DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEÑALIZACION DEL CRUCE EN LA CARRERA 7 CON CALLE 7 MUNICIPIO DE EL COLEGIO, CUNDINAMARCA

JHERSON JAIR NIÑO VEGA
COD.21220271
JUAN CARLOS GIL RAMÍREZ
CÓD. 21310048

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2023

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y SEÑALIZACION DEL CRUCE EN LA CARREA 7 CON CALLE 7 MUNICIPIO DE EL COLEGIO, CUNDINAMARCA

JHERSON JAIR NIÑO VEGA
COD.21220271
JUAN CARLOS GIL RAMÍREZ
CÓD. 21310048

DIRECTOR DE TRABAJO:
MICHAEL AFRANIO DIAZ RICARDO
INGENIERO CIVIL

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT
2023

Agradecimientos

Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes; he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Yo Juan Carlos Gil Ramírez, quisiera dedicar mi Trabajo de Grado a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, y los finos deleites de la vida. Muchas gracias a aquellos seres queridos que siempre aguardo en mi alma.

Yo Jherson Jair Niño Vega, en principio, deseo expresar mi gratitud hacia mis padres, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, proporcionándome un respaldo constante para alcanzar mis metas tanto personales como académicas. Su afecto ha sido el motor que me ha animado a seguir adelante, sin rendirme ante los desafíos, impulsándome siempre a perseguir mis objetivos durante este proceso.

Varios profesores han formado parte de mi trayecto en la universidad, les agradezco por compartir los conocimientos fundamentales que me permiten estar en este punto hoy. Sin su enseñanza, los conceptos carecerían de significado real y quedarían vacíos, siendo arrastrados por el olvido como las palabras que el viento se lleva consigo.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la universidad que me ha desafiado enormemente, pero al mismo tiempo ha sido el camino para lograr este anhelado título. Reconozco y agradezco a cada líder de la institución por su labor y esfuerzo, ya que, sin su trabajo dedicado, no existirían los cimientos ni las circunstancias adecuadas para adquirir nuevos conocimientos.

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	3
Glosario	9
Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
1. Justificación	14
2. Problema de Investigación	16
3. Objetivos	18
3.1 Objetivo General	18
3.2 Objetivos Específicos	18
4. Diseño Metodológico	19
4.1 Antecedentes	20
5. Marcos de Referencia	21
5.1 Marco Teórico	21
5.2 Marco Legal	22
6. Localización	25
6.1 Ubicación Geográfica	25
6.2 Delimitación	25
7. Recursos	28
8. Geotecnia	29
8.1 Período de Diseño	29
9. Estudio de Tránsito	44
9.1 Estimación del tránsito de diseño	44
10. Diseño Pavimento flexible. Invias	47
10.1 Consideraciones de Diseño	52
11. Registro de las fallas encontradas	74
12. Conclusiones y Recomendaciones	76

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Período de diseño estructural recomendados (Tabla 2.3).	29
Tabla 2. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6.).	44
Tabla 3. Factores de equivalencia de carga (Tabla 3.5).	45
Tabla 4. Datos del sector.	48
Tabla 5. Regiones climáticas según temperatura y precipitación.	49
Tabla 6. Entornos de resistencia de subrasante.	49
Tabla 7. Requisitos de tránsito contemplados en la guía de diseño.	50
Tabla 8. Tabla deterioros del tipo A.	74
Tabla 9. Tabla deterioros del tipo A.	74

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Carta N° 3, S3 - T4 51

Figura 2. Diseño de pavimento flexible. 51

Lista de Anexos

Pág.
Anexo A. Registro fotográfico 86

Glosario

MORFOLOGÍA: “Es el estudio de los morfemas. Los morfemas pueden ser palabras, raíces de palabras (lexemas), afijos, desinencias, adjetivos, adverbios, alteraciones fonéticas.” (Boeree, 2007)

ANDEN: “Zona o franja paralela a la vía de uso vehicular, destinada a la permanencia o tránsito de peatones. Su superficie debe ser dura para su circulación, no obstante, dependiendo de la tipología que se defina, pueden generarse composiciones con superficies blandas.” (IDECA, s.f.)

FICHA TÉCNICA: “Es un documento en él se consolidan las especificaciones técnicas que se requieren para el seguimiento de la producción de la prenda.” (Dugotex S.A.)

RESISTENCIA: “Es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper.” (Edu.Xunta, s.f.)

GEOTEXTIL: “es un elemento laminar, flexible y poroso de frecuente uso en la construcción civil. Su estructura presenta un enlace mecánico o químico entre sus filamentos que le brindan propiedades mecánicas e hidráulicas.” (GrupoGHA, s.f.)

AGRIETAMIENTO: Aparición de grietas de diversa índole en la superficie de un pavimento.

APIQUE: Exploración de 1m a 1.5m de profundidad de ancho variable, donde se recuperan muestras de material para la caracterización de los diferentes estratos del suelo.

BACHES: Desintegración total de la carpeta asfáltica lo cual deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.

CARRIL DE DISEÑO: carril por el cual se espera la circulación del mayor número de cargas de diseño. Normalmente es cualquiera de los dos en una vía de dos carriles o cualquiera de los exteriores en una vía de carriles múltiples.

CONCRETO ASFÁLTICO: Mezcla homogénea, de cemento asfáltico y agregados bien gradados, que se elabora, extiende y compacta en caliente para formar una masa densa, estable y uniforme.

DESPRENDIMIENTOS: Es la disgregación de la superficie de rodadura, debido a problemas de humedad, calidad de los materiales y el volumen de tránsito, se manifiesta, por la pérdida de la capa asfáltica.

DRENAJE: Es el agua que llega a la vía y la afecta por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o fuera de la vía.

EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA: Es el estudio completo de las características principales del suelo existente, sobre el cual se va a construir o rehabilitar la estructura de pavimento. Esta caracterización consiste en la clasificación de los diferentes materiales que conforman dicho suelo, mediante pruebas destructivas, que permiten la toma de muestras para ser llevadas a laboratorio.

FATIGA: Disminución progresiva de la resistencia de un material debido a la acción de la aplicación de cargas sobre él mismo.

FISURAS: Discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, las cuales han superado la resistencia del material afectado.

MANTENIMIENTO: Conjunto de actividades destinadas a prevenir daños o reparar defectos específicos de los componentes de una carretera, incluyendo calzada, bermas, zonas

Resumen

El proyecto de diseño de infraestructura vial en el cruce de la Carrera 7 con Calle 7 en El Colegio, Cundinamarca, surge ante la necesidad de abordar el estado marginal de la vía, identificado mediante el método de inspección visual (VIZIR). La evaluación de las condiciones actuales destaca la urgencia de emprender acciones de rehabilitación en el pavimento para garantizar no solo la seguridad, sino también la comodidad de los usuarios.

La metodología de la AASHTO se emplea para determinar los espesores óptimos de las capas del pavimento. Los resultados proponen una estructura que consiste en 4.5 pulgadas de capa asfáltica, 6.0 pulgadas de base granular y 10.1 pulgadas de subbase granular. Esta determinación no solo revela un enfoque técnico preciso, sino también un compromiso con estándares de calidad que aseguran la durabilidad y resistencia del pavimento.

Paralelamente, se observa que la señalización existente en el cruce es prácticamente inexistente, lo que presenta un riesgo significativo para la seguridad vial. Para abordar esta deficiencia, se propone un diseño de señalización óptima que no solo corrija las carencias actuales, sino que también contribuya a una movilidad más segura y fluida para peatones y conductores.

En resumen, el proyecto se enfoca en tres aspectos fundamentales: la rehabilitación del pavimento, la determinación precisa del diseño mediante la AASHTO, y la implementación de una señalización mejorada. La integración de estos elementos se presenta como una solución integral para asegurar la mejora sostenible de la infraestructura vial en el cruce de la Carrera 7 con Calle 7 en El Colegio, Cundinamarca.

Abstract

The road infrastructure design project at the intersection of Carrera 7 and Calle 7 in El Colegio, Cundinamarca, arises from the need to address the marginal state of the road, identified through the visual inspection method (VIZIR). The evaluation of current conditions highlights the urgency of undertaking rehabilitation actions on the pavement to guarantee not only the safety, but also the comfort of users.

AASHTO methodology is used to determine optimal pavement layer thicknesses. The results propose a structure that consists of 4.5 inches of asphalt layer, 6.0 inches of granular base and 10.1 inches of granular subbase. This determination not only reveals a precise technical approach, but also a commitment to quality standards that ensure the durability and resistance of the pavement.

