norte de Santander
6262	2022/04/09	06:40:44	6,836	-73,223	145	1,9	Zapatoca, Santander
6263	2022/04/09	06:45:48	2,422	-75,593	34	1,5	Gigante, Huila
6264	2022/04/09	07:19:02	6,802	-73,148	144	1,8	Los Santos, Santander
6265	2022/04/09	07:32:44	3,230	-76,660	23	1,5	Jamundí, Valle del Cauca
6266	2022/04/09	07:36:16	7,331	-74,004	0	1,6	Cantagallo, Bolívar
6267	2022/04/09	07:54:19	8,692	-73,575	111	1,7	La Gloria, Cesar
6268	2022/04/09	07:57:27	6,733	-73,130	139	2,1	Los Santos, Santander
6269	2022/04/09	08:23:00	6,826	-73,124	139	2,0	Los Santos, Santander
6270	2022/04/09	08:25:18	10,904	-72,242	0	1,5	Venezuela
6271	2022/04/09	08:28:19	1,969	-76,004	16	0,8	Elías, Huila
6272	2022/04/09	09:21:03	4,663	-76,146	90	2,2	Argelia, Valle del Cauca
6273	2022/04/09	09:27:21	6,935	-76,026	22	1,6	Uramita, Antioquia
6274	2022/04/09	10:27:19	5,387	-74,836	24	2,1	Victoria, Caldas

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2022).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2022:

Durante los meses de julio-diciembre de 2022 se registraron 11200 eventos, de los cuales 20 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2023).

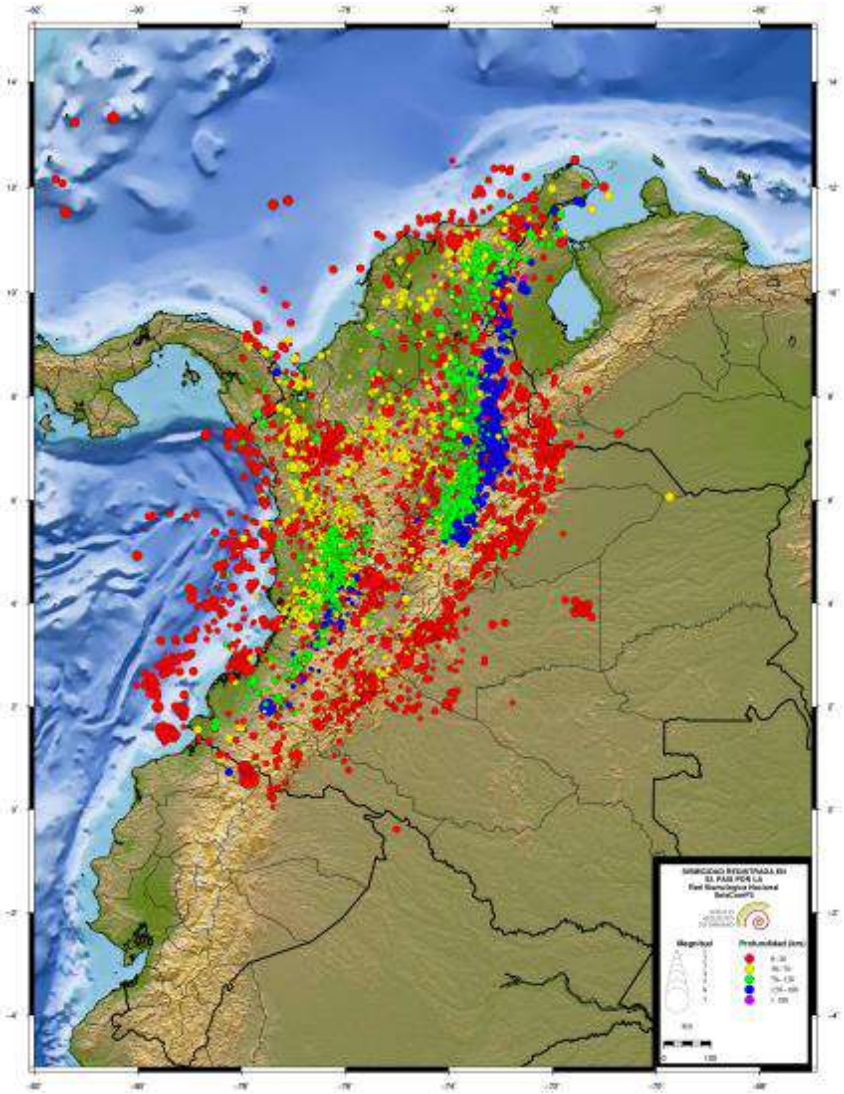


Ilustración 67. Eventos sísmicos durante julio-diciembre de 2022.

