

**Rediseño de la estructura de pavimento en la calle 5 con carrera 10 del barrio La
Pola en el municipio de Tocaima-Cundinamarca**

Julián David Valero Bergaño

Jeimmy Lorena Rodriguez

Universidad Piloto De Colombia - Seccional Del Alto Magdalena

Facultad De Ingeniería

Proyecto de Grado Especialización en Diseño y construcción de Vías

Girardot-Cundinamarca

2022

**Rediseño de la estructura de pavimento en la calle 5 con carrera 10 del barrio La Pola
en el municipio de Tocaima-Cundinamarca**

Julián David Valero Bergaño

Cod. 430053685

Jeimmy Lorena Rodriguez

Cod. 21710036

Trabajo de grado optar al título de Especialista en Diseño y Construcción de vías

Director de Programa:

Ing. Oscar Daniel Guifo Roldan

Universidad Piloto De Colombia - Seccional Del Alto Magdalena

Facultad De Ingeniería

Proyecto de Grado Especialización en Diseño y construcción de Vías

Girardot-Cundinamarca

2022

Aceptación

Jurado No. 1

Jurado No. 2

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado primero que todo a Dios, a nuestros padres, familiares, compañeros y docentes de la universidad que aportaron un granito de arena en la construcción de este proyecto durante el proceso para poder culminar este anhelado título.

Agradecimientos

Al ingeniero Oscar Daniel Guifo Roldan, quien se tomó el tiempo debido para revisar los documentos presentados, quien nos guio para poder lograr el objetivo final y que corresponde al grado alcanzado como ingenieros especialistas en diseño y construcción de vías.

Queremos agradecerles a nuestros compañeros de la especialización quienes siempre estuvieron cuando teníamos una duda y nos ayudaron a resolverlas cuando iban surgiendo a lo largo del proceso de aprendizaje en donde logre conocer nuevos compañeros y excelentes profesionales con los que se compartimos gratos momentos.

Tabla de Contenido

1.	Introducción	13
2.	Planteamiento del Problema.....	15
3.	Justificación.....	17
4.	Objetivos	18
5.	Diseño metodológico.....	19
6.	Marcos de referencia	22
6.1.	Antecedentes	22
7.	Marco teórico	27
8.	Marco Legal	34
10.	Levantamiento topográfico.....	47
10.1.	Coordenadas y Cotas del Terreno	48
10.2.	Curvas De Nivel De La Zona De Estudio	52
10.3.	Perfiles Longitudinales De La Vía.....	54
11.	Estudio de transito	55
11.1.	Aforo Vehicular.....	55
11.1.1.	<i>Asignación Del Volumen De Transito</i>	60
11.1.2.	<i>Proyección Del Volumen De Transito TPD</i>	61
11.2.	Ensayos De Laboratorio	63
11.2.1.	<i>Muestra Inalterada Llevada Al Laboratorio</i>	63
11.2.2.	<i>Resultados de Laboratorio de CBR</i>	65
11.2.3.	CBR Del Apique N°1.	65
11.2.4.	CBR Del Apique N°2.....	66
12.	Encuestas realizadas a los usuarios de la vía.....	68
13.	Diseño De Pavimentos	73
13.1.	Método Invias –Pavimento Rígido.....	73
13.2.	Plano De Diseño De Pavimento Rígido	79
13.2.1.	<i>Ramal N°1.....</i>	79
13.2.2.	<i>Ramal N°2.....</i>	79
14.	Conclusiones.....	80
15.	Bibliografía.....	81

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Estructura del pavimento rígido fuente: Propia.....	15
Ilustración 2 Características de la estructura del pavimento actual.....	16
Ilustración 3 Metodología de la investigación fuente: Elaboración propia.....	20
Ilustración 4 Recursos Físico Fuente: Elaboración Propia.....	21
Ilustración 5 Recursos Magnéticos Fuente: Elaboración propia.....	21
Ilustración 6 Ubicación Municipio de Tocaima Fuente: Municipio de Tocaima- Cundinamarca.....	24
Ilustración 7 Mapa veredal del Municipio de Tocaima fuente: Alcaldía de Tocaima.....	25
Ilustración 8 División del tramo en dos ramales fuente propia.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9 Localización de la zona de estudio. Fuente: Google Earth.....	26
Ilustración 10 Representación de Vehículos de Transporte más Comunes Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008, pág. 43).....	30
Ilustración 11 Cuadro comparativo factor de daño INVIAS VS IDU.....	34
Ilustración 12 Categorías de tránsito para la selección de espesores Fuente: (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008).....	36
Ilustración 13 Fisuras transversales y Longitudinales de la vía fuente: elaboración propia	38
Ilustración 14 Piel de cocodrilo en la vía Fuente: elaboración propia.....	39
Ilustración 15 Pulimiento del agregado Fuente: Elaboración propia.....	40
Ilustración 16 Parche en el corredor vial fuente: elaboración propia.....	41
Ilustración 17 Falla por descascaramiento fuente: elaboración propia.....	42
Ilustración 18 Baches en el tramo vial fuente: de elaboración propia.....	43
Ilustración 19 Cota de apique N°1 Fuente: Autores.....	44
Ilustración 20 Hincada de cilindro (Apique N°1) fuente: Autores.....	45
Ilustración 21 Muestra inalterada con parafina (Apique N°1) Fuente: Autores.....	45
Ilustración 22 cota de Apique N°2 fuente: propia.....	46

Ilustración 23 Hincas de collarín y cilindro en Apique N°2 Fuente: Autores	46
Ilustración 24 Levantamiento Topográfico de la zona de estudio. Fuente: propia.....	47
Ilustración 25 Plano Topográfico - Vista en Planta Fuente: Elaboración Propia.....	48
Ilustración 26 Curvas de Nivel de la zona de estudio Fuente: elaboración propia.....	53
Ilustración 27 Perfil Longitudinal del Ramal N°1 Calle 5 Fuente: elaboración propia	54
Ilustración 28 Perfil Longitudinal del Ramal N°2 carrera 10 Fuente: elaboración propia..	54
Ilustración 29 Codificación de movimientos en la intersección. Fuente: (Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2005).....	56
Ilustración 30 Estación de aforos vehiculares Fuente: Elaboración propia.....	56
Ilustración 31 Grafica de Total de vehículos aforados Fuente: Elaboración Propia	60
Ilustración 32 Muestra inalterada en Molde de compactación	63
Ilustración 33 Recolección de datos durante el ensayo de CBR% fuente: Elaboración propia	64
Ilustración 34 Falla de Muestra inalterada Del apique N°1 Fuente: Elaboración Propia....	64
Ilustración 35 Falla de la Muestra inalterada del Apique N°2 Fuente: Elaboración Propia	64
Ilustración 36 Grafico Penetración Vs Esfuerzo para apique N°1 Fuente: Autores.....	66
Ilustración 37 Grafica de Esfuerzo vs Penetración fuente: Elaboración propio.....	67
Ilustración 38 Tabla de datos y Calculo de esfuerzo de CBR -Apique N°1 Fuente: Elaboración Propia	67
Ilustración 39 Resultados de pregunta N°1 Fuente: Elaboración propia Google Forms.....	68
Ilustración 40 Resultados de pregunta N°2 Fuente: Elaboración propia Google Forms.....	69
Ilustración 41 Respuesta de la Pregunta N°3 Fuente: Elaboración propia Google Forms ...	69
Ilustración 42 Respuesta de la Pregunta N°4 Fuente: Elaboración Propia Google Forms...	70
Ilustración 43 Respuesta a pregunta N°5 Fuente: Elaboración Propia.....	71
Ilustración 44 Respuesta a Pregunta N°6 – Google Forms Fuente: Elaboración propia.....	71
Ilustración 45 Respuesta de la pregunta N°7 – Google Forms Fuente: Elaboración propia	72
Ilustración 46 Respuesta de la pregunta N° 8 – Google Forms Fuente: Elaboración propia	72
Ilustración 47 ANEXO PLANO TOPOGRAFICO Fuente: Elaboración Propia	89
Ilustración 48 ANEXO formato de aforo vehicular. Fuente: https://civilgeeks.com/	90
Ilustración 49 ANEXO Formato para la realización de encuestas - Google forms.....	95

Lista de tablas

Tabla 1 Coordenadas y cotas tomadas de la estación HI TARGET modelo HTS-420R con N° Serie H232423 entre la calle 5 con carrera 10 del Municipio de Tocaima. Fuente: Elaboración propia.....	52
Tabla 2 Aforo vehicular- Día N°1 Fuente: Elaboración Propia	57
Tabla 3 Aforo Vehicular - Día N°2 fuente: Elaboración Propia	58
Tabla 4 Aforo Vehicular - Día N° 3 Fuente: Elaboración propia.....	59
Tabla 5 Total de Vehículos del aforo Elaboración propia.....	60
Tabla 6 Factores de daño Elaboración propia	60
Tabla 7 Resumen de la exploración geotécnica en la zona de estudio Fuente: Elaboración Propia.....	65
Tabla 8 Tabla de datos y Calculo de esfuerzo de CBR -Apique N°1 Fuente: elaboración propia	66
Tabla 9 Categoría del tránsito para la selección de espesores Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)	74
Tabla 10 Clasificación de la subrasante fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	74
Tabla 11 Resistencia del concreto Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008) ..	74
Tabla 12 Resistencia a la Flexo tracción fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	75
Tabla 13 Sistema de transferencia de cargas fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	75
Tabla 14 Variables consideradas en el diseño de pavimento	75
Tabla 15 Espesor de la losa de concreto fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	76
Tabla 16 Estructura del pavimento rígido Fuente: Elaboración propia.....	77
Tabla 17 Recomendaciones para la sección de pasadores fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	77
Tabla 18 Barras de anclaje Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008).....	78
Tabla 19 Vista isométrica de la estructura del pavimento Ramal N°1 Fuente: Elaboración Propia.....	79
Tabla 20 Vista isométrica de la estructura del pavimento Ramal N°2 fuente: Elaboración propia.....	79

Lista de anexos

Anexo. a Cronograma de Trabajo.....	85
Anexo. b Registro fotografico de auscultación del pavimento existente	86
Anexo. c Plano topografico	89
Anexo. d Formato utilizado para el aforo.....	90
Anexo. e Registro fotográfico del aforo vehicular	91
Anexo. f Registro fotográfico del ensayo de cbr	92
Anexo. g Formato de la encuesta realizada en google forms	94

Resumen

El estado actual de las vías del municipio de Tocaima no es el mejor, especialmente en la intersección de la calle 5 con carrera 10, debido que su estructura de pavimento no se encuentra en buen estado, evidenciando múltiples fallas en su estructura y capa de rodadura, sumándole la falta de mantenimiento por los entes encargados de conservarlas en óptimas condiciones.

Por lo anterior se hizo una auscultación de la vía y una evaluación de los tipo de daños en el pavimento existente, mediante el (Manual para la Inspeccion Visual de Pavimentos Flexibles). Realizando un estudio de tránsito con proyecciones mediante aforos viales de la zona de estudio, se tomaron muestras en dos tramos de la vía de la subrasante y se les determino el CBR mayor de diseño en la área de estudio; realizando el cálculo del número de ejes equivalentes, para así implementar un rediseño de la vía en pavimento rígido por el método INVIAS del (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito.)” desarrollando lo planteado por este proyecto de grado .

Abstract

The current state of the roads in the municipality of Tocaima is not the best, especially at the intersection of Calle 5 with Carrera 10, due to the fact that its pavement structure is not in good condition, showing multiple failures in its structure and layer. rolling, adding the lack of maintenance by the entities in charge of keeping them in optimal conditions.

Due to the above, an auscultation of the road and an evaluation of the types of damage to the existing pavement was made, through the "INVIAS Flexible Pavement Visual Inspection Manual". Carrying out a traffic study with projections through road counts of the study area, samples were taken in two sections of the subsurface road and the highest design CBR in the study area was determined; calculating the number of equivalent axes, in order to implement a redesign of the road in rigid pavement by the INVIAS method of the "Concrete Pavement Design Manual for Low, Medium and High Traffic Volume Roads" developing what is proposed by this proposal

1. Introducción

En Colombia, la infraestructura vial viene en ascenso como desarrollo y enfoque a las regiones, en las cabeceras municipales y ciudades que conforman la malla vial. Como una de las bases más importantes para el desarrollo socioeconómico de las regiones del país para mejorar la calidad de vida de los usuarios y comunidades que habitan en su entorno.

El municipio de Tocaima-Cundinamarca y principalmente el casco urbano durante los últimos años presenta un incremento notable en los Índices urbanísticos y poblacionales; de acuerdo con (Departamento Administrativo de Estadística (DANE), 2020) el crecimiento demográfico entre 2001 – 2020 se concentró en la cabecera urbana como lo indica mediante el acuerdo municipal N° 05-2020 que adopta el Esquema de ordenamiento territorial (Alcaldía de Tocaima, 2020), durante este periodo se mantuvo de forma progresiva, oscilando la cantidad de población entre 7.340 a 14.019; en consecuencia este incremento afecta la movilidad vehicular y el flujo peatonal del municipio; sumándole las malas prácticas de estacionamiento de vehículos que parquean obstaculizando el paso y altos grados de congestión que generan niveles de servicios inapropiados.

El índice de servicio que brinda una vía depende directamente del estado del pavimento; de acuerdo con el (Plan de Desarrollo "Futuro en Marcha 2020-2023") el cual se adoptó mediante el acuerdo municipal N°05 del 2020 entrega un diagnóstico del estado parcial de la malla vial urbana del municipio destacando que el sistema vial en la zona urbana carece de un manejo y diseño adecuado, presentando estacionamientos irregulares y congestiones sobre las vías de mayor tráfico.

El presente proyecto tiene como objetivo el rediseño de la estructura vial en pavimento rígido, el cual se elabora bajo la metodología establecida de la normativa del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en su (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008). Los parámetros de diseño requeridos fueron obtenidos con base a los datos suministrados en campo; como el levantamiento topográfico, aforos vehiculares, estudio de la subrasante y un detallado análisis de las condiciones

específicas del terreno mediante inspección visual. El procedimiento de diseño determina que, mediante las variables derivadas en campo se procede a clasificar la variable tránsito y a partir de estos parámetros se define la estructura de pavimento que garantiza la adecuada condición de movilidad para el tránsito proyectado.

2. Planteamiento del Problema

Las principales vías del municipio de Tocaima del casco urbano presentan un notable deterioro, que ha ascendido desde hace varios años y aunque no se registren informes de que se hayan realizado intervenciones ni mantenimientos a los daños ocasionados a lo largo de su servicio, su estado actual da un diagnóstico visual que su detrimento se ha dado por acontecimientos comunes y cotidianos como el paso de vehículos de carga pesada, el aumento del tránsito, el crecimiento poblacional que ha tenido el municipio y causas naturales, escorrentías de aguas lluvias, no encausadas debidamente.

El municipio cuenta también con pocas vías principales al interior de su casco urbano, las cuales tienen una vida de servicio que en algunos casos supera los 30 años de uso, cuyos pavimentos presentan problemas principalmente en su estructura como se puede observar en la Ilustración 1 y en su carpeta de rodadura.



*Ilustración 1 Estructura del pavimento rígido
fuente: Propia*

El municipio ha realizado algunas intervenciones en sus vías principales como lo es la vía caso de estudio; estas intervenciones no han sido eficientes debido a que la estructura del pavimento en algunos tramos se encuentra saturada como se aprecia en Ilustración 2 y en otras se han practicado mantenimientos inadecuados sobre la carpeta asfáltica.



Ilustración 2 Características de la estructura del pavimento actual

De acuerdo con la situación que ha llevado al estado actual de la malla vial del municipio de Tocaima, específicamente la calle 5 con carrera 10, se hace necesario realizar un rediseño de la estructura del pavimento vial, eficiente y duradera para la intersección del barrio la pola del municipio Tocaima – Cundinamarca.

Teniendo en cuenta las problemáticas mencionadas, es pertinente plantear el siguiente interrogante ¿Cuál sería el diseño más adecuado para la calle 5 con carrera 10 de acuerdo con su crecimiento poblacional y tránsito actual?

3. Justificación

El presente proyecto consiste en rediseñar una estructura de pavimento rígido para un sector urbano del municipio de Tocaima, con el fin de entregarlo a la secretaria de planeación Municipal y así en un futuro, se realice dicha obra de ingeniería vial para el beneficio y desarrollo de la comunidad.

La calle 5 con carrera 10, se encuentra en un estado de deterioro; la falta de mantenimientos por parte de las entidades estatales ha originado daños continuos e irreversibles en su estructura, sin mencionar su antigüedad, que es un factor que genera la imposibilidad de una rehabilitación del pavimento, debido a que ha cumplido su vida útil. De acuerdo con el diagnóstico vial en el documento (Plan de Desarrollo "Futuro en Marcha 2020-2023") identifican un problema de infraestructura vial, en cual define que existen puntos específicos en sectores urbanos del municipio, con deterioro y fractura en la carpeta asfáltica generando alta accidentalidad.

