

DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE VIA POR DETERIORO EN  
PAVIMENTO FLEXIBLE, CALLE 11, SAN SEBASTIAN DE MARIQUITA

HEIDY MARCELA QUINTERO MAHECHA  
LADY XIMENA GARZON SUAREZ

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
GIRARDOT, CUNDINAMARCA  
2025

DESCRIPCION DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE VIA POR DETERIORO EN  
PAVIMENTO FLEXIBLE, CALLE 11, SAN SEBASTIAN DE MARIQUITA

HEIDY MARCELA QUINTERO MAHECHA

Heidy-quintero@upc.edu.co

LADY XIMENA GARZON SUAREZ

lady-garzon2@upc.edu.co

Monografía presentada como opción de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Docente

ABBAD JACK JIMMINK MURILLO

Administrador del Medio Ambiente

Ingeniero Civil

Esp. En Agua y Saneamiento Ambiental

abbad-jimmink@upc.edu.co

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT, CUNDINAMARCA

2025

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres presentes, pero sin olvidar a los ángeles que a pesar de estar mas cerca de Dios hemos sentido su amor, trabajo y sacrificio en todos los meses de estudio universitario que hemos podido superar. Gracias a ustedes estamos logrando llegar hasta aquí y a futuro convertirnos en Ingenieras civiles. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijas; son los mejores padres que unas futuras ingenieras civiles podríamos tener.

A nuestros hermanos, hijos, abuelos, tíos por estar siempre presentes, acompañándonos con apoyo moral, dándonos fuerza para nunca dejar de insistir en este maravilloso proceso que no ha sido fácil, los cuales nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

También a todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos con nosotras.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Piloto de Colombia Seccional alto Magdalena, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de no solo días si no años arduas de estudio. De manera especial, al Decano Oscar Daniel Guifo por transmitirnos apoyo e información sobre nuestro tema a tratar, al apoyo que nos brinda quien ha guiado con su paciencia y su rectitud como docente. Muchas gracias por su valioso aporte para nuestra monografía.

Por último, a la Alcaldía Municipal de San Sebastián de Mariquita, por el apoyo brindado durante la ejecución de este proyecto.



## Tabla de contenido

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| RESUMEN .....                              | 8         |
| DEFINICION DEL PROBLEMA.....               | 11        |
| <b>1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>  | <b>12</b> |
| 2. JUSTIFICACIÓN .....                     | 13        |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL .....                 | 16        |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....            | 16        |
| <b>6.6 Procedimiento metodológico.....</b> | <b>26</b> |

## **RESUMEN**

El presente trabajo analiza el desgaste del pavimento flexible de la calle 11, que se ubica entre las carreras 3 y 4 (de San Sebastián de Mariquita-Tolima), con el objetivo de describir los procesos requeridos para su rehabilitación y mantenimiento, mejorando así su funcionalidad y extendiendo su vida útil. La investigación comienza con la detección de fallas superficiales y estructurales, como grietas, baches y desprendimientos de material. Estas han empeorado debido a que la vía tiene más de 40 años, no se ha mantenido preventivamente, las condiciones climáticas son adversas y el tráfico vehicular ha aumentado.

Se toman en cuenta metodologías estandarizadas para la evaluación técnica, como el Pavement Condition Index (PCI) y la deflectometría de impacto (FWD), instrumentos que posibilitan determinar el Condición estructural del pavimento y guiar las resoluciones de rehabilitación. Se sugiere pavimentar con concreto hidráulico MR-45, a lo largo de cerca de 120 metros lineales, según las conclusiones obtenidas; esto se hace tomando en cuenta que este material tiene una mayor resistencia al desgaste, es más duradero y requiere menos mantenimiento en comparación con el asfalto convencional.

El proyecto se basa en criterios no solo técnicos, sino también socioeconómicos. La rehabilitación vial, desde una perspectiva técnica, asegura que la superficie de rodadura sea más segura, estable y duradera. La intervención, en términos económicos y sociales, contribuye a la planificación urbana sustentable del municipio, mejora el desplazamiento urbano, disminuye los gastos de operación de vehículos y aumenta la competitividad de las actividades comerciales locales.

En última instancia, el proyecto se convierte en una inversión estratégica que satisface la demanda urgente de infraestructura vial en Mariquita, lo cual favorece el desarrollo económico de la región, así como la seguridad y el bienestar de sus habitantes.

## INTRODUCCIÓN

Las infraestructuras viales constituyen uno de los pilares fundamentales para el desarrollo socioeconómico de un territorio, porque garantiza la movilidad de la sociedad, la conectividad de los diferentes sectores urbanos y rurales también el acceso oportuno a bienes y servicios que se disponen. La red vial no solo cumple una función de transporte, sino que también es un factor determinante para la competencia regional, la integración social y el crecimiento económico de las ciudades y municipios.

Al igual como en muchos otros países en vías que se desarrollan, en Colombia se puede evidenciar un inmenso deterioro en todas las infraestructuras viales, especialmente en las calles urbanas con pavimento asfáltico. El deterioro se ve en aumento por los diferentes factores, entre uno de ellos la falta de mantenimientos preventivos, las condiciones climáticas adversas, caracterizan por altos niveles de precipitaciones, las variaciones térmicas en los procesos de humedad, así como es el incremento constante del tráfico de vehículos, que conlleva las cargas dinámicas superiores a las inicialmente previstas en el diseño estructural.

El deterioro de las vías tiene falencias directas en la calidad de vida de toda la comunidad, generando incomodidades en la movilidad, aumentando en los tiempos de desplazamiento, generando mayores costos de operación vehicular aumentando en los niveles de accidentalidad asociados a la seguridad vial. Asimismo, representa un reto significativo para las administraciones locales, ya que muchos de los recursos destinados al mantenimiento y rehabilitación son limitados, obligando así a priorizar las intervenciones y buscar estrategias más eficientes en la gestión de la infraestructura.

La evaluación del estado de los pavimentos mediante los métodos técnicos se convierte en una herramienta indispensable para la toma de decisiones pertinentes y necesarias. Los estudios que se realizaron han demostrado que el uso de metodologías como el Pavement Condition Index (PCI), el análisis de deflectometría de impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD) “y otras técnicas de auscultación permiten caracterizar de manera objetiva tanto el deterioro superficial

como el estructural de las vías. Roca Pacheco” (2016) señala que estas herramientas son útiles, esenciales para optimizar todos los procesos de mantenimiento y rehabilitación vial, proporcionan información cuantitativa y cualitativa que orienta la selección de intervención. En la misma línea, Gómez Agudelo y Carreño Castañeda (2020), en su estudio aplicado al municipio de Villavicencio, se pudo evidenciar que un análisis del estado de la vía permite diseñar planes de mantenimiento más eficientes, con menos costos y mayor efectividad en la prolongación de la vida útil del pavimento.

Bajo la anterior perspectiva, este proyecto tiene como propósito analizar las condiciones de deterioro del pavimento asfáltico en la calle 11 entre la carrera 3 y 4, en el área urbana, con el fin de diagnosticar sus principales fallas y proponer alternativas de mantenimiento y rehabilitación que garanticen una mayor funcionalidad y durabilidad de la vía. Se busca, además, aplicar los criterios técnicos que permitan priorizar las intervenciones basadas en la relación costo-beneficio, aportando a la planeación urbana sostenible y a la mejora de la movilidad en el municipio. De esta manera, el estudio pretende no solo ofrecer soluciones inmediatas a una problemática puntual, sino también generar insumos que contribuyan al fortalecimiento de la gestión vial en la región, alineándose con las necesidades actuales de movilidad, seguridad y desarrollo social.

## **DEFINICION DEL PROBLEMA**

La Infraestructura vial del municipio de San Sebastián de Mariquita viene presentando un deterioro progresivo en el pavimento asfáltica y los concretos que componen la estructura de la vial; esto representa tener dificultad en la movilidad y un servicio de transpirabilidad deficiente en el recorrido de los diferentes medios de transporte, considerando el alto deterioro de la superficie de rodante, además de los drenajes superficiales deficientes. La situación que se indicó antes provoca que el transporte sea difícil en la acceder, lo cual conlleva a un incremento en los tiempos de viajes, problemas en el transporte de productos, congestión vial y daños en los vehículos que transitan por esta vía con deterioro.

Así las cosas, es crucial la intervención de esta vía urbana en el municipio de San Sebastián de Mariquita, la cual no cuenta con una estructura de pavimento, cuya subrasante está en mal estado, debido a las condiciones del terreno, generando de esta manera afectaciones en el transito habitual, lo que puede reflejar una disminución de la capacidad del servicio de la vía. Es muy importante destacar que la red vial tiene una antigüedad de 40 años; lo cual se ve reflejado en el deterioro marcado en la gran mayoría de vías del municipio. con respecto a la relación y ejecución, en el crecimiento poblacional que ha tenido el municipio de Mariquita, sobre todo aquella población que ha venido buscando nuevas oportunidades laborales y de calidad de vida, incrementando el flujo vehicular, aumentando el deterioro en el servicio vial.

Las vías debido a su condición en este momento han aumentado la duración de los desplazamientos, ha creado peligros para la seguridad vial y ha perjudicado el bienestar de los habitantes que pasan por esta área cada día. En este contexto, es fundamental su recuperación para optimizar la transportabilidad, asegurar la protección de los conductores y peatones, y robustecer la infraestructura vial del municipio, fomentando de esta manera el bienestar comunitario y el funcionamiento apropiado de la red de acueducto y alcantarillado. Ya que si no se toman medidas para contrarrestar este problema, no solo el tráfico de vehículos y peatones en esta vía se verá perjudicado, también los residentes directos de dicha vía. Esto es porque durante la época de lluvias las aguas estancadas en los baches y zanjas formadas representan un

peligro real para moverse; y durante el verano, el polvo que levanta el tráfico vehicular tendrá un impacto negativo en la salud de las personas que transiten o trabajen como comerciantes en esa área. Es necesario llevar a cabo la pavimentación de una vía con concreto MR-45 mezclado en el lugar, con una longitud de 120 metros lineales.



Ilustración numero 1

CALLE 11 ENTRE CARRERA 3 Y 4 (HOSPITAL), Municipio de San Sebastián de Mariquita

## 1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿CON LA DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE MANTENIMIENTO SE PODRA EXPLICAR EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN UNA VIA?

Ilustración 2

Ilustración 1.1

## 2. JUSTIFICACIÓN

En San Sebastián de Mariquita la vía urbana presenta un deterioro progresivo en el pavimento asfáltico, en los concretos que conforman la estructura de la vía la condición en la que se encuentra la vía esta condición ha generado dificultades en la movilidad y deficiencia en la transpirabilidad y afectaciones directas en el servicio de transporte. Se ve reflejada la necesidad de la intervención estructural, teniendo en cuenta que tiene de antigüedad más de 40 años, la falta de mantenimiento ha reducido la capacidad del servicio.

De manera técnica y socialmente necesaria llevar a cabo la pavimentación, de la vía objeto del estudio mediante la utilización de concreto MR-45 mezclada en una longitud de 120ML. Debido a que garantiza una mayor durabilidad y resistencia en comparación con alternativas con la mezcla asfáltica que tiende a deteriorarse con mayor rapidez, la intervención tiene como objetivo mejorar la superficie de rodadura.

Las perspectivas: técnica y socioeconómica beneficios de la pavimentación con concreto MR-45 impactan directamente en la calidad de vida de los habitantes, comerciantes, y el desarrollo del municipio contara con una vía segura y funcional. Fortaleciendo su red vial y generando desarrollo socio-económico. La intervención de la calle en estudio se justifica desde una doble

En el ámbito técnico, el pavimento existente presenta fallas estructurales y superficiales propias de su antigüedad, tales como agrietamientos, desprendimiento de material, baches y deformaciones que afectan la capacidad portante de la vía. Dichas fallas, de no atenderse oportunamente, generan un deterioro acelerado que incrementa los costos de rehabilitación futura y reduce la vida útil de la estructura vial. La adopción de pavimento rígido en concreto hidráulico MR-45 responde a criterios de durabilidad, resistencia al desgaste, capacidad de soportar mayores cargas de tránsito y menor frecuencia de mantenimiento, lo que se traduce en una solución sostenible a largo plazo. Este tipo de material cumple además con lo establecido en la Norma INVIAS 2013 de especificaciones generales de construcción de carreteras y

pavimentos, que recomienda el uso de concreto de alta resistencia en zonas urbanas con alto flujo vehicular.

Desde el punto de vista socioeconómico, la rehabilitación de la vía impacta de manera directa en la movilidad urbana, la seguridad vial y el desarrollo comercial. Una vía en óptimas condiciones reduce los costos de operación vehicular (combustible, repuestos, desgaste de llantas), disminuye los tiempos de desplazamiento y mejora la competitividad de los comerciantes locales al garantizar accesibilidad a clientes y proveedores. Adicionalmente, una infraestructura vial adecuada incrementa la seguridad de los peatones y conductores, al minimizar riesgos de accidentes ocasionados por el mal estado de la superficie de rodadura.

En consecuencia, el proyecto no solo busca atender una necesidad inmediata de infraestructura, sino que constituye una inversión estratégica que contribuye al desarrollo económico, la cohesión social y la planeación urbana sostenible del municipio de San Sebastián de Mariquita.

El pavimento de la vía objeto de estudio presenta un deterioro progresivo caracterizado por fallas estructurales y superficiales como agrietamientos, baches, desprendimiento de material y deformaciones que afectan la capacidad portante de la estructura. Estas condiciones reducen significativamente la vida útil de la vía y, de no ser intervenidas oportunamente, generan un deterioro acelerado que incrementa los costos de rehabilitación futura.

La implementación de pavimento rígido en concreto hidráulico MR-45 constituye una alternativa técnica óptima, dado que ofrece mayor durabilidad, resistencia al desgaste, mejor comportamiento frente a las cargas vehiculares y menores necesidades de mantenimiento en comparación con las mezclas asfálticas tradicionales. Además, su uso está alineado con lo establecido en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Pavimentos (INVIAS, 2013), donde se recomienda la aplicación de concretos de alta resistencia en vías urbanas con tránsito constante y condiciones climáticas variables.

De esta manera, la solución técnica propuesta garantiza una superficie de rodadura más segura, funcional y sostenible en el tiempo, optimizando el uso de los recursos públicos destinados al mantenimiento vial.

La rehabilitación de la vía tiene un impacto directo en la calidad de vida de los habitantes y comerciantes del sector, al mejorar la movilidad urbana, fortalecer la seguridad vial y asegurar la continuidad de los servicios de transporte. Una vía en óptimas condiciones reduce los tiempos de desplazamiento, disminuye los costos de operación vehicular (combustible, mantenimiento, desgaste de llantas) y genera un entorno urbano más ordenado y seguro para peatones y conductores.

Adicionalmente, la intervención contribuye a dinamizar el comercio local y regional, al facilitar el acceso de proveedores y clientes, lo que se traduce en un incremento de la competitividad del municipio. El mejoramiento de la infraestructura vial también estimula la inversión y favorece la cohesión social, ya que permite una mayor integración entre los diferentes sectores de la ciudad.

Por lo tanto, la pavimentación de la vía no solo responde a una necesidad inmediata de infraestructura, sino que constituye una inversión estratégica que fortalece la red vial urbana, promueve el desarrollo económico local y regional, y contribuye a la planeación urbana sostenible de San Sebastián de Mariquita.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir el proceso de mantenimiento de vía por deterioro en pavimento flexible, calle 11, san Sebastián de mariquita tiene como propósito mejorar la movilidad, garantizar la seguridad vial y prolongar la vida útil de la vía.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Describir los procesos de mantenimiento, rehabilitaciones técnicamente viables para mejorar la funcionalidad y durabilidad de la vía con el propósito de identificar y aplicar las técnicas más adecuadas que permitan recuperar las condiciones estructurales y operativas del pavimento, garantizando su óptimo desempeño y seguridad para los usuarios.
- ❖ Clasificar los tipos de falla y su grado de severidad según la normativa vigente INVIAS con el fin de determinar el nivel de afectación del pavimento, priorizar las intervenciones necesarias y definir las acciones correctivas más eficientes de acuerdo con los criterios técnicos establecidos.
- ❖ Establecer un plan de mantenimiento preventivo que contribuya a prolongar la vía útil del pavimento en la zona analizada. con el propósito de optimizar los recursos disponibles, reducir los costos de reparación a largo plazo y asegurar la conservación continua de las condiciones de servicio de la vía.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1. ANTECEDENTES**

#### **4.1.1 ANTECEDENTES NACIONALES**

Antecedentes nacionales En Colombia, el instituto nacional de vías – INVIAS ha promovido desde 2013 la implementación de especificaciones técnicas para pavimentos rígidos, enfatizando en la utilización de concretos de resistencia mínima a la flexión de 45 kg/cm<sup>2</sup> (MR-45) para vías urbanas con tráfico medio y alto (INVIAS, 2013). Por su parte, investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia evidencian que el pavimento rígido es una alternativa económicamente favorable frente al flexible en zonas con suelos de baja capacidad portante, pues garantiza una mayor vida útil y menores intervenciones de mantenimiento (Gómez & Vargas, 2015).

#### **4.1.2 ANTECEDENTES REGIONALES Y LOCALES**

La Cámara de comercio en el departamento del Tolima Colombiana de la Infraestructura (2019) señalan que más del 65% de la red vial urbana presenta deficiencias por envejecimiento, sobrecarga vehicular y problemas de drenaje, lo cual incrementa costos de transporte y tiempos de viaje. En el municipio de San Sebastián de Mariquita, los informes de planeación municipal (Alcaldía de Mariquita, 2022) muestra que gran parte de la malla vial urbana pasa los 40 años de uso sin mantenimiento adecuado, lo que ha ocasionado deterioros proporcionalmente grandes en la capa de rodadura y en los sistemas de recolección de aguas lluvias. Los estudios y socializaciones con la comunidad donde evidenciamos las características de la vía refuerzan la necesidad de intervenir mediante soluciones en concreto rígido que garanticen durabilidad y mejor condición de movilidad.

## **4.2 MARCO CONCEPTUAL**

- ❖ **Infraestructura vial:** Se entiende como el conjunto de elementos físicos destinados a permitir la movilidad terrestre de personas, bienes y servicios. Incluye pavimentos, puentes, drenajes, señalización y demás componentes que garantizan la transitabilidad y la seguridad vial (Ministerio de Transporte, 2019).
- ❖ **Pavimento:** Es la estructura multicapa construida sobre la superficie de la subrasante de un camino, con el objetivo de resistir las cargas del tránsito y distribuir los esfuerzos hacia las capas inferiores. Existen dos tipos principales: pavimento flexible, constituido por mezclas asfálticas, y pavimento rígido, elaborado en concreto hidráulico (INVIAS, 2013).
- ❖ **Pavimento rígido:** Tipo de pavimento constituido por losas de concreto hidráulico que transmiten las cargas de manera directa a la subrasante y a las capas de soporte. Su principal ventaja es la durabilidad, la resistencia al ahuellamiento y el bajo costo de mantenimiento a lo largo de su vida útil (Kosmatka & Wilson, 2016).
- ❖ **Concreto MR-45:** Es un concreto diseñado para soportar una resistencia a la flexión mínima de 45 kg/cm<sup>2</sup>, ampliamente utilizado en pavimentos urbanos y carreteras debido a su capacidad para resistir cargas dinámicas de vehículos y condiciones ambientales exigentes (INVIAS, 2013).
- ❖ **Subrasante:** Se denomina así al suelo natural que sirve de apoyo a las capas superiores del pavimento. Su resistencia influye directamente en el comportamiento estructural de la vía; por ello, debe ser estabilizada o mejorada cuando presenta baja capacidad portante (Gómez & Vargas, 2015).
- ❖ **Drenaje vial:** Conjunto de obras hidráulicas, como cunetas, rejillas, tapas y alcantarillas, diseñadas para recoger y evacuar las aguas lluvias con el fin de evitar su

acumulación en la superficie de rodadura y prevenir el deterioro prematuro del pavimento (Alcaldía de Mariquita, 2022).