At the same time, it is observed that the existing signage at the crossing is practically non-existent, which presents a significant risk to road safety. To address this deficiency, an optimal signage design is proposed that not only corrects the current deficiencies, but also contributes to safer and more fluid mobility for pedestrians and drivers.

In summary, the project focuses on three fundamental aspects: pavement rehabilitation, precise design determination through AASHTO, and implementation of improved signage. The integration of these elements is presented as a comprehensive solution to ensure the sustainable improvement of road infrastructure at the intersection of Carrera 7 and Calle 7 in El Colegio, Cundinamarca.

Introducción

La planificación y diseño adecuado de infraestructuras viales es esencial para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. En ese sentido, se ha planteado el proyecto de diseñar la estructura de pavimento y señalización para el cruce de la carrera 7 con calle 7 en el municipio de El Colegio, Cundinamarca. Este punto crítico requiere medidas de seguridad y señalización efectivas para garantizar la fluidez y seguridad del tráfico vehicular y peatonal.

Colombia es un estado que ocupa uno de los últimos lugares a nivel Ibero Latinoamericano en el desarrollo de su infraestructura vial, cuantificada como el número de kilómetros de vías pavimentadas por cada millón de habitantes. Tiene cerca del 90% de su red vial sin estructura de pavimento y un 80% aproximado de sus vías sin un diseño geométrico apropiado.

Se pretende diseñar la estructura de pavimento y señalización adecuada para garantizar una circulación segura y fluida en la zona. Para ello, se llevarán a cabo diversas tareas, tales como el análisis del entorno para determinar la problemática real que afecta a los diferentes usuarios viales, el estudio técnico y práctico en la zona, y el levantamiento topográfico para proyectar la composición de la infraestructura existente. Asimismo, se definirá un diseño geométrico de la vía horizontal, vertical y transversal y se evaluarán diferentes alternativas para el diseño de la estructura de pavimento.

Además, se formulará de recomendaciones para reducir el riesgo de accidentalidad y mejorar la seguridad vial de los usuarios en el tramo crítico de la intersección. Se considerarán factores como el tipo de tráfico, la velocidad, la visibilidad y el clima, entre otros, para lograr una solución que permita la adecuada circulación en la zona.

Este proyecto es de gran importancia para la comunidad de El Colegio, ya que contribuirá a mejorar la calidad de vida de los usuarios de esta importante vía. En definitiva, el diseño del pavimento flexible y la señalización adecuada son elementos clave para lograr este objetivo y garantizar una circulación segura y fluida en la zona.

Justificación

Este proyecto tiene como objetivo mejorar la seguridad vial y fomentar el desarrollo económico, un diseño adecuado de pavimento flexible y señalización en el sector, también puede tener un impacto positivo en la calidad de vida de las personas que habitan y trabajan en esta zona del municipio. Una infraestructura vial adecuada puede reducir los tiempos de desplazamiento y hacer que el tráfico sea más fluido, lo que puede mejorar la movilidad y facilitar el acceso a los servicios y recursos de la región, debido a que el municipio es uno de los destinos turísticos más visitados por habitantes de la ciudad capital del país, considerando necesario un acceso y una fluidez adecuada para vías tan importantes como ésta.

De la misma manera, la buena planificación de la infraestructura vial puede contribuir a reducir los niveles de contaminación ambiental y acústica en la zona, lo que se traduce en beneficios para la salud de la población y para el medio ambiente en general.

El proyecto de "Diseño de Pavimento Flexible y Señalización del Cruce en la Carrera 7 con Calle 7, Municipio de El Colegio, Cundinamarca" se justifica en virtud de múltiples consideraciones cruciales para la seguridad, eficiencia y bienestar de la comunidad local. En primer lugar, la evaluación visual (VIZIR) ha revelado un estado marginal del pavimento en el cruce, señalando un riesgo tangible para la seguridad de los usuarios. La preservación y mejora de la integridad estructural de la vía no solo son imperativas para prevenir accidentes, sino también para proporcionar un entorno vial seguro y confiable para residentes y visitantes.

La aplicación del método de la AASHTO para determinar los espesores de las capas del pavimento refuerza la justificación del proyecto al demostrar un compromiso con estándares técnicos rigurosos. Este enfoque no solo garantiza la calidad del diseño, sino que también sienta las bases para una infraestructura vial resistente y duradera, crucial para el desarrollo sostenible de la región.

La propuesta de una señalización óptima, respaldada por la constatación de que la señalización actual es casi nula, se justifica en la necesidad apremiante de mejorar la seguridad y fluidez del tráfico. La señalización efectiva no solo orientará a los conductores y peatones de manera clara, sino que también reducirá la probabilidad de conflictos en el cruce, mitigando así los riesgos de accidentes y contribuyendo a una movilidad más eficiente.

En un contexto más amplio, el proyecto tiene una justificación intrínseca en el impacto positivo que tendrá en la comunidad local. La mejora de la infraestructura vial en un cruce crítico no solo se traduce en un entorno más seguro, sino que también facilita la movilidad diaria de los residentes, promoviendo una mayor calidad de vida. Además, la ejecución exitosa del proyecto podría tener repercusiones positivas en términos económicos, sociales y ambientales, respaldando así la inversión en la mejora de la infraestructura vial en El Colegio, Cundinamarca.

Problema de Investigación

Esto parte de la necesidad de rehabilitar inicialmente una intersección de acceso importante en el municipio. Su infraestructura se encuentra deteriorada por diferentes factores que no se han tenido en cuenta a la hora de proyectar y ejecutar las obras realizadas con anterioridad en la zona. De esto se puede decir que el tráfico de vehículos pesados que superan la capacidad del diseño en esta vía, ha jugado un papel muy importante en el deterioro de la misma.

Sin embargo, la falta de mantenimiento y la falta de señalización amplia el vacío que existe entre el uso adecuado de la vía y la afectación directa que viven la población flotante y local del sector, ya que al encontrarse en mal estado la vía, al no tener una señalización adecuada y la falta de concientización tanto de los transeúntes vehiculares y peatonales, posiblemente convierte este sector en el acceso más crítico del casco urbano en el municipio.

A falta del control y de propuestas que mitiguen esta problemática más allá de una solución temporal por parte de las entidades encargadas (Secretaria de Infraestructura y Movilidad), en el aumento de accidentes en la zona, la administración municipal brilla por su ausencia a la hora de buscar planes de contingencia que permitan dar el manejo adecuado cuando llega la ola invernal y temporadas vacacionales donde el incremento del aforo vehicular es notable.

El problema de investigación que aborda este proyecto de "Diseño de Pavimento Flexible y Señalización del Cruce en la Carrera 7 con Calle 7, Municipio de El Colegio, Cundinamarca" surge como respuesta a las preocupaciones críticas en la infraestructura vial de la zona. El estado marginal del pavimento, identificado a través del método de inspección visual (VIZIR), emerge como una cuestión central. Este problema representa una amenaza directa para la seguridad de los usuarios, incluyendo tanto a conductores como a peatones, evidenciando la urgencia de intervenciones significativas.

La degradación del pavimento no solo plantea riesgos inmediatos de accidentes, sino que también obstaculiza la fluidez del tráfico, generando congestiones y molestias para los residentes y visitantes. Este problema se amplía aún más al considerar las capas específicas del pavimento, según lo determinado por el método de la AASHTO. La necesidad de rehabilitación se vuelve más apremiante, no solo para corregir el estado marginal actual, sino también para prever y prevenir futuros deterioros que podrían resultar en costosas reparaciones.

La insuficiencia casi nula de señalización en el cruce constituye otro componente fundamental del problema. La falta de orientación adecuada para los conductores y peatones incrementa la probabilidad de malentendidos y, por ende, de situaciones peligrosas en el cruce. Este problema se traduce en una amenaza constante para la seguridad vial, especialmente en un punto crítico de intersección.

El problema de investigación se articula en torno a la degradación del pavimento, la necesidad de rehabilitación estructural, y la deficiencia en la señalización del cruce, todos los cuales convergen en un riesgo significativo para la seguridad y eficiencia del tráfico en la Carrera 7 con Calle 7 en El Colegio, Cundinamarca. La intervención efectiva en estos aspectos se presenta como imperativa para garantizar un entorno vial seguro y funcional para la comunidad local.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar la estructura de pavimento por le métodos AASHTO 93 e INVIAS 98 y la señalización del cruce en la carrea 7 con calle 7 municipio de el colegio, Cundinamarca

Objetivos Específicos

- Realizar el inventario de fallas mediante el método de inspección visual (VIZIR).
- Realizar estudio de suelos de la zona, mediante calicata con esto determinar la composición de la infraestructura existente y determinar la composición y características geotécnicas y proporcionar información para el diseño de la nueva infraestructura.
- Determinar los espesores de las capas del pavimento, por ambos metodos.
- determinar cuantitativamente cual es la señalización requerida para este cruce.