Los diferentes tramos por intervenir se encuentran dentro de un entorno muy importante para el municipio de Tocaima; comunicando distintas sedes como; iglesias y patrimonios culturales, como lo son: el hospital Marco Felipe Afanador, el coliseo Pepe Zabala, la casa del adulto mayor, la alcaldía y el parque principal; son sedes institucionales y de servicio primordial para los habitantes del municipio.

4. Objetivos

4.1.Objetivo General

Realizar el rediseño de la estructura del pavimento rígido en la calle 5 con carrera 10 del barrio La Pola en el municipio de Tocaima- Cundinamarca.

4.2.Objetivos Específicos

- Auscultar la estructura actual del pavimento
- Realizar levantamiento topográfico de la zona de estudio
- Realizar un estudio de tránsito mediante aforos vehiculares
- Caracterizar mecánicamente la subrasante mediante ensayo CBR
- Plantear una encuesta proyectada a los usuarios de la vía.
- Rediseñar la estructura de pavimento rígido dando cumplimiento a la normativa del (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Transito.)

5. Diseño metodológico

5.1. Enfoque

El enfoque que se llevara a cabo en este proyecto será de tipo cualitativo ya que se basara en la recolección y análisis de datos, los cuales ayudaran a los integrantes de este proyecto a identificar las características del suelo existente para así desarrollar la alternativa de diseño que mejor se acomode al sector de estudio.

5.2. Tipo de Investigación

Este proyecto es de carácter descriptivo y analítico, puesto que el trabajo a realizar se basa en la recolección de datos in situ; en primera instancia, la exploración geotécnica del material de subrasante de la estructura del pavimento actual del tramo de la vía; procedente a esto se llevarán a pruebas de laboratorio donde se evaluará diversas propiedades mecánicas como: la capacidad de soporte (CBR) según norma INV E-148-13-. En segunda instancia el estudio de tránsito realizado a través de aforos vehiculares por parte de los autores consecutivo a la realización de la topografía a la zona de estudio y la realización de encuestas a la comunidad o actores viales del sector para la recolección de información, las cuales aportaran a la investigación.

5.3. Fases de la investigación

Este proyecto investigativo se desarrollará en dos fases, planeación y ejecución. En la primera se desarrollará la propuesta y el anteproyecto, mientras que en la segunda fase se realizarán las actividades que cumplan cada uno con los objetivos propuestos, los cuales nos llevarán al resultado del rediseño de la estructura del pavimento rígido que mejor se adapte para el sector.

A continuación, en la Ilustración 3 se describe brevemente la metodología implementada en el desarrollo del trabajo investigativo.

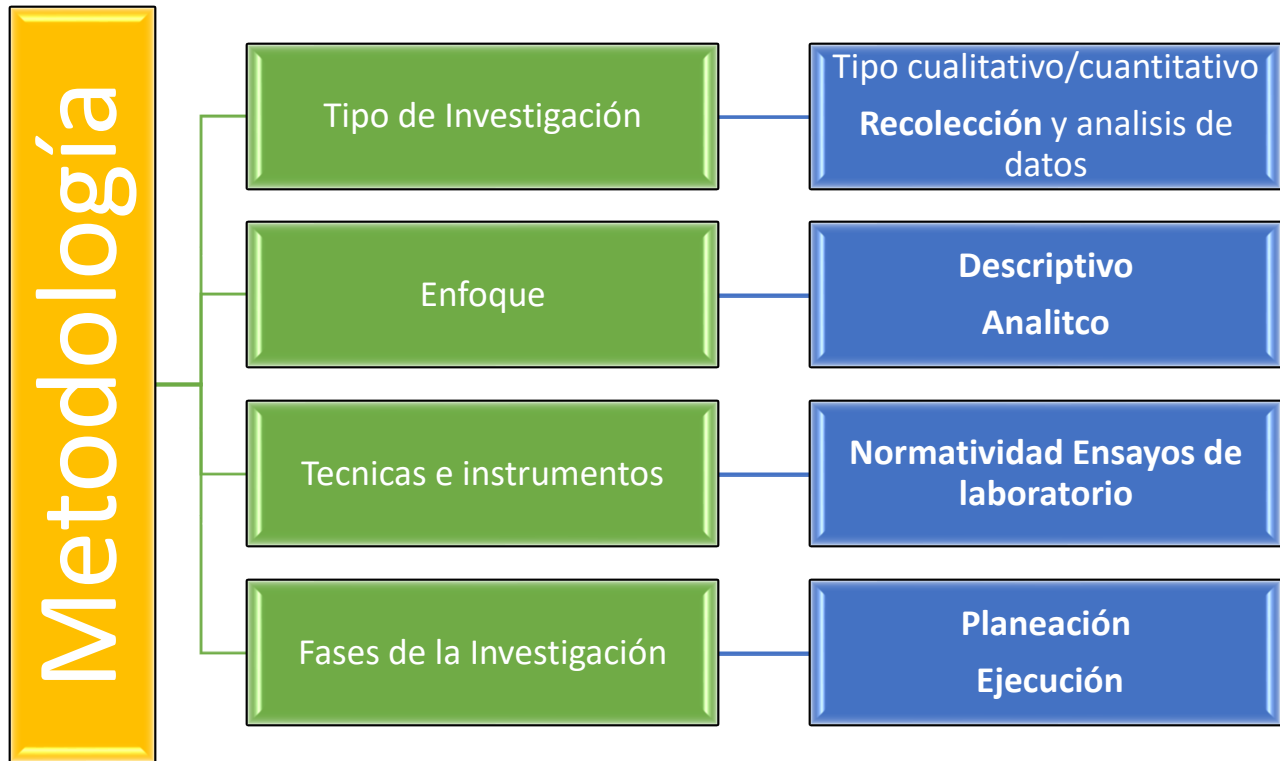


Ilustración 3 Metodología de la investigación
fuente: Elaboración propia

5.4. Recursos

Los recursos que se utilizaron en este proyecto tanto económicos, físicos y magnéticos complementaron la ejecución de este entre ellos:

Recursos Físicos:

- Estación Total
- GPS GARMIN ETREX-10
- Prisma
- Celular
- Computadora



Ilustración 4 Recursos Físico
Fuente: Elaboración Propia

Recursos magnéticos

- Biblioteca virtual de la universidad
- Consulta de documentos de internet
- Programas de diseño
- Encuestas de internet

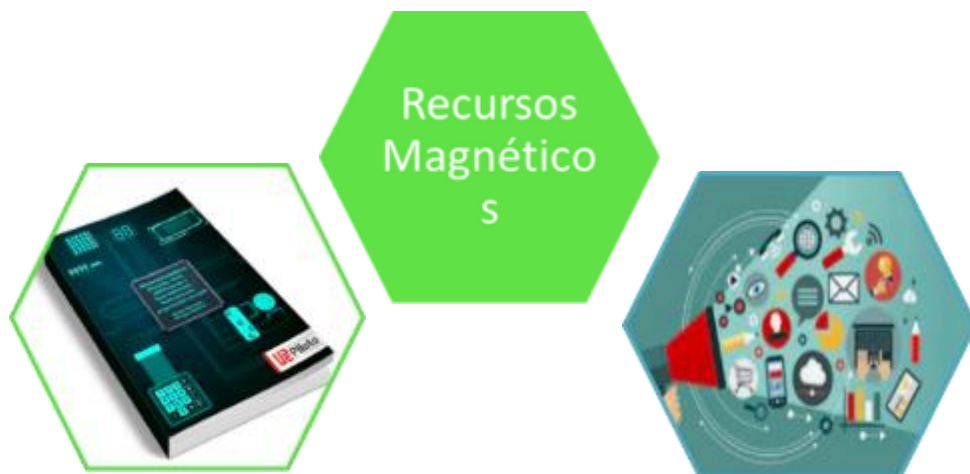


Ilustración 5 Recursos Magnéticos
Fuente: Elaboración propia

6. Marcos de referencia

6.1. Antecedentes

A nivel regional; el trabajo investigativo nombrado (Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible en la Vía Lenguazaue- Villapinzon en el Departamento de Cundinamarca, 2020); este proyecto de grado elaborado por (Zarate Bulla, 2020), plantea el diseño de la estructura del pavimento flexible para 4 km en mal estado de la red vial de segundo orden entre los municipios de Villapinzon y Lenguazaque, para el diseño de la estructura del pavimento flexible por el Método American Association off State Highway and Transportation Officials (AASHTO-93); en el cual realizaron aforos vehiculares, ensayos de CBR, establecieron un análisis económico entre alternativas enfocada al periodo de diseño (10 años y 20 años); concluyendo, que la alternativa N°1 es la más favorable para el sector con una mayor estructura de pavimento flexible y determinaron un mejoramiento de la subrasante con piedra Rajón.

A nivel regional, el proyecto titulado (Diseño de un Pavimento Para la estructura Vial, de la Vía conocida como "El kilometro 19", desde el k2+000 al K2+500", que Comunica a los municipios de Chipaque - Une, en el Departamento de Cundinamarca, 2017), el proyecto es de carácter descriptivo y analítico, en la cual se utilizó una técnica mediante el análisis documental bajo la normatividad del manual de diseño para vías nacionales, el proyecto se realizó en dos fases, planeación y ejecución; su objetivo principal es diseñar una estructura del pavimento, para esto realizaron diferentes tipos de diseños utilizando métodos INVIAS, AASHTO 93 Y SHELL; finalmente analizaron los resultados esperados para el diseño de construcción del pavimento flexible, optando por el método AASHTO.93 teniendo en cuenta su optimización y economía; destacando la importancia del TPD para el diseño de un pavimento y realizar un diseño confiable y optimo.

A nivel Nacional, en el trabajo titulado (Diseño de la Estructura de Pavimento del Tramo Comprendido Entre el K+000 al K0+100 de la Carrera 11 Bis Sur entre Calles 20 Carrera 1 del Barrio Ricaurte del Municipio de Ibagué., 2019). Elaborado por (Lara Hernandez & Villanueva Muñoz, 2019), realizaron la inspección en campo del estado actual de la estructura del pavimento y su condición operacional de la capa de rodadura, en el cual

implementaron el método AASHTO 93 para pavimento flexible y rígido, procedente a esto realizaron el diagnóstico vial y se comprobó que la estructura del pavimento en la capa de rodadura se encuentra en mal estado, lo que conllevó a evidenciar las fallas se localizan principalmente en subbase y finalmente de acuerdo a los diseños obtenidos se determinó que la estructura más favorable para la vía es el pavimento flexible.

A nivel Internacional, en el (Diseño de Pavimento Flexible, Bajo Influencia de Parámetros de Diseño debido al Deterioro de Pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017.); su objetivo principal fue determinar la influencia de parámetros de diseño en el pavimento flexible de acuerdo con las fallas del pavimento en la zona de estudio, se tuvo en cuenta el proceso del análisis de acuerdo con la metodología AASTHO para el diseño del pavimento. La investigación tuvo como finalidad identificar y cuantificar la influencia que tiene los diferentes parámetros de diseño hacia el pavimento flexible.

6.2.Marco Geográfico

El proyecto se encuentra ubicado en el municipio de Tocaima, este se encuentra en la Provincia del Alto Magdalena, se encuentra a 113 km al suroeste de Bogotá D.C. Es denominada “Ciudad salud de Colombia” debido a las propiedades terapéuticas de sus agua azufradas; limita al norte con los municipios de Jerusalén y Apulo, al sur con Agua de Dios, Ricaurte y Girardot, al oriente con Viotá y Nilo; y al occidente con los municipios Girardot y Nariño.

Posee una extensión territorial total de 24.692 hectáreas, donde en el área urbana tiene 280 hectáreas y se compone de 22 barrios; en el área rural tiene una extensión de 24.412 hectáreas y se divide en 37 veredas.

La ubicación de Tocaima en Colombia y en departamento de Cundinamarca se puede observar en la Ilustración 6. Igualmente, en la Ilustración 7 se observa el mapa veredal del municipio.



*Ilustración 6 Ubicación Municipio de Tocaima
Fuente: Municipio de Tocaima- Cundinamarca*



*Ilustración 7 Mapa veredal del Municipio de Tocaima
fuente: Alcaldía de Tocaima*

6.3.Fases del proyecto de grado

El proyecto se dividirá en dos diferentes actividades, la primera es la recolección de información del estado actual de la estructura del pavimento, levantamiento topográfico, caracterización mecánica de la subrasante; y en la segunda actividad se realiza el rediseño del pavimento rígido con el método INIVAS (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008)

6.4.Ubicación de la vía

El proyecto se encuentra ubicado barrio La Pola, el cual posee un área de 91.425,8 m² según (Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T), 2020) y está delimitado con el barrio centro y el barrio Alfonso López; el área de estudio específicamente se limita en 2 intersecciones entre la calle 5 con carrera 10 que conectan con la calle 4 y la calle 6, del

municipio de Tocaima – Cundinamarca. El tramo anteriormente descrito posee una longitud de 0.430 km como se observa en la siguiente Ilustración 9. Esta intersección tiene un área de influencia comercial, de servicios, residencial e institucional; por consiguiente, presenta un gran flujo vehicular.



Ilustración 8 Localización de la zona de estudio. Fuente: Google Earth

El área de estudio se evaluará mediante la división del tramo en dos ramales, los cuales designaremos en Ramal N°1 calle 5 y Ramal N° 2 Carrera 11. El Ramal N°1 tiene una longitud de 225 m y el Ramal N°2 tiene una longitud de 205 m, como se muestra en la Ilustración 8.

7. Marco teórico

El diseño de una estructura de pavimento se realiza bajo una serie de condiciones, en este proceso intervienen diferentes elementos como lo son los materiales, espesores de las capas, procesos constructivos, mantenimiento, todos los factores determinantes para que presente una estructura funcional y óptima.

Estructuras de pavimento

Una estructura de pavimento es aquella que resiste cargas vehiculares y de tráfico clasificadas como dinámicas, las cuales consiste como un sistema de capas, relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados.

“Los pavimentos son estructuras construidas por capas de diversos materiales seleccionados, superpuestas, colocadas y compactadas sobre la superficie del terreno, la estructura de un pavimento está concebida especialmente para la circulación del tráfico automotor” (ASOPAC, 2004)

Según (Construcción de Pavimento Rígido en Vías Urbanas de Bajo Tránsito, 2017) los pavimentos rígidos son estructuras que se apoyan sobre la subrasante de una vía y que ha de resistir adecuadamente los esfuerzos de las repeticiones de carga transmitidas durante el periodo de diseño para el cual fue proyectada la estructura.

Pavimento flexible

“Son los construidos con capas de mezcla asfáltica. La superficie se apoya sobre una o más capas que ayudan a soportar las cargas. Proporcionan una superficie de rodadura muy confortable para el usuario de la vía” (ASOPAC, 2004)

Pavimentos articulados

(Cartilla Guia de Diseño de Pavimentos con bajos Volúmenes de Ttransito y Vías Locales para La Ciudad de Bogota D.C., 2013), define el pavimento articulado son aquellos en los que la capa superior o acabado del pavimento está constituida por elemento prefabricados llamados adoquines que, siguiendo algún patrón modular, empalman entre si sin emplear materiales cementantes para fijarlos.

Pavimento rígido

El pavimento rígido se compone de losas de concreto hidráulico, apoyadas directamente sobre una base o subbase. La losa debido a su rigidez y alto modulo elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen y producen una gran distribución de cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Es el conformado por una losa de concreto sobre una base o directamente sobre la subrasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

De acuerdo con (Manual de Diseño Geometrico de Carreteras, 2008, pág. 271) establece que este se constituye fundamentalmente por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa de material granular seleccionado, la cual se denomina subbase o base del pavimento rígido.

Subrasante

Es la capa de suelo natural, que tiene como objetivo recibir las cargas de la base o subbase da estructura del pavimento. Según (Manual de Diseño Geometrico de Carreteras, 2008) define que es un superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

De acuerdo con (Departamento Nacional de Planeación, 2017) es el suelo natural o antrópico que soporta las cargas transmitidas a través de las capas superiores de la estructura del pavimento.

Sub - base

Capa principal de la estructura de pavimento ubicada entre la subrasante y la capa de rodadura. Tiene como propósito distribuir las fuerzas generadas por las cargas a través de la subrasante. (Construcción de Pavimento Rigido en Vías Urbanas de Bajo Transito, 2017)

Transito

En Colombia, el Ministerio de Transporte a través de la (Resolución 4100 del 2004, 2004) reglamenta la tipología, el peso máximo de carga y los tipos de eje de los vehículos que circulan en todo el país.