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2023).

Sismicidad periodo enero – junio de 2023:

Durante los meses de enero-junio de 2023 se registraron 11568 eventos, de los cuales 9 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2023).

Sismicidad periodo julio – diciembre de 2023:

Durante los meses de julio-diciembre de 2023 se registraron 11200 eventos, de los cuales 21 tienen localización en el municipio de Victoria, departamento de Caldas, todos con una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter. (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2024).

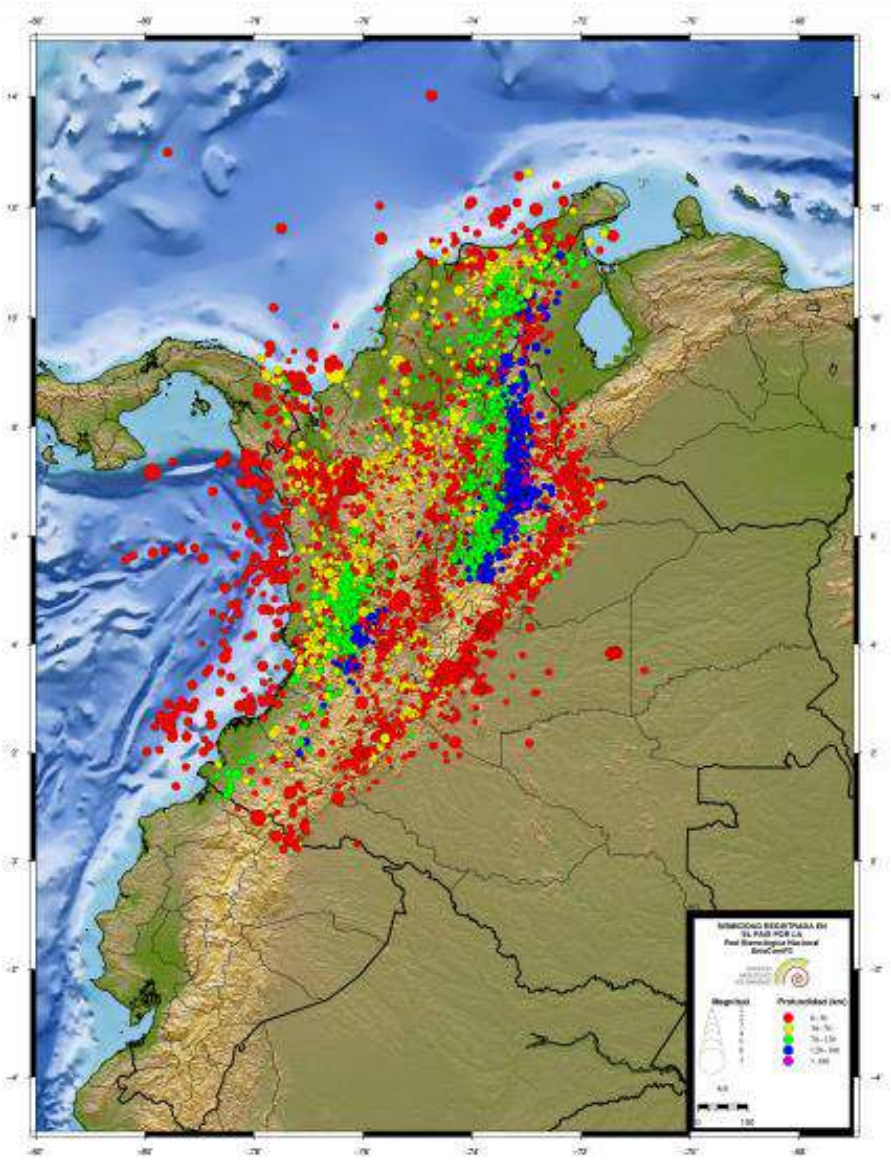


Ilustración 68. Eventos sísmicos durante julio-diciembre de 2023.

Fuente: (Red Sismológica Nacional de Colombia, 2024).

Basados en la historia de las actividades sísmicas del municipio de Victoria, Caldas, y su relación con las posibles afectaciones en la vía en placa huella construida en 2016, podemos realizar el siguiente análisis técnico:

A lo largo de los años, se han registrado una cantidad significativa de eventos sísmicos en el municipio de Victoria, aunque la mayoría de ellos tienen una magnitud por debajo de 2 en la escala de Richter, se observa una fluctuación en la cantidad de eventos sísmicos registrados semestralmente, lo que indica una actividad sísmica constante en la zona. Aunque la mayoría de los eventos tienen una magnitud baja, es importante destacar que algunos han superado los 2 en la escala de Richter, lo que podría causar vibraciones y movimientos significativos en la infraestructura vial. La acumulación de eventos sísmicos a lo largo del tiempo puede haber causado daños progresivos en la vía en placa huella, como agrietamientos, deformaciones o asentamientos, especialmente en áreas donde la actividad sísmica ha sido más intensa. Dada la exposición continua a eventos sísmicos y la posible acumulación de daños en la infraestructura vial, es razonable concluir que la vía en placa huella se encuentra en un estado de vulnerabilidad alta, lo que requiere una evaluación detallada y posiblemente medidas de reparación o refuerzo para garantizar su seguridad y funcionalidad a largo plazo.