Diseño Metodológico

La metodología que se utiliza en el proyecto es investigativa con un enfoque cualitativo y descriptivo, donde se obtendrá por medio de diferentes fuentes bibliográficas informaciones basadas en el proyecto, en cuanto a la zona de estudio se implementa distintas salidas de campo y su representación del proceso constructivo en la siembra del arbusto realizado en una ficha técnica. la población que se maneja es de la ciudad de mesitas del colegio – Cundinamarca, donde las vías y los andenes construidos en pavimento flexible se ven afectados por las raíces arbustivas, debido a que estas buscan los nutrientes horizontal y verticalmente, por consiguiente, produce el levantamiento del pavimento rígido.

Las técnicas de recolección de información se deben a las fuentes bibliográficas, docentes y libros, de los cuales la principal técnica para llevar a cabo este proyecto fue la inspección visual de las salidas a campo donde se presenta las afectaciones de dichos arbustos.

Se emplea la siguiente metodología:

- Selección del período de diseño estructural.
- Estimación del tránsito de diseño.
- Determinación de las características ambientales de los materiales relacionados con la calidad drenante.
- Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante a través del ensayo de CBR.
- Determinación de la capacidad portante equivalente del suelo mejorado.
- Determinación del nivel de confiabilidad
- Determinación de la desviación estándar del sistema
- Determinación del grado de confiabilidad
- Determinación de la pérdida de Serviciabilidad.
- Determinación de los módulos resilientes y valores del coeficiente estructural de los materiales.
- Dimensionamiento de la estructura del pavimento flexible.
- Optimización de las dimensiones del pavimento obtenido.
- Desarrollo de la metodología.

Antecedentes

BOWEN, Gary. “Método racional para la evaluación de subrasante de pavimento flexibles”. Ecuador, 2011,108. Trabajo de grado de (magister en construcción de obras viales). Universidad técnica de Manabí. Ingeniería.

CORREDOR, Gustavo. “Experimento vial de la AASTHO y guías de diseño AASTHO” {En línea}.{10 agosto de 2014} disponible en (sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/aashto-931.pdf)

GUTIERREZ, Julián. Método racional. 2014.

HOYOS, Fabian. “Diccionario básico de geotecnia”. 2001 {En línea}. {10 agosto de 2014} disponible en (www.academia.edu/1329261/GEOTECNIA_DICCIONARIO_BASICO)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Compendio, tesis y otros trabajos de grado. Quinta Actualización. Bogotá. ICONTEC, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Artículo 300 - 07: disposiciones generales para la ejecución de afirmados, subbases granulares y bases granulares y estabilizadas. INVIAS.

MEJIA, Miguel. Curso diseño de pavimentos flexibles. Mexico.2014

MONSALVE, LINA. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RIGIDO. Armenia, 2012, 145. Trabajo de grado de (Ingeniero civil). Universidad del Quindío. Ingeniería. Quindío

NORMA COLOMBIANA DE SISMO RESISTENCIA 2010. Capítulo H-2. NSR-10

PIEDRAHITA, Juan. “estudio geotécnico para el diseño de cimentaciones plan de vivienda sector la flora municipio de santa rosa de cabal–departamento de Risaralda”. {En línea}.{10 agosto de 2014} disponible en (repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/.../36334C287_anexo.pdf)

PROYECTOS Y APUNTES TEORICO PRACTICOS DE LA INGENIERIA. 2011.(http://www.ingenierocivilinfo.com/)

RONDON, Hugo Alexander. “Metodologías de diseño de pavimento flexible: tendencias, alcances y limitaciones”. {En línea}.{10 agosto de 2014} disponible en (www.umng.edu.co/documents/63968/74787/17n2art3.pdf)

THE AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Guide for desing of pavement structures. 1993. AASTHO, 2001.

Marcos de Referencia

Marco Teórico

En Colombia, el diseño geométrico y de pavimento de las vías se rige por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción de Obras de Carreteras, emitidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2019). Estas normas establecen los criterios de diseño y construcción para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad de las vías. Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS (INVIAS, 2016), el objetivo del diseño geométrico de carreteras es definir la ubicación precisa del eje de la carretera y la disposición en planta y perfil en toda su longitud, con la finalidad de permitir el movimiento eficiente, seguro y cómodo de los vehículos. De esta manera, el diseño geométrico adecuado de las vías es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios y para el correcto funcionamiento del tránsito vehicular.

El diseño de pavimentos en Colombia cuenta con un libro de referencia importante llamado "Pavimentos de Carreteras: Diseño, Construcción y Mantenimiento" escrito por Jorge Luis Orozco. Este libro proporciona información sobre la selección de materiales adecuados para la construcción de pavimentos, así como las técnicas de construcción y los criterios de diseño necesarios para asegurar la durabilidad y resistencia del pavimento (Orozco, 2013). De esta manera, se busca asegurar la calidad de las vías y garantizar la seguridad de los usuarios.

En resumen, el diseño geométrico y de pavimento son aspectos cruciales en la construcción de vías y carreteras, ya que garantizan la seguridad, eficiencia y durabilidad de las mismas. En Colombia, estas actividades se rigen por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción de Obras de Carreteras emitidas por el INVIAS, las cuales establecen criterios y recomendaciones necesarias para la selección de materiales, técnicas de construcción y evaluación de la capacidad estructural de las vías. Es fundamental que estos diseños se lleven a cabo de manera adecuada para prevenir accidentes y garantizar el uso seguro y eficiente de las vías y carreteras. Por lo tanto, se deben seguir los lineamientos establecidos en las normas y utilizar fuentes de referencia como el libro "Pavimentos de Carreteras: Diseño, Construcción y Mantenimiento" de Jorge Luis Orozco, el cual aborda los criterios de diseño y técnicas de construcción para lograr la durabilidad y resistencia del pavimento.

La exposición continua y constante de un pavimento a factores como el tráfico y el clima es la principal causa de su deterioro. Este desgaste se manifiesta en forma de deformaciones, fisuras, desprendimientos y baches.

La presencia de uno o varios de estos daños en la estructura del pavimento crea condiciones desfavorables que afectan la calidad del servicio que brinda a los usuarios con el paso del tiempo.

En nuestro país, una de las soluciones más utilizadas para mejorar los pavimentos asfálticos es la "rehabilitación". Esta técnica determina, a partir del estado y grado de deterioro de la vía, qué tipo de intervención es más apropiada para restaurar su estructura.

Para determinar la mejor opción de rehabilitación, es fundamental tener en cuenta aspectos clave de la estructura del pavimento a intervenir. Se deben considerar los diseños previos, los métodos constructivos utilizados, los tipos de obras de mantenimiento o rehabilitación a las que se ha sometido, el volumen de tráfico que ha soportado desde la última intervención, así como la información sobre los materiales presentes en las diferentes capas asfálticas, granulares y sub-rasantes. Estos datos son necesarios para contar con un panorama completo de los antecedentes de la vía.

Marco Legal

En Colombia, el marco legal que rige el diseño geométrico, señalización y diseño de pavimento de una vía se encuentra en las Normas Colombianas de Diseño y Construcción de Obras de Carreteras, emitidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

- En particular, la norma NTC 5730 establece las especificaciones para el diseño geométrico de carreteras, que incluyen la definición de los elementos de la vía, la selección de velocidades de diseño, los criterios para la ubicación de las curvas, la definición de peraltes, la evaluación de la capacidad de adelantamiento, entre otros aspectos.

- Por otro lado, la norma NTC 5731 establece las especificaciones para la señalización vial, que incluyen la definición de los tipos de señales, su ubicación y la distancia a la que deben ser visibles para los conductores.

- Finalmente, la norma NTC 5896 establece las especificaciones para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, incluyendo la selección de materiales, la evaluación de la capacidad estructural de la vía, la definición de espesores y la especificación de los procedimientos constructivos.

Normativa sobre andenes

Toda construcción de obra civil debe ser sustentada por una norma o un decreto. En la construcción de andenes debe ser adecuados para la movilidad segura en el ámbito urbano de la ciudad o municipio a implementar.

En el decreto 1538 del 2005 del 17 de mayo se reglamenta la ley 361 de 1997 que en el artículo 1. se dictan las siguientes disposiciones.