Para el cálculo de espesores de pavimentos un factor relevante es el de cargas por eje esperadas en el carril de diseño, estas establecen la estructura y características del pavimento para un periodo de diseño

Según (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008, pág. 42) define el tránsito como “la suma de todos los vehículos que pasan por una vía durante un tiempo determinado. Sin embargo, esa definición tan simple encierra algunas implicaciones, la primera tiene que ver con el hecho de tener que predecir para periodos largos, cuantos vehículos pasaran por la vía objeto de pavimentación, con qué características y especialmente cuanto pesan”; ver Ilustración 10.

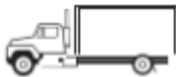



Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Ilustración 9 Representación de Vehículos de Transporte más Comunes
Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008, pág. 43)

La composición del tránsito está dada por vehículos de diferentes pesos y número de ejes, lo cuales generan diferentes tensiones y deformaciones. Estas diferencias, el tránsito se transforma en un número de cargas por eje simple equivalente del mismo modo o daño, cualquier eje puede generar, sea representado por un número de cargas de simple

Capacidad y Niveles De Servicio

Se define capacidad de una vía de dos carriles como el máximo número de vehículos que puede circular por determinado punto o sector uniforme a la vía en los dos sentidos, durante cualquier periodo de tiempo en las condiciones sobresalientes de vía y de tránsito. la capacidad se expresa en vehículos por hora (V/H), aunque se puede medir en periodos menores a una hora. Este valor de la capacidad definido para condiciones imperantes difiere del volumen máximo que puede circular por la vía en un momento dado. (Perez Plazas, 2019)

Cálculo de la capacidad.

El cálculo de la capacidad parte de una capacidad máxima en condiciones ideales, la que disminuye a medida que las condiciones particulares de la vía en estudio se apartan de éstas. Las condiciones ideales son aquéllas en las que no existen restricciones geométricas, de tránsito ni ambientales. (Perez Plazas, 2019)

Nivel de Servicio y parámetros que lo describen:

Se define como nivel de servicio de un sector de una carretera de dos carriles, como la calidad del servicio que ofrece una vía a sus usuarios que se refleja en ciertos grados de satisfacción o contrariedad que experimentan al utilizar la vía.

Nivel de servicio A.

Nos dice que representan un flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 15).

Nivel de servicio B.

Es donde Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas y reducen un porcentaje mínimo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 15).

Nivel de servicio C.

Este representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos, deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 15).

Nivel de servicio D.

El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 15).

Nivel de servicio E.

Este representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel también se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 16)

Nivel de servicio F.

Este representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente. (Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles.Tercera Version, 2022, pág. 16)

8. Marco Legal

Para el diseño de pavimentos rígidos, se emplean normativas fundamentales y principales en el (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008); este manual será una guía de apoyo para escoger las dimensiones de las losas determinando las variables que influyen en el comportamiento de pavimentos de concreto.

- Método AASHTO 93 para diseño de pavimentos rígidos
- Norma INVIAS INV E-148-13 para CBR de suelos compactos en laboratorio y sobre muestra inalterada
- Norma INVIAS INV E-104-13 Toma de muestra inalterada de suelo en superficie
- Resolución 4100 de 2004 modificada – Resolución 1782 de 2009 por Ministerio de Transporte

Según en estudios realizados en la malla vial de Bogotá, por parte del Instituto De Desarrollo Urbano (IDU) y la toma de información en campo; se obtuvieron los espectros de carga por tipo de eje y de vehículo, se evaluaron algunos tipos de vehículos pesados evidenciando que son los que más generan cargas a la estructura del pavimento. Ver Ilustración 11.

INVIAS			IDU	
Tipo de Vehículo	Factor de Daño		Tipo de Vehículo	Factor AASHTO nominal
	Vacío	Cargado		
C2p	0,01	1,01	C2 	3,0
C2g	0,08	2,72	C3 	4,0
C3 – C4	0,24	3,72	C4 	3,72
C5	0,25	4,88	C5 	7,02
>C5	0,26	5,23	>C5 	5,54

Ilustración 10 Cuadro comparativo factor de daño INVIAS VS IDU

(Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2017)

Finalmente, el IDU recomienda que se realicen jornadas de pesaje urbano para tener control de los vehículos pesados que entran en las ciudades y municipios que pueden llegar a deteriorar la estructura de pavimento. (Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), 2017)

Por otro lado, según el (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008), indica los parámetros para diseñar pavimentos entre ellos el tránsito, el periodo de diseño, la capacidad de soporte del suelo, las condiciones climáticas, condiciones mecánicas de la losa y los materiales a utilizar para su construcción.

Tránsito y Periodo De Diseño

Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta y utilizaron para la realización de los diseños de los pavimentos se indican en la Ilustración 11, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO 93.

El Tipo de vía, se refiere a la clasificación de ella según su importancia. El “TPDS” es el promedio diario, obtenido de un conteo de una semana, de los vehículos que pasan por una sección de la vía. Por último, los ejes acumulados de 8,2 ton son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril, durante el período de diseño. El manual considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección. (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T ₁	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T ₂	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T ₃	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T ₄	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T ₅	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T ₆	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Ilustración 11 Categorías de tránsito para la selección de espesores

Fuente: (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008)

8.1. Clasificación vial en Tocaima según EOT adoptado por el Acuerdo No. 9 del 29 octubre 2020 de Tocaima Cundinamarca.

La red vial de Tocaima según la clasificación del EOT está conformada por un conjunto de vías que integran la malla vial que permite la intercomunicación de vial del municipio al interior y al exterior, son clasificadas de la siguiente forma. (Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T), 2020)

- Vías departamentales o secundarias: aquellas que unen la cabecera municipal entre sí o que provenga de una cabecera municipal y se conectan con una vía primaria
- Vías municipales o terciarias: aquellas que enlacen cabeceras municipales y se conecten con una vía primaria
- Vías Urbanas: que estén ubicadas en el casco urbano o centros poblados
- Caminos: son aquellos que conectan pueblos limítrofes directamente o núcleos urbanos o fincas, que sirven con fines en la agricultura, ganadería y peatonal
- Vías De Des taponamiento vial urbanas: son aquellas que se proponen para mejorar la movilidad del municipio en el perímetro urbano o entre los centros poblados.

No obstante, la clasificación de las vías d este esquema de ordenamiento territorial es potestad del ministerio de transportes según su criterio técnico.

Objetivos en la infraestructura vial y de transporte

Acordes con la vocación agropecuaria y turística y de centro comercial de Tocaima son:

- Terminar vías intermunicipales, rurales y construir paraderos conformar vías urbanas rurales en todo el municipio. (Alcaldía de Tocaima, 2020)

8.2. Construcción de vías según el EOT

La Apertura de ampliación, rectificación y regulación de vías locales podrá ejecutarse mediante el convenio directo con los propietarios de los predios afectados por las obras proyectas; cuando se produzcan retrocesos el alcalde en acompañamiento con la oficina de planeación municipal procederá a la negociación con ampliación de las normas pertinentes. (Alcaldía de Tocaima, 2020)

9. Resultados

9.1. Auscultación De La Estructura Actual Del Pavimento

9.1.1. Inspección Visual Del Pavimento En La Zona De Estudio

La falta de mantenimiento oportuno y adecuado ha ocasionado deterioro en la estructura vial de la zona de estudio, en algunos tramos se observa pérdida total de la carpeta asfáltica, en otros se ha perdido las capas de base granular. También se evidencia el deterioro en las obras de drenaje como cunetas y alcantarillas.

Fisuras Longitudinales y Transversales

De acuerdo con la Ilustración 13 se evidencia que la capa de rodadura presenta fisuras longitudinales por esfuerzos de tensión en algunas de las capas de la estructura del pavimento. De acuerdo con (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 7) la localización de las fisuras dentro del carril puede ser un gran indicativo de la causa que las genere, ya que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.



Ilustración 12 Fisuras transversales y Longitudinales de la vía fuente: elaboración propia

Piel De Cocodrilo (PC)

Corresponde a una serie de fisuras que se conectan entre sí, como se muestra en la Ilustración 14, la fisura tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas calcándose en la superficie de rodadura, donde se generan mayores esfuerzos de tracción. Mediante la repetición las cargas generadas por el tránsito crean fragmentos de piezas angulares, plasmando una piel de cocodrilo; tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio de 30 cm. En la piel de cocodrilo ocurre con frecuencia generalmente en áreas que son sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, se pueden ver donde ocurren daños en áreas por deformaciones. (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 14)



Ilustración 13 Piel de cocodrilo en la vía
Fuente: elaboración propia

Pulimento del agregado (PU).

Lo evidenciado por la presencia agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento; la causas más comunes es la baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimiento. (Manual para la Inspeccion Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 26) De acuerdo con Ilustración 15 se detalla la falla a lo largo del tramo.



*Ilustración 14 Pulimiento del agregado
Fuente: Elaboración propia*

Parche (PCH).

Según lo mencionado en el (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 22) corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.). A lo largo y ancho de la intersección se evidencia parches en el pavimento causados por la instalación de servicios; ver Ilustración 16.



*Ilustración 15 Parche en el corredor vial
fuente: elaboración propia*

Descaramiento (DC).

Este daño en la capa de rodadura se manifiesta por el desprendimiento por parte de la capa asfáltica superficial esto se debe por algunas causas como limpieza insuficiente previa a tratamiento superficiales, espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica, riego de liga deficiente, mezcla asfáltica muy permeable. (Manual para la Inspeccion Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 21); ver Ilustración 17.



*Ilustración 16 Falla por descaramiento
fuente: elaboración propia*

Baches (BCH).

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de fallas se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien definidos que resultan

de una deficiencia localizada en las capas estructurales. Algunas causas de este tipo de deterioro pueden presentarse debido a que se retiene agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y la falla del pavimento. También es consecuencia de algunos defectos constructivos (por ejemplo, carencia de penetración de la imprimación en bases granulares) o de una deficiencia de espesores de capas estructurales. (Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, 2006, pág. 21); ver

Ilustración 17.



*Ilustración 17 Baches en el tramo vial
fuente: de elaboración propia*

9.1.2. Exploración Geotécnica De La Estructura Del Pavimento

La exploración geotécnica de la estructura del pavimento se realizó con el fin de determinar las características mecánicas de la subrasante presente en el sitio del proyecto.

Para la realización de la exploración geotécnica se ejecutaron la toma de muestras inalteradas de suelo en superficie INV E- 104-13. Se realizaron 2 apiques, realizando una pequeña galería para obtener una muestra inalterada con un cilindro de filo cortante.

La primera muestra inalterada (apique N°1), se obtuvo en K0+020 Ilustración 19, se realiza una excavación hasta la profundidad de 0.90 m, cota donde se encontró la subrasante, y se procedió a hincar el cilindro generando golpes centrados sin llegar a alterar la muestra de la subrasante como se muestra en la Ilustración 20.

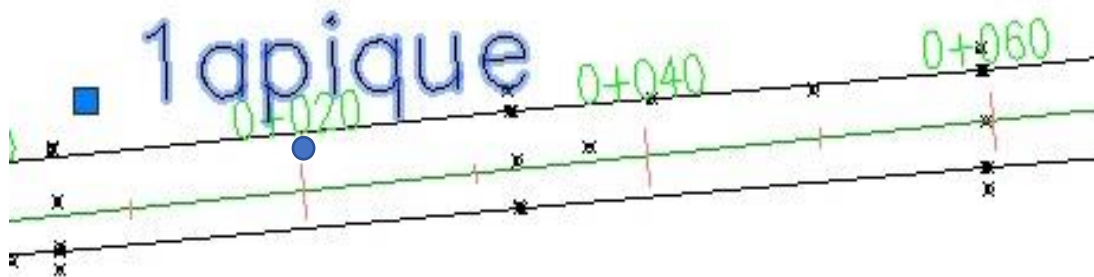


Ilustración 18 Cota de apique N°1

Fuente: Autores



*Ilustración 19 Hincada de cilindro (Apique N°1)
fuente: Autores*

Siguiendo con la normativa de la toma de muestra inalterada; ya lleno el cilindro con el material de la subrasante se procede cuidadosamente a cortar la parte inferior y la superior se enrasa; finalmente se cubre completamente con parafina preservando sus propiedades físicas, ver Ilustración 21.



*Ilustración 20 Muestra inalterada con parafina
(Apique N°1) Fuente: Autores*

La segunda muestra inalterada (apique N°2) fue tomada en K0+100 de acuerdo con la Ilustración 22, se encuentra la subrasante a una profundidad de 0,90 m y se procede a tomar la muestra con el collarín filudo y el cilindro como se muestra en la Ilustración 23 y se realiza el mismo procedimiento anterior.

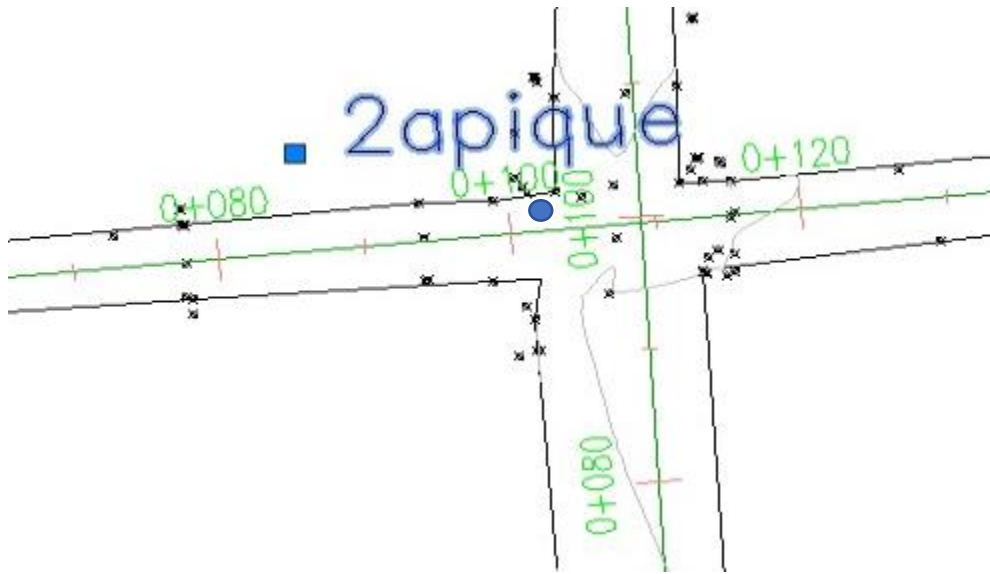


Ilustración 21 cota de Apique N°2 fuente: propia



Ilustración 22 Hinca de collarín y cilindro en Apique N°2 Fuente: Autores

10. Levantamiento topográfico

Dentro de los estudios para la construcción de vías uno de los aspectos importantes es el estudio topográfico, el cual determina la ubicación espacial del lugar donde se desarrollará el proyecto.



Ilustración 23 Levantamiento Topográfico de la zona de estudio. Fuente: propia

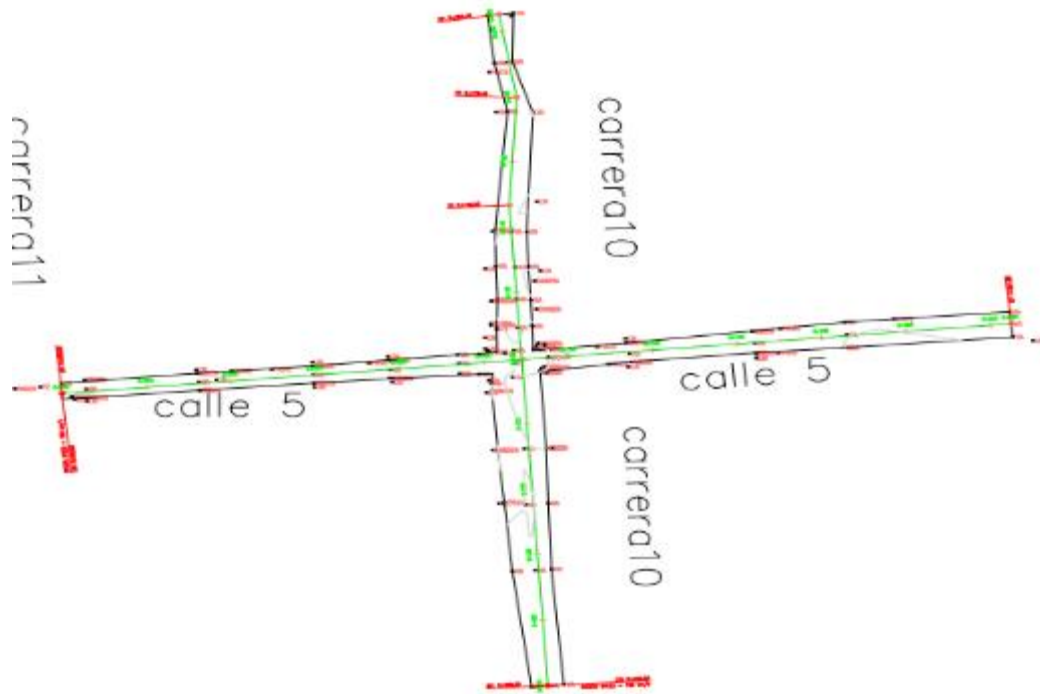
Los objetivos principales del estudio topográfico en la intersección de la calle 5 con carrera 10 en el municipio de Tocaima-Cundinamarca, es realizar el levantamiento de la vía existente para establecer los anchos, longitudes y ubicación dentro del proyecto; como se evidencia en el plano vista en planta del levantamiento topográfico, ver Ilustración 24 Plano Topográfico

- Vista en Planta
Fuente: Elaboración Propia

Además, se complementó la parte grafica en perfiles

longitudinales determinando una pendiente mínima del terreno; ver Ilustración 24 e Ilustración 24.