En resumen, la combinación de la actividad sísmica histórica y la exposición continua a eventos sísmicos en el municipio de Victoria, Caldas, ha contribuido a generar afectaciones en la vía en placa huella, colocándola en un estado de vulnerabilidad alta que requiere atención y acciones preventivas adecuadas.

14.2.2 Matriz de vulnerabilidad

Después de analizar detenidamente la información recopilada sobre los factores que influyen en la vulnerabilidad sísmica de la vía en placa huella, se procede a desarrollar una matriz de vulnerabilidad. Esta matriz considera una variedad de componentes, que van desde las características del entorno y del suelo hasta los materiales utilizados en la construcción de la vía y las afectaciones prevalentes. El objetivo es evaluar cada uno de estos aspectos para determinar su grado de influencia en la vulnerabilidad sísmica y los riesgos asociados. Al calificar estos componentes en función de su grado de afectación y los riesgos potenciales que representan, se puede obtener una visión más completa de la vulnerabilidad de la vía en placa huella ante eventos sísmicos, lo que permite identificar áreas críticas que requieren atención prioritaria y planificar medidas de mitigación adecuadas. (Ver Anexo No 7).

15. DIAGNOSTICO

15.1 Análisis y procesamiento de datos

Para llevar a cabo el presente estudio, se inició con la recopilación de información sobre el entorno donde se ubica el paciente y la recopilación de toda la información necesaria para el correcto análisis. Esto incluyó la evaluación geotécnica, el análisis de la historia sísmica y la revisión de la zonificación sísmica de la zona de estudio. Además del estudio de un contexto histórico, social, económico, geográfico, ideológico, político y jurídico, esta recopilación de datos fue fundamental para realizar un análisis comprensivo del entorno de la edificación.

Durante la fase de análisis y procesamiento de datos, se siguieron las directrices establecidas en el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos del INVIAS, este enfoque proporcionó un marco metodológico sólido para la realización de inspecciones visuales detalladas, permitiendo la identificación precisa de patologías y defectos en la vía en placa huella.

Los formatos de inspección visual diligenciados se diseñaron conforme a las especificaciones del manual, lo que garantizó la consistencia en la recopilación de datos. Cada patología identificada durante las inspecciones visuales se documentó minuciosamente en estos formatos, proporcionando información detallada sobre su ubicación, tipo, gravedad y registro fotográfico. Este proceso de recopilación de datos sirvió como base fundamental para el posterior análisis y diagnóstico del estado de la infraestructura vial.

Además, se emplearon criterios específicos para la selección de ensayos de laboratorio complementarios, como la resistencia a la compresión y la determinación de carbonatación. Estos ensayos se seleccionaron con el objetivo de validar y complementar los hallazgos obtenidos durante las inspecciones visuales. Los resultados de estos ensayos se utilizaron para evaluar la calidad del concreto utilizado en la vía y su resistencia a las condiciones ambientales y de carga, lo anterior aplicando los conocimientos adquiridos en diversos espacios académicos durante el desarrollo de la especialización.

15.2 Consolidación de información

Se ha llevado a cabo una íntegra fase de recopilación de datos y documentación para el caso de estudio, empleando fichas que proporcionan una visión integral del estado de la vía.

15.2.1 Ficha de información general

En este contexto, se ha procedido a la identificación precisa del proyecto, incluyendo su clasificación estructural y uso actual, aspectos importantes como la fecha de construcción y el estado actual han sido abordados con una descripción detallada, considerando las características técnicas que definen la estructura.

15.2.2 Ficha de información histórica

A través de un detallado registro fotográfico, se ha plasmado la evolución cronológica de la obra. Se han capturado momentos clave desde la fase pre construcción hasta la entrega final de la obra, otorgando una visión histórica de la infraestructura.

15.2.3 Ficha de ubicación específica

Esta ficha se enfoca en proporcionar datos geoespaciales precisos, incluyendo coordenadas del punto inicial y final del proyecto. Además, se incorpora un plano detallado que contextualiza la ubicación en relación con el entorno circundante.