- ❖ **Movilidad urbana:** Hace referencia a la capacidad de las personas y vehículos para desplazarse dentro del espacio urbano de manera eficiente, segura y sostenible. Una infraestructura vial en buen estado es fundamental para reducir tiempos de viaje, mejorar la seguridad vial y garantizar calidad de vida en las ciudades (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2019).

#### 4.3 MARCO LEGAL

La ejecución de proyectos de pavimentación en Colombia se enmarca en diferentes normas y disposiciones legales que garantizan la calidad técnica, la seguridad de las obras y la adecuada utilización de los recursos públicos. Entre las más relevantes se encuentran:

- ❖ Constitución Política de 1991: artículos 365 y 366, que establecen la prestación eficiente de los servicios públicos y la satisfacción de las necesidades básicas de la población como fines esenciales del Estado.
- ❖ Ley 80 de 1993 (Estatuto General de Contratación de la Administración Pública) y la Ley 1150 de 2007, que regulan la contratación estatal, aplicables a la ejecución de obras de infraestructura vial.
- ❖ Ley 105 de 1993 y Ley 769 de 2002 (Código Nacional de Tránsito): establecen principios relacionados con la movilidad, tránsito seguro y conservación de la infraestructura vial.
- ❖ Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10, que incluye especificaciones para el diseño y construcción de elementos estructurales en concreto.

- ❖ Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – INVIAS (2013), que definen lineamientos técnicos para pavimentos rígidos y flexibles.
- ❖ Normas Técnicas Colombianas (NTC): NTC 121, NTC 174, NTC 2289, entre otras, que regulan los materiales y procesos constructivos del concreto.

Estas disposiciones constituyen la base normativa que orienta la correcta planeación, contratación y ejecución de la obra planteada.

#### **4.4 MARCO GEOGRÁFICO**

El municipio de San Sebastián de Mariquita está ubicado en el departamento del Tolima, Colombia, en la región centro–occidental del país. Forma parte de la subregión del norte del Tolima y se encuentra a una altitud aproximada de 495 m.s.n.m.

##### **4.4.1 Ubicación y límites**

Mariquita limita al norte con el municipio de Honda, al oriente con Victoria (Caldas), al occidente con Falan y al sur con el municipio de Fresno. Su localización estratégica lo convierte en un punto de conexión entre el Tolima, Cundinamarca y Caldas, facilitando el tránsito de mercancías y personas.

##### **4.4.2 Extensión territorial**

El municipio cuenta con una extensión aproximada de 293 km<sup>2</sup>, de los cuales una parte significativa corresponde al área urbana y el resto a la zona rural, en donde predomina la vocación agrícola (Alcaldía de Mariquita, 2022).

##### **4.4.3 Clima y condiciones ambientales**

Mariquita posee un clima cálido–húmedo, con una temperatura media anual de 26 °C y precipitaciones que oscilan entre los 1.800 y 2.200 mm anuales. Estas condiciones favorecen el

desarrollo de la agricultura, pero también generan desgaste prematuro en la infraestructura vial, debido al impacto de las lluvias sobre el pavimento y los sistemas de drenaje.

#### **4.4.4 Aspectos socioeconómicos**

La economía local se basa principalmente en la agricultura (producción de café, frutas tropicales y caña panelera), el comercio y en los últimos años el turismo. El municipio ha experimentado un crecimiento poblacional que ha intensificado la movilidad urbana y el deterioro de la malla vial, incrementando la urgencia de proyectos de rehabilitación en concreto.

#### **4.4.5 Relevancia geográfica para el proyecto**

La intervención en pavimentos rígidos dentro del sector urbano de Mariquita adquiere importancia estratégica al ser este un nodo de paso hacia otras ciudades intermedias como Honda, Ibagué y Manizales. Su recuperación vial no solo beneficiará la movilidad local, sino también la conectividad regional y el transporte de productos agrícolas hacia los mercados nacionales.

### **4.5 MARCO DEMOGRAFICO**

El municipio de San Sebastián de Mariquita, ubicado en el departamento del Tolima, cuenta con una población aproximada de 35.000 habitantes (DANE, 2018). De esta cifra, cerca del 65% reside en el área urbana y el 35% en la zona rural, reflejando una tendencia hacia la urbanización debido a la búsqueda de mejores condiciones de vida, acceso a servicios básicos y oportunidades laborales.

#### **4.5.1 Crecimiento poblacional**

En los últimos veinte años, Mariquita ha experimentado un crecimiento sostenido de su población, vinculado principalmente a la migración desde zonas rurales del norte del Tolima y municipios aledaños. Este fenómeno ha incrementado la densidad urbana, generando mayores exigencias en movilidad, servicios públicos y en la infraestructura vial urbana.

#### **4.5.2 Distribución por edades**

La estructura poblacional está compuesta por un alto porcentaje de jóvenes y adultos en edad productiva (entre 15 y 49 años), lo que conlleva una intensa dinámica de movilidad diaria para el trabajo, la educación y el comercio. Este factor incrementa el flujo vehicular y peatonal en las principales vías urbanas.

#### **4.5.3 Actividad económica y movilidad**

El crecimiento del sector turístico y comercial, sumado a la producción agrícola que se transporta desde la zona rural hacia el casco urbano, ha aumentado la carga vehicular sobre la red vial existente. La falta de mantenimiento y la antigüedad de las vías (más de 40 años en promedio) han generado un deterioro que no responde a las necesidades actuales de la población.

#### **4.5.4 Relevancia para el proyecto**

La dinámica demográfica del municipio exige infraestructura vial urbana en mejores condiciones que permita garantizar la movilidad, reducir tiempos de viaje, mejorar la seguridad de los usuarios y apoyar el desarrollo económico local. Por ello, la pavimentación con concreto MR-45 en el sector urbano responde a una necesidad derivada directamente del crecimiento poblacional y de la transformación social de Mariquita.

## **5. DELIMITACIÓN**

(calle 10 entre carrera 3 y 4 ) que tiempo se puede normalmente hacer los tramos

El proyecto se desarrollará en el sector urbano del municipio de San Sebastián de Mariquita, Tolima (Colombia), específicamente en las vías que presentan un deterioro significativo en su capa de rodadura y en sus sistemas de recolección de aguas lluvias. La intervención contempla una longitud aproximada de 120 metros lineales de pavimento en concreto MR-45.

La investigación y formulación del proyecto corresponde al período 2024–2025, mientras que la ejecución física de la obra se proyecta dentro de la vigencia del plan de desarrollo municipal y el marco de inversión presupuestal disponible.

El estudio se centra en la reparación y reposición de rejillas y tapas en concreto, y la pavimentación con concreto MR-45, como respuesta al deterioro de la infraestructura vial urbana. Se excluyen otros temas relacionados con pavimentos flexibles, obras de gran envergadura en la red vial nacional o departamental, y procesos de señalización vial que no hagan parte del objeto directo de intervención. La población beneficiaria directa está conformada por los habitantes del área urbana de Mariquita, comerciantes y transportadores que utilizan estas vías diariamente. Indirectamente, se beneficiará toda la comunidad del municipio y visitantes, al mejorar la movilidad, reducir los tiempos de desplazamiento y garantizar un tránsito más seguro.

## **5. DISEÑO METODOLOGICO**



Ilustración numero 4 Ilustración geocalizacion

**Fuente:** Google Earth



Ilustración numero 5 Ilustración geocalizacion

**Fuente:** Google Earth



Ilustración numero 6 Ilustración geocalizacion

**Fuente:** Google Earth

### **6.1. Tipo de estudio**

La presente monografía corresponde a un estudio descriptivo de enfoque cualitativo, orientado a caracterizar los procesos técnicos aplicados en el mantenimiento de una vía con pavimento flexible que presenta deterioro. El propósito es identificar, analizar y documentar las actividades, materiales, equipos y procedimientos empleados en la conservación de la Calle 10 del municipio de San Sebastián de Mariquita, con base en la normativa vigente del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

### **6.2 Enfoque metodológico**

El enfoque de la investigación es cualitativo con apoyo de técnicas cuantitativas. Se fundamenta en la observación directa, la revisión documental y el registro técnico de campo, complementados con mediciones básicas que permitan clasificar los tipos de fallas, determinar su severidad y relacionarlas con los procesos de mantenimiento más adecuados. Este enfoque permite comprender el comportamiento estructural y funcional del pavimento flexible, así como la pertinencia de las acciones de mantenimiento implementadas o recomendadas.

### **6.3 Método de investigación**

Se aplica el método descriptivo y analítico, que consiste en:

- ✓ Describir las condiciones actuales del pavimento mediante inspección visual y diagnóstico técnico.
- ✓ Clasificar los tipos de fallas según la normativa INVIAS.
- ✓ Analizar los procesos constructivos de mantenimiento y rehabilitación técnicamente viables para recuperar la funcionalidad de la vía.
- ✓ Proponer un plan de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil del pavimento.}

## 6.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

**6.4.1 Población:** La red vial urbana del municipio de San Sebastián de Mariquita.

**6.4.2 Muestra:** El tramo correspondiente a la Calle 10, seleccionado por su nivel de deterioro visible y su relevancia funcional dentro del sistema vial urbano. Este tramo servirá como caso de estudio para documentar el proceso técnico de mantenimiento del pavimento flexible.

## 6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para cumplir los objetivos planteados, se emplearán las siguientes técnicas e instrumentos:

| TÉCNICA                              | INSTRUMENTO                                                                          | PROPÓSITO                                                          |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Revisión documental                  | Normas INVIAS, manuales de pavimentos, literatura técnica, trabajos de grado previos | Fundamentar teóricamente los procedimientos de mantenimiento.      |
| Observación directa                  | Fichas de campo, registro fotográfico                                                | Identificar y clasificar fallas en la superficie de la vía.        |
| Levantamiento de información técnica | Fichas de evaluación del estado del pavimento, planillas de registro                 | Determinar la severidad de las fallas según los criterios INVIAS.  |
| Entrevista o consulta técnica        | A ingenieros o personal del municipio o contratistas                                 | Verificar los procedimientos y materiales usados en mantenimiento. |

## 6.6 Procedimiento metodológico

El desarrollo de la monografía se estructurará en las siguientes etapas:

- i. **Revisión bibliográfica y normativa:** Análisis de documentos técnicos (Manual de Mantenimiento Vial INVIAS, Manual de Pavimentos Asfálticos, normas ICONTEC y literatura académica).

ii. **Diagnóstico del estado de la vía:**

- ✓ Reconocimiento del tramo (Calle 10).
- ✓ Levantamiento fotográfico.
- ✓ Registro de tipo, extensión y severidad de fallas.

iii. **Clasificación de fallas:**

- ✓ Aplicación de los criterios INVIAS (Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles).
- ✓ Elaboración de un mapa o ficha de fallas.

iv. **Descripción de los procesos de mantenimiento y rehabilitación:**

- ✓ Identificación de actividades técnicas aplicables: sellado de grietas, bacheo, recarpeteo, fresado, limpieza y compactación.
- ✓ Descripción detallada de equipos, materiales y procedimientos.

v. **Formulación del plan de mantenimiento preventivo:**

- ✓ Selección de las actividades más adecuadas según tipo de falla y severidad.
- ✓ Propuesta de periodicidad y recursos técnicos requeridos.

vi. **Análisis y conclusiones:**

- ✓ Interpretación de resultados.
- ✓ Recomendaciones para la gestión vial local.

## **7. RECURSOS**

### **7.1 HUMANO**

Dos (2) estudiantes del programa de ingeniería civil de la universidad piloto del seccional alto magdalena

Asesor para la estructuración de la monografía docente programa de Ingeniería civil

### **7.2 MATERIAL**

- ❖ Un computador
- ❖ Visitas de campo
- ❖ Actas de visitas, de vecindad
- ❖ Estudios de suelo, geológico, hidrológico, hidráulico y levantamiento topográfico

### **7.3 PRESUPUESTO**

- ❖ Materiales y suministros (papelería, impresiones, lapiceros, revistas)
- ❖ Transporte y desplazamientos (combustible, alimentación durante visitas de campo, movilización para entrevistas o encuestas de trabajo de campo)
- ❖ Equipos y herramientas tecnológicas (computador, cámara, licencias de software, AutoCAD, Excel avanzado)
- ❖ Servicios profesionales o técnicos (Asesorías especializadas, revisión de ensayos)
- ❖ NOTA: el trabajo será financiado únicamente por los autores.

## 8. DESARROLLO PROPUESTA

Para cumplir con el propósito de mejorar la funcionalidad y durabilidad de la vía, se deben llevar a cabo una serie de procesos de mantenimiento y rehabilitación que respondan a las condiciones reales del pavimento. En la ejecución del PROYECTO DE REPOSICION DE LA VIA CALLE 11 ENTRE CARRERA 3 Y 4, DEL MUNICIPIO DE MARIQUITA – TOLIMA es necesario intervenir ya que la vía se encuentra con problemas de carpeta de rodadura y losas de pavimento para dejarla en optimo estado de transitabilidad mediante la pavimentación en concreto rígido de las mismas.. En la vía a intervenir la empresa LP INGENIERIA Y CONSULTORIA SAS realizo exploración geotécnica para la vía urbana calle 11 entre carrera 3 y 4 del municipio de MARIQUITA y definió los parámetros a tener en cuenta en el diseño de la estructura vial y las demás obras civiles que se requieran en la ejecución del proyecto. En la exploración geotécnica se realizaron cuatro calicatas con los siguientes resultados a tener en cuenta en los respectivos diseños así:

| No.                           | Abscisa | Estrato                                     | %Grava | %Arena | %Finos | L.L. | I.P. | W%     | A.A.S.H.T.O. | S.U.C.S. | C.B.R inal. | C.B.R sum. |
|-------------------------------|---------|---------------------------------------------|--------|--------|--------|------|------|--------|--------------|----------|-------------|------------|
| CALLE 11 ENTRE CARRERAS 3 Y 4 |         |                                             |        |        |        |      |      |        |              |          |             |            |
| 3                             |         | Suelo Natural<br>profundidad<br>0,80m-1,00m | 8,00%  | 57,00% | 35,00% | NL   | NP   | 40,37% | A-2-4        | SC       | 9,40%       | 4,24%      |

**FUENTE Elaboración: LP INGENIERIA Y CONSULTORIA SAS.**

Ilustración numero 7

En primer lugar, se realiza una evaluación técnica y visual del estado actual de la vía, donde se identifican los tipos de fallas presentes, como baches, fisuras, hundimientos o pérdida de capa asfáltica. Esta inspección permite determinar el grado de deterioro y priorizar las zonas que requieren intervención inmediata.

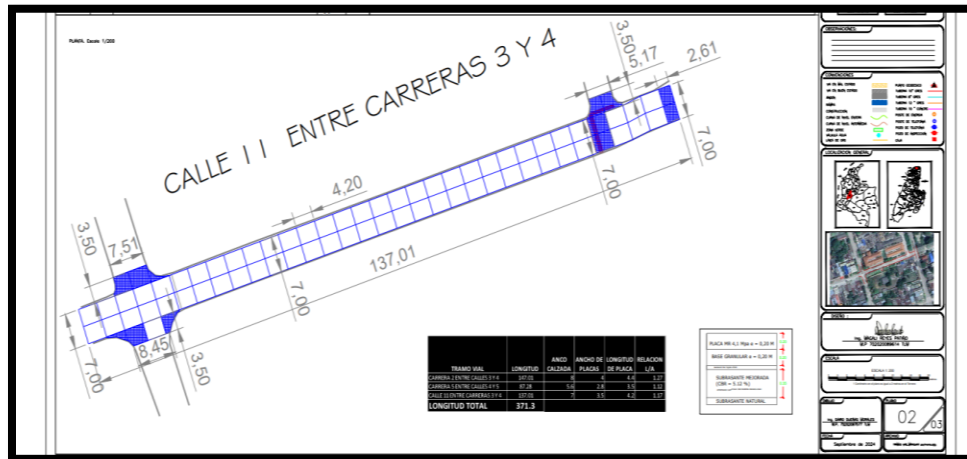


Ilustración numero 8 Tipos de fallas presentes evaluación de la calle 31

❖ **SECTORIZACION DE VIA A INTERVENIR.**

| TRAMO VIAL                    | LONGITUD      |
|-------------------------------|---------------|
| CALLE 11 ENTRE CARRERAS 3 Y 4 | 146.96        |
| <b>LONGITUD TOTAL:</b>        | <b>146.96</b> |

➤ **CALLE 11 ENTRE CARRERAS 3 Y 4**

| Registro Fotográfico | Perfil Estratigráfico |                                                     |           |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------|
|                      | Espesor               | Descripción                                         | CBR (Sum) |
|                      | 0,00 m<br>0,30m       | MATERIA DE LLENO                                    | 3         |
|                      | 0,30 m<br>0,80m       | MATERIAL ORGANICO CON PRESENCIA DE ROCA             |           |
|                      | 0,80 m<br>1,00m       | ARENA COLOR GRIS, COMPACTACION MEDIA, HUMEDAD MEDIA | 4,24%     |
|                      |                       | Pasa N. 4 = 92,00%      Lim. Liquido = NL           |           |
|                      |                       | Pasa No. 200 = 35,00%      Ind. Plasticidad = NP    |           |
|                      |                       | AASHTO= A-2-4      SUCS= SC                         |           |