De acuerdo con la Tabla 1, se realizaron la toma de puntos y cotas claves de las secciones transversales tomando los borde de vía, ejes y sardineles para el cálculo de diseño de la estructura del pavimento.



*Ilustración 24 Plano Topográfico - Vista en Planta
Fuente: Elaboración Propia*

10.1. Coordenadas y Cotas del Terreno

A continuación, se presenta tabla con los puntos resultantes del levantamiento topográfico

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
1001	1000	1000	1000	
1002	1000	1102.194	1000.233	
1002	1000.003	1102.173	1000.218	
1	1006.125	1102.937	1000.087	VIA
2	1005.885	1088.148	1000.333	VIA

3	1004.291	1087.865	1000.384	VIA
4	1001.651	1087.692	1000.316	VIA
5	1002.025	1072.798	1000.41	VIA
6	1004.698	1072.949	1000.47	VIA
8	1001.82	1036.744	1000.083	VIA
9	1005.599	1036.376	1000.147	VIA
10	1009.281	1036.278	1000.085	VIA
11	1001.964	1025.815	1000.05	VIA
12	1006.419	1025.551	1000.065	VIA
13	1009.697	1025.723	1000.019	VIA
14	1002.34	1015.581	1000.032	VIA
15	1006.728	1015.72	1000.114	VIA
16	1010.211	1015.502	1000.01	VIA
17	1010.536	1007.579	999.961	VIA
18	1007.054	1007.064	1000.077	VIA
19	1002.14	1006.711	999.963	VIA
20	1002.252	999.659	999.923	VIA
21	1006.23	1000.157	999.964	VIA
22	1010.718	1000.357	999.911	VIA
23	1012.312	1000.486	999.819	SUM
24	1011.498	1001.311	999.758	SUM
25	1012.021	1002.196	999.788	SUM
26	1011.858	1002.166	999.79	CUNETATA
27	1012.02	1002.199	1000.007	CUNETATA
28	1011.611	1012.728	999.884	CUNETATA
29	1011.588	1012.606	1000.059	CUNETATA
30	1011.008	1021.341	999.926	CUNETATA
31	1011.211	1021.353	1000.117	CUNETATA
32	1000.917	1015.266	1000.066	CUNETATA
33	1000.962	1015.285	999.967	CUNETATA
34	1000.97	1007.878	999.85	CUNETATA
35	1000.946	1007.875	999.963	CUNETATA
36	1000.896	1008.231	999.962	POSTE
37	1001.213	1036.444	999.941	POSTE
38	1000.335	1084.904	999.906	POSTE
39	998.997	1129.647	999.871	POSTE
40	1012.477	1024.465	999.949	LIN
41	1011.691	1045.52	999.935	LIN
42	1010.683	1072.731	999.995	LIN
43	1000.733	1008.282	999.971	LIN
44	999.43	1004.034	999.97	LIN

45	999.469	1025.002	999.979	LIN
46	999.445	1000.695	999.968	LIN
47	1013.42	1002.001	1000.051	LIN
48	1013.582	1001.801	1000.041	LIN
49	1014.28	1000.461	999.937	VIA
50	1014.207	1000.513	1000.017	ANDEN
51	1014.477	998.089	999.945	ANDEN
52	1014.215	997.788	999.946	VIA
53	1014.482	995.035	999.899	VIA
54	1014.525	994.981	1000.041	ANDEN
55	1014.554	993.623	1000.059	LIN
56	1012.725	994.739	999.908	SUM
57	1013.367	995.285	999.862	SUM
58	1004.049	999.269	999.937	LIN
59	1063.389	997.705	999.491	LIN
60	1128.7	1003.097	1000.611	LIN
61	1025.742	1001.275	1000.097	POSTE
62	1028.589	995.961	1000.112	POSTE
63	1069.089	1006.789	1000.314	POSTE
64	1095.802	1009.697	1000.445	POSTE
65	1068.373	999.377	1000.307	POSTE
66	1558.522	946.622	1000.325	VIA
67	1033.892	996.66	1000.074	ANDEN
68	1033.434	999.086	1000.037	VIA
69	1032.67	1002.395	1000.013	VIA
70	1032.712	1002.524	1000.127	ANDEN
71	1032.543	1003.776	1000.184	LIN
72	1033.247	995.2	1000.1	LIN
73	1063.505	997.979	1000.216	LIN
74	1063.364	999.269	1000.126	ANDEN
75	1063.345	999.446	1000.074	VIA
76	1063.013	1002.304	1000.173	VIA
77	1062.551	1005.915	1000.136	VIA
78	1062.489	1006.007	1000.265	ANDEN
79	1085.128	1001.051	999.166	VIA
80	1084.731	1004.951	1000.308	VIA
81	1084.2	1008.739	1000.261	VIA
82	1123.248	1011.894	1000.393	VIA
83	1123.507	1008.283	1000.483	VIA
84	1123.907	1004.245	1000.376	VIA
85	1084.134	1000.998	1000.213	VIA

86	1000.297	999.518	999.966	VIA
87	1000.894	990.096	999.986	VIA
88	1000.24	991.067	999.984	VIA
89	997.982	992.872	999.966	VIA
90	993.362	992.954	999.95	VIA
91	997.959	998.993	999.964	VIA
92	1001.221	987.738	999.988	VIA
93	1001.008	987.787	1000.129	ANDEN
94	999.788	987.266	1000.132	LIN
95	1012.439	993.655	999.882	LIN
96	1012.372	993.69	999.882	VIA
97	1012.361	993.65	999.882	ANDEN
98	1012.585	993.595	1000.029	ANDEN
99	1012.604	993.522	1000.029	VIA
100	1013.983	993.399	1000.062	LIN
101	1013.893	970.401	999.953	VIA
102	1013.933	970.434	1000.017	ANDEN
103	1015.391	970.364	1000.018	LIN
104	1008.654	970.253	999.99	VIA
105	1002.593	969.789	999.969	VIA
106	1002.445	969.787	1000.08	ANDEN
107	1001.271	969.753	1000.12	LIN
108	1002.643	953.554	1000.113	LIN
109	1003.863	953.731	1000.078	ANDEN
110	1003.982	953.791	999.871	VIA
111	1008.984	953.108	1000.017	VIA
112	1014.333	953.581	999.971	VIA
113	1015.074	933.494	999.96	VIA
114	1011.254	933.117	999.982	VIA
115	1005.883	932.848	999.84	VIA
116	1010.447	897.594	999.559	VIA
117	1010.412	897.646	999.493	VIA
118	1014.286	898.014	999.48	VIA
119	1018.018	898.352	999.509	VIA
120	1005.961	992.019	1000.008	VIA
121	1006.428	996.2	999.991	PZ
122	992.902	998.809	999.924	VIA
123	993.248	996.159	999.957	VIA
124	993.516	993.034	999.947	VIA
125	976.993	991.708	999.8	VIA
126	977.012	994.247	999.832	VIA

127	976.825	997.105	999.823	VIA
128	976.694	997.222	999.934	ANDEN
129	976.561	998.33	999.997	LIN
130	977.473	991.592	999.946	ANDEN
131	977.471	990.43	999.975	LIN
132	959.157	989.025	999.888	LIN
133	959.088	990.143	999.862	ANDEN
134	959.044	990.208	999.663	VIA
135	958.975	992.706	999.69	VIA
136	958.74	995.375	999.65	VIA
137	958.78	995.436	999.822	ANDEN
138	958.661	996.573	999.844	LIN
139	972.015	996.33	999.885	POSTE
140	949.034	994.376	999.816	POSTE
141	939.648	993.834	999.787	POSTE
142	931.297	994.305	999.637	LIN
143	931.431	993.253	999.628	ANDEN
144	931.527	993.166	999.484	VIA
145	931.909	990.531	999.451	VIA
146	932.063	988.079	999.399	VIA
147	932.087	987.966	999.62	ANDEN
148	932.195	986.842	999.664	LIN
149	905.466	984.675	999.518	LIN
150	905.514	985.711	999.456	ANDEN
151	905.443	985.876	999.176	VIA
152	905.332	988.34	999.177	VIA
153	905.014	991.128	999.178	VIA
154	905.005	991.215	999.349	ANDEN

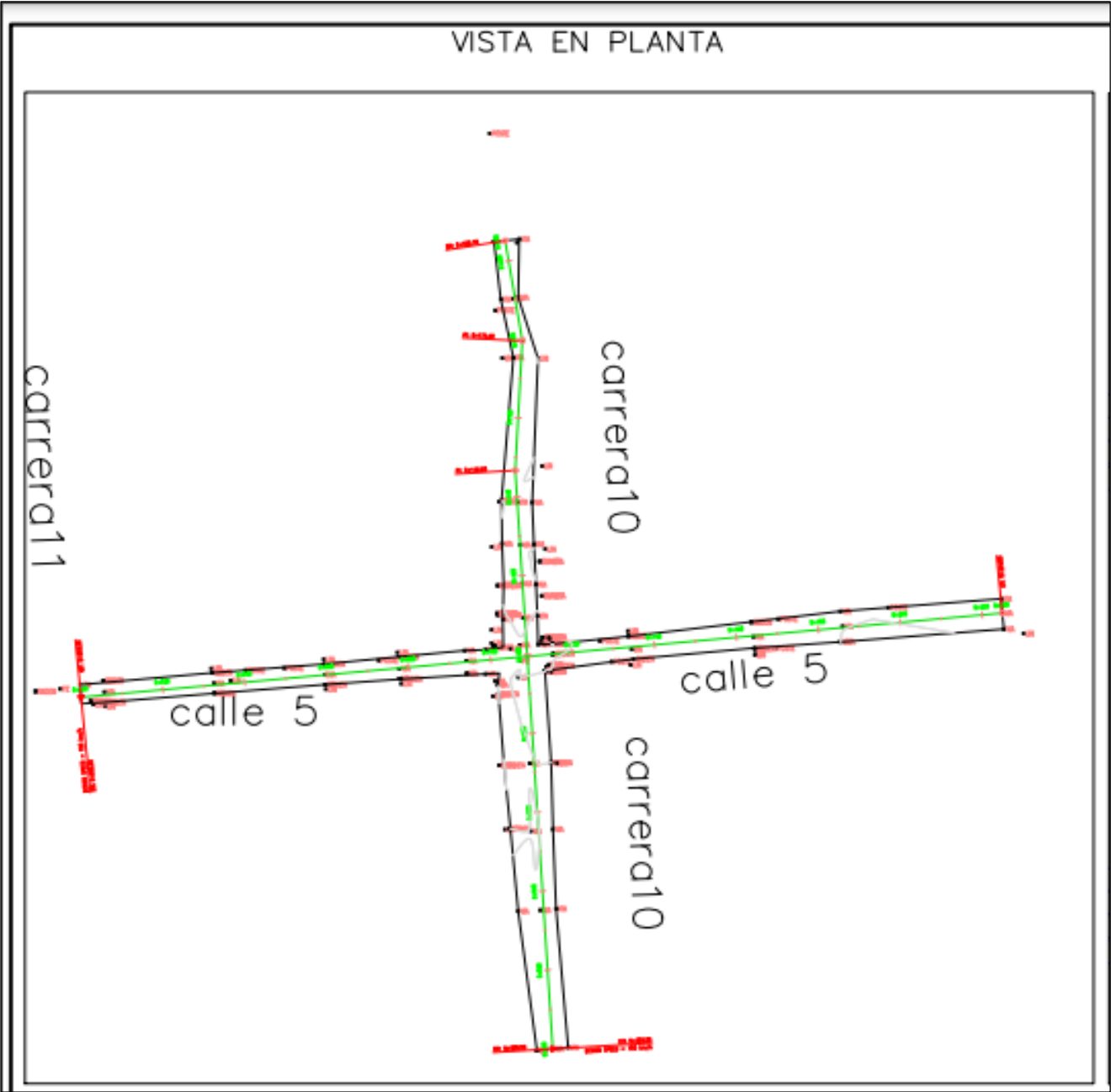
Tabla 1 Coordenadas y cotas tomadas de la estación HI TARGET modelo HTS-420R con N° Serie H232423 entre la calle 5 con carrera 10 del Municipio de Tocaima.

Fuente: Elaboración propia.

10.2. Curvas De Nivel De La Zona De Estudio

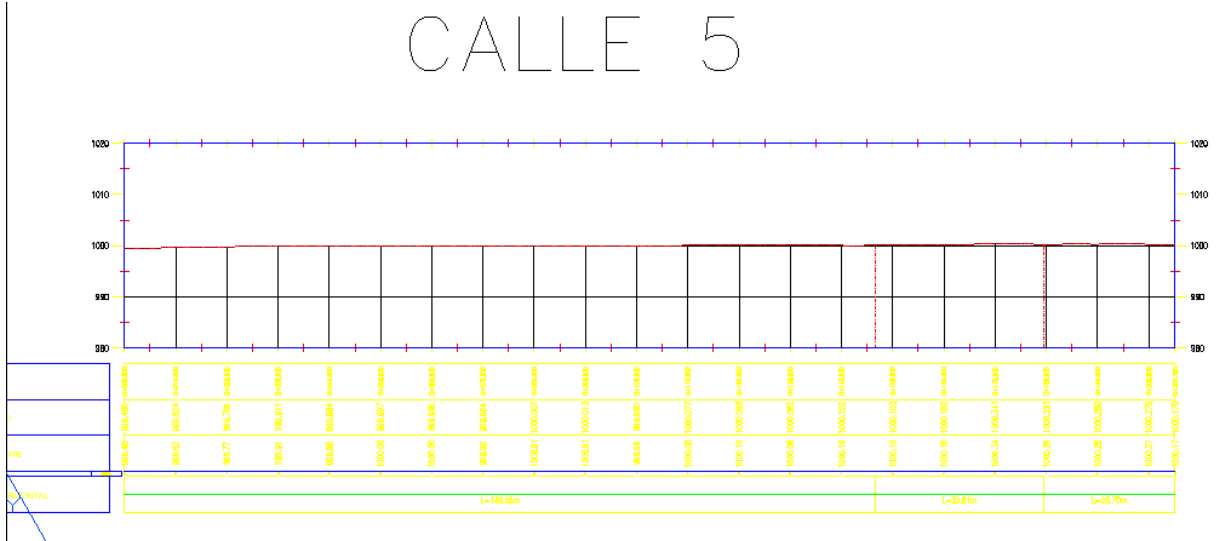
De acuerdo con la Ilustración 26, el terreno en la zona de estudio es ondulado y para la parte operativa exige un moderado movimiento de tierras, por lo que no representa dificultad en su trazado ni en su explanación.