15.2.4 Ficha de detalles generales

Cada elemento estructural integral de la placa-huella, como la cinta huella, piedra pegada, viga riostra, bordillo y cuneta, ha sido analizado en detalle. Este análisis incluye medidas de construcción predefinidas, y planos detallados, ofreciendo una comprensión técnica de la estructura.

15.2.5 Ficha de planos generales

Una representación topográfica integral ha sido generada, abarcando tanto la planta como el perfil de la placa-huella. Estos planos proporcionan una visión técnica detallada del área de estudio, los cuales hacen parte de los estudios y diseños del proyecto.

15.2.6 Ficha de lesiones por elementos

Con el objetivo de identificar patologías potenciales, se han registrado medidas generales y se han identificado lesiones específicas en cada elemento constructivo. Este análisis técnico se respalda con un registro fotográfico detallado que sirve como base para el posterior análisis, se incluye una descripción general del tipo de lesión, nivel de severidad, número de placa y abscisa a la que pertenece.

15.2.7 Ficha de tipificación por lesiones

Se ha llevado a cabo una clasificación técnica y profunda de cada tipo de lesión presente en la placa-huella. Este proceso incluye un análisis riguroso respaldado por un registro fotográfico detallado, describiendo la naturaleza de cada daño, su origen, grado de afectación, causas directas e indirectas, así como lesiones secundarias, se complementa con un pre-diagnóstico y recomendaciones de prevención basadas en la observación técnica.

15.2.8 Ficha de planos generales de calificación

Este conjunto de planos proporciona una visión técnica y detallada de las lesiones más significativas presentes en la placa-huella, sirviendo como herramienta valiosa para la evaluación y calificación técnica del estado estructural actual.

Estas fichas, que contienen la información obtenida durante el proceso de análisis, se presentan de manera detallada en anexo a este documento. Este conjunto integral de fichas ofrece una visión ampliada y especializada que respalda cada conclusión y recomendación, proporcionando así un fundamento técnico robusto para cualquier evaluación futura o toma de decisiones relacionada con la placa-huella en cuestión.

El estudio patológico de la vía en placa huella ubicada en el barrio Peñitas del municipio de Victoria, Caldas, ha revelado que las principales afectaciones son grietas, fisuras y desgaste de la placa huella, causados principalmente por el tránsito de vehículos con cargas superiores a

las diseñadas para esta infraestructura. La inspección visual detallada, realizada conforme al Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos de INVIAS, y los ensayos realizados, tanto destructivos como no destructivos, han sido fundamentales para determinar las causas y magnitud de estos daños.

16. ALTERNATIVA Y PRONÓSTICO

Se establecen dos alternativas de solución para el paciente en estudio, las cuales se relacionan a continuación.

Propuesta 1: Reconstrucción en Puntos Críticos y Reparación de Áreas Afectadas, junto con Medidas para Controlar la Carga Vehicular

En base a la inspección detallada previamente realizada, se han identificado y mapeado las áreas con daños severos y los puntos críticos que requieren intervención inmediata. Esta evaluación incluyó el uso de metodologías dispuestas en el Manual de Inspección de Pavimentos Rígidos del INVIAS para asegurar una evaluación precisa de las condiciones de la vía.

Se procederá al sellado y reparación de las grietas y fisuras menores para prevenir su expansión. Para ello, se utilizarán materiales de sellado de alta calidad y técnicas avanzadas, garantizando la durabilidad de las reparaciones. La mano de obra especializada y el equipo adecuado serán fundamentales para llevar a cabo estas reparaciones de manera eficiente y efectiva.

Los segmentos de la vía que presenten daños severos serán demolidos y reconstruidos con concreto reforzado de resistencia (3000 PSI). La preparación de la base y la colocación del nuevo concreto se realizarán siguiendo estrictos estándares de calidad, asegurando la durabilidad y capacidad de carga de la vía reconstruida.

Se construirán sistemas de drenaje eficientes, incluyendo cunetas, para manejar adecuadamente las escorrentías, ya que como se evidencio en las fichas de caracterización de las lesiones por elementos, las cunetas se encuentran notablemente deterioradas.

Para garantizar la durabilidad de las reparaciones y de la infraestructura vial en general, se implementarán medidas para controlar la carga vehicular, esto incluirá la instalación de señalización adecuada que indique las restricciones de peso y velocidad para los vehículos pesados.

Finalmente, se establecerá un plan de mantenimiento preventivo que incluirá inspecciones regulares de la vía para identificar y reparar daños menores antes de que se conviertan en problemas mayores. Este plan de mantenimiento asegurará la durabilidad a largo plazo de la vía y garantizará su buen estado a lo largo del tiempo.