Ilustración numero 9 evidencia fotográfica y estratégica

**FUENTE: LP INGENIERIA Y CONSULTORIA SAS**

**LOCALIZACION DE VIA A INTERVENIR CALLE 11 ENTRE CARRERA 3 Y 4, SAN SEBASTIAN DE MARIQUITA.**

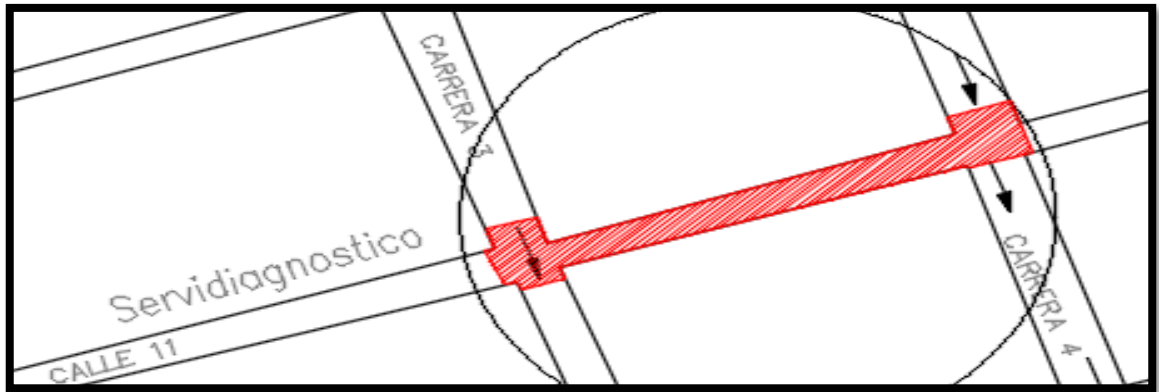


Ilustración numero 10 ilustración de intervención

**TIPO DE PAVIMENTO A DISEÑAR**

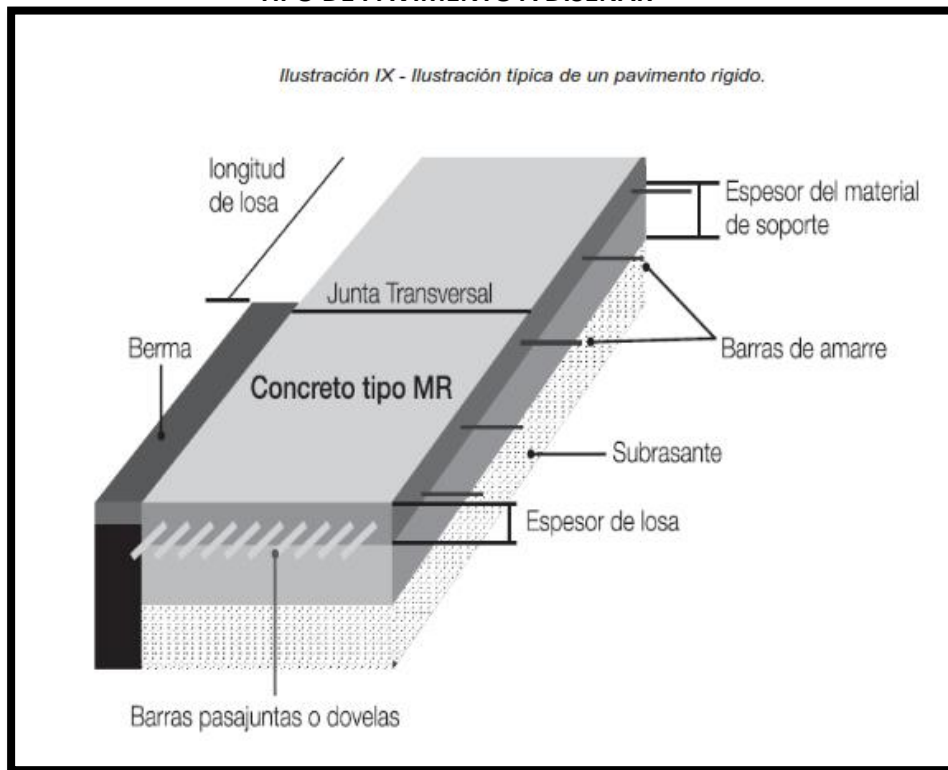


Ilustración numero 11 ilustración del tipo de pavimento de diseño

- ❖ El pavimento constara de una capa de concreto tipo MR.
- ❖ Material de soporte de espesor y diseñado y características geotécnicas definidas según norma INVIAS.
- ❖ La losa de concreto tendrá pasadores o dovelas para la transferencia de cargas y se contara con sardineles en los dos lados de la vía..

## 8.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

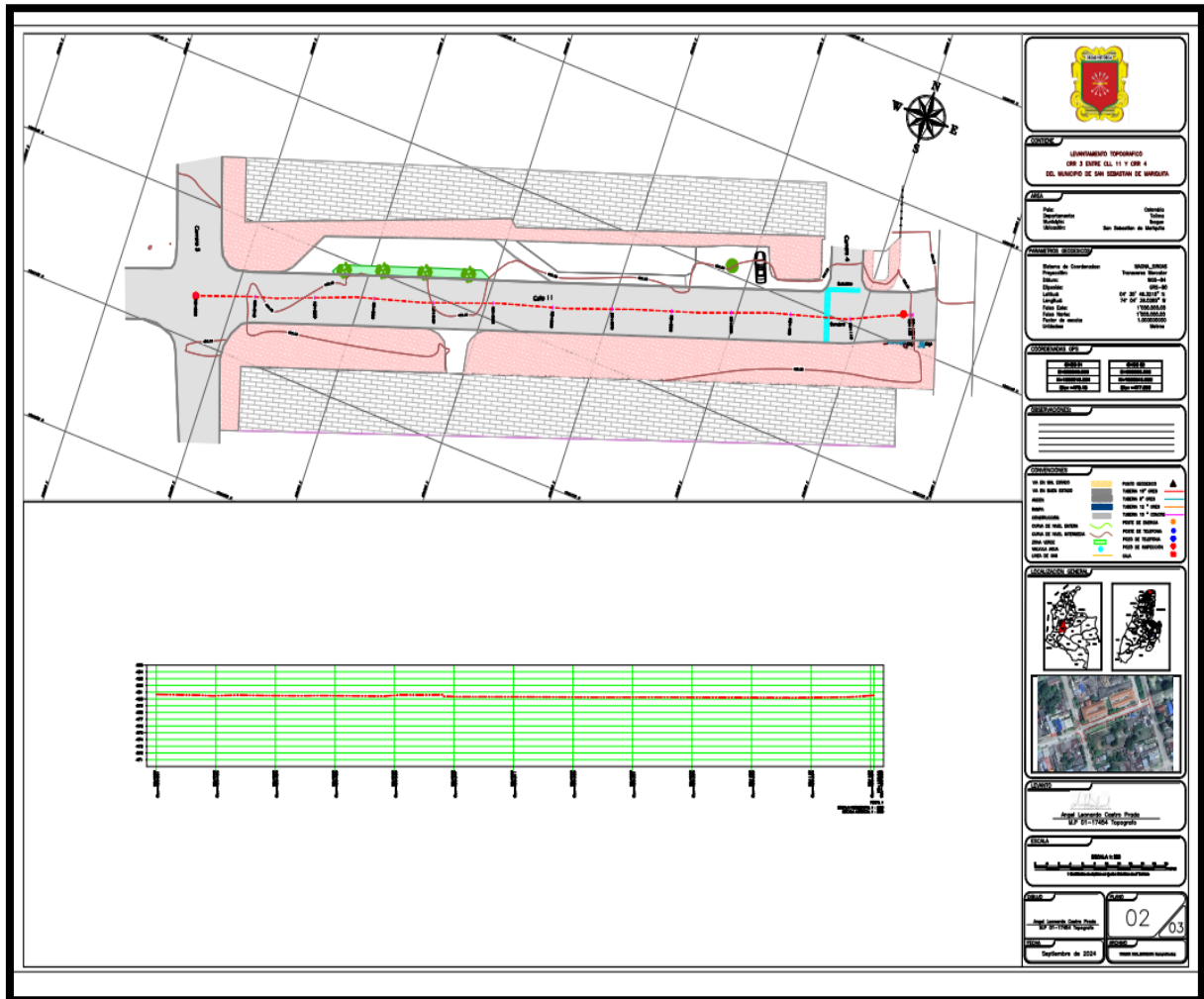


Ilustración numero 12 ilustración levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico de los tramos viales del municipio de Mariquita se realizó con el propósito de obtener la información planialtimétrica necesaria para la formulación de proyectos de mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura vial urbana. El trabajo topográfico comprendió la delimitación y medición de los ejes viales, determinando con precisión la morfología del terreno, las pendientes longitudinales y transversales, así como la ubicación de elementos físicos existentes, tales como andenes, bordillos, alcantarillas, sumideros, señalización y estructuras de drenaje.

## **8.2 ALCANCE**

El levantamiento comprendió la medición y representación detallada de los ejes viales seleccionados, incluyendo su geometría en planta y perfil, curvas de nivel, elementos de drenaje, estructuras existentes, bordillos, andenes y demás componentes que inciden en la funcionalidad y conservación de la vía.

## **8.3 METODOLOGIA**

Para la ejecución del levantamiento se aplicaron los siguientes procedimientos técnicos:

- ❖ Reconocimiento de campo: Identificación de los tramos a intervenir, localización de puntos de control y verificación de condiciones de accesibilidad.
- ❖ Levantamiento planialtimétrico: Uso de equipos de precisión como estación total y GPS diferencial, con el fin de capturar coordenadas y cotas altimétricas de todos los elementos relevantes de la vía.
- ❖ Establecimiento de puntos de control: Ubicación de puntos fijos de referencia georreferenciados, que permitieron garantizar la precisión y continuidad de las mediciones.
- ❖ Procesamiento de datos: Descarga y ajuste de la información topográfica mediante software especializado (AutoCAD Civil 3D o similar), generando planos en planta, perfiles longitudinales y secciones transversales.
- ❖ Verificación y validación: Revisión de consistencia entre los datos de campo y los resultados procesados, garantizando la exactitud de las cotas y dimensiones.

## **8.4 RESULTADOS**

El levantamiento permitió determinar con exactitud la configuración geométrica y altimétrica de los tramos viales, identificando:

Pendientes longitudinales y transversales.

- ❖ Zonas con irregularidades o deformaciones en la superficie del pavimento.
- ❖ Elementos de drenaje, andenes, bordillos y estructuras asociadas al espacio público.
- ❖ Variaciones de nivel y puntos críticos que requieren intervención para mejorar la evacuación de aguas y la seguridad vehicular.

Los planos generados reflejan la situación actual del terreno y sirven como soporte para el diseño de obras de mantenimiento o rehabilitación, garantizando soluciones técnicas acordes con las condiciones reales de la vía.

## **8.5 CONCLUSIONES**

El levantamiento topográfico de los tramos viales en el municipio de Mariquita constituye una herramienta fundamental para la planificación y ejecución de proyectos de mejoramiento vial. La información obtenida permitirá definir las actividades constructivas más adecuadas, optimizar los recursos y garantizar la durabilidad y seguridad de las vías intervenidas. Durante el proceso se determinó la morfología del terreno y las variaciones topográficas, permitiendo establecer las pendientes longitudinales y transversales necesarias para el diseño del sistema de drenaje y la conformación de las capas estructurales del pavimento.

A partir de la información recolectada, se elaboraron los planos en planta, perfiles longitudinales y secciones transversales, los cuales fueron procesados en software especializado (AutoCAD Civil 3D), garantizando la precisión y compatibilidad con los demás estudios del proyecto (geotecnia, tránsito y diseño estructural del pavimento)

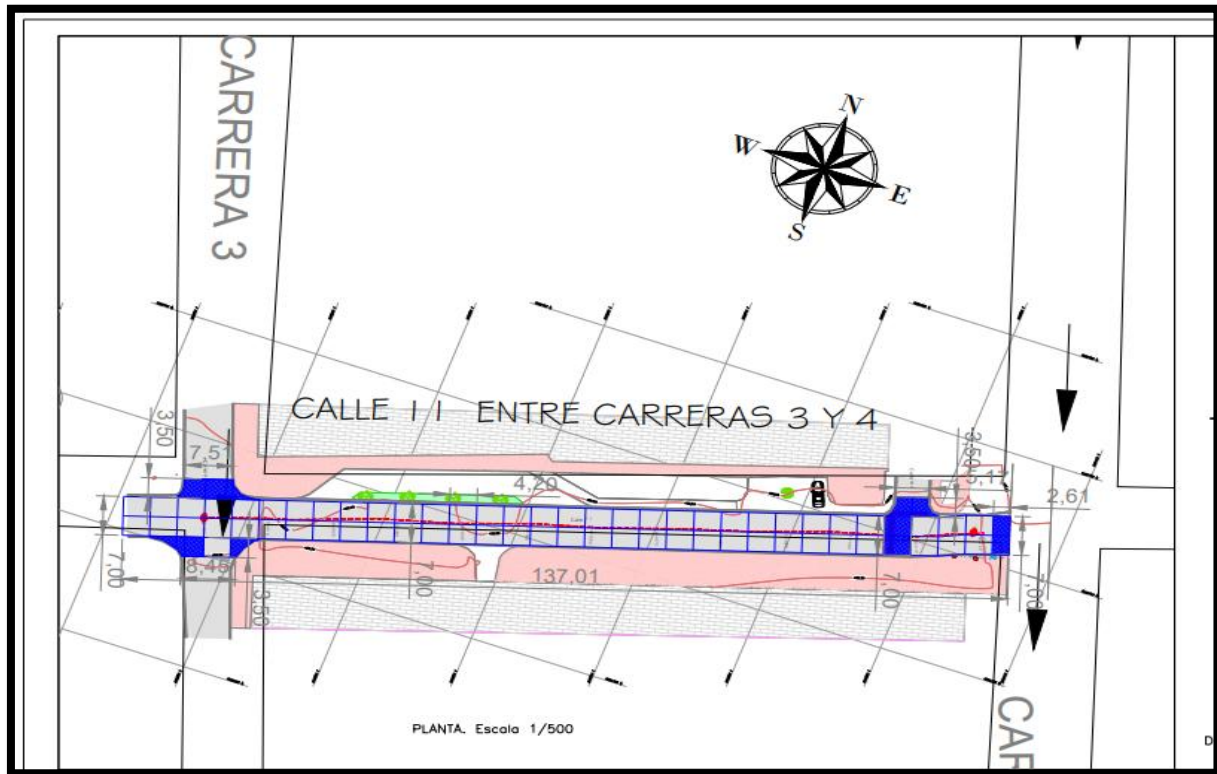


Ilustración numero 13 diseño y absc de la intervención calle 11

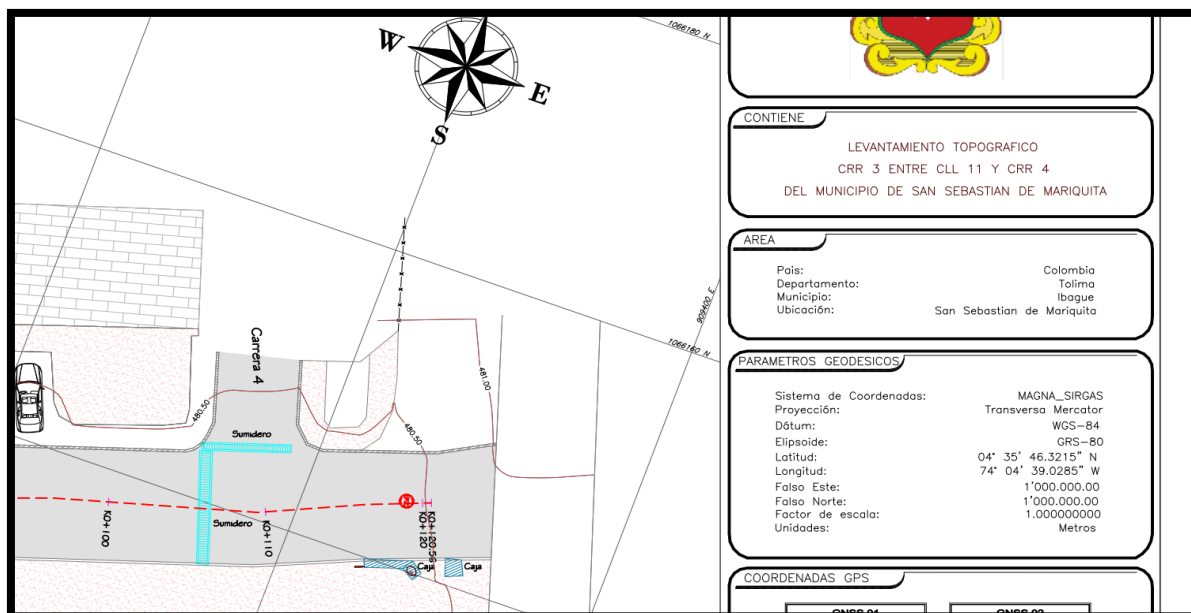


Ilustración numero 14 diseño y absc de la intervención calle 11

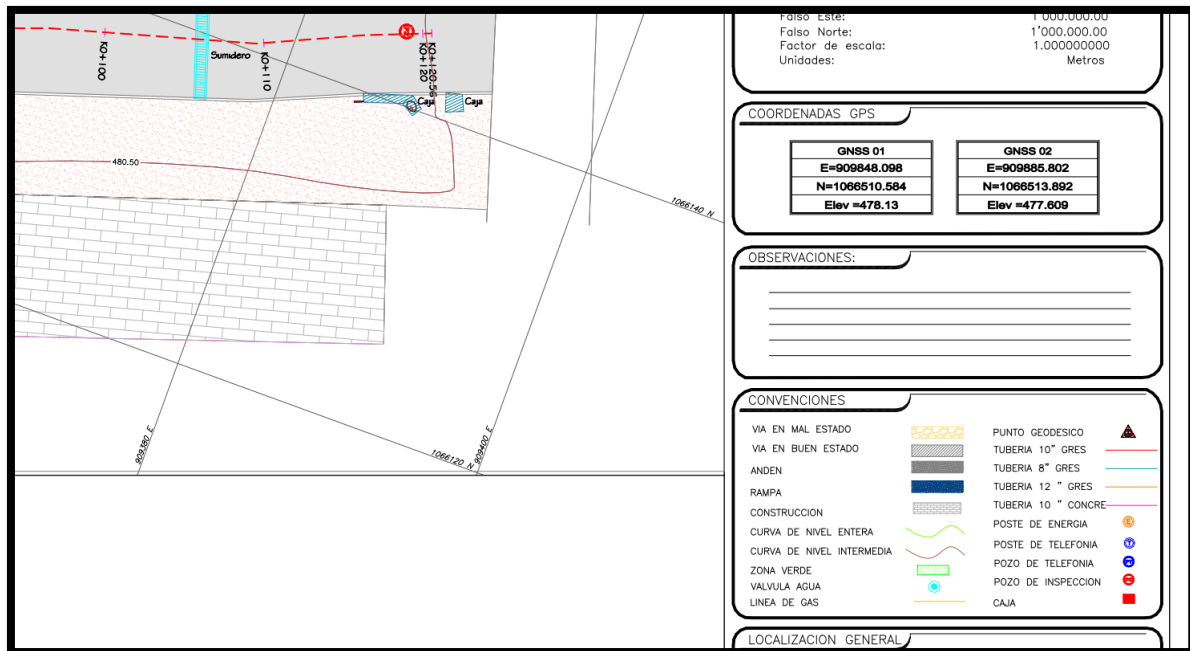


Ilustración numero 15 diseño y absc de la intervención calle 11

## 9. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

### 9.1 METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA)

El propósito de este método de diseño es el mismo que el de otras estructuras de ingeniería, es decir, hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentará buen comportamiento con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será muy elevado. Ahora, si por el contrario, el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por tanto, un criterio sano de ingeniería implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento.

## 9.2 TIPOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS:

El método de diseño de la PCA, es aplicable a los diversos tipos de pavimentos rígidos: de concreto simple, de concreto simple con varillas de transferencia de carga (pasadores), de concreto reforzado y con refuerzo continuo.