Conceptualmente este tipo de vías definen una combinación de alineamientos horizontales y verticales que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

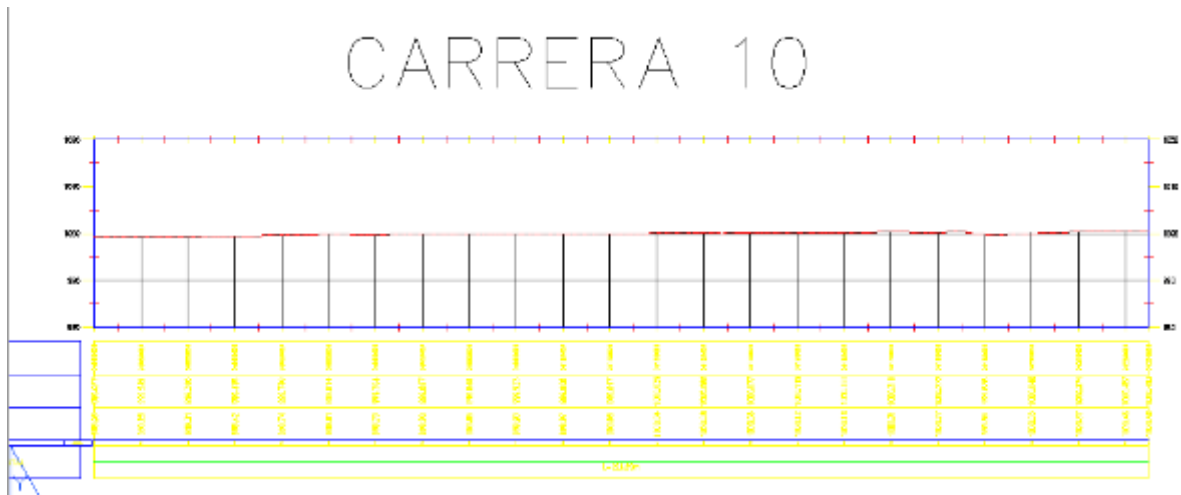


*Ilustración 25 Curvas de Nivel de la zona de estudio
Fuente: elaboración propia*

10.3. Perfiles Longitudinales De La Vía



*Ilustración 26 Perfil Longitudinal del Ramal N°1 Calle 5
Fuente: elaboración propia*



*Ilustración 27 Perfil Longitudinal del Ramal N°2 carrera 10
Fuente: elaboración propia*

11. Estudio de tránsito

11.1. Aforo Vehicular

En cuanto a volúmenes vehiculares en la zona de estudio, se realizó el aforo vehicular para la zona de estudio, los resultados obtenidos representaron los flujos vehiculares que corresponden con la actualidad debido al crecimiento poblacional que ha presentado el municipio en los últimos años.

Con respecto a la necesidad de nuevos conteos vehiculares y a la información suministrada en campo; se determinó que tres días de la semana representara el comportamiento normal del flujo vehicular de la intersección y teniendo en cuenta que su área de influencia es comercial, se tomaron los lunes, miércoles y viernes; cada día en jornada de la mañana desde las 7:00 am hasta las 9:00 am y en jornada de la tarde desde las 4:00 pm hasta las 6:00 pm. Las estaciones de aforo se ubicaron en lugares estratégicos mostrados en la Ilustración 30 y se contabilizaron vehículos en periodos de 15 minutos en los diferentes movimientos permitidos en la intersección, clasificándolos en automóviles, buses, taxi, camiones y motos.

Para relacionar la identificación de los movimientos vehiculares en una intersección se adoptó la codificación empleada por la (Secretaría de Tránsito y Transporte de la ciudad de Bogotá, 2017) en el (Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2005), la cual se representa gráficamente en la Ilustración 29.

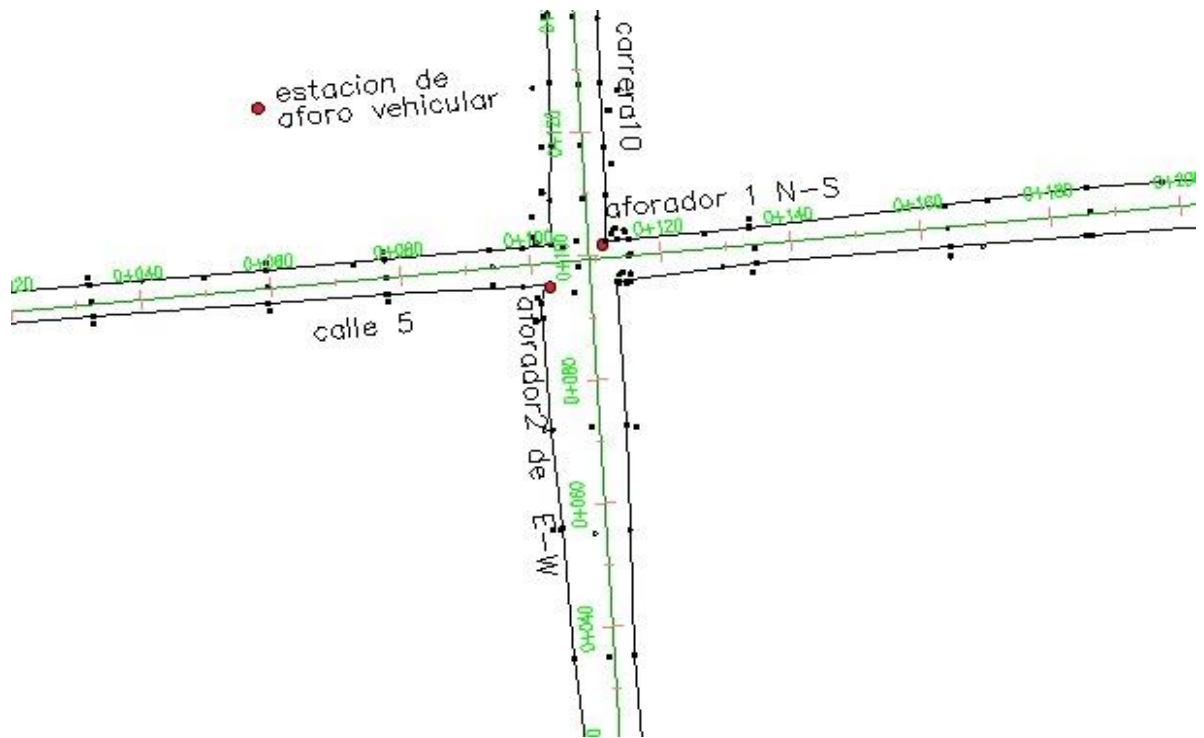


Ilustración 29 Estación de aforos vehiculares
Fuente: Elaboración propia

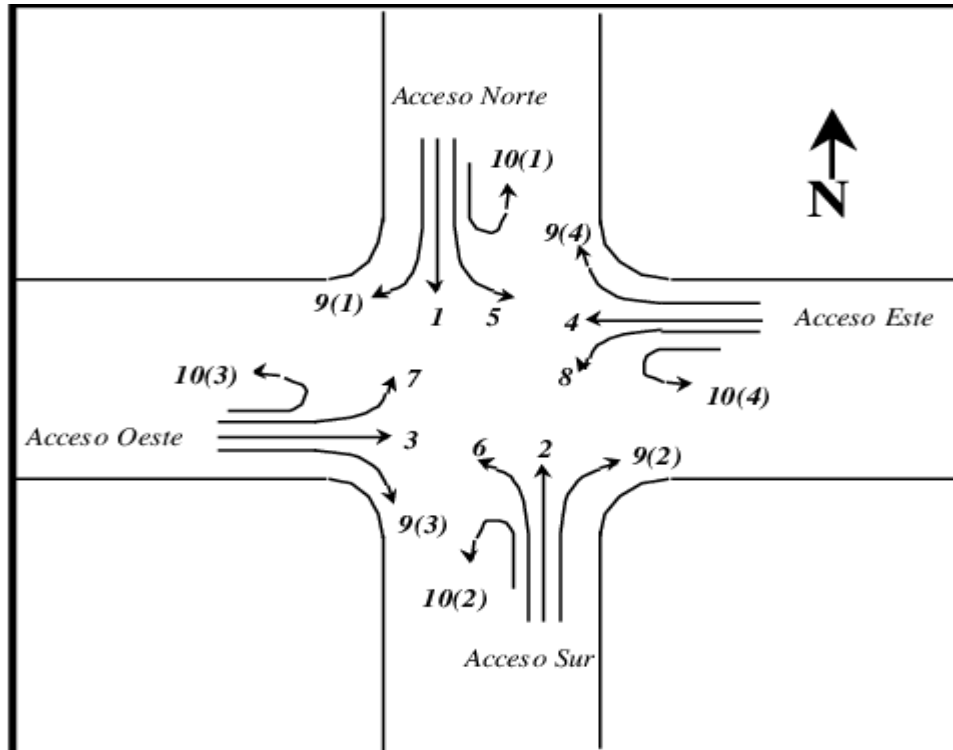


Ilustración 28 Codificación de movimientos en la intersección.
Fuente: (Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2005)

Para el aforo vehicular se determina el máximo volumen de tránsito registrado durante el periodo de estudio y por medio de este identificar la hora pico. Los datos obtenidos se encuentran contenidos en la tabla Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4.

DIA 1 LUNES								
N-S/S-N								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	20	6	19	0	0	0	0	26
7:15 - 7:30	14	4	12	0	1	0	0	19.4
7:30 - 7:45	14	3	15	0	1	0	0	22.4
7:45 - 8:00	18	4	7	0	0	0	0	13.3
8:00 - 8:15	25	3	15	0	0	0	0	23.75
8:15 - 8:30	18	5	22	0	0	0	0	28.3
8:30 - 8:45	17	3	13	0	0	0	0	18.95
8:45 - 9:00	19	1	12	0	0	0	0	18.65
TARDE 4-6								
4:00 - 4:15	22	1	7	0	1	0	0	17.2
4:15 - 4:30	20	2	8	0	1	0	0	17.5
4:30 - 4:45	21	1	6	1	1	0	0	17.85
4:45 - 5:00	20	1	7	0	2	0	0	19
5:00 - 5:15	12	1	2	0	0	0	0	6.2
5:15 - 5:30	10	2	2	0	0	0	0	5.5
5:30 - 5:45	9	1	3	0	0	0	0	6.15
5:45 - 6:00	11	3	5	0	0	0	0	8.85
TOTAL	270	41	155	1	7	0	0	
DIA 1								
E-W/W-E								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	10	1	5	0	0	0	0	8.5
7:15 - 7:30	8	1	3	0	1	0	0	8.3
7:30 - 7:45	5	0	3	0	1	0	0	7.25
7:45 - 8:00	7	2	4	0	0	0	1	8.95
8:00 - 8:15	12	5	8	0	0	0	0	12.2
8:15 - 8:30	18	5	5	0	0	0	0	11.3
8:30 - 8:45	14	2	3	0	0	0	1	10.4
8:45 - 9:00	10	3	8	0	0	0	0	11.5
TARDE 4-6								
4:00 - 4:15	25	2	10	0	0	0	0	18.75
4:15 - 4:30	18	1	8	0	0	0	0	14.3
4:30 - 4:45	16	2	9	1	0	0	0	16.6
4:45 - 5:00	25	4	7	0	1	0	0	18.25
5:00 - 5:15	12	1	2	0	0	0	0	6.2
5:15 - 5:30	10	1	4	0	0	0	0	7.5
5:30 - 5:45	9	2	3	0	0	0	0	6.15
5:45 - 6:00	11	3	7	0	0	0	0	10.85
TOTAL	210	35	89	1	3	0	2	
TOTAL DIA	480	76	244	2	10	0	2	

*Tabla 2 Aforo vehicular- Día N°1
Fuente: Elaboración Propia*

DIA 2 MIERCOLES								
E-W/W-E								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	25	6	6	0	1	1	0	19.75
7:15 - 7:30	16	3	10	0	1	1	0	20.6
7:30 - 7:45	15	2	9	0	1	0	0	16.75
7:45 - 8:00	20	4	9	0	0	0	0	16
8:00 - 8:15	25	2	6	0	0	0	0	14.75
8:15 - 8:30	25	2	6	0	0	0	0	14.75
8:30 - 8:45	19	1	5	0	0	0	0	11.65
8:45 - 9:00	20	4	8	0	0	0	0	15
ARDE 4-6								
4:00 - 4:15	30	3	12	0	1	0	0	25
4:15 - 4:30	20	2	15	0	1	0	0	24.5
4:30 - 4:45	20	4	13	0	1	1	0	25
4:45 - 5:00	24	2	9	0	0	0	0	17.4
5:00 - 5:15	8	2	8	0	0	0	0	10.8
5:15 - 5:30	6	3	7	0	1	0	0	11.6
5:30 - 5:45	7	1	8	0	1	0	0	12.95
5:45 - 6:00	8	3	11	0	1	0	0	16.3
TOTAL	288	44	142	0	9	3	0	
DIA 2								
N-S /S-N								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	20	7	21	0	1	0	0	30.5
7:15 - 7:30	10	3	11	0	1	0	0	17
7:30 - 7:45	15	2	11	0	0	0	0	16.25
7:45 - 8:00	16	5	10	0	0	0	1	18.1
8:00 - 8:15	29	4	15	0	0	0	0	25.15
8:15 - 8:30	20	2	16	0	0	0	0	23
8:30 - 8:45	19	3	13	0	0	0	1	22.15
8:45 - 9:00	11	3	19	0	0	0	0	22.85
TARDE 4-6								
4:00 - 4:15	20	4	12	0	1	0	0	21.5
4:15 - 4:30	22	3	13	0		0	1	23.2
4:30 - 4:45	23	5	11	0	2	0	0	24.05
4:45 - 5:00	25	5	10	0	1	0	0	21.25
5:00 - 5:15	8	1	8	0		0	0	10.8
5:15 - 5:30	7	1	5	0		0	0	7.45
5:30 - 5:45	4	0	7	0		0	0	8.4
5:45 - 6:00	15	3	9	0	2	0	0	19.25
TOTAL	264	51	191	0	8	0	3	
TOTAL DIA	552	95	333	0	17	3	3	

*Tabla 3 Aforo Vehicular - Día N°2
fuente: Elaboración Propia*

DIA 3 VIERNES								
E-W /W-E								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	21	7	16	0	2	0	0	28.35
7:15 - 7:30	19	5	14	0	0	0	0	20.65
7:30 - 7:45	13	8	13	0	1	0	0	20.05
7:45 - 8:00	14	2	10	0	0	0	1	17.4
8:00 - 8:15	22	5	4	0	0	0	0	11.7
8:15 - 8: 30	21	4	8	0	0	0	0	15.35
8:30 - 8:45	12	4	6	0	0	0	0	10.2
8:45 - 9:00	20	3	6	0	0	0	1	15.5
ARDE 4-6								
4:00 - 4:15	20	3	12	0	1	0	0	21.5
4:15 - 4:30	14	4	11	0	0	1	0	18.4
4:30 - 4:45	16	3	9	0	1	0	0	17.1
4:45 - 5:00	25	6	17	0	0	0	0	25.75
5:00 - 5:15	11	0	8	0	0	0	0	11.85
5:15 - 5: 30	10	0	8	0	0	0	0	11.5
5:30 - 5:45	9	0	4	0	0	0	0	7.15
5:45 - 6:00	11	3	6	0	0	0	0	9.85
TOTAL	258	57	152	0	5	1	2	
DIA 3								
N-S /S-N								
HORA	MOTOS	taxis	autos	BUSES	C2P	C2G	C3-4	TOTAL DE VEHICULOS
7:00 - 7:15	12	6	22	0	2	0	0	31.2
7:15 - 7:30	13	3	15	0	0	0	0	19.55
7:30 - 7:45	11	3	11	0	2	0	0	19.85
7:45 - 8:00	9	1	10	0	0	1	1	18.15
8:00 - 8:15	7	2	14	0	0	0	0	16.45
8:15 - 8: 30	7	3	16	0	0	0	0	18.45
8:30 - 8:45	8	4	18	0	0	0	0	20.8
8:45 - 9:00	9	2	19	0	0	0	0	22.15
TARDE 4-6								
4:00 - 4:15	11	6	20	0	0	1	0	26.35
4:15 - 4:30	9	4	14	0	1	0	1	22.15
4:30 - 4:45	8	13	11	0	0	0	0	13.8
4:45 - 5:00	9	11	10	0	2	0	0	18.15
5:00 - 5:15	10	10	16	0	0	0	0	19.5
5:15 - 5: 30	9	9	14	0	0	0	0	17.15
5:30 - 5:45	7	11	12	0	0	0	0	14.45
5:45 - 6:00	12	18	19	0	0	0	0	23.2
TOTAL	151	106	241	0	7	2	2	
TOTAL DIA	409	163	393	0	12	3	4	

Tabla 4 Aforo Vehicular - Día N° 3
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis de información recopilada se tiene un estudio de tránsito con el cual se caracteriza el volumen de tráfico vehicular del tramo en estudio, donde se llevó a cabo un muestreo por el área de Tránsito del proyecto para determinar el tránsito de diseño.

A continuación, se presenta el procedimiento para la determinación de los ejes de diseño.