Propuesta 2: Rediseño de la Vía Considerando Factores de Carga Reales y Plan de Mantenimiento Futuro

La segunda propuesta implica un rediseño completo de la vía para adecuarla a las cargas vehiculares reales que soporta actualmente. Se deberá llevar a cabo un análisis detallado de las

cargas vehiculares reales y, en función de los resultados, se procederá a la ampliación y refuerzo de la calzada. Esto incluirá el ensanchamiento de la vía y el uso de materiales de mayor resistencia para soportar las cargas vehiculares actuales y futuras. Además, se deberán implementar sistemas de drenaje eficientes, como cunetas y alcantarillas, para manejar adecuadamente las escorrentías y prevenir daños estructurales causados por la acumulación de agua.

Para asegurar la durabilidad a largo plazo de la vía, se deberá establecer un plan de mantenimiento preventivo, el cual incluirá inspecciones regulares de la vía para identificar y reparar daños menores antes de que se conviertan en problemas mayores. Las reparaciones preventivas y el mantenimiento regular prolongarán la vida útil de la vía y garantizarán su buen estado a lo largo del tiempo.

17. ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN SELECCIONADA

De acuerdo a las propuestas de intervención mencionadas en el inciso inmediatamente anterior, se opta por trabajar y avanzar en la *Propuesta 1: Reconstrucción en Puntos Críticos y Reparación de Áreas Afectadas, junto con Medidas para Controlar la Carga Vehicular*, ya que se considera la más viable de acuerdo a varios factores clave. La inspección de la vía, realizada siguiendo el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos de INVIAS, ha permitido identificar claramente las áreas y los daños más severos, así como los puntos críticos que requieren intervención inmediata.

Esta propuesta se enfoca en la demolición y reemplazo de segmentos deteriorados con nuevas losas de concreto reforzado y el sellado de grietas y fisuras, asegurando la restauración de la capacidad de carga y la durabilidad del pavimento existente.

Además, la implementación de medidas para controlar la carga vehicular, como señales de restricción de peso y velocidad, es fundamental para garantizar la sostenibilidad de las reparaciones realizadas, con lo cual se regulará el tránsito de vehículos pesados, reduciendo el desgaste prematuro del pavimento y minimizando el riesgo de daños estructurales adicionales. En conjunto, esta propuesta no solo soluciona los problemas inmediatos de la vía, sino que también establece un marco para el mantenimiento sostenible a largo plazo, asegurando una infraestructura vial segura y funcional para los usuarios, además de poder ejecutarse en menor tiempo y con menores costos.

17.1 Impacto ambiental

Se realizó una ficha de impacto ambiental de la obra de acuerdo a la información existente y entrevistas con la comunidad de la zona, donde se pudieron identificar los principales efectos negativos y positivos de la infraestructura vial sobre el entorno. Entre los impactos negativos, se destacaron la alteración de los ecosistemas locales, el aumento de la contaminación acústica y del aire debido al incremento del tráfico vehicular, y la posible afectación a la fauna y flora nativa. Por otro lado, los impactos positivos identificados incluyeron la mejora en la conectividad y accesibilidad para los residentes, el fomento del desarrollo económico local al

facilitar el transporte de bienes y personas, y el potencial incremento en la seguridad vial. Estos hallazgos fueron esenciales para proponer medidas de mitigación adecuadas y para fomentar una planificación más sostenible y equilibrada de la obra. (Ver Anexo No 8).

Cabe indicar que dentro de los documentos soportes del proyecto que fueron suministrados por la Alcaldía Municipal de Victoria Caldas, existen certificados de no requerir ningún tipo de licencia ambiental, de igual modo, no requerir construcción y/o adecuación de obras de arte, no requerir estudio geológico e hidrológico, por lo cual la información existente en cuanto a los impactos ambientales antes y durante el desarrollo del obra no están documentados. Con el trabajo que se realizó en campo se pudo evidenciar diferentes aspectos que fueron plasmados en el Anexo No 8 y que se consideran de gran relevancia para el entorno del paciente.

17.2 Programación

Se ha llevado a cabo la elaboración de la programación de la obra, la cual abarca un período total de 60 días, esta planificación incluye todos los ítems establecidos en el presupuesto de obra, asegurando una secuencia de actividades coherente y eficiente. La programación contempla todas las fases del proyecto, desde la movilización inicial de equipos y materiales, pasando por la demolición y remoción de las áreas deterioradas, hasta la reconstrucción de los puntos críticos y la reparación de las áreas afectadas de la placa huella. Además, se han considerado las actividades de control de calidad, implementación de medidas para controlar la carga vehicular, y la gestión de escorrentías.

La programación también prevé tiempos para posibles contingencias, garantizando que el proyecto se complete dentro del plazo estipulado y con los estándares de calidad requeridos. Esta planificación es necesaria para coordinar todos los recursos y asegurar una ejecución de obra ordenada y efectiva.