- Los pavimentos de concreto simple se construyen sin acero de refuerzo o varillas de transferencia de carga en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las caras agrietadas de las losas contiguas, formadas por el aserrado o ranurado de la junta. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso disponer espaciamientos de corta longitud entre las juntas.
- Los pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga (pasadores), se construyen sin acero de refuerzo, sin embargo en ellos se disponen varillas lisas en cada junta de construcción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de carga, requiriéndoles también que la separación entre juntas sea corta para controlar el agrietamiento.
- - Los pavimentos reforzados contienen acero de refuerzo y pasadores en las juntas de construcción. Estos pavimentos se construyen con separaciones a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.
- Los pavimentos de refuerzo continuo, se construyen sin juntas de construcción. Debido a su relativamente pesado y continuo refuerzo en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia del refuerzo, se desarrolla un alto grado de transferencia de carga en las caras de las fisuras.

**Consideraciones básicas:** Los procedimientos de diseño que brinda la PCA, tienen en cuenta algunas condiciones que antes no se habían cubierto por algún método, incluyen el reconocimiento de:

- El grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales, por los diferentes tipos de pavimentos descritos.
- El efecto de usar bermas de concreto, adyacentes al pavimento, las cuales reducen los
  - esfuerzos de flexión y las deflexiones producidas por las cargas de los vehículos.
- El efecto de usar una subbase de concreto pobre, la cual reduce los esfuerzos y las deflexiones, proporciona un soporte considerable cuando los camiones pasan sobre las juntas y además proporciona resistencia a la erosión que se produce en la subbase a causa de las deflexiones repetidas del pavimento.

- Dos criterios de diseño:
  - a) Fatiga, para proteger al pavimento contra la acción de los esfuerzos producidos por la acción repetida por las cargas.
  - b) Erosión, para limitar los efectos de la deflexión del pavimento en los bordes de las losas, juntas y esquinas y controlar así la erosión de la fundación y de los materiales de las bermas. Este criterio de erosión, es necesario, puesto que algunas formas de falla del pavimento, tales como el bombeo, el desnivel entre losas el desnivel entre losas el deterioro de las bermas, son independientes de la fatiga.
- Los ejes triples pueden ser considerados en el diseño. A pesar de que los ejes sencillos y
  - los tándem constituyen aun las cargas predominantes en las carreteras, el uso de los ejes triples (tridem), se ha venido incrementando.
  - Los ejes tridem pueden ser dañinos, desde el punto de vista de la erosión, que desde el
  - punto de vista de la fatiga.
  - La elección de un espesor adecuado de diseño por este método depende, consecuentemente, de la elección de factores adicionales a los tradicionalmente utilizados, como el sistema de juntas y el tipo de bermas.

### **9.3 Factores de diseño:**

- Luego de elegir el tipo de pavimento por construir, el tipo de subbase y el tipo de berma, e diseño se realiza a partir de los cuatro factores siguientes:
  - Resistencia a la flexión del concreto (Modulo de rotura, MR)
  - Resistencia de la subrasante o del conjunto subrasante subbase (K)
  - Los tipos, frecuencias y magnitudes de las cargas por eje esperadas.
  - El periodo de diseño, que usualmente se toma como 20 años, pudiendo ser mayor o menor.

## **9.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

### **9.4.1 SOPORTE DE LA SUBRASANTE.**

La resistencia de la subrasante se mide en términos del módulo de reacción (K), determinado por pruebas de placa directa. Teniendo en cuenta que esta pruebas son complejas y costosas, el valor K se estima generalmente por correlación con pruebas más sencillas como el CBR o el ensayo del esta bolómetro de Hveem. Este procedimiento es válido puesto que no es necesario, el conocimiento del valor exacto del Módulo K, ya que variaciones no muy grandes de él, prácticamente no afectan los espesores necesarios de pavimento. Las relaciones se muestran en la figura 8.1 – “Relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación del suelo”. (Ingeniería de Pavimentos, Ingeniero Alfonso Montejó Fonseca, Tomo 1 -3ra edición, página 419).

Con el valor suministrado mediante las pruebas de laboratorio para los sectores a intervenir se toma

como CBR de diseño 10,7 %

Con el valor de CBR del tramo se ingresa a la figura nombrada anteriormente y se obtiene un valor aproximado de módulo de reacción de la subrasante para el tramo.

CBR 2.12 % - K (aproximado): 20 Mpa/m

**Tabla 8.1**  
**Efecto de la subbase granular sobre los valores de K**

| Valor de K para sub-rasante |                       | Valor de K para subbase por combinada |                       |          |                       |          |                       |          |                       |
|-----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
|                             |                       | 100 m.m.                              |                       | 150 m.m. |                       | 225 m.m. |                       | 300 m.m. |                       |
| Mpa/m                       | lb/pulg. <sup>3</sup> | Mpa/m                                 | lb/pulg. <sup>3</sup> | Mpa/m    | lb/pulg. <sup>3</sup> | Mpa/m    | lb/pulg. <sup>3</sup> | Mpa/m    | lb/pulg. <sup>3</sup> |
| 20                          | 73                    | 23                                    | 85                    | 26       | 96                    | 32       | 117                   | 38       | 140                   |
| 40                          | 147                   | 45                                    | 165                   | 49       | 180                   | 57       | 210                   | 66       | 245                   |
| 60                          | 220                   | 64                                    | 235                   | 66       | 245                   | 76       | 280                   | 90       | 330                   |
| 80                          | 295                   | 87                                    | 320                   | 90       | 330                   | 100      | 370                   | 117      | 430                   |

(Fuente: Canadian Portland Cement Association. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*).

Ilustración numero 16 Tabla 8.1 Efecto dela subbase granular sobre los valores de K

En este caso y debido a la resistencia de los suelos de subrasante del tramo en estudio, se realizara el uso de una capa de BASE GRANULAR para incrementar el valor de K utilizando la tabla 8.1 “Efecto de la subbase granular sobre el valor de K” (Ingeniería de Pavimentos, Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, Tomo 1 - 3da edición, página 420). Con un espesor asumido de subbase granular de 15 cm o 150mm. Se obtiene un valor aproximado de K combinado de: **Kcomb : 47.12 Mpa/m**

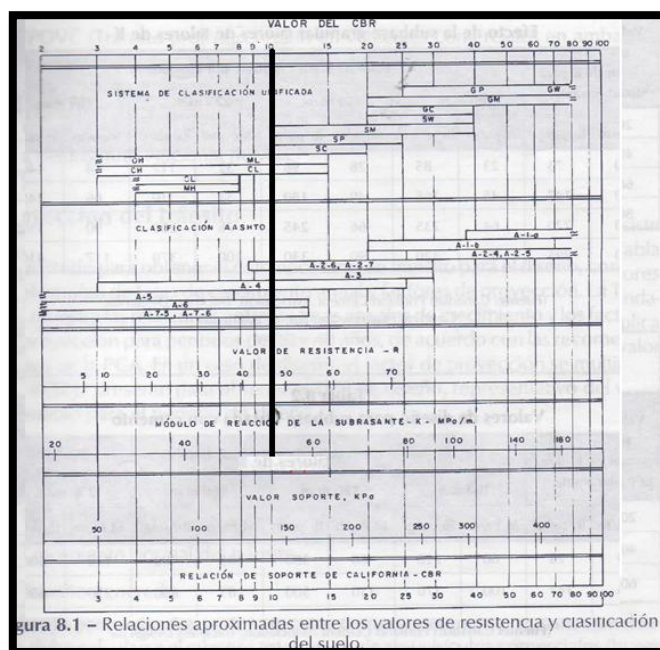


Ilustración numero 17 tabla 8.1 relaciones aproximadas entre los valores de resistencia y clasificación de suelo.

## 9.5 TRANSITO

Para el caso de este diseño, se realizo conteo en cada uno de los sectores de las vías urbanas a intervenir con el propósito de tener una idea general del transito de uso de las vías y poder inferir de manera detallada sobre el consumo de fatiga y daño por la erosión mediante la distribución de cargas por eje a partir de pesajes en básculas u otra fuente aceptable, la PCA ha preparado unas sencillas tablas de diseño, basadas en distribuciones de carga por eje, representativas de las diversas clases de calles y carreteras que se observa en la tabla 8.12 Categorías por eje ( Ingeniería de Pavimentos Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, Tomo 1 - 3ra edición, página 441).

| Categorías de carga por eje | Descripción                                                                                                                 | Tránsito                                                             |        |              | Máximas cargas por eje (KN) |             |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------|--------------|-----------------------------|-------------|
|                             |                                                                                                                             | TPD                                                                  | TPDC   |              | Ejes simples                | Ejes tandem |
|                             |                                                                                                                             |                                                                      | %      | Diario       |                             |             |
| 1                           | - Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).                                                    | 200 - 800                                                            | 1 - 3  | hasta 25     | 98                          | 160         |
| 2                           | - Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alto).<br>- Calles, arterias y carreteras primarias (bajo).          | 700 - 5000                                                           | 5 - 18 | 40 - 1000    | 115                         | 195         |
| 3                           | - Calles arterias, y carreteras primarias (medio).<br>- Vías expresas y autopistas urbanas e interestatales (bajo a medio). | 3000 - 12000<br>(2 carriles)<br>3000 - 50000 +<br>(4 carriles o más) | 8 - 30 | 500 - 5000+  | 133                         | 230         |
| 4                           | - Calles arterias, carreteras primarias y vías expresas (alto).<br>- Autopistas urbanas e interestatales (medio a alto).    | 3000 - 20000<br>(2 carriles)<br>3000 - 150000<br>(4 carriles o más)  | 8 - 30 | 1500 - 8000+ | 151                         | 267         |

\* Los términos bajo, medio y alto se refieren a los pesos relativos de las cargas por eje, para el tipo de calle o carretera considerada; esto es, "bajo" para una autopista interestatal puede representar cargas mucho más pesadas en una carretera secundaria.

(Fuente: Canadian Portland Cement Association. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*).

Ilustración numero 18 tabla 8.12 categorías de cargas por ejes

El proyecto en estudio se describe dentro de la categoría de carga por eje 2, ya que si bien el TPD se encuentra entre los 100 Y 120 vehículos diarios, la cantidad de vehículos comerciales oscila entre los 90 y 100 de acuerdo a los conteos realizados en los sectores, por lo que por factores de seguridad se

tendrá en cuenta este valor para la elección de la categoría.

En este caso, no se emplea directamente los datos de carga por eje, por cuanto los diseños han sido resueltos previamente por la PCA. La resistencia del conjunto subrasante – subbase se describe a través de los términos bajo, medio, alto y muy alto, los cuales se relacionan, como los valores reales del módulo de reacción, como lo muestra la tabla 8.13 “Tipos de suelos y valores aproximados de K” (Ingeniería de Pavimentos, Ingeniero Alfonso Montejó Fonseca, Tomo 1 - 3ra edición, página 442).

| <p><b>Tabla 8.13</b><br/><b>Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k</b></p> |          |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------|
| Tipo de suelo                                                                                | Soporte  | Rango de valores k MPa/m |
| Suelos de grano fino, en los que predominan partículas del tamaño del limo y la arcilla      | Bajo     | 20-34                    |
| Arenas y mezclas de grava y arena con cantidades moderadas de limo y arcilla.                | Medio    | 35-49                    |
| Arenas y mezclas de grava y arena relativamente libres de finos plásticos.                   | Alto     | 50-60                    |
| Subbases tratadas con cemento.                                                               | Muy alto | 70-110                   |

(Fuente: Canadian Portland Cement Association. *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*).

Ilustración numero 19 tabla 8.13 tipos de suelo y subrasante

Utilizando la tabla 8.13, el valor de K (combinado) para este proyecto es de **60 Mpa/m**, este valor se encuentra en el rango de soporte **ALTO**.

## 9.6 ELECCION ESPESOR DE DISEÑO

Realizando el chequeo con la ayuda de la tabla 8.15 – TPD-C Admisible – categoria 2 de carga por eje - pavimento con juntas con pasadores, (Ingeniería de Pavimentos, Ingeniero Alfonso Montejó

Fonseca, 3ra edición, pagina 448.) Se observa que para el tránsito en mención y las condiciones de la combinación de las propiedades de la subrasante y el material con las mismas características de la base granular. Se obtiene como estructura de pavimento 0.20m de Concreto Hidráulico,  $M_r = 4.1\text{MPa}$  y 0.20m de material granular tipo base.

| <p>Tabla 8.15</p> <p>TPD-C Admisible –categoría 2 de carga por eje –</p> <p>pavimento con juntas con pasadores</p> |                                     |                |               |                 |                                  |                                     |                |               |                 |      |      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------|---------------|-----------------|------|------|
| Sin berma o sardinel de concreto                                                                                   |                                     |                |               |                 | Con berma o sardinel de concreto |                                     |                |               |                 |      |      |
| Espesor de losa (mm)                                                                                               | Soporte subrasante -subbase (MPa/m) |                |               |                 | Espesor de losa (mm)             | Soporte subrasante -subbase (MPa/m) |                |               |                 |      |      |
|                                                                                                                    | Bajo (20-34 )                       | Medio (35-49 ) | Alto (50-60 ) | Muy alto (70 +) |                                  | Bajo (20-34 )                       | Medio (35-49 ) | Alto (50-60 ) | Muy alto (70 +) |      |      |
| MR = 4.4 MPa                                                                                                       | 140                                 |                |               |                 | 3                                | MR = 4.4 MPa                        | 120            |               |                 | 6    |      |
|                                                                                                                    | 150                                 |                |               | 5               | 26                               |                                     | 130            |               | 4               | 12   | 53   |
|                                                                                                                    | 160                                 | 2              | 12            | 35              | 150                              |                                     | 140            | 6             | 30              | 86   | 330  |
|                                                                                                                    | 170                                 | 15             | 68            | 190             | 740                              |                                     | 150            | 44            | 180             | 470  | 1700 |
|                                                                                                                    | 180                                 | 77             | 320           | 820             | 3100                             |                                     | 160            | 240           | 890             | 2200 |      |
|                                                                                                                    | 190                                 | 330            | 1300          | 3200            |                                  |                                     | 170            | 1000          | 3700            |      |      |
| 200                                                                                                                | 1200                                | 4500           |               |                 | 180                              | 4100                                |                |               |                 |      |      |
| 210                                                                                                                | 4100                                |                |               |                 |                                  |                                     |                |               |                 |      |      |
| MR = 4.1 MPa                                                                                                       | 150                                 |                |               |                 | 5                                | MR = 4.1 MPa                        | 130            |               |                 | 12   |      |
|                                                                                                                    | 160                                 |                | 2             | 8               | 38                               |                                     | 140            |               | 7               | 20   | 87   |
|                                                                                                                    | 170                                 | 3              | 16            | 47              | 200                              |                                     | 150            | 10            | 46              | 130  | 470  |
|                                                                                                                    | 180                                 | 18             | 82            | 220             | 870                              |                                     | 160            | 60            | 240             | 620  | 2100 |
|                                                                                                                    | 190                                 | 85             | 350           | 900             | 3300                             |                                     | 170            | 290           | 1100            | 2600 |      |
|                                                                                                                    | 200                                 | 330            | 1300          | 3300            |                                  |                                     | 180            | 1200          | 4100            |      |      |
| 210                                                                                                                | 1200                                | 4400           |               |                 | 190                              | 4200                                |                |               |                 |      |      |
| 220                                                                                                                | 3700                                |                |               |                 |                                  |                                     |                |               |                 |      |      |
| MR = 3.8 MPa                                                                                                       | 160                                 |                |               |                 | 8                                | MR = 3.8 MPa                        | 140            |               |                 | 4    |      |
|                                                                                                                    | 170                                 |                | 3             | 9               | 46                               |                                     | 150            |               | 9               | 28   | 110  |
|                                                                                                                    | 180                                 | 3              | 17            | 51              | 220                              |                                     | 160            | 12            | 56              | 150  | 550  |
|                                                                                                                    | 190                                 | 18             | 82            | 220             | 870                              |                                     | 170            | 67            | 270             | 670  | 2300 |
|                                                                                                                    | 200                                 | 78             | 320           | 840             | 3100                             |                                     | 180            | 290           | 1100            | 2600 |      |
|                                                                                                                    | 210                                 | 290            | 1100          | 2900            |                                  |                                     | 190            | 1100          | 3900            |      |      |
| 220                                                                                                                | 940                                 | 3600           |               |                 | 200                              | 3700                                |                |               |                 |      |      |
| 230                                                                                                                | 2900                                |                |               |                 |                                  |                                     |                |               |                 |      |      |

(Fuente: Canadian Portland Cement Association, Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements.).

Ilustración numero 19 tabla 8.15 TPD-C Adimisible – categoria

Se toma el valor de 20 cm para un **MR= 4,0MPa**, un soporte de subrasante –base **ALTO** y se obtiene un TPDc de 824 veh/día, suficientes para el tramo en estudio ( menor a 100 vehículos comerciales por día).



**Grafica estructura pavimento rígido.**

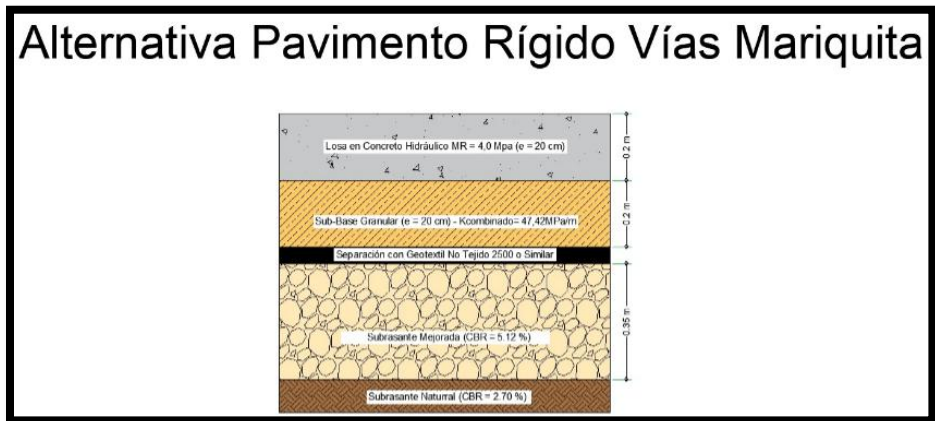


Ilustración numero 20 tabla de pavimento rígido vías mariquita  
**CHEQUEO SEGÚN MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO (INVIAS)**

Determinación del tránsito de los sectores, de acuerdo a la cuantificación realizada para nuestro diseño se tiene que el transito corresponde a la categoría To

| Categoría      | Tipo de Vía             | TPDs           | Ejes acumulados de 8,2 t |
|----------------|-------------------------|----------------|--------------------------|
| T <sub>0</sub> | (Vt) – (E)              | 0 a 200        | < 1'000,000              |
| T <sub>1</sub> | (Vs) – (M ó A) – (CC)   | 201 a 500      | 1'000,000 a 1'500,000    |
| T <sub>2</sub> | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 501 a 1,000    | 1'500,000 a 5'000,000    |
| T <sub>3</sub> | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 1,001 a 2,500  | 5'000,000 a 9'000,000    |
| T <sub>4</sub> | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 2,501 a 5,000  | 9'000,000 a 17'000,000   |
| T <sub>5</sub> | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | 5,001 a 10,000 | 17'000,000 a 25'000,000  |
| T <sub>6</sub> | (Vp) – (A) – (AP-MC-CC) | Más de 10,001  | 25'000,000 a 100'000,000 |

**Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores**

|                                                             |                                        |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| En la Tabla 3-1 las siglas tienen el siguiente significado: | <b>M:</b> Medias                       |
| <b>Vt:</b> Vía terciaria                                    | <b>A:</b> Anchas                       |
| <b>Vs:</b> Vía secundaria                                   | <b>CC:</b> Carreteras de 2 direcciones |
| <b>Vp:</b> Vía principal                                    | <b>MC:</b> Carreteras multicarriles    |
| <b>E:</b> Estrechas                                         | <b>AP:</b> Autopistas                  |

Ilustración numero 21 tabla 3-1 categoria de transito para la selección de espesores

Clasificación de la subrasante con base a exploración geotécnica realizada, de acuerdo a los resultados de laboratorio se tiene que nuestra subrasante de diseños es tipo S4 para un CBR de diseño de 10,7%.

| Clase o Tipo | CBR (%) | Módulo resiliente (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------|---------|-----------------------------------------|
| 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 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

Ilustración numero 22 tabla 3-2 clasificación de la subrasante de acuerdo a la resistencia

Condiciones estructurales para el diseño de las vías. Teniendo en cuenta lo establecido en el manual de diseño de pavimentos rígidos avalado por el INVIAS se plantea la utilización de material de soporte para el pavimento rígido tipo BG base granular, y se adopto como material para la placa de concreto rígido el CONCRETO TIPO MR2 con una resistencia a la flexión de 40 kg/cm<sup>2</sup>.

| Denominación | Descripción                   |
|--------------|-------------------------------|
| SN           | Subrasante Natural            |
| BG           | Base Granular                 |
| BEC          | Base Estabilizada con Cemento |

Tabla 3-3. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

| Descripción | Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------------------------------------|
| MR1         | 38                                             |
| MR2         | 40                                             |
| MR3         | 42                                             |
| MR4         | 45                                             |

Tabla 3-4. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

Ilustración numero 23 tabla 3-3,3-4 valores de resistencias a la flexotracción del concreto

Condiciones finales para el diseño del pavimento Teniendo en cuenta lo establecido en el manual de diseño de pavimentos rígidos avalado por el INVIAS. se plantea la utilización de sardineles a los costados de la vía y la utilización de dovelas de transferencia de esfuerzos entre placas.