Artículo 1°. Ámbito de aplicación. Las disposiciones contenidas en el presente decreto serán aplicables para:

a) El diseño, construcción, ampliación, modificación y en general, cualquier intervención y/u ocupación de vías públicas, mobiliario urbano y demás espacios de uso público.

b) El diseño y ejecución de obras de construcción, ampliación, adecuación y modificación de edificios, establecimientos e instalaciones de propiedad pública o privada, abiertos y de uso al público. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2005)

Las consecuencias de la afectación radicular afectan directamente a los andenes peatonales, debido a que puede hacer levantamiento de este. En el capítulo segundo del decreto 1538 del 2005 "Accesibilidad a los espacios de uso público". Se dictan unas recomendaciones debido a su circulación en cuanto a nuestro proyecto se rige las siguientes:

Artículo 7: A. Vías de circulación peatonal

1.Los andenes deben ser continuos y a nivel, sin generar obstáculos con los predios colindantes y deben ser tratados con materiales duros y antideslizantes en seco y en mojado.

4.Sobre la superficie correspondiente a la franja de circulación peatonal se debe diseñar y construir una guía de diferente textura al material de la superficie de la vía de circulación peatonal que oriente el desplazamiento de las personas invidentes o de baja visión.

5.Para garantizar la continuidad de la circulación peatonal sobre la cebra, en los separadores viales se salvarán los desniveles existentes con vados o nivelando el separador con la calzada.

8. Se deberán eliminar todos los elementos y estructuras que obstaculicen la continuidad de la franja de circulación peatonal.

9. Los espacios públicos peatonales no se podrán cerrar ni obstaculizar con ningún tipo de elemento que impida el libre tránsito peatonal. (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2005, pág. 4)

Localización

Municipio Mesitas – El Colegio- Noviembre 2022

Municipio El Colegio, Departamento De Cundinamarca.

Ubicación Geográfica

Fuente: Google Earth

En el presente proyecto de investigación se encuentra ubicado en la ciudad de mesitas del colegio – Cundinamarca. Su altitud es 326 m.s.n.m. con una densidad poblacional de 1022,31 Hab/km2. Limita con los municipios de Nariño, Tocaima, Flandes (Tolima), Rio magdalena, Ricaurte y el Rio Bogotá.

El Colegio, más conocido como Mesitas del Colegio, es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca, ubicado en la Provincia del Tequendama; se encuentra a 65 km de Bogotá Se considera un destino turístico por su clima cálido.

Delimitación

La delimitación de la investigación se basa principalmente en una afectación que genera los arbustos por medio de sus raíces hacia el pavimento rígido, causando problemas en zonas como peatonales o viales en la cual genera un impacto negativo a la movilidad y la durabilidad de los recursos de infraestructura urbanística, se conlleva hasta ciertos tipos de arbustos, las cuales se clasifican en las que presenta afectación y las que no presenta afectación, por medio del tipo raíz que presenta.

La zona de estudio, en este caso realiza el estudio sobre la ciudad de mesitas del colegio en donde se buscan sectores de infraestructura vial y de movilidad en pavimento rígido que cuenten con implementación de zonas verdes, junto a esto se caracteriza la afectación reduciendo los lugares de análisis al aplicarlo a la afectación por arbustos.

Se realiza la investigación cualitativa y cuantitativa del por qué sucede la afectación, cabe resaltar que para entender la afectación se debe definir primero como tal la afectación para catalogar sus componentes principales de estudio.

Al limitar el estudio de la afectación se debe investigar cómo están compuestos los arbustos y así mismo tener una panorámica más amplia de cómo está constituida parte de la problemática ya que la afectación es principalmente por parte de las especies arbustivas. Sabiendo la morfología de los arbustos se dividen las características de estas debido a que las especies arbustivas como arbóreas y otros tipos de plantan no cuentan con una morfología similar, lo que hace que podamos diferenciar sus morfologías y catalogarlos por tamaño tipo de raíz y especies. La morfología principal en la cual se concentra la problemática es las raíces debido a que es una afectación radicular, así mismo se definen que tipo de raíces existen y cuál de todas es la que más genera afectación según sus dimensiones y su implementación, de igual forma la afectación se cataloga si es de nivel bajo, medio o alto para tener un criterio adecuado de definir la afectación

Toda problemática tiene una solución y en las afectaciones se implementa una en su proceso constructivo, es decir, que para poder mitigar la afectación a futuro debemos definir qué tipo de arbustos podemos implementar según su nivel de afectación y así mismo respetar las zonas de crecimientos de las especies arbustivas para que esta implementación no les genere estrés a las plantas por un mal emplazamiento, de igual forma se realiza un estudio en la cual se evidencia la mejor opción para la solución en su proceso constructivo, y esta es la creación de los contenedores de raíz aplicado a las áreas urbanas y de igual manera a la áreas viales, para que esta implementación sea efectiva a futuro y se le pueda dar un mantenimiento adecuado y un seguimiento a las especies que se puedan implementar.

Delimitamos la solución a un proceso constructivo de contenedor de raíz, la cual genere un buen espacio de crecimiento para los arbustos que se usen para la aplicación de zonas verdes, antes de esta solución se implementó un catálogo de arbustos el cual nos permitió catalogar los arbustos que se podrían

usar a futuro y así poder dar mejores diseños con medidas estandarizadas para la implementación de estas. Una vez dada la solución se cataloga las especies existentes en la zona y se dividen en cuales son las que presentan afectación y cuales no presentan afectación y así mismo se define cual es la solución óptima para los arbustos adecuados que se pueden implementar.

La investigación lleva un análisis en la cual se define principalmente que la solución es una ficha técnica de contenedor de raíz y puede ser implementadas en arbustos de categoría baja y media, las cuales tengan como característica principal una morfología de 2 a 4 m, para las zonas peatonales y viales debido a que las raíces de estos arbustos alcanzan un área de expansión de 1.50 m, en su característica principal debe ser de raíces fasciculadas, ramificadas y adventistas para su mejor adición a la solución planteada lo que se puede definir que para esta solución aplicaría arbustos de bajo y mediana categoría.

Cabe resaltar que se tuvo en cuenta los diferentes factores, que genera esta problemática y no solo en el pavimento rígido y andenes peatonales, sino en toda la infraestructura, tales como agrietamiento, fisura o rompimiento del concreto por levantamiento de raíz, daño de tuberías por raíz debido a que las aguas contaminantes conservan grandes cantidades de nutrientes que pueden alimentar a las especies arbustivas, daño de base o subbase de un diseño de pavimento que genere grandes costos para su reparación, entre otros factores que se tuvieron en cuenta para el diseño de los contenedores de raíz y así mismo darles una implementación sólida para su durabilidad.

La mayoría de las calles de mesitas del colegio están construidas en pavimento rígido, igualmente los andenes, por este motivo se realiza la investigación en la comuna 3 y comuna 1 específicamente en los barrios la estación y centro.

Recursos

Los recursos presentes en este proyecto de investigación son humanos y tecnológicos.

a. Recursos Humanos

Jherson Jair Niño Vega

Cod.21220271

Juan Carlos Gil Ramírez

Cód. 21310048

b. Recursos Materiales

De igual manera los recursos Tecnológicos:

- Portátiles

1 Portatil, Asus vivo Book S14/S15 Ryzen 5

1 Portatil, Samsung intel inside core i5

- Celulares

1 celular, Huawei Y9 2019

1 celular, Samsung Galaxy A12

- Microsoft office (Word, Excel, power point)
- Libros electrónicos.
- Páginas web (Google Chrome, Google académico)
- Biblioteca Virtual de la Universidad Piloto de Colombia -SAM.

Geotecnia

Período de Diseño

De acuerdo con la tabla 2.3 del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Transito del INVIAS, Pág. 9, se estima un período de diseño estructural:

Categoría de la vía: III

Período de diseño estructural (n): 10 años

Tabla 1. Período de diseño estructural recomendados (Tabla 2.3).

Categoría de la Vía	Periodo de Diseño (P.D.E) años	
	Rango	Recomendado
I	10-30	20
II	10-20	15
III	10-20	10
Especiales	7-20	10-15

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

Geotecnia

Mesitas – El colegio, 2023

REFERENCIA: estudio geotécnico, por medio de calicatas

Para la vía estudiada se logró hacer cuatro perfiles estratigráficos de los materiales encontrados en el sitio hasta una profundidad de 1.5 mts, además de hacer cuatro CBR inalterados para las cuatro vías en diferente barrio para ser clasificados y fallados.