La programación completa se puede observar en el Anexo No 9.

Id		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Costo
1			**RECONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN PLACA HUELLA BARRIO PEÑITAS MUNICIPIO DE VICTORIA, CALDAS**	**60 días**	**1/07/2024**	**7/09/2024**		**$ 276,502,049.00**
2			**RELACIÓN DE ACTIVIDADES**	**60 días**	**1/07/2024**	**7/09/2024**		**$ 120,218,283.00**
3			**PRELIMINARES**	**23 días**	**1/07/2024**	**27/07/2024**		**$ 16,615,550.00**
4			Localización y replanteo	3 días	1/07/2024	4/07/2024		$ 4,534,350.00
5			Excavaciones varias sin clasificar	10 días	4/07/2024	15/07/2024	4	$ 778,680.00
6			Base granular clase B	10 días	4/07/2024	15/07/2024	5CC	$ 4,051,809.00
7			Demolición de pavimento rigido	16 días	4/07/2024	22/07/2024	4	$ 6,068,951.00
8			Demolición de bordillo de concreto	4 días	4/07/2024	8/07/2024	4	$ 531,760.00
9			Aseo de obra	1 día	26/07/2024	27/07/2024	17	$ 650,000.00
10			**ELEMENTOS DE CONCRETO**	**34 días**	**10/07/2024**	**17/08/2024**		**$ 50,002,358.00**
11			Pavimento en concreto hidraulico de 3000 PSI	22 días	10/07/2024	4/08/2024	7CC+5 días	$ 9,131,013.00
12			Cuneta de concreto vaciada in situ	14 días	21/07/2024	6/08/2024	11CC+10 días	$ 26,409,845.00
13			Bordillo de concreto vaciado in situ	10 días	6/08/2024	17/08/2024	12	$ 14,461,500.00
14			**ACEROS**	**20 días**	**10/07/2024**	**1/08/2024**		**$ 29,586,759.00**
15			Acero de refuerzo de FY = 4.200 Kg/cm 2 (60.000 PSI)	20 días	10/07/2024	1/08/2024	11CC	$ 29,586,759.00
16			**OTRAS ACTIVIDADES**	**60 días**	**1/07/2024**	**7/09/2024**		**$ 24,013,616.00**

Ilustración 69. Proyección programación de obra.

Fuente: Elaboración Propia.

17.3 Presupuesto

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto correspondiente a la Propuesta de Intervención No 1, que tiene como objetivo la reconstrucción de los puntos críticos y la reparación de las áreas más afectadas de la placa huella. Esta intervención busca restaurar la

funcionalidad y prolongar la vida útil de la vía, abordando las patologías detectadas durante la inspección y los ensayos realizados. El presupuesto incluye todos los recursos necesarios, desde la mano de obra hasta los materiales y equipos específicos, asegurando una implementación eficiente y efectiva de las reparaciones y reconstrucciones planificadas. El mismo se encuentra de igual forma como anexo a este documento. (Ver Anexo No 10).

Tabla 35. Presupuesto de Obra.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

PRESUPUESTO DE OBRA RECONSTRUCCIÓN EN PUNTOS CRÍTICOS Y REPARACIÓN DE ÁREAS AFCETADAS PLACA HUELLA BARRIO PEÑITAS - MUNICIPIO DE VICTORIA CALDAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES					$ 16,616,650
1.1	Localización y replanteo	M²	1075.00	$ 4,218	$ 4,634,350	
1.2	Excavaciones varias sin clasificar	M³	27.00	$ 28,840	$ 778,680	
1.3	Base granular clase B	M³	27.00	$ 150,067	$ 4,051,809	
1.4	Demolición de pavimentos rígidos	M³	308.46	$ 19,675	$ 6,068,951	
1.5	Demolición de bordillos en concreto	M	86.00	$ 6,266	$ 631,760	
1.6	Aseo de obra	Gl	1.00	$ 650,000	$ 650,000	
2	ELEMENTOS DE CONCRETO					$ 50,002,358
2.1	Pavimento en concreto hidráulico 3000 PSI	M²	11.06	$ 826,037	$ 9,131,013	
2.2	Cuneta de concreto vaciada in situ	M³	37.82	$ 698,396	$ 26,409,845	
2.3	Bordillo de concreto vaciado in situ	M	250.00	$ 57,846	$ 14,461,500	
3	ACEROS					$ 29,586,759
3.1	Acero de refuerzo Fy: 5000 PSI	Kg	3420.83	$ 8,649	$ 29,586,759	
4	OTRAS ACTIVIDADES					$ 24,013,516
4.1	Cargue y transporte de materiales provenientes de la excavación y demolición, distancias mayores de mil metros (1000m)	M³ - km	2281.05	$ 1,472	$ 3,357,706	
4.2	Sello de juntas, grietas y fisuras	M	130.00	$ 93,607	$ 12,156,910	
4.3	Formulación y ejecución de plan de control de tráfico vehicular	Gl	1.00	$ 8,600,000	$ 8,600,000	
	COSTO DIRECTO					$ 120,218,282
	Administración	22%				$ 26,448,021.93
	Utilidad	8%				$ 9,617,462.62
	SUBTOTAL AIU	30%				$ 36,065,484
	TOTAL					$ 156,283,766
	VALOR DEL PROYECTO					$ 156,283,766