## RESUMEN DE PARAMETROS DE DISEÑO ASUMIDOS.

| Variables y su representación |                                                           |                                             |                        |                   |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------|-------------------|
| Suelos                        | Tránsito                                                  | Transferencia y confinamiento               | Soporte                | Concreto          |
| <b>S1</b> (CBR<2)             | <b>T0</b> (EALS <1x10 <sup>3</sup> )                      | <b>D y B</b> (Dovelas y Bermas)             | <b>SN</b> (Subrasante) | <b>MR1=38 MPa</b> |
| <b>S2</b> (2<CBR<5)           | <b>T1</b> (1x10 <sup>3</sup> EALS <1,5x10 <sup>3</sup> )  | <b>D y No B</b> (Dovelas y No Bermas)       | <b>BG</b> (15 cm BG)   | <b>MR2=40 MPa</b> |
| <b>S3</b> (5<CBR<10)          | <b>T2</b> (1,5x10 <sup>3</sup> EALS <5x10 <sup>3</sup> )  | <b>No D y B</b> (No Dovelas y Bermas)       | <b>BEC</b> (15 cm BEC) | <b>MR3=42 MPa</b> |
| <b>S4</b> (10<CBR<20)         | <b>T3</b> (5x10 <sup>3</sup> EALS <9x10 <sup>3</sup> )    | <b>No D y No B</b> (No Dovelas y No Bermas) |                        | <b>MR4=45 Mpa</b> |
| <b>S5</b> (CBR>20)            | <b>T4</b> (9x10 <sup>3</sup> EALS <17x10 <sup>3</sup> )   |                                             |                        |                   |
|                               | <b>T5</b> (17x10 <sup>3</sup> EALS <25x10 <sup>3</sup> )  |                                             |                        |                   |
|                               | <b>T6</b> (25x10 <sup>3</sup> EALS <100x10 <sup>3</sup> ) |                                             |                        |                   |

**Tabla 3-6. Variables consideradas en los análisis de diseño del pavimento**

|                                                               |                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| En donde:                                                     |                                                                                             |
| <b>S1:</b> "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"    | <b>BG:</b> "Base granular"                                                                  |
| <b>T1:</b> "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6" | <b>BEC:</b> "Base estabilizada con cemento"                                                 |
| <b>D:</b> "Dovelas"                                           | <b>CBR:</b> "Relación de soporte de California"                                             |
| <b>B:</b> "Bermas"                                            | <b>EALS:</b> Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent Axle Load System" |
| <b>SN:</b> "Suelo natural o subrasante"                       |                                                                                             |

Ilustración numero 24 tabla 3-6 variables consideradas en los análisis de diseño en pavimento

## DETERMINACION DEL ESPESOR DE PLACA SEGÚN CONDICIONES ANTERIORES.

| ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES |     |             |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------|----------|----------|-------------|-------|----------|----------|-------------|-------|----------|----------|-------------|-------|----------|----------|-------------|-------|----------|----------|-------------|
|                                                                               |     | Tránsito T0 |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |       |          |          |             |
|                                                                               |     | 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       | 26       |             | 23    | 27       | 23       | 27          | 21    | 24       | 21       | 24          | 20    | 24       | 20       | 24          | 20    | 23       | 20       | 23          |
|                                                                               | MR2 |             | 23       | 27       |             | 22    | 26       | 22       | 26          | 20    | 24       | 20       | 24          | 20    | 23       | 20       | 23          | 19    | 22       | 19       | 22          |
|                                                                               | MR3 |             | 23       | 26       |             | 21    | 25       | 21       | 25          | 20    | 23       | 20       | 23          | 19    | 22       | 19       | 22          | 19    | 22       | 19       | 22          |
|                                                                               | MR4 |             | 21       | 24       |             | 20    | 24       | 20       | 24          | 19    | 22       | 19       | 22          | 18    | 21       | 18       | 21          | 18    | 21       | 18       | 21          |
| BG                                                                            | MR1 |             | 23       | 26       |             | 22    | 26       | 22       | 26          | 21    | 24       | 21       | 24          | 20    | 23       | 20       | 23          | 20    | 23       | 20       | 23          |
|                                                                               | MR2 |             | 22       | 25       |             | 21    | 25       | 21       | 25          | 20    | 23       | 20       | 23          | 19    | 22       | 19       | 22          | 19    | 22       | 19       | 22          |
|                                                                               | MR3 |             | 21       | 24       |             | 20    | 24       | 20       | 24          | 20    | 22       | 19       | 22          | 19    | 22       | 19       | 22          | 18    | 21       | 18       | 21          |
|                                                                               | MR4 |             | 20       | 23       |             | 19    | 23       | 19       | 23          | 20    | 21       | 18       | 21          | 18    | 21       | 18       | 21          | 17    | 20       | 18       | 20          |
| BEC                                                                           | MR1 |             | 20       | 23       |             | 19    | 22       | 19       | 22          | 18    | 21       | 18       | 21          | 18    | 20       | 18       | 20          | 17    | 20       | 17       | 20          |
|                                                                               | MR2 |             | 19       | 22       |             | 19    | 21       | 19       | 21          | 17    | 20       | 17       | 20          | 17    | 20       | 17       | 20          | 17    | 19       | 17       | 19          |
|                                                                               | MR3 |             | 18       | 21       |             | 18    | 21       | 18       | 21          | 17    | 19       | 17       | 19          | 16    | 19       | 17       | 19          | 16    | 19       | 17       | 19          |
|                                                                               | MR4 |             | 18       | 20       |             | 17    | 20       | 18       | 20          | 16    | 19       | 17       | 19          | 16    | 18       | 17       | 18          | 15    | 18       | 17       | 18          |

Tabla 4-1. Espesores de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal

Ilustración numero 25 tabla 4-1 espesor de losa de concreto (cm) de acuerdo con la combinación de variables

## JUNTAS EN EL PAVIMENTO RIGIDO

En las losas de un pavimento rígido se presentan diversas clases de esfuerzos. Los más elevados son los generados por la circulación de los vehículos sobre ellas, los cuales se controlan con el correcto diseño del espesor de las losas, con la selección adecuada de la resistencia del concreto y con una calidad en la construcción tal que las propiedades determinadas durante el diseño se cumplan.

Otros esfuerzos generados en el pavimento se deben a los movimientos de contracción o expansión del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa. Estos esfuerzos se controlan con una adecuada elección de las dimensiones superficiales de las losas, en otras palabras, diseñando, las juntas del pavimento.

Las juntas, transversales y longitudinales, se construyen para impedir que se presente fisuración del pavimento.

Además, los análisis de los esfuerzos generados en las losas, por cargas colocadas en diferentes posiciones, han demostrado que estos son mayores en las cercanías de los bordes de las losas y, aun mas, en sus esquinas, de lo cual se concluye que las juntas inducen en el pavimento rígido unas zonas de debilidad relativa, por lo que en su concepción se deben diseñar los mecanismo o tomar las precauciones necesarias para mantener su integridad estructural.

Las juntas en los pavimentos de concreto hidráulico son necesarias por:

- Requisitos de construcción
- Retracción del concreto
- Dilatación térmica
- Aparición de fisuras.

Para el caso de este diseño se tuvieron en cuenta juntas transversales y longitudinales, para lograr un mecanismo de transmisión de carga adecuado (Pasadores) y para evitar las fisuras generadas por la fuerza de tracción generada por la fricción entre la losa del pavimento y la subrasante (barras de anclaje).

A continuación se muestran los mecanismos que se utilizaran, para lograr un buen funcionamiento del pavimento.

## DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS

Teniendo en cuenta el espesor establecido en el Diseño del Pavimento Rígido, el cual es de 0.19m, se hace necesario cumplir con el criterio de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras del INVIAS 2007, en el Artículo 500, para losas no reforzadas:

- La longitud de la losa no puede ser mayor a 24 veces el espesor de esta. En el caso de este proyecto, la longitud máxima que podrá tener una losa es de 4.80 m. (24 x 0.2m).

Además, es necesario cumplir con la relación largo/ancho, la cual debe estar entre 1 y 1.4.

| TRAMO VIAL                       | LONGITUD | ANCO<br>CALZADA | ANCHO<br>DE<br>PLACAS | LONGITUD<br>MAXIMA<br>DE PLACAS | LONGITUD<br>DE PLACA | RELACION<br>L/A |
|----------------------------------|----------|-----------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|
| CALLE 11 ENTRE<br>CARRERAS 3 Y 4 | 146.96   | 7               | 3.5                   | 4.9                             | 4.2                  | 1.17            |

## PASADORES O DOVELAS, BARRAS DE AMARRE Y REFUERZO DE LOSAS

Como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de la carga entre las losas adyacentes, en las juntas transversales, es necesario utilizar barras de acero redondo y liso, las cuales deben poseer un límite de fluencia ( $f_y$ ) mínimo de 280 MPa. Teniendo en cuenta la dimensión del espesor de la losa de concreto, se mostrará a continuación las dimensiones de las barras de transferencia recomendadas, utilizando la Tabla 8.40 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga (Ingeniería de Pavimentos, Ingeniero Alfonso Montejó Fonseca, 3da edición, Tomo 1, página 488.), y lo establecido en el manual de diseño del INVIAS.

| Tabla 8.40<br>Recomendaciones para la selección de los<br>pasadores de carga |                         |         |                   |                                |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------|-------------------|--------------------------------|
| Esesor del<br>pavimento                                                      | Diámetro del<br>pasador |         | Longitud<br>total | Separación<br>entre<br>centros |
| (mm)                                                                         | (mm)                    | (pulg.) | (mm)              | (mm)                           |
| 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                            |

| Espesor<br>del<br>pavimento | Diámetro del pasador |         | Longitud | Separación<br>entre centros |
|-----------------------------|----------------------|---------|----------|-----------------------------|
|                             | mm                   | Pulgada | mm       | mm                          |
| 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                         |

Ilustración numero 26 tabla manual de diseño invias 8.40 recomendaciones carga de pasadores

**PARA NUESTRO DISEÑO SE TENDRIAN PASADORES DE DIAMETRO 1" EN ACERO LISO DE LONGITUD 35 CENTIMETROS DISPUESTOS CADA 30 CENTIMETROS.**

Para el espesor del pavimento de este proyecto, se recomiendan las siguientes dimensiones:

- Diámetro de pasador: 1" en acero liso.
- Longitud total: 350mm.
- Separación entre centros: 300mm.

Se recomienda realizar el engrase de uno de los extremos de las dovelas, así como garantizar la

alineación horizontal y vertical de las mismas, para la adecuada transferencia de carga, entre las losas. A continuación, las tolerancias a tener en cuenta en la colocación de los pasadores.

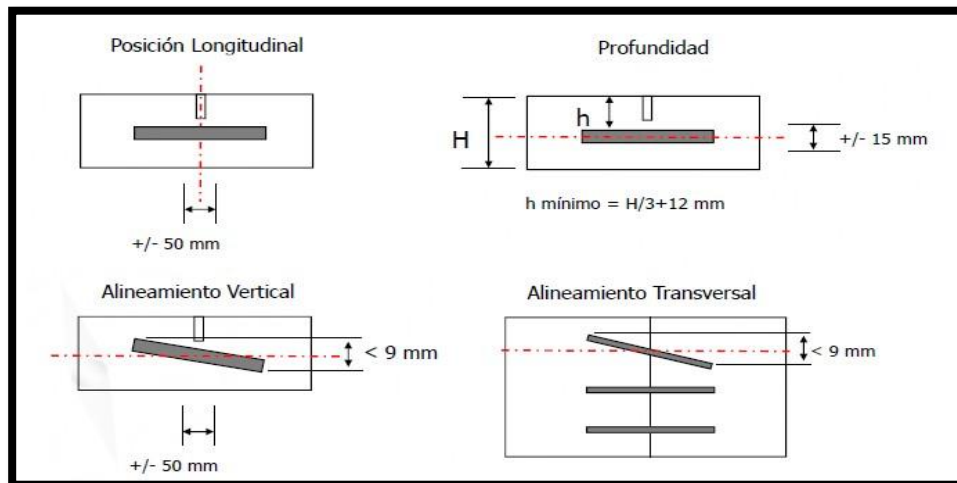


Ilustración numero 27 ilustración de diseño de pasadores

## BARRAS DE AMARRE

Con el fin de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas, se colocara acero longitudinalmente. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia ( $f_y$ ) mínimo de 420 MPa. En la siguiente figura se muestra el detalle de la junta longitudinal recomendada para este diseño.



Ilustración numero 28 Ilustración detalle de juntas recomendadas de diseño

A continuación, con ayuda de la tabla 8.41 (Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje, (Ingeniería de Pavimentos, fundamentos, estudios básicos y diseño, Ingeniero Alfonso Montejó Fonseca, 3ra edición, Tomo 1, página 490.), y lo dispuesto en el manual de diseño de pavimentos en concreto – INVIAS. Se seleccionaran las condiciones de las barras de anclaje a utilizar.

**Tabla 8.41**  
**Recomendaciones para la selección de las barras de anclaje**

| Espesor de losa (cm)                                    | Barras de $\phi 9,5$ m.m. (3/8") |                                           |        |        | Barras de $\phi 12,7$ m.m. (1/2") |                                           |        |        | Barras de $\phi 15,9$ m.m. (5/8") |                                           |        |        |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------|--------|
|                                                         | Longitud (cm)                    | Separación entre barras según carril (cm) |        |        | Longitud (cm)                     | Separación entre barras según carril (cm) |        |        | Longitud (cm)                     | Separación entre barras según carril (cm) |        |        |
|                                                         |                                  | 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 $f_y = 1.875$ kgf/cm <sup>2</sup> (40.000 Psi) |                                  |                                           |        |        |                                   |                                           |        |        |                                   |                                           |        |        |
| 15                                                      |                                  | 80                                        | 75     | 65     |                                   | 120                                       | 120    | 120    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 17,5                                                    |                                  | 70                                        | 60     | 55     |                                   | 120                                       | 110    | 100    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 20                                                      | 45                               | 60                                        | 55     | 50     | 60                                | 105                                       | 100    | 90     | 70                                | 120                                       | 120    | 120    |
| 22,5                                                    |                                  | 55                                        | 50     | 45     |                                   | 55                                        | 85     | 80     |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 25                                                      |                                  | 45                                        | 45     | 40     |                                   | 85                                        | 80     | 70     |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| Acero de $f_y = 2.800$ kgf/cm <sup>2</sup> (60.000 Psi) |                                  |                                           |        |        |                                   |                                           |        |        |                                   |                                           |        |        |
| 15                                                      |                                  | 120                                       | 110    | 100    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 17,5                                                    |                                  | 105                                       | 95     | 85     |                                   | 120                                       | 120    | 120    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 20                                                      | 65                               | 90                                        | 80     | 75     | 85                                | 120                                       | 120    | 120    | 100                               | 120                                       | 120    | 120    |
| 22,5                                                    |                                  | 80                                        | 75     | 65     |                                   | 120                                       | 120    | 120    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |
| 25                                                      |                                  | 70                                        | 65     | 60     |                                   | 120                                       | 115    | 110    |                                   | 120                                       | 120    | 120    |

**Nota:** Cuando se empleen barras de acero lisa, las longitudes dadas en la Tabla se multiplicarán por 1,5.

Notas: Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la Tabla se multiplicarán por 1,5.

| Espesor de losa (mm)                    | Barras de $\phi$ 9,5 mm (3/8") |                                                       |          |          | Barras de $\phi$ 12,7 mm (1/2") |                                                       |          |          | Barras de $\phi$ 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 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Ilustración numero 29 tabla 8.41 INVIAS. Se seleccionarán las condiciones de las barras de anclaje a utilizar.

Para la selección de las barras de anclaje, debe tenerse en cuenta el espesor de 20 cm obtenido y el ancho de carril de la vía en construcción. Es decir que existen dos opciones para acero de fluencia de 40.000 y 60.000PSI, y para cada una de las opciones de acero, existen además tres opciones dependiendo del tipo de barra que se desee utilizar, como se muestra en la Tabla 8.41.

**PARA EL DISEÑO SE TENDRIAN BARRAS DE AMARRE DE 1/2 " EN ACERO CORRUGADO DE LONGITUD 85 CENTIMETROS DISPUESTOS CADA 1,20 METROS.**

### **REFUERZO DE LOSAS**

Según sea necesario, se requerirá la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, ya sea como parte integral del diseño o como control de la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- ❖ Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de esta.
- ❖ Losas con relación largo/ancho mayor que 1.4.
- ❖ Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- ❖ Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- ❖ Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.