11.1.1. Asignación Del Volumen De Tránsito

Para la asignación del flujo vehicular diario que circulará por el tramo objeto de estudio, su cuantificación se estima bajo los siguientes parámetros:

TIPO DE VEHICULO	FACTOR DAÑO
MOTOS	0
AUTOS	0
C2p	1.01
C2g	2.72
C3-C4	3.72
Total FD	7%

Tabla 6 Factores de daño
Elaboración propia

TOTAL DE VEHICULOS DEL AFORO	
MOTOS	1441
autos	1304
BUSES	2
C2P	22
C2G	6
C3-4	9

Tabla 5 Total de Vehículos del aforo
Elaboración propia

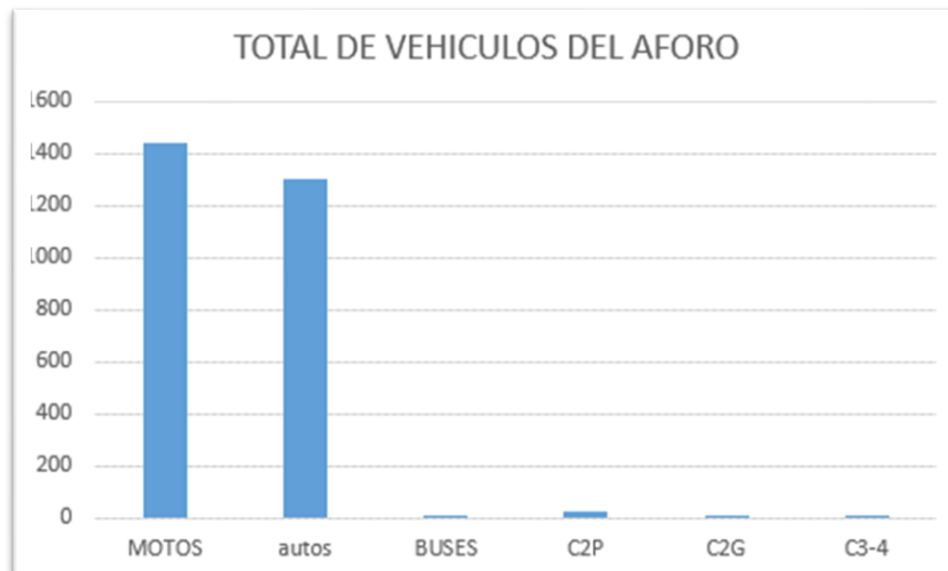


Ilustración 30 Grafica de Total de vehículos aforados
Fuente: Elaboración Propia

11.1.2. Proyección Del Volumen De Transito TPD

La metodología utilizada por el consultor se basó en analizar las tendencias pasadas, de movilización vehicular del municipio, teniendo en cuenta las vías de similares características físicas y del tráfico, como lo de la proximidad al área directa donde se localiza el proyecto. Para la proyección del TPD asignado en su primer año de ser supuesto en operación la vía (2022); éste se incrementará con una tasa anual promedio del 3%, adoptada anteriormente hasta la vida útil de pavimento (esperado en 20 años); por lo que su proyección se efectuará hasta el 2042, aplicando el modelo matemático siguiente:

Porcentaje de vehículos livianos, buses, camiones a proyección futura

%LIVIANOS,BUS,CAMION				
LIVIANOS	Buses	C2P	C2g	c3-4
7088300	14600	160600	43800	65700
96.1386139	0.1980198	2.17821782	0.59405941	0.89108911
96.14%	0.20%	2.2%	0.6%	0.9%

factor de daño INVIAS

TIPO DE VEHICULO	FACTOR DAÑO
MOTOS	0
AUTOS	0
C2p	1.01
C2g	2.72
C3-C4	3.72
Total FD	7%

Cálculo de factor ejes equivalentes

FACTOR DE EJES EQUIVALENTES			
BUS	C2P	C2G	C3
1.68	1.36	1.68	7.16

Distribución direccional del tránsito de vehículos comerciales carriles en ambas direcciones
(2) =50%

Factor de distribución por carril = 1 AAsth 93

DD=	0.5
DC=	1.0

VC= 3.86% Volumen de camiones

Cálculo de factor de camión de camiones

FCC=	0.04356871
FC=	0.13571722

Cálculo de factor camión

TPDH	2124
TPDS	303

según el estudio de tránsito el TPDS es de 303 Vehículos semanales

Cálculo del NESE

$$NESE_i = TPDA_i * VC * DD * DC * FC * 365$$

NESE =	290.180	2.90E+02
--------	---------	----------

 numero de ejes equivalentes

11.2. Ensayos De Laboratorio

11.2.1. Muestra Inalterada Llevada Al Laboratorio

De acuerdo con la norma (INV E-148-13), establece el procedimiento para el ensayo California Bearing Ratio (CBR). Con la muestra inalterada en el laboratorio de las instalaciones de la Universidad Piloto, ver Ilustración 32 Muestra inalterada en Molde de compactación; se procedió a preparar la muestra en el molde de compactación, el cual se coloca en la prensa multi ensayos. En la Ilustración 33 se evidencia como el pistón empieza a generar una carga progresiva sobre la muestra donde se procede a tomar el registro de los datos suministrados por el ensayo.



Ilustración 31 Muestra inalterada en Molde de compactación



*Ilustración 32 Recolección de datos durante el ensayo de CBR%
fuente: Elaboración propia*

A continuación, se evidencia la falla en las dos muestras inalteradas, ver Ilustración 34 e Ilustración 35.



*Ilustración 33 Falla de Muestra inalterada
Del apique N°1
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 34 Falla de la Muestra
inalterada del Apique N°2
Fuente: Elaboración Propia*

11.2.2. Resultados de Laboratorio de CBR

Por medio de correlación con el California Bearing Ratio (CBR) que se determinó mediante la exploración geotécnica realizada en ensayos de laboratorio de la Universidad Piloto-Seccional Alto Magdalena, se halla el módulo de reacción de la subrasante, en la Tabla 7 se presentan los siguientes valores de CBR obtenidos en el estudio geotécnico.

N° Apique	UBICACIÓN	CBR (%)
1	Calle 5 # 10- 135	2.6%
2	Cra 10 # 4- 98	2.57%

*Tabla 7 Resumen de la exploración geotécnica en la zona de estudio
Fuente: Elaboración Propia*

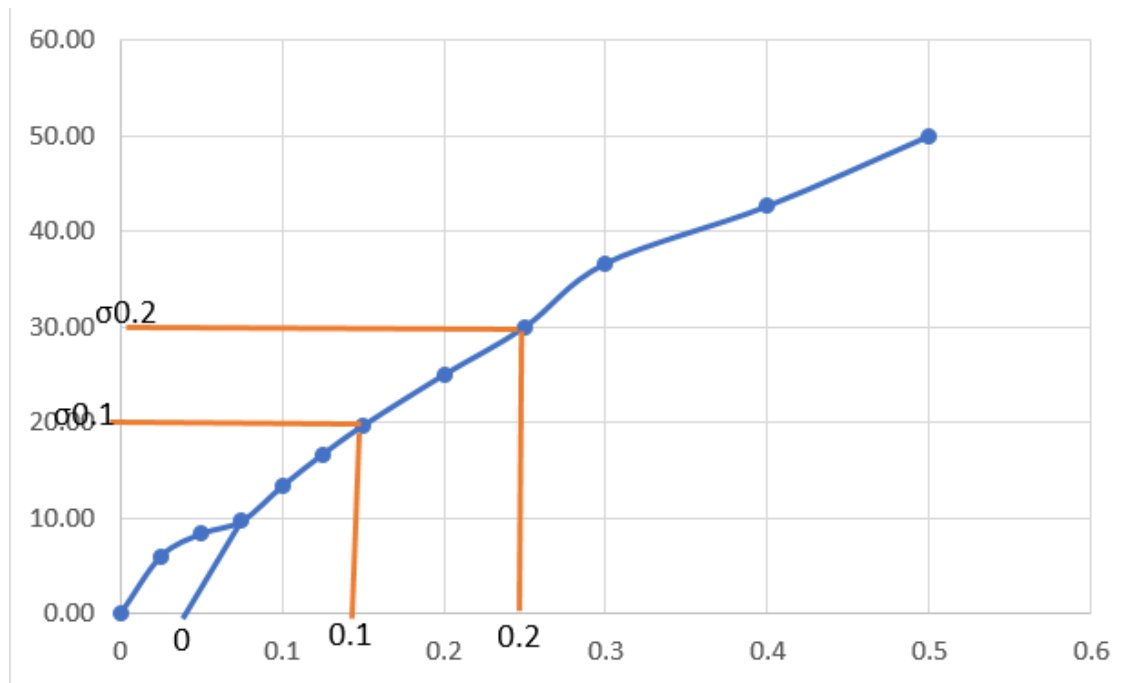
11.2.3. CBR Del Apique N°1.

Mediante el ensayo elaborado en el laboratorio de las instalaciones de la Universidad Piloto, se relacionaron los datos obtenidos de la presión aplicada por el pistón para cada penetración como se aprecia en la Tabla 8; organizados los datos se calculan los esfuerzos y se grafica la curva de penetración vs Esfuerzos donde se determinará el CBR%, ver Ilustración 35.

Penetración (Pulgadas)	Fuerza (KN)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)
0	0	0	0.00
0.025	0.080071174	18	6.00
0.05	0.111209964	25	8.33
0.075	0.129003559	29	9.67
0.1	0.177935943	40	13.33
0.125	0.222419929	50	16.67
0.15	0.262455516	59	19.67

0.2	0.333629893	75	25.00
0.25	0.400355872	90	30.00
0.3	0.489323843	110	36.67
0.4	0.569395018	128	42.67
0.5	0.667259786	150	50.00

*Tabla 8 Tabla de datos y Calculo de esfuerzo de CBR -Apique N°1
Fuente: elaboración propia*



*Ilustración 35 Grafico Penetración Vs Esfuerzo para apique N°1
Fuente: Autores*

$$CBR\ 0.1 = \sigma_{0.1} / 1000\ psi * 100 = 20psi / 1000psi * 100 = 0.02 \rightarrow 2\%$$

$$CBR\ 0.2 = \sigma_{0.2} / 1500\ psi * 100 = 30psi / 1500psi * 100 = 0.026 \rightarrow 2.6\% \text{ mayor}$$

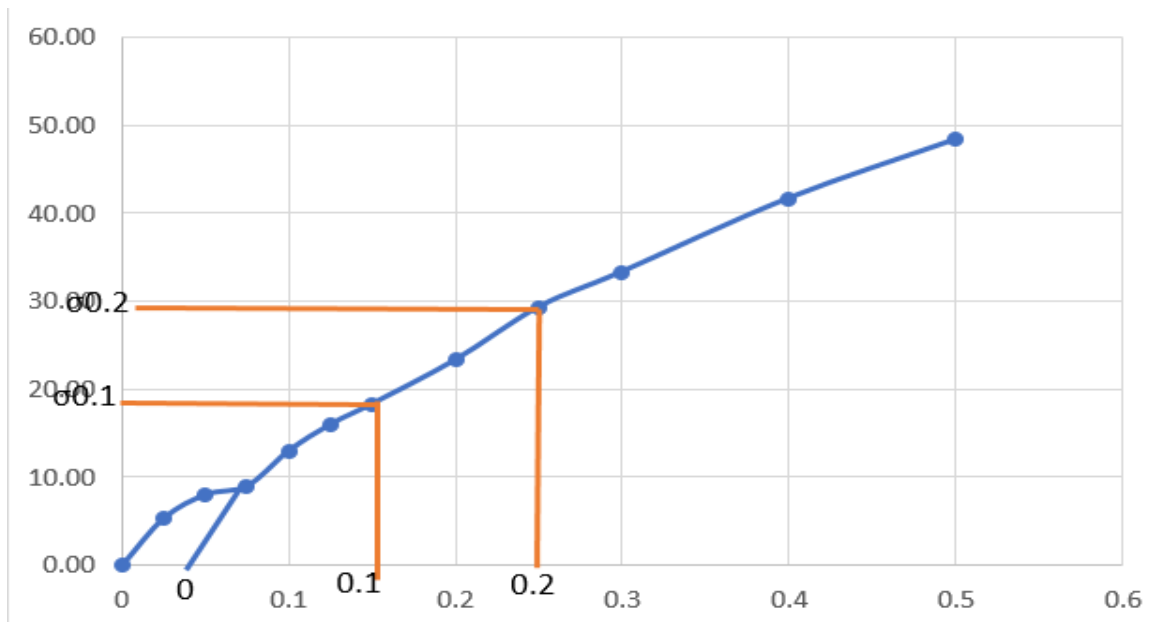
Para el Apique N°1 se Escogerá el CBR 2.6%

11.2.4. CBR Del Apique N°2

Para determinar el CBR% del apique N° 2 se determinó los mismos parámetros como se muestra a continuación: Ilustración 38

	conversion de kn a lb		
Penetración (Pulgadas)	Fuerza (kn)	Fuerza (Lb)	Esfuerzo (Psi)
0	0	0	0.00
0.025	0.071174377	16	5.33
0.05	0.106761566	24	8.00
0.075	0.120106762	27	9.00
0.1	0.173487544	39	13.00
0.125	0.213523132	48	16.00
0.15	0.244661922	55	18.33
0.2	0.3113879	70	23.33
0.25	0.391459075	88	29.33
0.3	0.444839858	100	33.33
0.4	0.556049822	125	41.67
0.5	0.645017794	145	48.33

*Ilustración 37 Tabla de datos y Calculo de esfuerzo de CBR -Apique N°1
Fuente: Elaboración Propia*



*Ilustración 36 Grafica de Esfuerzo vs Penetración
fuente: Elaboración propio*

$$CBR\ 0.1 = \sigma_{0.1} / 1000\ psi * 100 = 19psi / 1000psi * 100 = 0.019 \quad 1.9\%$$

$$CBR\ 0.2 = \sigma_{0.2} / 1500\ psi * 100 = 29psi / 1500psi * 100 = 0.0257 \quad \rightarrow \quad 2.57\% \text{ mayor}$$

Para el Apique N°1 se Escogerá el CBR 2.57%

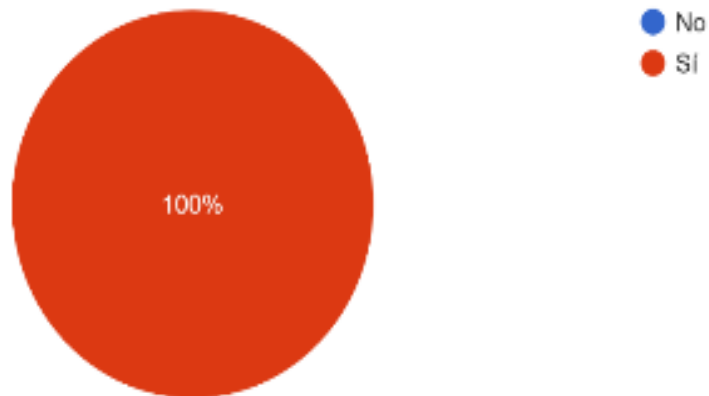
12. Encuestas realizadas a los usuarios de la vía

Para conocer la percepción de la comunidad colindante a la vía y usuarios de la vía se desarrolló una encuesta de manera virtual (**Anexo. I**). Esta encuesta estaba conformada por 7 preguntas de respuestas abiertas y cerradas. Estas fueron creadas con el objetivo de que al momento de tener las respectivas respuestas se lograra ampliar y tener un conocimiento más conciso acerca de cómo operaba la vía, su nivel de servicio en función al usuario, el estado actual de la vía y su importancia dentro de su área de influencia.

En la Ilustración 39 se evidencia que en la respuesta de la pregunta N°1, el 100% de los encuestados consideran que esta vía es importante para los habitantes del municipio.

Considera que ¿esta vía es importante para los habitantes del municipio de Tocaima Cundinamarca?

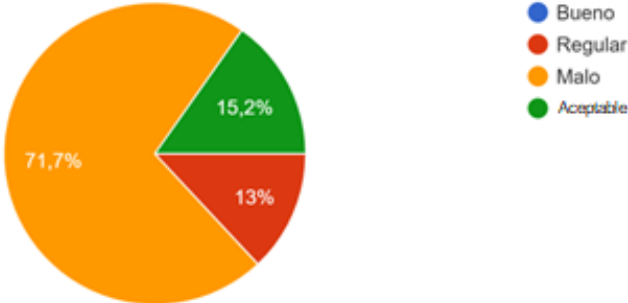
46 respuestas



*Ilustración 38 Resultados de pregunta N°1
Fuente: Elaboración propia Google Forms*

Al analizar la gráfica correspondiente a la segunda pregunta Ilustración 39, se observa que el 71.7% confirma que el estado actual de vía es malo. Teniendo en cuenta este porcentaje que supera el 50% de los encuestados, se comprueba de que la vía existente percute en un nivel de servicio bajo.