RESUMEN ENSAYOS GEOTECNICOS

Calicata	Prof.	Muestra	LL, %	LP, %	IP, %	ω, %	IC	Grs./cm3	CBR 1"	USC	AASHTO
No. 1	1,10 cm	2	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	1,981	21,3	CP	A-1-b
No. 2	1,10 cm	2	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	1,984	23,2	GM	A-1-b
N0. 1	1,10 cm	2	0,0	0,0	0,0	6,6	0,0	1,915	10,7	GM	A-1-b
No. 2	1,20 cm	3	36,9	31,6	5,3	25,9	2,1	1,688	6,0	SM-SC	A-2-4

Convenciones

LL:	Límite líquido	ω	Humedad natural	USC	Clasificación Sistema Unificado
LP	Límite plástico	IC	Indice de consistencia	AASHTO	Clasificación Sistema AASHTO
IP	Indice de plasticidad	Grs./cm3	Densidad suelo seco	Prof.	Profundidad

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

PERFIL ESTRATIGRAFICO
CLASIFICACION DE SUELOS

NORMA NTC 1504

PROYECTO:	Diseño de pavimentos	CALICATA No:	2
CONTRATISTA:	ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 A 1,50mt
MATERIAL:	SUBRASANTE CALICATA N°2	NIVEL FREÁTICO (m):	SECO
LOCALIZACION:	INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA	FECHA TOMA:	28/0923
MUNICIPIO:	MESITA EL COLEGIO- CUNDINAMARCA	INFORME	

PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.Q.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN U.S.C.	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CBR %	TIPO MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00						
0,25			CAPA DE RECEBO			
0,20		SM	CAPA DE RECEBO			
0,25						
0,40					ALT	
0,50		SM	ARENAS LIMOSAS DE COLOR CAFÉ OSCURO, CON PARTICULAS SUB ANGULOSAS MENOR A 2", DE PLASTICIDAD BAJA, CONDICIÓN DEL SUELO HÚMEDO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA DURA, DE CEMENTACIÓN MODERADA, DE RESISTENCIA MEDIANA, DE DILATANCIA NULA, DE TENACIDAD BAJA Y DE ESTRUCTURA HOMOGÉNEA.	23,5%		12,5%
0,60						
0,70						
1,50						

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°1

CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO

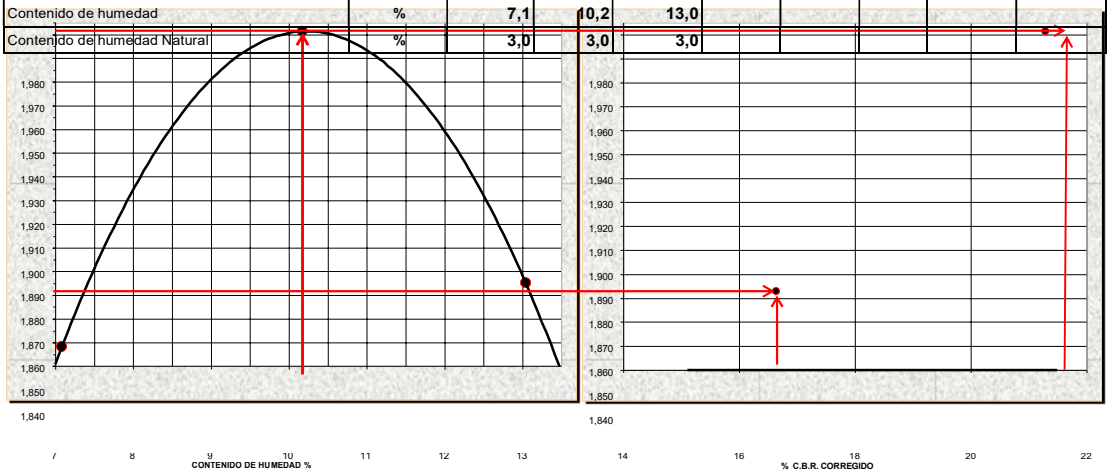
PROYECTO: Diseño de pavimentos

UBICACION: MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

LOCALIZACION: INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA

RELACION PESO UNITARIO - HUMEDAD EN LOS SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
NORMA INV-E 142 (METODO D)

ENSAYO	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
DENSIDAD									
No. de Capas:		3	3	3					
Golpes por Capa:		56	56	56					
Molde No.		3	3	3					
Humedad deseada									
Peso molde + suelo compactado	Grs.	7.001	7.433	7.299					
Peso del molde	Grs.	2.805	2.805	2.805					
Peso del suelo compactado	Grs.	4.196	4.628	4.494					
Volumen del molde	Cm3	2.120	2.120	2.120					
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	1,979	2,183	2,120					
Contenido de humedad	%	**7,1**	**10,2**	**13,0**					
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,848	1,981	1,875					
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	**115,3**	**123,6**	**117,0**					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	121,6	133,5	152,2					
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	116,0	124,6	138,9					
Peso del recipiente	Grs.	36,9	37,1	36,9					
Peso del suelo seco	Grs.	79,1	87,5	102,0					
Peso del agua evaporada	Grs.	5,6	8,9	13,3					
Contenido de humedad	%	**7,1**	**10,2**	**13,0**					
Contenido de humedad Natural	%	**3,0**	**3,0**	**3,0**					



C.B.R. AL 100% DE COMPACTACION	**21,3** %	1,981	Grs./cm3
C.B.R. AL 95% DE COMPACTACION	**16,6** %	1,882	Grs./cm3

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°1
CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO
PROYECTO: Diseño de pavimentos
UBICACION: MESITA EL COLEGIO CUNDINAMARCA
LOCALIZACION: INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA

COMPACTACION PUNTOS PARA C.B.R
NORMA INV- E 148

E N S A Y O	UND	1	2	3	4	5
DENSIDAD						
No. de Capas:		3	3	3		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		1	2	3		
Peso molde + suelo compactado	Grs.	9.557	9.380	9.063		
Peso del molde	Grs.	4.580	4.673	4.605		
Peso del suelo compactado	Grs.	4.977	4.707	4.458		
Volumen suelo compactado	Cm3	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	2,183	2,064	1,955		
Contenido de humedad	%	**10,2**	**10,2**	**10,2**		
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,981	1,873	1,774		
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	**123,6**	**116,9**	**110,7**		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	251,1	254,0	253,5		
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	231,5	233,7	233,0		
Peso del recipiente	Grs.	38,7	35,2	32,5		
Peso del suelo seco	Grs.	192,8	198,5	200,5		
Peso del agua evaporada	Grs.	19,6	20,3	20,5		
Contenido de humedad	%	**10,2**	**10,2**	**10,2**		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	**10,2**
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE^3	**123,6**

OBSERVACIONES

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°1

CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL EL COLEGIO

PROYECTO: Diseño de pavimentos

UBICACION: MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

LOCALIZACION: INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA

ENSAYO DE PENETRACION DEL C.B.R
NORMA INV- E 148

NORMA DE ENSAYO : E - 148

EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01 trípode con DIAL 01

EXPANSIÓN

Fecha:	**29/11/2020**	**Molde No.**		1	**Molde No.**		2	**Molde No.**		3	**% EXPANSIÓN**
Hora:	04:00 p.m.	Lec. inicial	18,78	%expan.	Lec. inicial	22,02	%expan	Lec. inicial	27,11	%expan	**PROMEDIO**
Días transcurridos:	3	Lec. final.	24,21	4,7	Lec. final.	28,88	5,9	Lec. final.	36	7,6	**6,1**

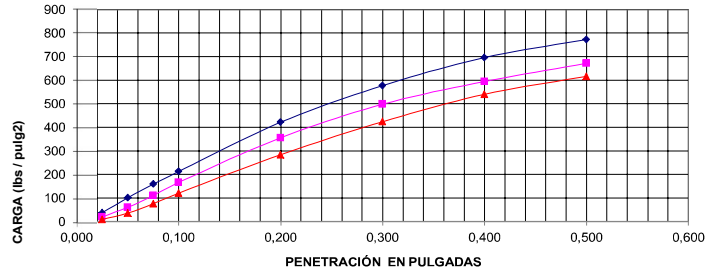
NOTA = altura de la muestra = 5 pulgadas = 12.70 cm

PENETRACIONES - CARGAS - C.B.R.

EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01, prensa marshall No.01

Tiempo	Penet. en Pulg.	Molde 55 GOLPES				Molde 25 GOLPES				Molde 10 GOLPES			
		Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.
30"	0,025	0,50	112	37		0,27	61	20		0,13	29	10	
60"	0,050	1,35	303	101		0,81	182	61		0,48	108	36	
1' 30"	0,075	2,13	479	160		1,48	333	111		1,01	227	76	
2'	0,100	2,84	638	213	21,28	2,22	499	166	16,64	1,62	364	121	12,14
4'	0,200	5,63	1.266	422	42,19	4,75	1.068	356	35,59	3,79	852	284	28,40
6'	0,300	7,70	1.731	577		6,65	1.495	498		5,66	1.272	424	
8'	0,400	9,30	2.091	697		7,94	1.785	595		7,22	1.623	541	
10'	0,500	10,32	2.320	773		8,97	2.017	672		8,23	1.850	617	
PESO FINAL CILINDRO + MUESTRA HUMEDA													
HUMEDAD FINAL													

CURVAS DE PENETRACIÓN CBR



	VALORES DE C.B.R. CORREGIDO		
	CANT GOLPES	**0.1"**	**0.2"**
○	55 Golpes/Capa	**21,3**	**42**
□	26 Golpes/Capa	**16,6**	**36**
△	12 Golpes/Capa	**12,1**	**28**

% GRAVAS	22,20
% ARENAS	62,30
% FINOS	15,50
L. L.	0,00
IP.	0,00
CLASIFICACION	USC= SM
	AASHTO= A-1-b

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

PERFIL ESTRATIGRAFICO
CLASIFICACION DE SUELOS

NORMA NTC 1504

PROYECTO:	Diseño de pavimentos	CALICATA No:	2
CONTRATISTA:	ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 A 1,50mt
MATERIAL:	SUBRASANTE CALICATA N°2	NIVEL FREÁTICO (m):	SECO
LOCALIZACION:	INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA	FECHA TOMA:	28/0923
MUNICIPIO:	MESITA EL COLEGIO- CUNDINAMARCA	INFORME	

PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.C.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN U.S.C.	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CER %	TIPO MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00						
0,25			CAPA DE RECEBO			
0,20		SM	CAPA DE RECEBO			
0,25						
0,40					ALT	
0,50		SM	ARENAS LIMOSAS DE COLOR CAFÉ OSCURO, CON PARTICULAS SUB ANGULOSAS MENOR A 2", DE PLASTICIDAD BAJA, CONDICIÓN DEL SUELO HÚMEDO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA DURA, DE CEMENTACIÓN MODERADA, DE RESISTENCIA MEDIANA, DE DILATANCIA NULA, DE TENACIDAD BAJA Y DE ESTRUCTURA HOMOGÉNEA.	23,5%		12,5%
0,60						
0,70						
1,50						

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

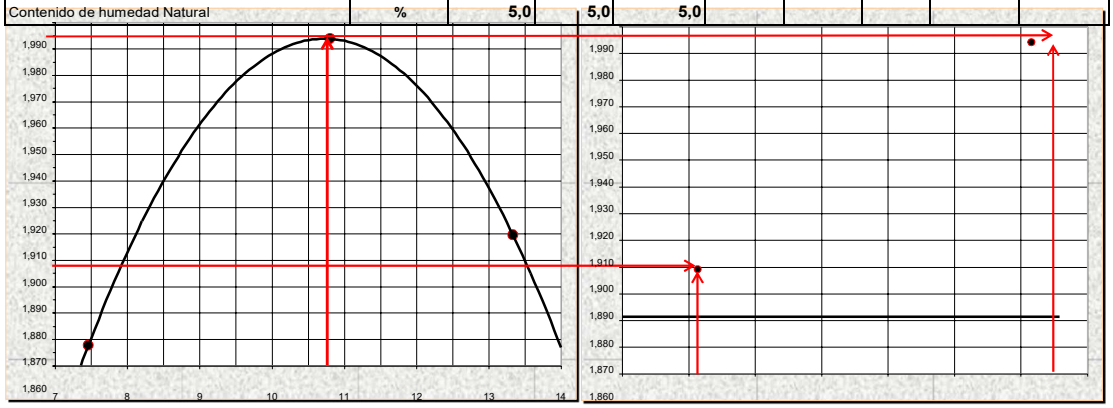
MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°2
CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO
Diseño de pavimentos

FECHA T: 28-sep-23
FECHA E: 04-oct-23
MESITA - EL COLEGIO

PROYECTO:
UBICACION: CUNDINAMARCA
LOCALIZACION: ~~INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y~~ TERCERA

RELACION PESO UNITARIO - HUMEDAD EN LOS SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
NORMA INV-E 142 (METODO D)

ENSAYO	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
DENSIDAD									
No. de Capas:		3	3	3					
Golpes por Capa:		56	56	56					
Molde No.		3	3	3					
Humedad deseada									
Peso molde + suelo compactado	Grs.	7.060	7.465	7.393					
Peso del molde	Grs.	2.805	2.805	2.805					
Peso del suelo compactado	Grs.	4.255	4.660	4.588					
Volumen del molde	Cm3	2.120	2.120	2.120					
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	2,007	2,198	2,164					
Contenido de humedad	%	**7,5**	**10,8**	**13,3**					
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,868	1,984	1,910					
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	**116,5**	**123,8**	**119,2**					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	133,2	129,4	132,3					
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	127,8	120,4	121,1					
Peso del recipiente	Grs.	55,4	37,1	37,1					
Peso del suelo seco	Grs.	72,4	83,3	84,0					
Peso del agua evaporada	Grs.	5,4	9,0	11,2					
Contenido de humedad	%	**7,5**	**10,8**	**13,3**					
Contenido de humedad Natural	%	**5,0**	**5,0**	**5,0**					



C.B.R. AL 100% DE COMPACTACION	**23,2** %	1,984	Grs./cm3
C.B.R. AL 95% DE COMPACTACION	**18,1** %	1,885	Grs./cm3

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°2 **FECHA T:** 28-sep-23

CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO **FECHA E:** 04-oct-23

PROYECTO: Diseño de pavimentos **UBICACION:** MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

LOCALIZACION: INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA

COMPACTACION PUNTOS PARA C.B.R
NORMA INV- E 148

E N S A Y O	UND	1	2	3	4	5
DENSIDAD						
No. de Capas:		3	3	3		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		1	2	3		
Peso molde + suelo compactado	**Grs.**	9.048	9.477	9.242		
Peso del molde	**Grs.**	4.040	4.682	4.628		
Peso del suelo compactado	**Grs.**	5.008	4.795	4.614		
Volumen suelo compactado	**Cm3**	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	**Grs./cm3**	2,196	2,103	2,024		
Contenido de humedad	**%**	**10,7**	**10,7**	**10,7**		
Densidad suelo seco	**Grs./cm3**	1,984	1,899	1,828		
Densidad suelo seco	**Lbs./pie3**	**123,8**	**118,5**	**114,1**		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	**Grs.**	247,6	242,4	244,8		
Peso recipiente + suelo seco	**Grs.**	227,4	222,3	224,3		
Peso del recipiente	**Grs.**	38,7	35,2	32,5		
Peso del suelo seco	**Grs.**	188,7	187,1	191,8		
Peso del agua evaporada	**Grs.**	20,2	20,1	20,5		
Contenido de humedad	**%**	**10,7**	**10,7**	**10,7**		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	**10,7**
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE^3	**123,8**

OBSERVACIONES

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°2
CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO
PROYECTO: Diseño de pavimentos
LOCALIZACION: INSPECCION LA VICTORIA CALLE 5 ENTRE SEGUNDA Y TERCERA

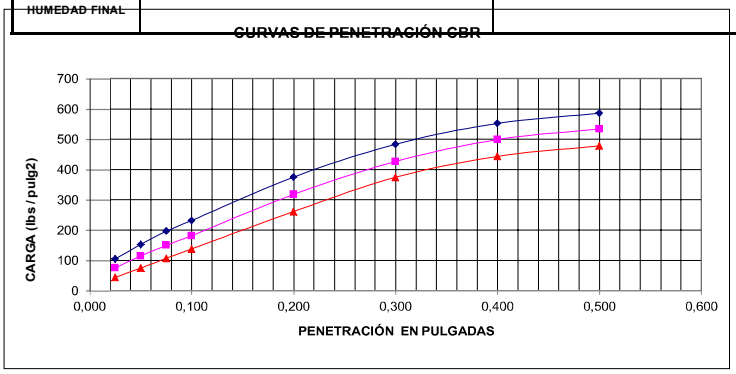
FECHA T: 28-sep-23
FECHA E: 04-nov23
UBICACION: MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

ENSAYO DE PENETRACION DEL C.B.R
NORMA INV- E 148

NORMA DE ENSAYO : E - 148											
EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01 trípode con DIAL 01											
EXPANSIÓN											
Fecha:	28/11/2020	Molde No.		1	Molde No.		2	Molde No.		3	% EXPANSIÓN
Hora:	11:40 a.m.	Lec. inicial	13,55	%expan.	Lec. inicial	19,92	%expan	Lec. inicial	29,34	%expan	PROMEDIO
Días transcurridos:	3	Lec. final.	17,43	3,3	Lec. final.	22,09	1,9	Lec. final.	34,11	4,1	3,1