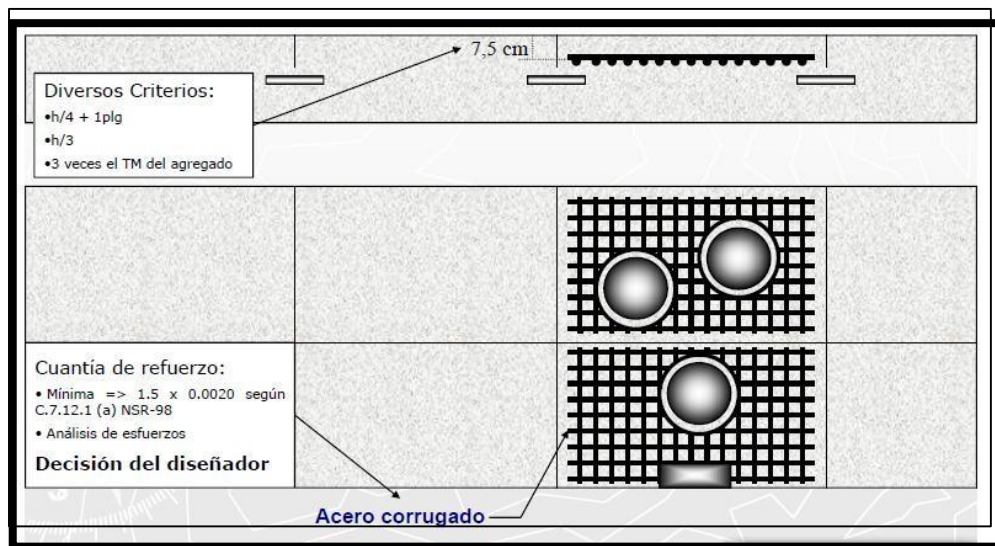


Ilustración numero 30 ilustración losas reforzadas

La ubicación de las parrillas a la altura del espesor de placa, debe cumplir con los criterios recomendados en la figura anterior. ( $\ast h/4 + 1 \text{ "}$ ,  $\ast h/3$  y 3 veces el tamaño máximo del agregado).

**Losa irregular con refuerzo continuo doble.**



Ilustración numero 31 ilustración losa irregular con refuerzo continuo doble  
**Detalle de refuerzo en losa con elemento fijo**



Ilustración numero 32 ilustración losa con elemento fijo

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SEGÚN LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El diseño adoptado para el proyecto consta de una losa de concreto MR2, correspondiente a 40 Kg/cm<sup>2</sup> de espesor 19 centímetros con las siguientes características de detalle de refuerzos para todos los sectores en estudio.

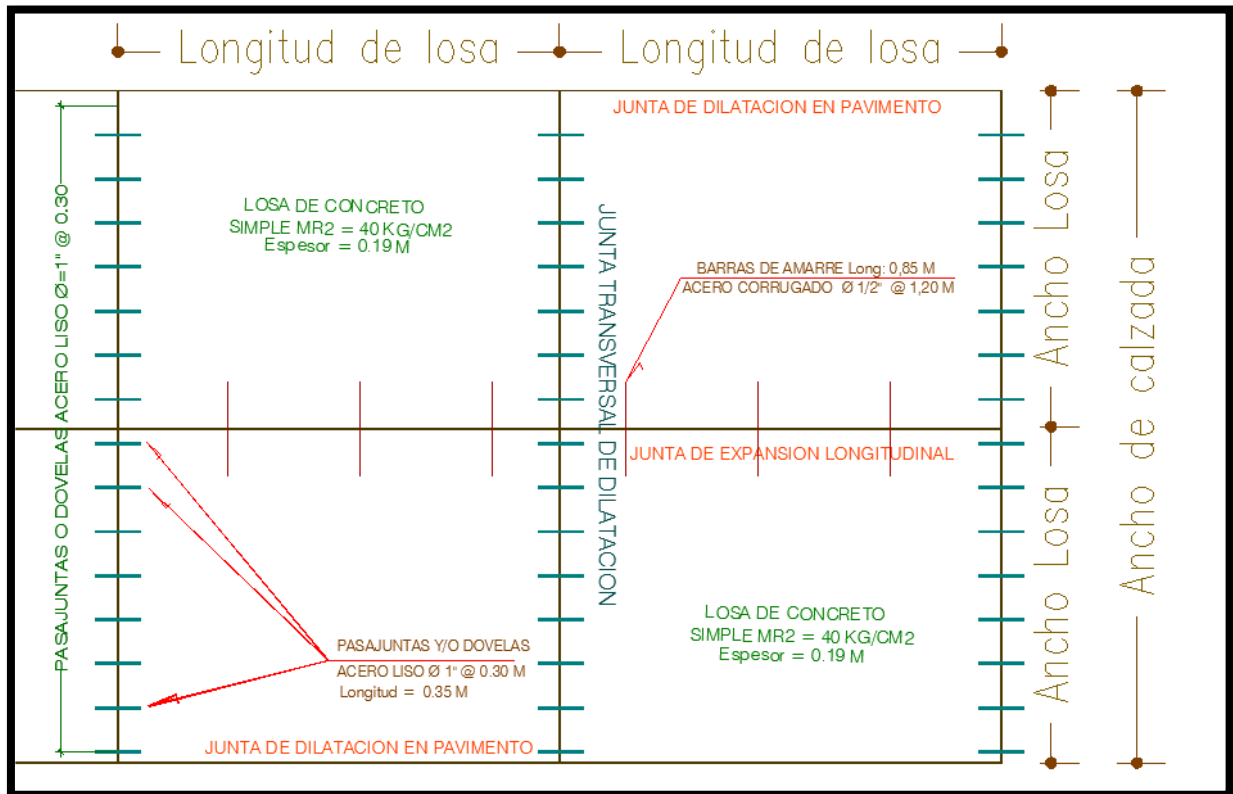


Ilustración numero 33 Diseño de la losa juntas de dilatacion

- Para la construcción de la placa en concreto hidráulico se hace necesario, seguir lo indicado en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras del Instituto Nacional de vías – Año 2013, Artículo 500 Pavimentos de concreto hidráulico.
- Se recomienda conservar la relación de esbeltez necesaria, para garantizar el funcionamiento adecuado de cada una de las losas de concreto. La relación de esbeltez está dada por el largo de la losa y el ancho de esta. Donde L = Largo y A = ancho y se debe

respetar la siguiente expresión:

$$1,00 < \frac{L}{a} < 1,40$$

La geometría de las losas finales de acuerdo a la anterior recomendación es la siguiente.

| TRAMO VIAL                    | LONGITUD | ANCO CALZADA | ANCHO DE PLACAS | LONGITUD MAXIMA DE PLACAS | LONGITUD DE PLACA | RELACION L/A |
|-------------------------------|----------|--------------|-----------------|---------------------------|-------------------|--------------|
| CALLE 11 ENTRE CARRERAS 3 Y 4 | 137.01   | 7            | 3.5             | 4.9                       | 4.2               | 1.17         |

- ❖ Para garantizar que los esfuerzos en las losas se mantengan dentro de los rangos admisibles de diseño y garantice la vida útil del pavimento, se debe garantizar la exactitud de las barras pasa juntas, por lo que se recomienda la utilización de canastillas. La colocación de las canastillas se puede realizar antes y durante el vaciado del concreto hidráulico. Una pre colocación de las dovelas generara una mayor confianza y minimización de errores, a la hora del vaciado del concreto, aunque manteniendo una buena precaución se puede colocar las dovelas simultáneamente al proceso de extensión del concreto. Es necesario aclarar que esta recomendación aplica solo para las losas en concreto hidráulico que van a ser reparadas y/o reemplazadas, dentro del desarrollo del proyecto de pavimentación.
- ❖ En los casos de reparación de losas no continuas, no es recomendable el anclaje inducido a las losas existentes ya que estas se pueden ver afectadas en el proceso de perforación y fisuradas en la puesta en servicio por las solicitaciones estructurales que se tengan.
- ❖ La capa de afirmado existente bajo las losas demolidas que no se afecte en el proceso de demolición se considera como el soporte estructural del pavimento, no es necesario excavarla para reponerla, se deberá verificar el cumplimiento de los 0,15 metros recomendados en diseño.
- ❖ En el caso de que se presenten fallos a nivel de subrasante es necesario retirar el material fallado y reemplazarlo con material tipo afirmado o subbase granular.
- ❖ Para garantizar el buen funcionamiento de la estructura de pavimento rígido y teniendo en cuenta la topografía de las vías, se recomienda la habilitación de los sumideros y descoles de las aguas de escorrentía de manera adecuada.

## Fijación de las canastillas

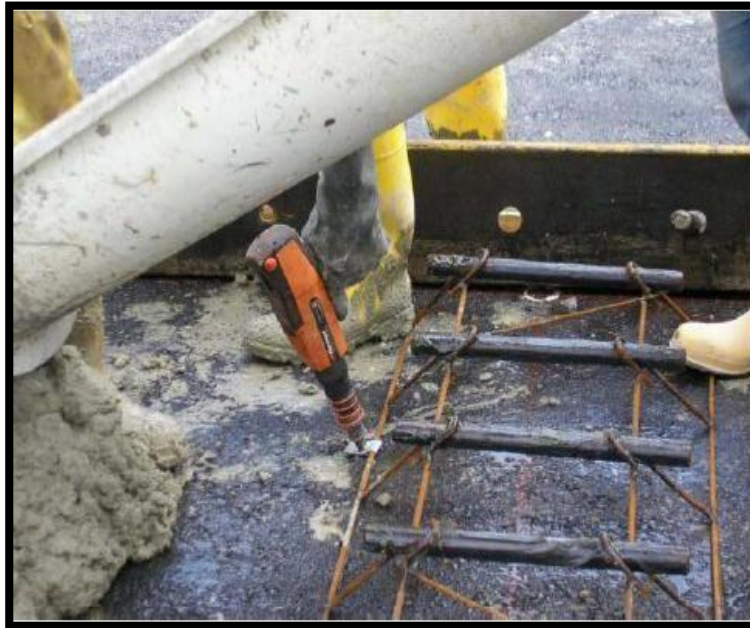


Ilustración numero 34 barras de juntas

## Minimizar errores con la pre – colocacion

Ilustración numero 35 ilustración de errores



Se recomienda realizar un adecuado corte de juntas en el pavimento, teniendo en cuenta la profundidad y cavidad del corte, así como la decisión del sistema de corte a utilizar, a un tiempo adecuado después del fraguado del concreto.

A continuación, se muestra el detalle del proceso constructivo de la junta transversal.

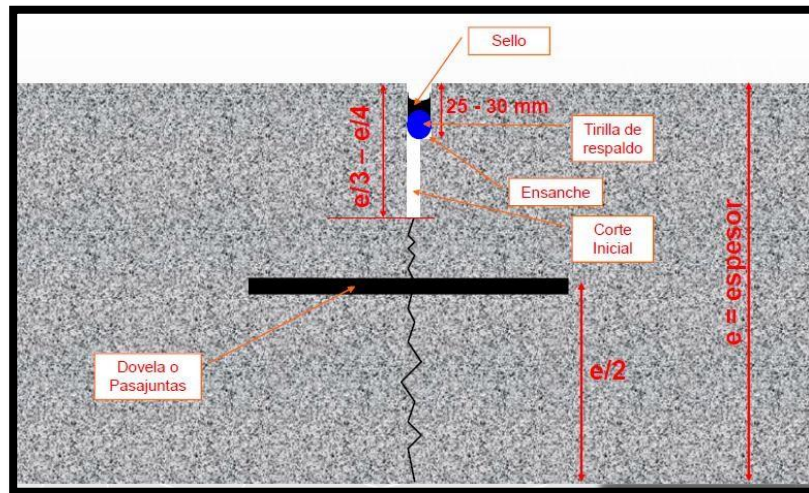


Ilustración numero 36 proceso constructivo de la junta transversal.

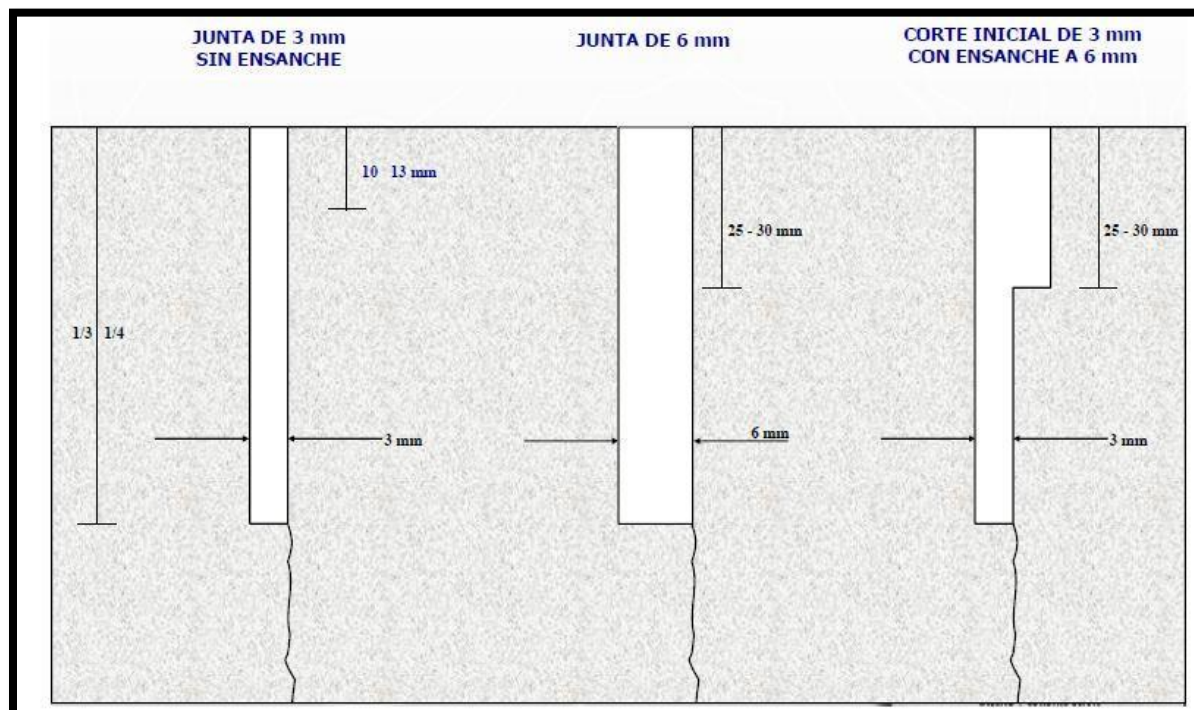


Ilustración numero 37 ilustración de Juntas

El refuerzo recomendado para las losas especiales por irregularidad, o por existencia de elementos fijos como sumideros, pozos de inspección, pasacalles, etc. Será una parrilla de acero conformada por barras de acero de ½” dispuestos en ambos sentidos cada 20 centímetros.

Por ultimo para garantizar la no infiltración de agua a la estructura de pavimento rígido, que produzca, posibles problemas de heredabilidad de los materiales granulares y el ingreso de materias indeseables a la estructura. Se requiere utilizar un sello con un producto adecuado, que minimice al máximo los riesgos de ocurrencia de los casos nombrados anteriormente.

## **10. Estudio Geotécnico**

Para la realización de los trabajos de campo y laboratorio se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- ❖ Definición Perfil Estratigráfico
- ❖ Determinación de Humedad del Suelo en Laboratorio
- ❖ Análisis Granulométrico por Tamizado
- ❖ Determinación de Límites Líquido y Plástico del suelo
- ❖ Obtención de la Capacidad de soporte del suelo mediante ensayo de CBR

El estudio de suelos ha sido realizado por LP Ingeniería y Consultoría SAS, para el presente proyecto han sido ejecutados apiques en sitios estratégicos como cruces viales para un total de 9 apiques, así.

| Apique No. | Muestra | Clasificación del Suelo |         | Rigidez de Soporte CBR 0,10" |           |     | W <sub>SAT</sub> (%) | Expansión (%) | Peso Unitario (Y)      |                          |
|------------|---------|-------------------------|---------|------------------------------|-----------|-----|----------------------|---------------|------------------------|--------------------------|
|            | No.     | A.A.S.H.T.O             | S.U.C.S | Inalterado                   | Sumergido | PDC |                      |               | Seco (Y <sub>d</sub> ) | Húmedo (Y <sub>m</sub> ) |
| 1          | 1       | A-1-b                   | SM      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-7-5(10)               | MH      | 7.0                          | 3.2       | 7.8 | 21.1                 | 1.463         | 0.116                  | 0.138                    |
| 2          | 1       | A-1-b                   | SM      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-7-5(6)                | ML      | 6.8                          | 3.2       | 7.7 | 15.7                 | 1.179         | 0.126                  | 0.142                    |
| 3          | 1       | A-4(0)                  | SC      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-2-6(0)                | SM      | 7.0                          | 2.5       | 7.8 | 15.3                 | 1.376         | 0.111                  | 0.124                    |
| 4          | 1       | A-1-a(0)                | SP SM   | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-4(1)                  | SC      | 6.8                          | 3.1       | 7.7 | 9.4                  | 1.332         | 0.129                  | 0.132                    |
| 5          | 1       | A-1-b(0)                | SM      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-6(1)                  | SM      | 5.5                          | 1.9       | 7.0 | 31.6                 | 0.830         | 0.111                  | 0.117                    |
| 6          | 1       | A-4(0)                  | CL-ML   | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-6(2)                  | SC      | 6.4                          | 1.6       | 7.2 | 24.4                 | 1.354         | 0.103                  | 0.125                    |
| 7          | 1       | A-1-b                   | SM      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-4(0)                  | CL-ML   | 6.5                          | 2.2       | 7.1 | 33.3                 | 0.917         | 0.118                  | 0.130                    |
| 8          | 1       | A-1-b                   | SM      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-1-b                   | SM      | 5.8                          | 2.1       | 6.6 | 16.1                 | 0.197         | 0.106                  | 0.118                    |
| 9          | 1       | A-2-4(0)                | SC      | -                            | -         | -   | -                    | -             | -                      | -                        |
|            | 2       | A-4(1)                  | SC      | 4.7                          | 1.7       | 6.3 | 13.2                 | 1.332         | 0.110                  | 0.124                    |

Ilustración numero 38 tabla estudio de suelos

### Localización apiques del proyecto

**Fuente: Estudio de suelos LP Ingeniería y Consultoría SAS**

La prospección en la zona fue realizada mediante apiques, las cuales fueron localizadas sobre sitios estratégicos, en la zona de estudio.

## 10.1 Conclusiones y Recomendaciones

- ❖ Se ha realizado una descripción geográfica, geológica y sísmica de la zona de estudio con el propósito de aportar elementos para la microzonificación en esta zona del municipio.
- ❖ De igual forma se ha realizado una descripción de los diferentes factores que intervienen en el movimiento del suelo, en particular los relacionados con los fenómenos locales.
- ❖ La zona de influencia directa del proyecto está conformada mayormente por Arenas Arcillosas (SC) y Mal Gradadas (SP) con resistencias variables entre 1,73% y 6,27% del valor de CBR, además existe presencia de Gravas Arcillosas (GC) con resistencias de 2,17% y 6,12% medidos en el ensayo de CBR.
- ❖ El módulo Resiliente de la subrasante ha sido estimado en función de su CBR siendo este

equivalente entre 2.595 PSI y 9.405 PSI para las arenas, así como también entre 3.255 PSI y 9.180 PSI.