Fuente: Elaboración Propia.

18. CONCLUSIONES

Las inspecciones de campo utilizando instrumentos especializados permitieron identificar de manera detallada las principales patologías de la vía, tales como grietas, fisuras y desgaste de la placa huella. Estas observaciones se realizaron mediante técnicas avanzadas de inspección visual y ensayos no destructivos, proporcionando datos esenciales para evaluar el estado de vulnerabilidad de la infraestructura vial, los hallazgos obtenidos no solo indicaron la extensión y severidad del deterioro, sino que también permitieron inferir posibles causas subyacentes y zonas de alto estrés, ofreciendo una visión clara e integral del deterioro estructural de la vía.

Los ensayos de compresión realizados sobre los núcleos extraídos mostraron que la resistencia del concreto es significativamente superior a la especificada en el diseño original. Este hallazgo indica que el material tiene un buen desempeño mecánico, y sugiere que las patologías observadas están más relacionadas con la sobrecarga vehicular y el diseño estructural inadecuado, que con la calidad del concreto utilizado.

Los ensayos de carbonatación demostraron que la profundidad de carbonatación está dentro de los límites esperados para la antigüedad de la obra. Esto sugiere que, aunque hay presencia de carbonatación, no es significativa al punto de comprometer la integridad estructural del concreto en el corto plazo. Sin embargo, es necesario un monitoreo y mantenimiento preventivo regular para evitar que la carbonatación avance y cause deterioros más serios en el futuro.

La utilización del martillo de rebote (esclerometría) permitió corroborar la resistencia del concreto en diferentes puntos de la vía sin causar daños adicionales. Los resultados obtenidos mostraron una consistencia con los valores de resistencia obtenidos de los núcleos, lo que valida la eficacia de los ensayos no destructivos para el monitoreo continuo del estado de la placa huella. Estos ensayos proporcionan una herramienta de gran importancia para la evaluación regular y la toma de decisiones de mantenimiento.

La sobrecarga vehicular ha sido identificada como una de las principales causas de deterioro de la vía, los vehículos que exceden las cargas máximas diseñadas están acelerando el desgaste y la aparición de daños estructurales. La implementación de medidas para controlar la carga vehicular, como la instalación de señalización de restricciones de peso y desvió de este tipo de vehículos, es fundamental para prolongar la vida útil de las reparaciones y garantizar la funcionalidad y seguridad de la infraestructura.

El estudio destaca la necesidad de un enfoque integral en el mantenimiento y la rehabilitación de la vía, no solo se requiere una atención inmediata a las áreas afectadas y críticas, sino también la implementación de un plan de mantenimiento a largo plazo que considere las condiciones actuales y proyectadas de la vía, lo que puede asegurar que la infraestructura se mantenga en buenas condiciones y funcione eficientemente, minimizando los costos de reparación futuros y garantizando la seguridad de los usuarios.

19. RECOMENDACIONES

Establecer y aplicar un plan riguroso para el control de la carga vehicular que transita por la vía es fundamental, este plan debe incluir la instalación de señalización adecuada que informe a los conductores sobre las restricciones de carga y desvíos necesarios. Se hace indispensable desviar el tránsito de vehículos de carga pesada que sobrepasen la capacidad de diseño de la placa huella, dirigiéndolos hacia rutas alternativas diseñadas para soportar cargas mayores. Además, se debe llevar a cabo una supervisión constante y una aplicación efectiva de estas medidas, con la participación de autoridades de tránsito locales. Estas acciones son fundamentales para prevenir el deterioro prematuro del pavimento y mantener la seguridad vial.

Diseñar e implementar un programa de mantenimiento regular es vital para prolongar la vida útil de la vía y asegurar condiciones óptimas de transitabilidad, el cual debe incluir inspecciones periódicas para detectar grietas, fisuras y otros signos de desgaste temprano. Es importante realizar el sellado de grietas y fisuras inmediatamente para evitar que se conviertan en problemas mayores que requieran intervenciones más costosas. Las reparaciones menores deben ser abordadas de manera oportuna para mantener la integridad de la vía, además, el programa de mantenimiento debe ser flexible para adaptarse a las condiciones climáticas y el tráfico vehicular, garantizando una respuesta rápida a cualquier deterioro, la capacitación del personal de mantenimiento en técnicas de reparación y el uso de materiales de alta calidad son aspectos críticos para la eficacia del programa.