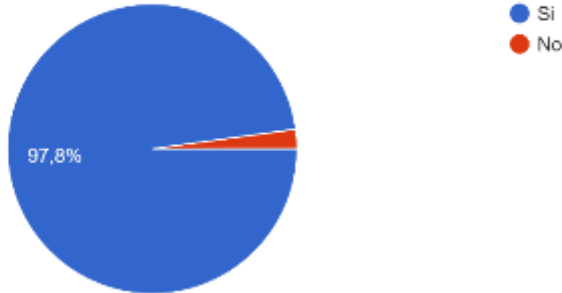
Como usuario de la vía, del 1 a 10 como califica usted el estado actual de la vía; siendo Bueno, regular y Malo
46 respuestas



*Ilustración 39 Resultados de pregunta N°2
Fuente: Elaboración propia Google Forms*

En la Ilustración 41, se evidencia la pregunta N°3 realizada a los usuarios de la vía donde el 97.8% ha observado las irregularidades presentadas en la vía.

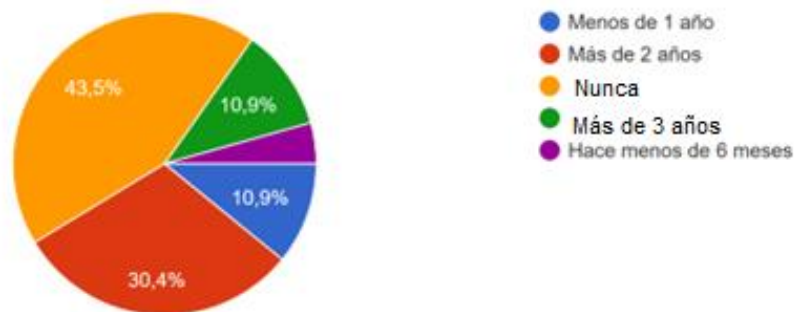
¿Ha observado deficiencias o irregularidades en el estado de la vía?
46 respuestas



*Ilustración 40 Respuesta de la Pregunta N°3
Fuente: Elaboración propia Google Forms*

En la pregunta N°4 se busca que el encuestador como residente del barrio La Pola, relate los periodos de intervenciones que se le han realizado a la vía durante toda la existencia de esta; ver Ilustración 42.

¿Recuerda usted hace cuanto tiempo se le ha realizado alguna una intervención a la vía?
46 respuestas:

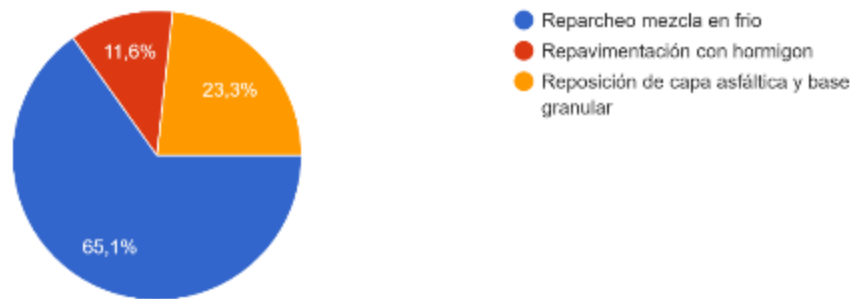


*Ilustración 41 Respuesta de la Pregunta N°4
Fuente: Elaboración Propia Google Forms*

Al observar las respuestas dadas en la pregunta N°5, se analizó la percepción que tiene la comunidad encuesta referente a las posibles reparaciones que los entes encargados tendrían que realizar; a partir de las respuestas el 11.6% de los encuestados indican que se han realizado repavimentaciones con hormigón en el tramo vial, lo cual es un factor que puede acelerar el deterioro de la estructura del pavimento. Por otra parte, el 65.1%, ver Ilustración 43, mencionaron que se le ha realizado reparcho de mezcla en frio; teniendo en cuenta una de las desventajas del uso de estas mezclas para reparcho es el desarrollo de resistencia que genera por la pérdida de humedad de la mezcla, por lo cual no serán más duraderos y no podrán soportar el tránsito para vehículos de carga o tráfico pesado.

¿ Que reparaciones ha observado que le han realizado a la vía?

43 respuestas

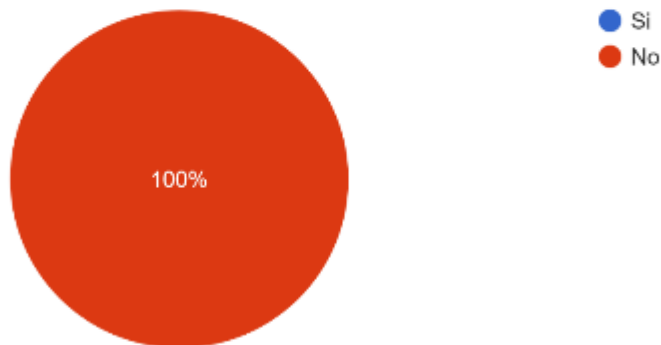


*Ilustración 42 Respuesta a pregunta N°5
Fuente: Elaboración Propia*

Aunque en la anterior ilustración se evidencia que, si se le han hecho intervenciones a la vía como la reposición de la capa asfáltica y la base granular respondiendo el 23.3% de los encuestados; Ilustración 43, en la pregunta N°6 el 100% de los encuestados reafirman que estas intervenciones no han sido satisfactorias frente a los daños presentados en toda la vía.

¿Cree usted que esas reparaciones han sido satisfactorias con los daños?

46 respuestas

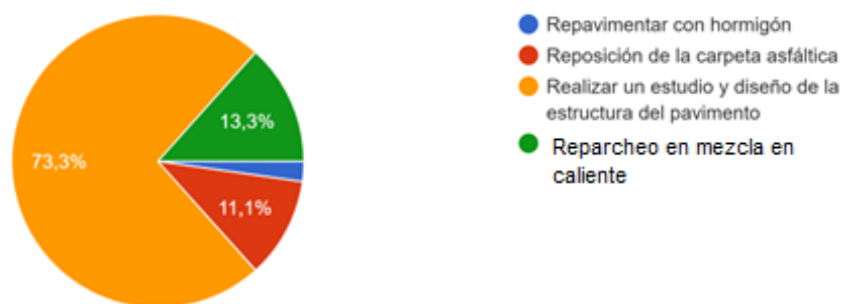


*Ilustración 43 Respuesta a Pregunta N°6 – Google Forms
Fuente: Elaboración propia*

El objetivo de realizar la pregunta N° 7, Ilustración 45, fue para conocer la opinión de los encuestados frente a las diferentes soluciones que se podrían adoptar para la solución del estado actual de la vía. El 73.3% opina que la realización de un estudio y diseño de la estructura del pavimentado de la más favorable para la implementación en la vía actual.

De acuerdo con las siguientes soluciones propuestas, ¿Cuál considera usted que es la más óptima para mejorar las condiciones de la vía?

45 respuestas

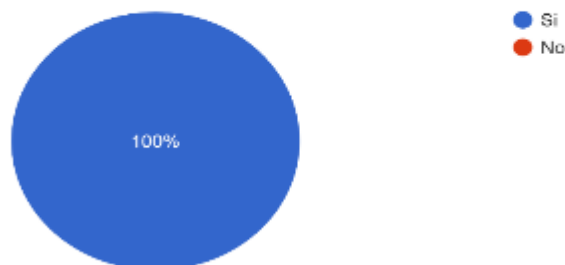


*Ilustración 44 Respuesta de la pregunta N°7 – Google Forms
Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con la Ilustración 46, el 100% de las personas encuestadas están de acuerdo con que se le haga una intervención a la estructura del pavimento. Destacando esta pregunta se puede afirmar que nuestro proyecto tiene un buen enfoque a la problemática.

¿Cree usted que si se logra rehabilitar la estructura del pavimento mejoraría la movilidad en el sector?

44 respuestas



*Ilustración 45 Respuesta de la pregunta N° 8 – Google Forms
Fuente: Elaboración propia*

13. Diseño De Pavimentos

En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la ASSHTO y PCA bajo estos métodos y un porcentaje de ensayos realizados, se realizó el método INVIAS diseño de pavimentos en concreto.

Para el diseño de la estructura de pavimento rígido se requiere:

- La proyección del tránsito calculada, basada en los aforos vehiculares.
- El estudio de suelo referente al estudio de caso, mediante exploraciones geotécnicas en la subrasante, a la cual se le realizará ensayo de CBR según Norma INV E-148-13.
- La implementación del paso a paso para el diseño planteado por el manual de diseño de pavimentos en concreto para bajos, medios y alto volúmenes de tránsito.

13.1. Método Invias –Pavimento Rígido

Variables a tener en cuenta para este método son

- Subrasante: CBR
- Tránsito: TPDS, NESE
- Propiedades mecánicas de la Losa: MR
- Pasadores y confinamiento: SI, No D; Si, No B

De acuerdo con (Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito., 2008), se considera un periodo de Diseño de 20 años para todos los análisis

TPDS DE 303 VEHICULOS

TPDS	303
------	-----

Tránsito obtenido durante un periodo de diseño mediante teorías de proyección el tránsito se encuentra en el siguiente rango de Tabla 9.


Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla 9 Categoría del tránsito para la selección de espesores

Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

Transito categoría T1

Se caracteriza a partir del CBR y se aplica con base en la siguiente tabla

$CBR\ 0.2 = \sigma_{0.2} / 1500\ psi * 100 = 30\ psi / 1500\ psi * 100 = 0.026$  **2.6% mayor**
porcentaje de cbr será nuestro cbr de diseño

Se tipifica en base en la siguiente Tabla 10.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Tabla 10 Clasificación de la subrasante

fuelle: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

El módulo de rotura, este método invias nos recomienda con la siguiente tabla determinarlo mediante el número de camiones por día en la vía en la siguiente Tabla 11.

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 – 300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8

Tabla 11 Resistencia del concreto

Fuelle: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

Con un tráfico bajo de camiones en nuestra área estudio menor a 25 camiones por día optamos por determinar que su resistencia a flexión es de 3.8 (Mpa) su MR1 38 (kg/cm²)

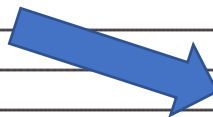
- Propiedades mecanizas de la losa Mr: Modulo De Rotura se especifica en la siguiente Tabla 12.

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

*Tabla 12 Resistencia a la Flexo tracción
fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)*

Dada a la condición de bajo volumen de tráfico comercial de la zona de estudio y la característica geométricas de la vía se opta a criterio por Dovelas y no bermas, ver Tabla 13.

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas



*Tabla 13 Sistema de transferencia de cargas
fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)*

Se toma las variables y su representación de cada función para el diseño nos indica Base Granular de 15 cm, ver Tabla 14.

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

Tabla 14 Variables consideradas en el diseño de pavimento

Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

Determinación de los espesores de la losa mediante la recolección de información de cada variable, como lo son T1 factor principal y S2 obtenido del CBR de la zona de estudio, la variable módulo de rotura (MR) y la variable De Dovelas Y NO Berma (D Y no B) en la Tabla 15 para determinar el espesor de la losa.

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																					
		Tránsito T1																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR3			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BQ	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BEC	MR1			20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20
	MR2			19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19
	MR3			19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19
	MR4			19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18

Tabla 15 Espesor de la losa de concreto
fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

Las variables nos arrojan una losa de 26 cm de espesor sobre una base granular de 15 cm de espesor guiándose del artículo invias INV 330-07.

Estructura de pavimento



*Tabla 16 Estructura del pavimento rígido
Fuente: Elaboración propia*

Seleccionamos las barras en la Tabla 17 de transferencia la longitud de 45 cm y su separación de 30 cm

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

*Tabla 17 Recomendaciones para la sección de pasadores
fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)*

Los pasadores se deben colocar en la mitad del espesor de las losas, paralelos entre sí, al eje longitudinal de la vía y a la superficie del pavimento, con una tolerancia medida en el extremo del pasador que no sobrepase los 10 mm respecto a la posición teórica. La manera más eficiente de lograr esto, es colocar los pasadores sobre unos soportes hechos con varillas, que quedan embebidos en el concreto. El concreto alrededor de los pasadores debe tener la misma compactación que en el resto del pavimento, para evitar la creación de zonas en las cuales la resistencia a la tracción sea más baja y por ende se convierta en un área que se puede fisurar

Barras de amarre se seleccionan con el espesor de la losa que ya tenemos y como nuestra va está en un promedio de ancho de carril entre 1.80 y 3.05 las barras serán de diámetro de 9.5 mm (3/8) la separación entre barras según el ancho de nuestro carril de 0.45 cm como se muestra en la siguiente Tabla 18.

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")			Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")			Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de $f_y = 187,5$ MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de $f_y = 280$ MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 18 Barras de anclaje
Fuente: (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008)

13.2. Plano De Diseño De Pavimento Rígido

13.2.1. Ramal N°1.

Vista isométrica de la estructura del pavimento y sus condiciones mecánicas según el diseño realizado por el método invias para pavimentos rígidos ramal 1 calle 5: esta vista su ancho de vía varia por las condiciones geométricas.

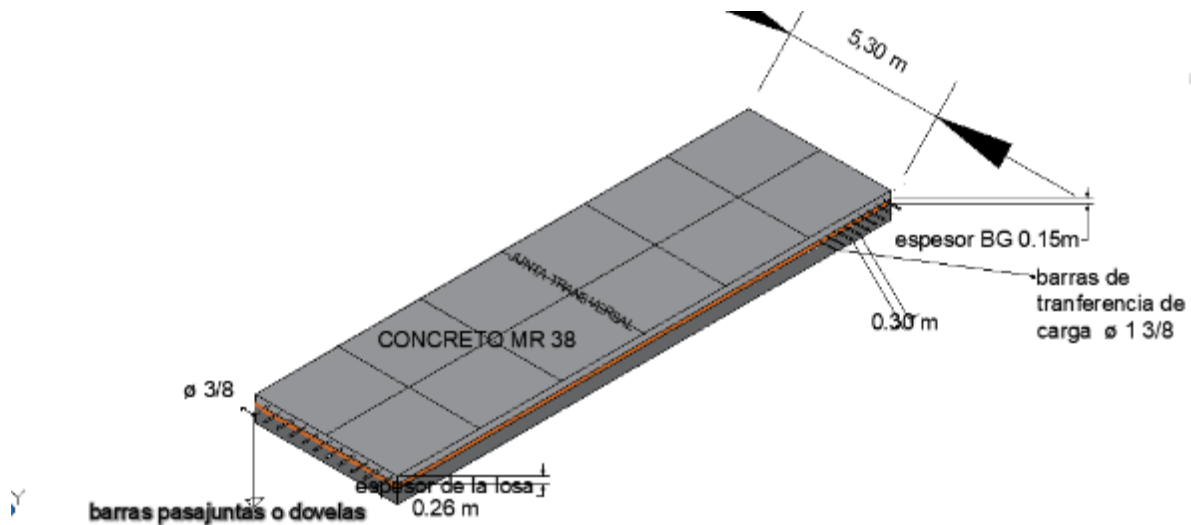


Tabla 19 Vista isométrica de la estructura del pavimento Ramal N°1
Fuente: Elaboración Propia

13.2.2. Ramal N°2

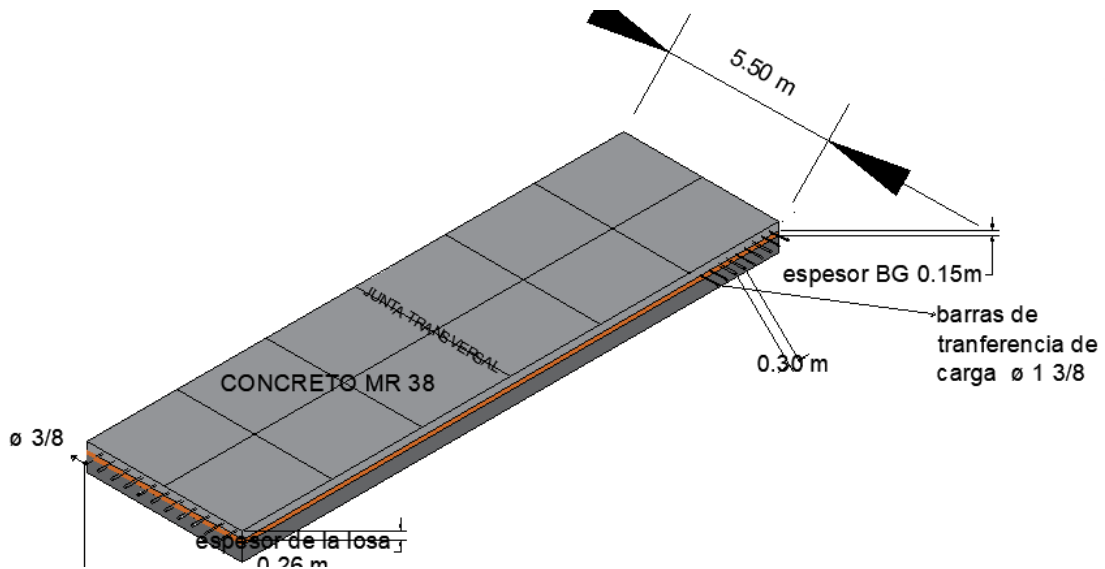


Tabla 20 Vista isométrica de la estructura del pavimento Ramal N°2
fuente: Elaboración propia

14. Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante los ensayos de los laboratorios de la subrasante y el análisis de tráfico vehicular indican que las condiciones son aptas para diseñar concreto rígido.