- ❖ Aquellas zonas donde el valor de soporte CBR es inferior a 3% (Apiques 1, 2, 14, 15, 17, 18, 20, 22 y 23) deben ser mejoradas según criterio del diseñador bajo parámetros normativos INVIAS – 2013.
- ❖ Sobre la zona específica de estudio no se presentan fallas geológicas que afecten la estabilidad del proyecto.
- ❖ No se encontró en el estudio de exploración geotécnica nivel freático cerca de la subrasante.
- ❖ Se recomienda en uso de geotextil no tejido como elemento de separación entre la estructura de pavimento a diseñar y la subrasante actual, esto con el fin de evitar procesos de migración de finos producto de la ascensión capilar.

## **11. DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

El casco urbano se encuentra limitado y atravesado por dos drenajes de carácter primario y secundario respectivamente, como lo son El Río Gualí y la Quebrada El Peñón, los cuales se convierten en dos de los principales ejes potenciales y de importancia ambiental dentro de la cabecera municipal promoviendo un entorno natural propicio para el desarrollo de actividades propias de esparcimiento y recreación.

El primero se constituye en el eje fundamental de la gran cuenca del río Gualí, cuyo nacimiento se establece en inmediaciones del Nevado del Ruiz en el Departamento de Caldas y sobre la cual aportan una gran número de fuentes naturales de potencial hídrico importante dentro del contexto local y regional, donde se destacan Ríos como Medina y Sucio, y quebradas como San José, Chiminá y Padilla. Recorre el centro poblado en dirección Oeste-Este, presentando una franja de 200 a 700 m, donde se desarrollan niveles aterrizados de distribución escalonada, con un valle central de 100 a 400 m de ancho, entre 2 y 4 m de altura.

La quebrada el Peñón, que recorre la cabecera en su costado Occidental con dirección Norte-Sur, representa uno de los componentes importantes dentro del ecosistema que hace parte del bosque municipal de Mariquita puesto que su nacimiento dentro de dicho ambiente natural hace evidente no solo la riqueza biótica de este si no su potencial como zona de producción y recarga hídrica. Además de lo anterior dicho drenaje se establece como una fuente interesante dentro del ámbito local en cuanto a su importancia a nivel recreativo y ambiental, puesto que el posterior aporte de agua a partir de pequeños cauces como la Quebrada San Juan permiten el desarrollo aún más amplio del cauce y de sus sistemas hídrico y biofísico.

Es de anotar que así como dichas fuentes se presentan como prospectos importantes dentro del esquema ambiental municipal, es preocupante observar como estas, en especial la quebrada el Peñón, presentan altos índices de contaminación fisicoquímica y bacteriológica de sus aguas, como parte de un aumento exagerado de la densidad y ocupación poblacional del territorio en áreas de protección y conservación ambiental que ha traído como consecuencia la degradación paulatina de los elementos naturales existentes; es por ello que dicha

fuelle a partir de la población que habita alrededor de sus márgenes, sin respetar las áreas de cesión establecidas por la legislación ambiental, han convertido estas aguas en la zona de descargue y vertedero por excelencia de residuos sólidos y líquidos provenientes de aguas servidas de las viviendas ubicadas a su alrededor, provocando día a día una muerte lenta y próxima de la corriente.

### **CLIMATOLOGÍA Y ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA.**

El estudio climático para la población de Mariquita determinó cuatro provincias climáticas de acuerdo con la clasificación propuesta por Caldas-Lang, quien se basa en la relación de valores de temperatura y precipitación con respecto a la variación altitudinal definiendo los diferentes pisos térmicos y la efectividad de la precipitación que muestra la humedad. Entre las provincias determinadas para el municipio se encuentran:

- Templado húmedo (TH).
- Cálido húmedo (CH).
- Cálido semihúmedo. (CSH).
- Cálido semiárido (CSA).

Las variables que se trabajan dentro de la clasificación climática (precipitación, temperatura, evapotranspiración y capacidad de almacenamiento) permiten conocer las diferentes épocas de siembra de acuerdo a las actividades productivas realizadas dentro del municipio, así como determinar los niveles de déficit y excesos de agua con el fin de obtener la capacidad de las fuentes abastecedoras de acueductos rurales y urbanos en cuanto a la disponibilidad de agua para la población.

La temperatura promedio del municipio es 28 °C.

Fuente. Plan de Desarrollo 2020-23 Mariquita Ecoculturística

### **AREAS TRIBUTARIAS**

El trazado de la red de drenaje de aguas lluvias debe, en general, seguir las calles de la localidad. La extensión y el tipo de áreas tributarias deben determinarse para cada tramo por diseñar. El área aferente debe incluir el área tributaria propia del tramo en consideración. Las áreas de drenaje deben ser determinadas por medición directa en planos, y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural.

## COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{\Sigma(C \times A)}{\Sigma A}$$

Para la estimación de C existen tablas de valores y fórmulas, algunas de las cuales se presentan en la siguiente tabla como guía para su selección

| Tipo de superficie                                                                      | C         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Cubiertas                                                                               | 0,75-0,95 |
| Pavimentos asfálticos y superficies de concreto                                         | 0,70-0,95 |
| Vías adoquinadas                                                                        | 0,70-0,85 |
| Zonas comerciales o industriales                                                        | 0,60-0,95 |
| Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras                             | 0,75      |
| Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos              | 0,60-0,75 |
| Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines                   | 0,40-0,60 |
| Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados | 0,45      |
| Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios                       | 0,30      |
| Laderas sin vegetación                                                                  | 0,60      |
| Laderas con vegetación                                                                  | 0,30      |
| Parques recreacionales                                                                  | 0,20-0,35 |

Tabla 1. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

El valor adoptado para el proyecto corresponde a un tipo de superficie de concreto por lo tanto se asume un C=0,8.

## TIEMPO DE CONCENTRACION

El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$T_C = T_e + T_t$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de Concentración

$T_e$  = Tiempo de Entrada

$T_t$  = Tiempo de Transito en el Colector

## TIEMPO DE ENTRADA, TE

Existen varias fórmulas para estimar el tiempo de entrada, en este diseño se determinó con la ecuación del Soil Conservation Service (SCS) que propone estimar  $T_e$  con base en la velocidad media de escorrentía superficial sobre el área de drenaje y la distancia de recorrido

$$T_e = \frac{L}{(60 \cdot V_s)}$$

$V_s$  puede aproximarse por

$$V_s = a \cdot S^{1/2}$$

$a$  es una constante que depende del tipo de superficie, tal como se muestra en la Tabla 2

| Tipo de superficie                                 | a    |
|----------------------------------------------------|------|
| Bosque con sotobosque denso                        | 0,70 |
| Pastos y patios                                    | 2,00 |
| Áreas cultivadas en surcos                         | 2,70 |
| Suelos desnudos                                    | 3,15 |
| Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas | 6,50 |

Tabla 2. Constante de escorrentía o impermeabilidad

Estimando los valores de los tiempos de entrada por tramo se obtienen con los datos de cada tramo así:

| No | TRAMO VIAL                   | LONGITUD APROX |
|----|------------------------------|----------------|
| 1  | CALLE 11 ENTRE CARRERA 3 Y 4 | 128            |

## INTENSIDAD DE PRECIPITACION

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF para el periodo de retorno de diseño, se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular y verificar su validez. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, derivados con información pluviográfica colombiana. En el análisis se deberán incluir los cambios en las intensidades producidos por los fenómenos de variabilidad y cambio climático sucedidos en Colombia, teniendo en cuenta los lineamientos desarrollados en las comunicaciones nacionales sobre cambio climático, elaborados por el IDEAM.

## PERIODO DE RETORNO DE DISEÑO

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado. En la Tabla 16 de la Resolución 0330 de 2017 se establecen valores de periodos de retorno o grado de protección.

## CALCULO DE CURVAS IDF POR METODO SIMPLIFICADO

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método que se desarrolló en el estudio denominado Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia. (Vargas M.R., Díaz-Granados O.M. 1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad- duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar. La expresión resultante está dada por:

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h). T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la Figura 2.13, y sus valores se presentan en la Tabla 9.

| REGIÓN         | a     | b    | c    | d    |
|----------------|-------|------|------|------|
| Andina (R1)    | 0.94  | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| Caribe (R2)    | 24.85 | 0.22 | 0.50 | 0.10 |
| Pacífico (R3)  | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.20 |
| Orinoquía (R4) | 5.53  | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

Ilustración numero 39 Tabla4.Valoresdeloscoeficientesa,b,cydparaelcálculodelascurvasintensidad-duración-

frecuencia,IDF, para Colombia. AUTOR LIBRO

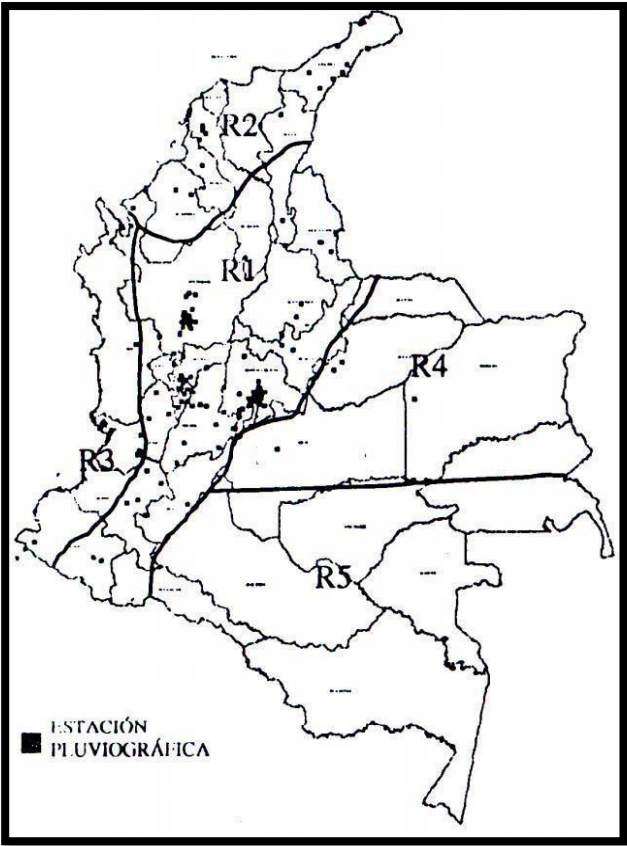


Ilustración numero 40 Esquema mapa de frecuencias - Colombia

Teniendo en cuenta que una vez investigada la página del ideam y evidenciar que no se cuenta con información hidrológica de la conformación de la curva IDF, se procede a utilizar la información obtenida de la estación ubicada en el municipio de Fresno, el cual se encuentra cercano al municipio de mariquita.

| AÑO  | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1972 | 15  | 27  | 36  | 35  | 39  | 64  | 36  | 18  | 77  | 51  | 27  | 27  |
| 1973 | 9   | 27  | 39  | 17  | 45  | 66  | 64  | 19  | 49  | 65  | 36  | 37  |
| 1974 | 20  | 11  | 43  | 49  | 45  | 37  | 62  | 45  | 18  | 56  | 39  | 40  |
| 1975 | 30  | 10  | 29  | 42  | 21  | 82  | 39  | 59  | 36  | 49  | 35  | 27  |
| 1976 | 64  | 21  | 26  | 39  | 36  | 90  | 29  | 0   | 19  | 45  | 45  | 38  |
| 1977 | 25  | 13  | 33  | 19  | 39  | 15  | 54  | 36  | 33  | 67  | 43  | 52  |
| 1978 | 25  | 19  | 33  | 35  | 39  | 49  | 29  | 18  | 5   | 52  | 54  | 25  |
| 1979 | 91  | 16  | 10  | 26  | 49  | 49  | 30  | 33  | 57  | 35  | 41  | 27  |
| 1980 | 37  | 15  | 36  | 28  | 66  | 25  | 31  | 5   | 25  | 48  | 70  | 48  |

|      |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1981 | 25 | 10 | 25 | 25 | 106 | 71 | 36 | 10 | 91 | 90 | 64 | 45 |
| 1982 | 49 | 52 | 65 | 17 | 45  | 57 | 23 | 6  | 0  | 40 | 64 | 35 |
| 1983 | 45 | 63 | 26 | 55 | 49  | 59 | 9  | 8  | 13 | 63 | 66 | 48 |

|      |    |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 1984 | 39 | 25 | 36 | 26 | 39 | 69  | 35 | 37 | 96 | 29 | 27 | 59 |
| 1985 | 39 | 3  | 8  | 21 | 53 | 39  | 8  | 32 | 45 | 63 | 45 | 37 |
| 1986 | 36 | 36 | 72 | 45 | 49 | 49  | 39 | 0  | 32 | 41 | 76 | 27 |
| 1987 | 35 | 31 | 15 | 35 | 45 | 36  | 10 | 54 | 89 | 57 | 69 | 36 |
| 1988 | 25 | 25 | 36 | 39 | 94 | 30  | 40 | 60 | 46 | 99 | 32 | 39 |
| 1989 | 45 | 13 | 45 | 59 | 69 | 59  | 27 | 27 | 29 | 59 | 69 | 59 |
| 1990 | 17 | 35 | 48 | 47 | 48 | 25  | 39 | 19 | 9  | 39 | 29 | 35 |
| 1991 | 68 | 19 | 11 | 39 | 45 | 39  | 54 | 72 | 35 | 48 | 51 | 61 |
| 1992 | 39 | 41 | 49 | 18 | 28 | 45  | 12 | 26 | 2  | 48 | 27 | 64 |
| 1993 | 39 | 39 | 25 | 69 | 84 | 99  | 9  | 19 | 15 | 58 | 39 | 71 |
| 1994 | 67 | 47 | 50 | 49 | 69 | 45  | 39 | 39 | 7  | 49 | 69 | 46 |
| 1995 | 25 | 2  | 27 | 30 | 81 | 59  | 48 | 49 | 29 | 69 | 49 | 25 |
| 1996 | 45 | 79 | 19 | 69 | 29 | 56  | 35 | 19 | 29 | 45 | 39 | 59 |
| 1997 | 59 | 19 | 49 | 25 | 45 | 49  | 35 | 0  | 0  | 49 | 25 | 69 |
| 1998 | 13 | 25 | 89 | 79 | 59 | 115 | 19 | 39 | 5  | 27 | 69 | 49 |
| 1999 | 35 | 46 | 45 | 52 | 25 | 29  | 74 | 39 | 74 | 45 | 79 | 49 |
| 2000 | 45 | 36 | 29 | 40 | 28 | 97  | 59 | 39 | 79 | 45 | 79 | 37 |
| 2001 | 60 | 22 | 45 | 41 | 59 | 74  | 29 | 23 | 1  | 54 | 39 | 61 |
| 2002 | 45 | 57 | 5  | 69 | 49 | 35  | 49 | 27 | 47 | 59 | 59 | 29 |
| 2003 | 27 | 11 | 25 | 49 | 35 | 45  | 56 | 15 | 9  | 35 | 84 | 79 |
| 2004 | 45 | 54 | 39 | 29 | 49 | 144 | 45 | 19 | 2  | 59 | 64 | 32 |
| 2005 | 79 | 29 | 84 | 38 | 39 | 63  | 36 | 11 | 18 | 31 | 35 | 51 |
| 2006 | 37 | 56 | 25 | 23 | 45 | 45  | 55 | 35 | 17 | 45 | 39 | 74 |
| 2007 | 41 | 38 | 25 | 35 | 37 | 47  | 40 | 28 | 43 | 46 | 32 | 87 |
| 2008 | 45 | 19 | 25 | 45 | 30 | 49  | 25 | 21 | 69 | 48 | 25 | 99 |
| 2009 | 42 | 95 | 29 | 89 | 33 | 19  | 29 | 9  | 40 | 23 | 29 | 82 |

|      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2010 | 59 | 27 | 39 | 46 | 59 | 39 | 29 | 59 | 36 | 49 | 45 | 40 |
| 2011 | 19 | 25 | 31 | 74 | 69 | 39 | 19 | 19 | 19 | 58 | 39 | 66 |
| 2012 | 35 | 56 | 43 | 89 | 45 | 39 | 5  | 7  | 27 | 9  | 58 | 43 |
| 2013 | 54 | 59 | 46 | 37 | 59 | 71 | 40 | 11 | 29 | 0  | 59 | 49 |
| 2014 | 25 | 39 | 27 | 29 | 79 | 60 | 39 | 6  | 8  | 42 | 82 | 43 |

|      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 2015 | 35 | 29 | 19 | 45 | 59 | 45 | 29 | 15 | 0  | 27 | 61 | 45 |
| 2016 | 2  | 5  | 54 | 59 | 89 | 64 | 45 | 17 | 29 | 32 | 54 | 52 |
| 2017 | 49 | 15 | 11 | 64 | 61 | 66 | 30 | 35 | 47 | 31 | 59 | 98 |

| PRECIPITACIÓN<br>EN 24 HORAS |                       | MÁXIMA<br>ANUAL HISTORICA |
|------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| AÑO                          | PRECIPITACION<br>(mm) |                           |
| 1972                         | 38                    |                           |
| 1973                         | 39                    |                           |
| 1974                         | 39                    |                           |
| 1975                         | 38                    |                           |
| 1976                         | 38                    |                           |
| 1977                         | 36                    |                           |
| 1978                         | 32                    |                           |
| 1979                         | 39                    |                           |
| 1980                         | 36                    |                           |
| 1981                         | 50                    |                           |
| 1982                         | 38                    |                           |
| 1983                         | 42                    |                           |
| 1984                         | 43                    |                           |
| 1985                         | 33                    |                           |
| 1986                         | 42                    |                           |
| 1987                         | 43                    |                           |
| 1988                         | 47                    |                           |
| 1989                         | 47                    |                           |
| 1990                         | 33                    |                           |
| 1991                         | 45                    |                           |
| 1992                         | 33                    |                           |
| 1993                         | 47                    |                           |
| 1994                         | 48                    |                           |
| 1995                         | 41                    |                           |
| 1996                         | 44                    |                           |
| 1997                         | 35                    |                           |
| 1998                         | 49                    |                           |
| 1999                         | 49                    |                           |
| 2000                         | 51                    |                           |

|      |    |
|------|----|
| 2001 | 42 |
| 2002 | 44 |
| 2003 | 39 |
| 2004 | 48 |
| 2005 | 43 |
| 2006 | 41 |
| 2007 | 42 |
| 2008 | 42 |
| 2009 | 43 |

|                 |       |
|-----------------|-------|
| 2010            | 44    |
| 2011            | 40    |
| 2012            | 38    |
| 2013            | 43    |
| 2014            | 40    |
| 2015            | 34    |
| 2016            | 42    |
| 2017            | 47    |
| Numero de datos | 46    |
| Media           | 41,45 |