La intervención en los puntos críticos y áreas afectadas, tal como se detalló en la propuesta de intervención, es una prioridad. Este plan de intervención debe incluir la reconstrucción de segmentos severamente dañados, asegurando que se utilicen materiales adecuados y técnicas de construcción que cumplan con las normativas vigentes, la reparación de áreas afectadas debe ser meticulosa para restaurar la integridad estructural de la vía. Además, implementar medidas para controlar la carga vehicular es fundamental para asegurar la durabilidad de las intervenciones realizadas. La planificación de estas intervenciones debe considerar el impacto mínimo en el tránsito y asegurar que las mejoras realizadas sean sostenibles a largo plazo.

20. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía municipal de victoria, c. (15 de 03 de 2024). *pagina web alcaldía municipal de Victoria, Caldas*. obtenido de https://www.victoria-caldas.gov.co/

American society for testing and materials. (s.f.). *american society for testing and materials astm.*

Asociación española de normalización. (2007). *une-en 14630*. madrid.

Consejo de directores de carreteras de iberia e iberoamerica. (2002). *m5.2. catálogo de deterioros de pavimentos rígidos*. Chile.

I, h. g. (2010). *mapa geológico generalizado del departamento de caldas*. ingeominas.

Ingenieria y laboratorio de materiales s.a.s. (2024). *informe de resultados 147-24*. Mariquita, Tolima.

Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (icontec) . (s.f.). norma tecnica colombiana. en i. c. (icontec), *norma tecnica colombiana*. Bogota D.C.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10. en a. c. sísmica, *reglamento colombiano de construcción sismo resistente nsr-10* (pág. 578). bogotá: sin información. recuperado el 09 de 11 de 2023

Ministerio de transporte - invias . (2015). *guía de diseño de pavimentos con placa huella.* Bogotá D.C.

Ministerio de transporte invias y universidad nacional de colombia. (2006). *manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2017). *boletín de sismos: enero - junio de 2017*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2017). *boletín de sismos: julio - diciembre de 2016*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2018). *boletín de sismos: julio - diciembre de 2017*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2019). *boletín de sismos enero-junio de 2019*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2019). *boletín de sismos julio-diciembre de 2018*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2020). *boletín de sismos enero-junio de 2020*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2020). *boletín de sismos julio-diciembre de 2019*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2021). *boletín de sismos enero-junio de 2021*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2021). *boletín de sismos julio-diciembre de 2020*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2022). *boletín de sismos enero-junio de 2022*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2022). *boletín de sismos julio-diciembre de 2021*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2023). *boletín de sismos enero-junio de 2023*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2023). *boletín de sismos julio-diciembre de 2022*. Bogota D.C.

Red sismológica nacional de colombia. (2024). *boletín de sismos julio-diciembre de 2023*. Bogota D.C.

Servicio geológico colombiano. (2014). *geología de la plancha 188 la dorada*. Bogota D.C: 1976 - ingeominas.

Spark, w. (10 de 11 de 2023). *weather spark*. obtenido de https://es.weatherspark.com/y/23381/clima-promedio-en-victoria-colombia-durante-todo-el-a%c3%b1o

Universidad nacional de colombia, &. c. (2015). *cdiac - centro de datos e indicadores ambientales de caldas*. recuperado el 2023 de 11 de 21, de cdiac.manizales.unal.edu.co/

21. ANEXOS

Anexo 1. Autorización Estudio del Paciente

Anexo 2. Formatos de Recopilación de Información en Campo

Anexo 3. Tabla de Daños

Anexo 4. Tabla de Daños – Registro Fotográfico

Anexo 5. Fichas de Recolección de Información y Documentación

- 5.1 Información General
- 5.2 Información Histórica
- 5.3 Ubicación Específica
- 5.4 Detalles Generales
- 5.5 Planos Generales
- 5.6 Lesiones por Elementos
- 5.7 Tipificación de Lesiones
- 5.8 Planos Generales de Calificación
- 5.9 Daños por Compresión
- 5.10 Daños por Flexión

Anexo 6. Informe Resultado de Ensayos

Anexo 7. Matriz de Vulnerabilidad Sísmica

Anexo 8. Fichas Impacto Ambiental

Anexo 9. Programación de Obra

Anexo 10. Presupuesto de Obra

Anexo 11. Estudios y Diseños Obra Inicial