Se realizaron los aforos de tránsito en el sector de estudio, a partir del cual se pudo determinar que el tránsito de diseño corresponde a una vía con bajo volumen de tráfico NT1, al periodo de diseño de 20 años.

De acuerdo con el consolidado de respuestas en la encuesta realizada a los actores viales de la zona de estudio, se evidenció que los mantenimientos que se les han realizado a la vía han sido deficientes y que esos mantenimientos no han sido constantes, lo que concluye que el estado actual es debido a la falta de mantenimiento.

El acondicionamiento de la estructura de vía mejoraría sustancialmente el servicio vial de calidad para todos los actores viales.

Revisando metodologías de diseño más usadas en el país para diseño de pavimentos rígidos, determinamos que para evaluar nuestro diseño de losa de pavimento rígido se optó por tomar el Manual De Diseño De Pavimentos En Concreto Para Bajos, Medios Y Alto Volúmenes De Tránsito siendo este método muy completo, el cual que se basa en ensayos realizados a los métodos AASSTHO 93 y PCA.

En términos generales se concluye que esta propuesta de este proyecto serviría como guía y como soporte para entes municipales o gubernamentales y comunidad en general tengan un interés de mejorar la malla vial del municipio.

15. Bibliografía

- Alcaldía de Tocaima. (2020). *Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T)*. Cundinamarca, Tocaima. Recuperado el 5 de 11 de 2022, de Esquema de Ordenamiento Territorial: <http://www.tocaima-cundinamarca.gov.co/planes/esquema-de-ordenamiento-territorial--eot>
- Alcaldía de Tocaima. (14 de JULIO de 2020). Plan de Desarrollo "Futuro en Marcha 2020-2023". *"Futuro en Marcha 2020-2023*, 275. Recuperado el 15 de 11 de 2022, de https://issuu.com/contactenostocaimacundinamarca/docs/31583_plan-de-desarrollo-futuro-en-marcha-2020202: https://issuu.com/contactenostocaimacundinamarca/docs/31583_plan-de-desarrollo-futuro-en-marcha-2020202
- ASOPAC. (2004). *Cartilla de Pavimento Asfáltico*. Bogota: ASOPAC. Recuperado el 14 de 7 de 2022
- Departamento Administrativo de Estadística (DANE). (2020). *Proyecciones de Población*. Recuperado el 4 de 5 de 2022, de Proyecciones de Población: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Construcción de Pavimento Rígido en Vías Urbanas de Bajo Tránsito*. Cundinamarca, Bogotá. Recuperado el 07 de 11 de 2022, de Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito: <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/pavimento/PTpavimento.pdf>
- Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). *Diseño de Pavimento Flexible, Bajo Influencia de Parámetros de Diseño debido al Deterioro de Pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017*. Huancavelica- Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). *Diseño de Pavimento Flexible, Bajo Influencia de Parámetros de Diseño Debido al Deterioro del Pavimento En Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica - 2017*. Huancavelica- Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado el 7 de 06 de 2022, de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstreams/fe183a3c-ad71-45f7-ab88-1be87b969222/download>
- Grupo Técnico Convenio 0587-03. (2006). *Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Bogotá D.C.: INVIAS. Recuperado el 8 de 9 de 2022, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>

Instituto de Desarrollo Urbano (IDU). (2017). *EFFECTO DEL TRANSITO EN LAS ESTRUCTURAS DEL PAVIMENTO*. Boletín. Recuperado el 24 de 11 de 2022, de https://www.idu.gov.co/web/content/7424/dte_boletin_sostenibilidad_ago2014.pdf

Instituto de Desarrollo Urbano. (2013). *Cartilla Guía de Diseño de Pavimentos con bajos Volúmenes de Tránsito y Vías Locales para La Ciudad de Bogotá D.C.* Cartilla, Cundinamarca, Bogotá D.C. Recuperado el 17 de 11 de 2022, de https://www.idu.gov.co/web/content/7455/gu-ic-019_guia_diseno_pavimentos_para_bajos_volúmenes_v1.pdf

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008). *Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito*. Antioquia. MEDELLÍN: INSTITUTO COLOMBIANO PRODUCTORES DE CEMENTO (ICPC). Recuperado el 4 de 08 de 2022, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Cundinamarca. Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte de la República de Colombia. Obtenido de <http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (6 de Mayo de 2022). Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para carreteras de dos Carriles. Tercera Versión. (C. d. Cauca, Ed.) *Tercera versión*, 53. Recuperado el 11 de 8 de 2022, de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/12869-manual-de-capacidad-y-niveles-de-servicio-para-carreteras-de-dos-carriles-tercera-version-2022/file>

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. (2014). *INV E-148-13*. INVIAS. Recuperado el 14 de 11 de 2022, de <https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-148-13.pdf>

Lara Hernandez, S. C., & Villanueva Muñoz, D. C. (2019). *Diseño de la Estructura de Pavimento del Tramo Comprendido Entre el K+000 al K0+100 de la Carrera 11 Bis Sur entre Calles 20 Carrera 1 del Barrio Ricaurte del Municipio de Ibagué*. Tolima. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado el 24 de 08 de 2022, de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14824/3/2019_villanuevamu%C3%B1oz_larahernandez_%20dise%C3%B1o_estructura_pavimento_del_tramo_k%2B000_al_k0%2B100_barrio_ricaurte_ibagu%C3%A9.pdf

Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte. (Septiembre de 2005). *Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Secretaría de Tránsito y Transporte*. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Secretaría de Tránsito y

Transporte:

https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/16-03-2020/7._manual_de_planeacion_y_diseno_para_la_administracion.pdf

Martínez Carazo, P. C. (julio de 2006). El Metodo de Estudio de Caso. *Sistema de Información Científica Redalyc*(20), 193. Recuperado el 19 de 4 de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64602005>

Ministerio de Economía y Finanzas; Dirección General de Inversión Pública-DGIP; Dirección de Proyectos de Inversión Pública; Dirección de Política y Estrategias de Inversión Pública. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación*. Perú: la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02690.

Ministerio de Transporte. (28 de 12 de 2004). *Resolución 4100 del 2004*. Obtenido de Ministerio de Transporte: <https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/10387-resolucion-4100-del-28-de-diciembre-de-2004/file>

Montejo Fonseca, A. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS. En A. M. Fonseca, *Ingenieria de pavimentos*.

Perez Plazas, D. (2019). *Estudio de tránsito para mejorar la movilidad sobre el corredor vial de la Avenida Calle 24 entre la carrare 97 y carrera 86 de la ciudad de Bogotá D.C*. Bogotá. Recuperado el 8 de 11 de 2022, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19282/2019diegop%C3%A9rez1.pdf?sequence=1>

POVEDA PENAGOS, M. G., BERNAL ROJAS, F. A., & MARÍN ZAMORA, A. J. (2017). *Diseño de un Pavimento Para la estructura Vial, de la Vía conocida como "El kilometro 19", desde el k2+000 al K2+500", que Comunica a los municipios de Chipaque - Une, en el Departamento de Cundinamarca*. Trabajo de grado, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA , Cundinamarca, BOGOTA D.C. Recuperado el 29 de 06 de 2022, de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2574/1/Dise%C3%B1o-de-un-pavimento-en-el-Kil%C3%B3metro-19_Chipaque-Une.pdf

Quintero Gonzales, J. R. (30 de junio de 2017). Del Concepto de Ingenieria de Transito al de Movilidad Urbana Sostenible. *Revista de la Univerdad Javeriana*, 16. Recuperado el 5 de 9 de 2022, de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/19999>

Secretaria de Transito y Transporte de la ciudad de Bogotá. (2017). *Secretaria de movilidad*. Obtenido de Secretaria de movilidad: <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/>

Zarate Bulla, D. (2020). *Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible en la Vía Lenguazaue- Villapinzon en el Departamento de Cundinamarca*. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, Cundinamarca, Bogotá D.C. Recuperado el 28 de 07 de 2022, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36495/ZarateBullaDianaFernanda2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Anexo. B REGISTRO FOTOGRAFICO DE AUSCULTACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE



16 jun. 2022 11:27:57 a. m.
10-16 Calle 5
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:17:23 a. m.
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:09:30 a. m.
4-98 Carrera 10
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:17:57 a. m.
4-98 Carrera 10
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:13:11 a. m.
918 Calle 5
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:10:57 a. m.
5-55 Carrera 10
Tocaima
Cundinamarca





16 jun. 2022 11:04:49 a. m.
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:09:07 a. m.
Tocaima
Cundinamarca



16 jun. 2022 11:12:04 a. m.
#9-70 Calle 6
Tocaima
Cundinamarca

Anexo. C PLANO TOPOGRAFICO

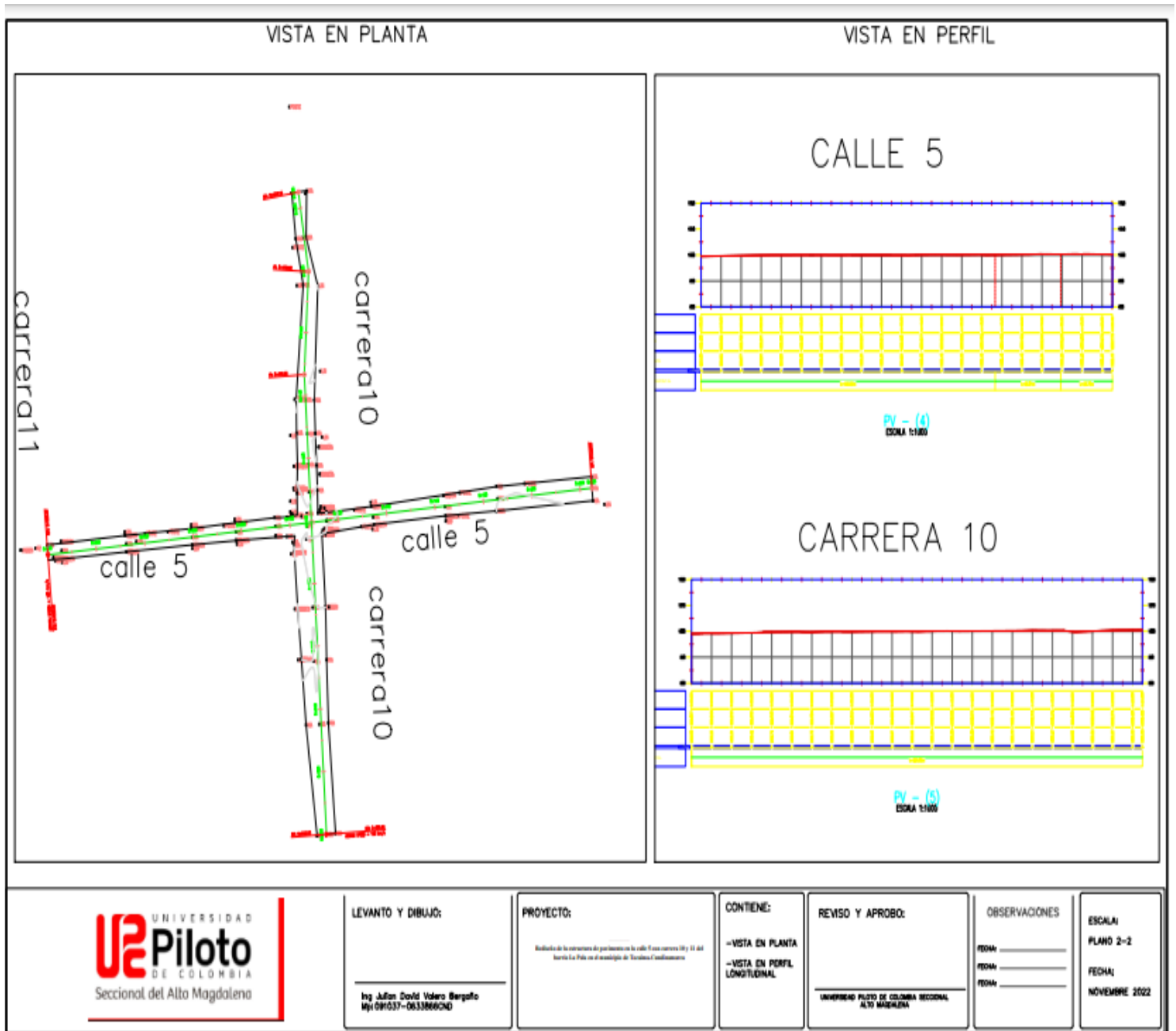


Ilustración 46 ANEXO PLANO TOPOGRAFICO
Fuente: Elaboración Propia

Anexo. D FORMATO UTILIZADO PARA EL AFORO











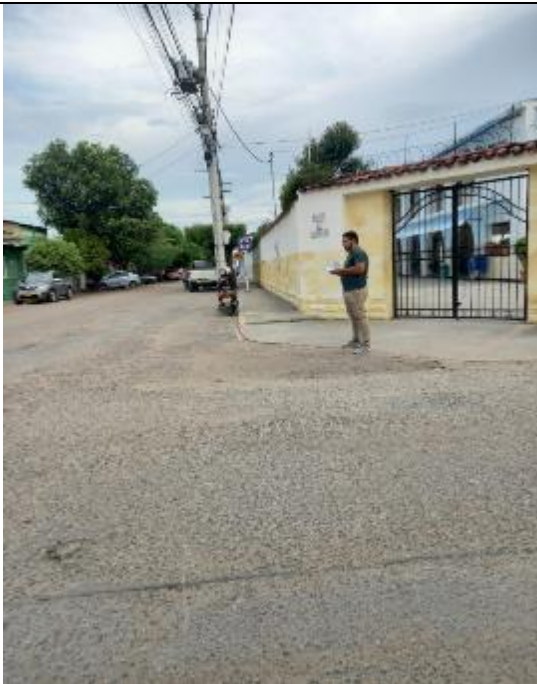
civilgeeks.com		NOMBRE DE PROYECTO		REVISION 8	
AFOROS VEHICULARES		Esquema		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Fecha (D.M.A):		Estación de Aforo:		Motos 	
Condición Climática:		Movimientos Aforados:		C-26 	
Aforador:		Hoja _____ de _____		C-3 	
Coordinador:		Hora de Inicio:		C-3-4 	
		Hora Final:		C-26 	
				C-2P 	
				BUSETA 	
				BUS INTERUR 	
				AUTOS 	
				TAXIS 	
PER	MOV				

Ilustración 47 ANEXO formato de aforo vehicular.
Fuente: <https://civilgeeks.com/>

Anexo. E Anexo. F Anexo. G Registro Fotográfico del Aforo Vehicular





Anexo. H Registro Fotográfico del Ensayo de CBR






Anexo. I Formato de la Encuesta realizada en Google Forms

Rediseño de la estructura de pavimento en la calle 5 con carrera 10 y 11 del barrio La Pola en el municipio de Tocaima-Cundinamarca.

 jlorodriguez@gmail.com (no compartido)
[Cambiar de cuenta](#) 



16 jun. 2022 11:12:23 a. m.
Tocaima
Cundinamarca

Considera que esta vía es importante para los habitantes del municipio de Tocaima Cundinamarca?

No

Sí

Como usuario de la vía, del 1 a 10 como califica usted el estado actual de la vía: siendo Bueno, regular y Malo

Bueno

Regular

Malo

¿Ha observado deficiencias o irregularidades en el estado de la vía?

Sí

No

¿Recuerda usted hace cuanto tiempo se le ha realizado alguna una intervención a la vía?

Menos de 1 año

Más de 2 años

Nunca

¿ Que reparaciones ha observado que le han realizado a la vía?

- Reparcheo mezcla en frío
- Repavimentación con hormigón
- Reposición de capa asfáltica y base granular

¿Cree usted que esas reparaciones han sido satisfactorias con los daños?

- Si
- No

¿Cómo usuario de la vía que falencias han influido al estado actual de la vía?

Tu respuesta _____

¿Considera usted que el estado actual de la vía tiene un nivel de servicio buena o mala? Justifique su respuesta

Tu respuesta _____

De acuerdo con las siguientes soluciones propuestas, ¿Cuál considera usted que es la más óptima para mejorar las condiciones de la vía?

- Repavimentar con hormigón
- Reposición de la carpeta asfáltica
- Realizar un estudio y diseño de la estructura del pavimento

¿Cree usted que si se logra rehabilitar la estructura del pavimento mejoraría la movilidad en el sector?

- Si
- No

Ilustración 48 ANEXO Formato para la realización de encuestas - Google forms