Tablas de precipitación de lluvias

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) en la ecuación 5, se obtiene la siguiente tabla:

| Tabla de intensidades - Tiempo de duración |                           |         |         |         |         |         |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| TIEMPO                                     | PERIODO DE RETORNO (Años) |         |         |         |         |         |
|                                            | 2                         | 5       | 10      | 20      | 50      | 100     |
| 10                                         | 76,4607                   | 90,1712 | 102,153 | 115,72  | 136,47  | 154,615 |
| 20                                         | 48,3903                   | 57,0674 | 64,6507 | 73,2417 | 86,3750 | 97,8528 |
| 30                                         | 37,0287                   | 43,6684 | 49,4713 | 56,0452 | 66,0948 | 74,8778 |
| 40                                         | 30,6252                   | 36,1167 | 40,9160 | 46,3531 | 54,6648 | 61,9289 |
| 50                                         | 26,4313                   | 31,1708 | 35,3129 | 40,0054 | 47,1789 | 53,4482 |
| 60                                         | 23,4347                   | 27,6368 | 31,3093 | 35,4698 | 41,8300 | 47,3885 |
| 70                                         | 21,1677                   | 24,9634 | 28,2806 | 32,0386 | 37,7836 | 42,8044 |
| 80                                         | 19,3820                   | 22,8575 | 25,8949 | 29,3359 | 34,5962 | 39,1935 |
| 90                                         | 17,9324                   | 21,1479 | 23,9581 | 27,1418 | 32,0087 | 36,2621 |
| 100                                        | 16,7278                   | 19,7273 | 22,3487 | 25,3185 | 29,8585 | 33,8262 |
| 110                                        | 15,7079                   | 18,5246 | 20,9862 | 23,7749 | 28,0381 | 31,7639 |
| 120                                        | 14,8313                   | 17,4907 | 19,8150 | 22,4481 | 26,4733 | 29,9912 |
| 130                                        | 14,0681                   | 16,5907 | 18,7954 | 21,2929 | 25,1111 | 28,4479 |

|     |         |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 140 | 13,3966 | 15,7988 | 17,8982 | 20,2765 | 23,9124 | 27,0900 |
| 150 | 12,8002 | 15,0955 | 17,1014 | 19,3740 | 22,8480 | 25,8841 |
| 160 | 12,2665 | 14,4660 | 16,3883 | 18,5660 | 21,8952 | 24,8047 |
| 170 | 11,7853 | 13,8986 | 15,7455 | 17,8378 | 21,0364 | 23,8318 |
| 180 | 11,3490 | 13,3841 | 15,1626 | 17,1774 | 20,2576 | 22,9495 |

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado

| Características del área de drenaje                                                                               | Período de retorno (años) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas                              | 3                         |
| Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas                | 5                         |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas                                             | 5                         |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas                                            | 10                        |
| Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas                                                        | 50                        |
| Canales abiertos en zonas planas y que drenan mayores a 1000 hectáreas                                            | 100                       |
| Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas | 100                       |

Tablas de características de drenaje

### CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo de los caudales se debe tener en cuenta el periodo de retorno para el diseño ya que esta es una función directa del área a drenar. Para el estimativo debemos considerar el diseño según las características que presente el área de drenaje, con la siguiente ecuación:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

Donde:

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

I = intensidad en mm/h A =

Area en Ha

C = Coeficiente de manning

Dado lo anterior pasamos a revisar el coeficiente de escorrentía en la cual los caudales a trabajar lo haremos por el método racional, en la tabla anexa se escoge el coeficiente de aguas lluvia indicada para el tipo de obra que vamos a adelantar en el proyecto:

## TIPO DE SUPERFICIE COEFICIENTE

|                                                 |             |
|-------------------------------------------------|-------------|
| Pavimentos asfálticos y superficies en concreto | 0.70 – 0.95 |
|-------------------------------------------------|-------------|

Para el caso de nuestro proyecto en el cual las vías a pavimentar serán en concreto rígido, tomaremos el valor promedio según el coeficiente por tipo de superficie el cual es C  $(0.70+0.95)/2$  entonces  $C=0.825$  el cual es el rango medio del valor ofrecido.

De lo anterior tenemos:

C = 0,825 correspondiente al rango medio del valor ofrecido

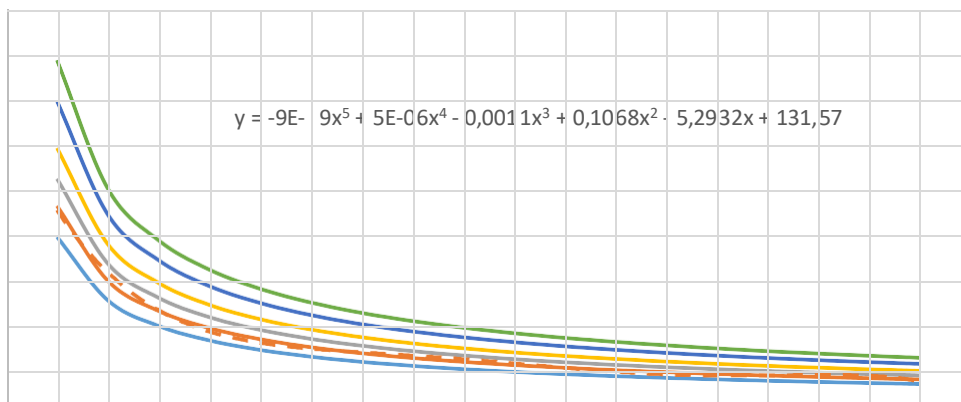


Ilustración numero 41 Tablas Grafica de curvas de medidas topograficas

La intensidad con la cual se trabajará se toma del gráfico de curvas IDF, tomando como medida una línea de

tendencia a la línea de 5 años y generando una ecuación en la cual encontraremos el valor de intensidad a los 20 minutos

$$y = -9E-09x^5 + 5E-06x^4 - 0,0011x^3 + 0,1068x^2 - 5,2932x + 131,57$$

Mediante la ecuación generada en la curva IDF a 5 años, obtenemos una precipitación de 60,3972 mm/hora

Para determinar el área de trabajo, se hace la sección de áreas tributarias del tramo más crítico. Se toma el valor de calle 1a entre carreras 12 y la intersección el cual cuenta con un valor de 8617 m<sup>2</sup>

Basándonos en la siguiente ecuación, encontramos nuestro valor de caudal de diseño en m<sup>3</sup>/s, el cual más adelante se comparará con el caudal máximo para este tipo de vías.

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

|                |         |                   |
|----------------|---------|-------------------|
| Coeficiente    | 0,825   |                   |
| Intensidad     | 60,3972 | mm/h              |
| Área tributari | 2,4     | Ha                |
| Q diseño       | 0,332   | m <sup>3</sup> /s |

## CAUDAL MAXIMO

Para estos casos el ancho de inundación de la vía por escorrentía(“T”) permisible de la vía, está en función del tipo de vía, del tráfico vehicular y peatonal esperado tal como se muestra en el siguiente cuadro:

| Clasificación de la vía        | Ancho de inundación superficial admisible T(m) |
|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Zona Residencial               | 2.0                                            |
| Zona Institucional y Comercial | 1.5                                            |
| Vías tipo V-0 a V-3            | 1.5                                            |

Adoptamos un valor de T de 2 metros

Mediante la siguiente ecuación se determina el caudal máximo que puede transportar la vía por escorrentía

$$Q = \frac{Ku * Sx^{1,67} * Sl^{0,5} * T^{8/3}}{n}$$

Donde

Q = Caudal máximo (m3/s)

Sl = Pendiente longitudinal de la vía T =

Ancho de la inundación de la vía Sx=

pendiente transversal de la vía

n = coeficiente de rugosidad de manning Ku =

0.376 (sistema métrico)

Q = 0,429 m3/s

|          |       |        |
|----------|-------|--------|
| Q diseño | 0,332 | cumple |
| Q máximo | 0,430 |        |

Basados en los valores existentes y mediante la ecuación de Manning encontramos que la capacidad es de 0,430 m3/s, se determinó por medio de áreas tributarias que el caudal a manejar por escorrentía será de 0,332 m3/s por lo cual se determina que no se tendrán problemas con el diseño.

El Municipio de San Sebastián de Mariquita al no contar con una óptima red enterrada de aguas lluvias, da el manejo a las mismas por escorrentía, gracias a las pendientes existentes el agua corre sin problema.

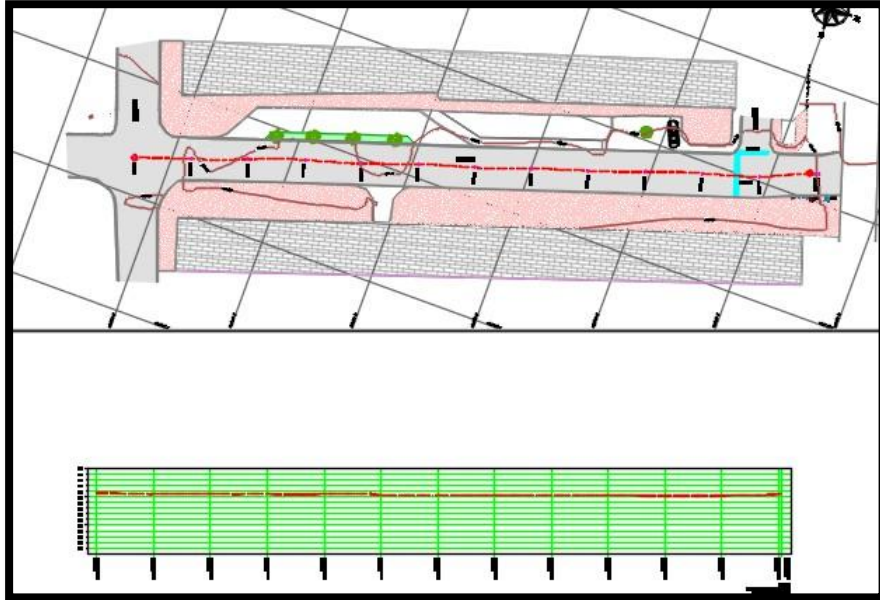


Ilustración numero 42

### RED SANITARIA CALLE 11 ENTRE CARRERA 3 Y 4

En el sector de la calle 11 entre carreras 3 Y 4 contamos con una pendiente promedio de 2,12% con dirección hacia la carrera 4.

Conclusiones Análisis Hidrológico

Se determinaron las curvas IFD por el método simplificado, de acuerdo a los lineamientos definidos en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías, en el capítulo 2. Hidrología de drenaje superficial vial.

Se da un manejo de agua lluvia por escorrentía sin problema alguno gracias a las pendientes existentes.

Nuestro caudal de diseño por medio de áreas tributarias nos da un valor de 0,332 m<sup>3</sup>/s y el máximo de 0,430 m<sup>3</sup>/s, cumpliendo el diseño con los parámetros

## PRESUPUESTO

| PRESUPUESTO DETALLADO GENERAL |                 |                                                                                                   |         |          |                |                          |
|-------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|----------------|--------------------------|
| CALLE 11 ENTRE CARRERAS 3 Y 4 |                 |                                                                                                   |         |          |                |                          |
| ÍTEM                          | ITEM DE PAGO    | DESCRIPCION                                                                                       | UNIDAD  | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR PARCIAL            |
| <b>1</b>                      |                 | <b>PRELIMINARES</b>                                                                               |         |          |                | <b>\$ 58 896 116.01</b>  |
| 1.1                           | <b>1P</b>       | LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO                                                                          | M2      | 1 036.32 | \$ 3 161.20    | \$ 3 276 000.51          |
| 1.2                           | <b>52P</b>      | CERRAMIENTO DE OBRA EN LONA VERDE H= 2.1 M                                                        | ML      | 312.52   | \$ 17 255.66   | \$ 5 392 737.73          |
| 1.3                           | <b>201.3</b>    | DEMOLICION DE PAVIMENTO RIGIDO                                                                    | M3      | 155.45   | \$ 111 803.81  | \$ 17 379 594.17         |
| 1.4                           | <b>201.9</b>    | DEMOLICION DE ANDENES Y CANAL EXISTENTE                                                           | M3      | 64.02    | \$ 113 836.57  | \$ 7 287 475.50          |
| 1.5                           | <b>210.2.1P</b> | EXCAVACIONES EN MATERIAL COMUN Y CONGLOMERADO EN SECO A MAQUINA                                   | M3      | 569.97   | \$ 32 683.34   | \$ 18 628 630.54         |
| 1.6                           | <b>600.2.3P</b> | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO A MANO                                              | M3      | 169.68   | \$ 40 851.98   | \$ 6 931 677.56          |
| <b>2</b>                      |                 | <b>OBRAS DE PAVIMENTACION</b>                                                                     |         |          |                | <b>\$ 288 444 387.03</b> |
| 2.1                           | <b>3P</b>       | SUMINISTRO, EXTENDIDA Y COMPACTACIÓN DE MATERIAL TIPO RECEBO PARA RELLENO (NO INCLUYE TRANSPORTE) | M3/COMP | 428.39   | \$ 55 109.90   | \$ 23 608 703.46         |
| 2.2                           | <b>330.1</b>    | Sub-base granular clase C                                                                         | M3/COMP | 207.26   | \$ 114 503.27  | \$ 23 732 291.44         |
| 2.3                           | <b>12P</b>      | Sardinela prefabricado (0,4*0,2*0,8) 3000 psi incluye excavacion y mortero de nivelacion          | ML      | 261.42   | \$ 103 330.09  | \$ 27 012 551.01         |
| 2.4                           | <b>640.1P</b>   | Acero liso para pasadores Fy 4200 Mpa suministrado, figurado e instalado                          | KG      | 725.65   | \$ 9 416.74    | \$ 6 833 238.83          |
| 2.5                           | <b>640.1</b>    | Acero de refuerzo Fy 4200 Mpa Suministrado, Figurado e instalado                                  | KG      | 1 347.70 | \$ 8 970.59    | \$ 12 089 659.48         |
| 2.6                           | <b>9P</b>       | Canastilla para barra pasa junta                                                                  | ML      | 217.00   | \$ 24 312.00   | \$ 5 275 704.00          |
| 2.7                           | <b>500.1.1P</b> | Construccion placa de concreto Mr-40 vaciado en sitio                                             | M3      | 207.26   | \$ 864 059.95  | \$ 179 087 658.16        |
| 2.8                           | <b>9.1P</b>     | Sello de junta                                                                                    | ML      | 352.11   | \$ 30 685.24   | \$ 10 804 580.65         |

| <b>3</b>                     |                 | <b>ALCANTARILLADO</b>                                                                                                                                                  |       |              |               | <b>\$ 142 099 370.09</b> |
|------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|---------------|--------------------------|
| 3.1                          | <b>41P</b>      | Suministro e instalacion de lecho de arena para tuberia alcantarillado                                                                                                 | M3    | 26.68        | \$ 75 016.39  | \$ 2 001 582.06          |
| 3.2                          | <b>15P</b>      | Suministro e instalacion de tuberia NTC 3722-3 y NTC 4764 de diametro 6"                                                                                               | ML    | 137.70       | \$ 85 660.37  | \$ 11 795 433.36         |
| 3.3                          | <b>26P</b>      | Suministro e instalacion dekit sillayee 12x6" PVC incluye agarraderas caucho y adherencia                                                                              | UND   | 27.00        | \$ 440 377.35 | \$ 11 890 188.44         |
| 3.4                          | <b>46.1P</b>    | Caja de inspeccion 60x60x100 cm en concreto de 3000 psi y tapa reforzada en concreto de 3000 psi                                                                       | UND   | 27.00        | \$ 570 110.61 | \$ 15 392 986.37         |
| 3.5                          | <b>27P</b>      | Manejo de aguas con cortacorriente en saco arena                                                                                                                       | UND   | 28.00        | \$ 28 308.93  | \$ 792 650.15            |
| 3.6                          | <b>900.2P</b>   | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIONES, SUBBASES Y BASES, MATERIALES GRANULARES, MEZCLAS ASFALTICAS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 M). | M3/KM | 70<br>812.21 | \$ 1 415.38   | \$ 100 226 529.72        |
| <b>4</b>                     |                 | <b>ANDENES</b>                                                                                                                                                         |       |              |               | <b>\$ 80 900 028.08</b>  |
| 4.1                          | <b>14P</b>      | LOSETA PREFABRICADA PARA ANDEN                                                                                                                                         | M2    | 442.53       | \$ 168 344.91 | \$ 74 497 672.50         |
| 4.2                          | <b>21P</b>      | EMPRADIZACION                                                                                                                                                          | M2    | -            | \$ 28 676.01  | \$ -                     |
| 4.3                          | <b>600</b>      | CANAL EN CONCRETO, INCUYE REJILLA                                                                                                                                      | ML    | 12.17        | \$ 464 666.44 | \$ 5 654 990.53          |
| 4.4                          | <b>601</b>      | MAMPOSTERIA PARA MATERA                                                                                                                                                | M3    | 6.40         | \$ 116 775.79 | \$ 747 365.05            |
| 4.5                          | <b>500.1.2P</b> | CONCRETO MR-40 PARA CANAL                                                                                                                                              | M3    | -            | \$ 804 449.37 | \$ -                     |
| 4.6                          | <b>600.1P</b>   | REJILLA EN CONCRETO PARA CANAL                                                                                                                                         | UND   | -            | \$ 127 901.31 | \$ -                     |
| <b>5</b>                     |                 | <b>MARCAS VIALES</b>                                                                                                                                                   |       |              |               | <b>\$ 6 623 266.45</b>   |
| 5.1                          | <b>700.2</b>    | Demarcacion con pintura en frio                                                                                                                                        | M2    | 47.00        | \$ 51 639.03  | \$ 2 427 034.29          |
| 5.2                          | <b>700.4</b>    | Suministro e instalacion señal vertical                                                                                                                                | UND   | 8.00         | \$ 524 529.02 | \$ 4 196 232.16          |
|                              |                 |                                                                                                                                                                        |       |              |               |                          |
|                              |                 |                                                                                                                                                                        |       |              |               |                          |
|                              |                 |                                                                                                                                                                        |       |              |               | \$ -                     |
| <b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b> |                 |                                                                                                                                                                        |       |              |               | <b>\$ 576 963 167.66</b> |
| <b>ADMINISTRACIÓN 24%</b>    |                 |                                                                                                                                                                        |       |              |               | <b>\$ 138 471 160.20</b> |

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| <b>IMPREVISTOS 1%</b>         | \$ 5 769 631.70         |
| <b>UTILIDAD 5%</b>            | \$ 28 848 158.40        |
| <b>P.M.A</b>                  | \$ 1 730 889.50         |
| <b>PGIO</b>                   | \$ 1 153 926.34         |
| <b>P.M.T</b>                  | \$ 2 019 371.09         |
| <b>COSTO TOTAL DE LA OBRA</b> | <b>\$754 956 304.88</b> |

## .9. CONCLUSIONES

## 10. RECOMENDACIONES

## REFERENCIAS

- ASOCRETO. (2020). Manual técnico de pavimentos en concreto. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2022). Guía para la formulación y evaluación de proyectos de infraestructura vial urbana. Bogotá, Colombia.
- ICONTEC. (2017). Norma Técnica Colombiana NTC 5500: Concretos hidráulicos. Requisitos generales. Bogotá, Colombia.
- INVIAS. (2013). Especificaciones generales de construcción de carreteras y pavimentos. Recuperado de: <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos/139-documento-tecnicos/1988-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras-y-normas-de-ensayo-para-materiales-de-carreteras>.
- Ministerio de Transporte. (2018). Manual de diseño de pavimentos rígidos.
- ICONTEC. (2020). NTC 550: Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra. Recuperado de: <https://tienda.icontec.org/gp-concretos-elaboracion-y-curado-de-especimenes-de-concreto-en-el-sitio-de-trabajo-ntc550-2020.html>
- NTC 550: Concretos. Elaboración y Curado de Especímenes de Concreto. (s. f.). Recuperado de: <https://www.scribd.com/document/816078568/NTC-550-Elaboracion-y-curado-de-especimenes-de-concreto>