NOTA = altura de la muestra = 5 pulgadas = 12.70 cm

PENETRACIONES - CARGAS - C.B.R.													
EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01, prensa marshall No.01													
Tiempo	Penet. en Pulg.	Molde 55 GOLPES				Molde 25 GOLPES				Molde 10 GOLPES			
		Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.
30"	0,025	1,40	315	105		1,00	225	75		0,58	130	43	
60"	0,050	2,03	456	152		1,53	344	115		0,99	223	74	
1' 30"	0,075	2,62	589	196		2,00	450	150		1,42	319	106	
2'	0,100	3,09	695	232	23,16	2,42	544	181	18,13	1,83	411	137	13,71
4'	0,200	5,00	1.124	375	37,47	4,24	953	318	31,77	3,48	782	261	26,08
6'	0,300	6,45	1.450	483		5,69	1.279	426		4,99	1.122	374	
8'	0,400	7,37	1.657	552		6,66	1.497	499		5,91	1.329	443	
10'	0,500	7,82	1.758	586		7,13	1.603	534		6,38	1.434	478	
PESO FINAL CILINDRO + MUESTRA HUMEDA													
HUMEDAD FINAL													



VALORES DE C.B.R. CORREGIDO		
CANT GOLPES	0.1"	0.2"
○ 55 Golpes/Capa	23,2	37
□ 26 Golpes/Capa	18,1	32
△ 12 Golpes/Capa	13,7	26

% GRAVAS	15,90
% ARENAS	68,90
% FINOS	15,20
L. L.	0,00
IP.	0,00
CLASIFICACION	USC= SM
	AASHTO= A-1-b

OBSERVACIONES:

PERFIL ESTRATIGRAFICO
CLASIFICACION DE SUELOS

NORMA NTC 1504

PROYECTO:	Diseño de pavimentos	CALICATA No:	1
CONTRATISTA:	ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO	PROFUNDIDAD (m):	0,00 A 1,50mt
MATERIAL:	SUBRASANTE CALICATA N°3	NIVEL FREÁTICO (m):	SECO
LOCALIZACION:	INSPECCION LA VICTORIA CALLE 2- # 21-06	FECHA TOMA:	28/09 2023
MUNICIPIO:	MESITA EL COLEGIO- CUNDINAMARCA		

PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.O.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN U.S.C.	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CBR %	TIPO MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00						
0,10			CAPA DE RECEBO DETERIORADA			
0,20						
0,30						
0,40					ALT	
0,50		SM	ARENAS LIMOSAS, DE COLOR CAFÉ OSCURO, CON PARTICULAS SUB ANGULOSAS MENOR A 2", DE PLASTICIDAD BAJA, CONDICIÓN DEL SUELO HÚMEDO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA DURA, DE CEMENTACIÓN MODERADA, DE RESISTENCIA MEDIANA, DE DILATANCIA NULA, DE TENACIDAD BAJA Y DE ESTRUCTURA HOMOGÉNEA.	10.7%		6,6%
0,60						
0,70						
1,50						

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°1 **FECHA T:** 28-sep23-

CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO **FECHA E:** nov-23

PROYECTO: Diseño de pavimentos **UBICACION:** MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

LOCALIZACION: Mesitas

COMPACTACION PUNTOS PARA C.B.R
NORMA INV- E 148

E N S A Y O	UND	1	2	3	4	5
DENSIDAD						
No. de Capas:		3	3	3		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		1	2	3		
Peso molde + suelo compactado	**Grs.**	9.625	9.440	9.358		
Peso del molde	**Grs.**	4.675	4.631	4.638		
Peso del suelo compactado	**Grs.**	4.950	4.809	4.720		
Volumen suelo compactado	**Cm3**	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	**Grs./cm3**	2,171	2,109	2,070		
Contenido de humedad	**%**	**13,4**	**13,4**	**13,4**		
Densidad suelo seco	**Grs./cm3**	1,915	1,860	1,826		
Densidad suelo seco	**Lbs./pie3**	**119,5**	**116,1**	**113,9**		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	**Grs.**	268,5	280,6	229,0		
Peso recipiente + suelo seco	**Grs.**	240,9	251,6	206,7		
Peso del recipiente	**Grs.**	34,9	35,0	40,2		
Peso del suelo seco	**Grs.**	206,0	216,6	166,5		
Peso del agua evaporada	**Grs.**	27,6	29,0	22,3		
Contenido de humedad	**%**	**13,4**	**13,4**	**13,4**		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	**13,4**
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE^3	**119,5**

OBSERVACIONES

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°1
CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO
PROYECTO: Dice de pavi
LOCALIZACION: Mesitas

FECHA T: 28-sep-23
FECHA E: 04-nov-23
UBICACION: MESITA - EL COLEGIO CUNDINAMARCA

ENSAYO DE PENETRACION DEL C.B.R
NORMA INV- E 148

NORMA DE ENSAYO : E - 148

EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01 trípode con DIAL 01

EXPANSIÓN

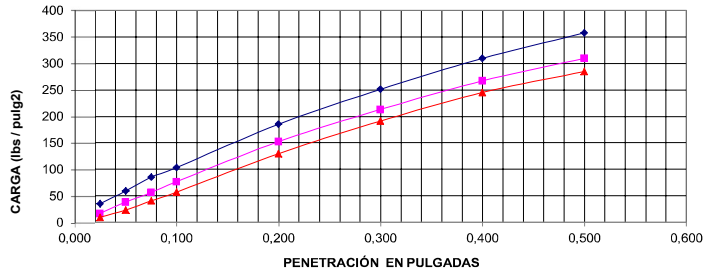
Fecha:	**29/11/2020**	**Molde No.**		1	**Molde No.**		2	**Molde No.**		3	**% EXPANSIÓN**
Hora:	04:20 p.m.	Lec. inicial	21,23	%expan.	Lec. inicial	24,21	%expan	Lec. inicial	29,55	%expan	**PROMEDIO**
Días transcurridos:	3	Lec. final.	25,76	3,9	Lec. final.	27,33	2,7	Lec. final.	36,44	5,9	**4,2**

NOTA = altura de la muestra = 5 pulgadas = 12.70 cm

PENETRACIONES - CARGAS - C.B.R.
EQUIPO UTILIZADO: Balanza digital No. 01, prensa marshall No.01

Tiempo	Penet. en Pulg.	Molde 55 GOLPES				Molde 25 GOLPES				Molde 10 GOLPES			
		Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.	Lectura DIAL	L. Corregida	Carga lb/pul2	C.B.R.
30"	0,025	0,47	106	35		0,22	49	16		0,13	29	10	
60"	0,050	0,79	178	59		0,51	115	38		0,31	70	23	
1' 30"	0,075	1,14	256	85		0,75	169	56		0,54	121	40	
2'	0,100	1,38	310	103	10,34	1,02	229	76	7,64	0,76	171	57	5,70
4'	0,200	2,47	555	185	18,51	2,03	456	152	15,21	1,73	389	130	12,96
6'	0,300	3,35	753	251		2,84	638	213		2,55	573	191	
8'	0,400	4,13	928	309		3,56	800	267		3,27	735	245	
10'	0,500	4,77	1.072	357		4,13	928	309		3,80	854	285	
PESO FINAL CILINDRO + MUESTRA HUMEDA													
HUMEDAD FINAL													

CURVAS DE PENETRACIÓN CBR



	VALORES DE C.B.R. CORREGIDO		
	CANT GOLPES	**0.1"**	**0.2"**
○	55 Golpes/Capa	**10,3**	**19**
□	26 Golpes/Capa	**7,6**	**15**
△	12 Golpes/Capa	**5,7**	**13**

% GRAVAS	25,60
% ARENAS	59,90
% FINOS	14,60
L. L.	0,00
IP.	0,00
CLASIFICACION	USC= SM
	AASHTO= A-1-b

OBSERVACIONES:

J&L
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN
3003577260 - 3043512165

MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°2

FECHA T: 28-sep-23

CONTRATISTA: MESITAS DEL COLEGIO

FECHA E: 04-oct 23

diseño de pavi

MESITA EL COLEGIO-

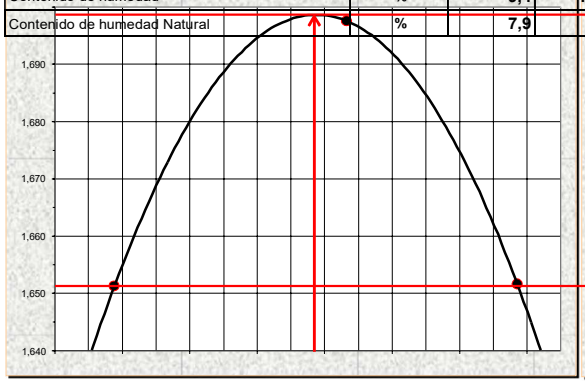
PROYECTO:

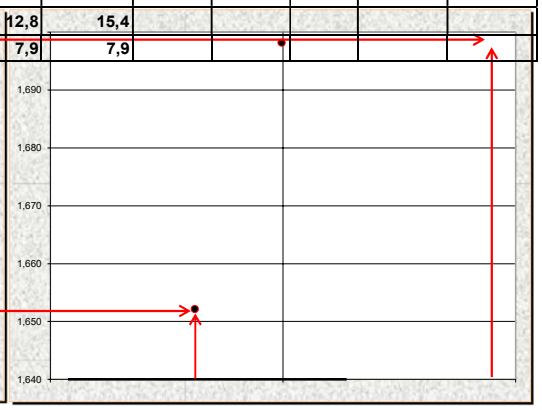
MUNICIPIO: CUNDINAMARCA

LOCALIZACION: mesitas del colegio

RELACION PESO UNITARIO - HUMEDAD EN LOS SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)
NORMA INV-E 142 (METODO D)

E N S A Y O	UND	1	2	3	4	5	6	7	8
DENSIDAD									
No. de Capas:		5	5	5					
Golpes por Capa:		56	56	56					
Molde No.		3	3	3					
Humedad deseada									
Peso molde + suelo compactado	**Grs.**	6.118	6.339	6.318					
Peso del molde	**Grs.**	2.470	2.470	2.470					
Peso del suelo compactado	**Grs.**	3.648	3.869	3.848					
Volumen del molde	**Cm3**	2.032	2.032	2.032					
Densidad suelo húmedo	**Grs./cm3**	1,795	1,904	1,894					
Contenido de humedad	**%**	**9,4**	**12,8**	**15,4**					
Densidad suelo seco	**Grs./cm3**	1,641	1,688	1,642					
Densidad suelo seco	**Lbs./pie3**	**102,4**	**105,3**	**102,4**					
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso recipiente + suelo húmedo	**Grs.**	176,3	209,5	181,0					
Peso recipiente + suelo seco	**Grs.**	164,3	189,9	161,3					
Peso del recipiente	**Grs.**	36,4	37,1	33,0					
Peso del suelo seco	**Grs.**	127,9	152,8	128,3					
Peso del agua evaporada	**Grs.**	12,0	19,6	19,7					
Contenido de humedad	**%**	**9,4**	**12,8**	**15,4**					
Contenido de humedad Natural	**%**	**7,9**	**7,9**	**7,9**					





MATERIAL: SUBRASANTE CALICATA N°2 **FECHA T:** 28-sep-23

CONTRATISTA: ALCALDIA MUNICIPAL MESITAS DEL COLEGIO **FECHA E:** 04-oct-23

PROYECTO: diseño de pavimentos **MUNICIPIO:** MESITA EL COLEGIO-CUNDINAMARCA

LOCALIZACIÓN: **mesitas del colegio**

NORMA INV- E 148

E N S A Y O	UND	1	2	3	4	5
DENSIDAD						
No. de Capas:		5	5	5		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		4	5	6		
Peso molde + suelo compactado	**Grs.**	8.869	8.868	8.786		
Peso del molde	**Grs.**	4.529	4.644	4.687		
Peso del suelo compactado	**Grs.**	4.340	4.224	4.099		
Volumen suelo compactado	**Cm3**	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	**Grs./cm3**	1,904	1,853	1,798		
Contenido de humedad	**%**	**12,8**	**12,8**	**12,8**		
Densidad suelo seco	**Grs./cm3**	1,688	1,642	1,593		
Densidad suelo seco	**Lbs./pie3**	**105,3**	**102,5**	**99,4**		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso recipiente + suelo húmedo	**Grs.**	242,1	231,5	241,8		
Peso recipiente + suelo seco	**Grs.**	218,5	209,3	218,6		
Peso del recipiente	**Grs.**	33,5	36,1	37,9		
Peso del suelo seco	**Grs.**	185,0	173,2	180,7		
Peso del agua evaporada	**Grs.**	23,6	22,2	23,2		
Contenido de humedad	**%**	**12,8**	**12,8**	**12,8**		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	**12,8**
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE^3	**105,3**

OBSERVACIONES

Estimación del tránsito de diseño

Definición del tránsito de diseño.

No se cuenta con conteos ni con series históricas del tránsito para el dimensionamiento de la estructura del pavimento, la cual para el diseño se asemeja a una vía local, por lo que es necesario asumir una carga que permita diseñar una estructura resistente, durable, confiable, cómoda y segura para 10 años de vida útil, por lo cual se recurre a la tabla 3.6 del manual de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de transito del INVIAS, tomando como tránsito promedio diario TPDS de 410 vehículos mixtos, de los cuales 180 son vehículos comerciales.

Tabla 2. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6.).

TPD	A	B	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
180	74.4	9.1	12.2	41	0.1	0	0
300	61.7	8.4	13	14.3	2.2	0.3	0.1
410	56	12	14.1	16.6	1.2	0.1	0

Vehículos	Autos	Buses	C2P	C2G	C3	C5
Composición Vehicular (%)	56%	12%	14,10%	16,60%	1,20%	0,10%

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)Se distribuye el transito tomando un TPD de 410 vehículos mixtos por día y se emplea la ecuación que permite estimar el N número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas de los vehículos comerciales en el carril de diseño y durante el período de diseño.

$$N = 365xTPDx\frac{A}{100}x\frac{B}{100}x\frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)}xF.C.$$

N = Número de ejes equivalentes.

TPD = Tránsito promedio diario inicial.

A = Porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones) en el conteo.

B = Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño.

r = Rata anual de crecimiento del tránsito.

n = Período de diseño estructural.

FC. = Factor camión.

$$FC = \frac{\sum Ci * Fi}{\sum Ci}$$

Ci = Es la cantidad de vehículos comerciales diarios del tipo (i).

Fi = Es el factor de equivalencia que corresponde a cada pasada del vehículo comercial tipo (i).

Se determina el factor camión o el factor daño empleando los factores de equivalencia de la tabla 3.5, del manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, Pág. 17.

Tabla 3. Factores de equivalencia de carga (Tabla 3.5).

Tipo de vehículo		Factor de equivalencia
Buses	Bus	0.40
	Bus metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.17
C2G	C2G	3.44
C3 y C4	C3	3.76
	C2 C1	3.37
	C4	6.73
	C3 S1	2.22
	C2 S2	3.42
C5	C3 S2	4.40
>C5	>C5	4.72

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS 1998)

$$Fc = \frac{1x0.12 + 1.14x0.141 + 3.44x0.166 + 3.76x0.012 + 4.76x0.001}{0.44}$$

$$Fc = 2.04$$

$$N = 365x410x\frac{44}{100}x\frac{50}{100}x\frac{(1+0.05)^{10}-1}{Ln(1+0.05)}x2.04 =$$

N= 865.715 Ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Teniendo en cuenta que esta vía sirve como entrada y salida principal del Barrio San Nicolás y tiene un programa de rehabilitación, mejoramiento y pavimentación, se hace necesario considerar un tránsito atraído, un tránsito generado, un tránsito desarrollado y la consideración especial del tránsito de carga de materiales que se utilizara durante el proceso constructivo de varias urbanizaciones. Por lo tanto, se considera un crecimiento del 70% del tránsito de diseño calculado.

Diseño Pavimento flexible. Invias

Para la elaboración de un pavimento flexible en la presente vía del proyecto, se toma en cuenta el método del instituto nacional de vías, el cual es referenciado con el libro de manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías de medios y altos volúmenes de tránsito de invias (1998).

Este presente libro el cual es el fundamento principal para lograr un diseño optimo y funcional, s rige bajo las respectivas normativas y supervisión técnica del instituto nacional de vías y el ministerio de tránsito de la república de Colombia, siendo de esta manera fidedigno para ejercer su diseño e implementarlo en la presente vía a analizar.

Como principio del presente diseño se tienen en cuanta factores claros y concisos respecto al área o sector el cual se va a estudiar puesto que es un factor importante e influyente para la elaboración de la misma. El municipio de mesitas del colegio. Cundinamarca tal y como se había explicado al comienzo de proyecto en la parte demográfica, es un municipio del departamento de Cundinamarca el cual según los autores Bermeo, P y Noreña, O (2017) de la universidad nacional de Colombia, redactan en la investigación que el municipio de Nilo, Cundinamarca cuenta con una temperatura promedio anual de 23,4°C y una precipitación media anual de 1292 mm.

Por otra parte, según el estudio de suelos realizado en el sector a estudiar y en el respectivo laboratorio tal y como los muestra en los anexos de ensayos de laboratorios, se determinar como principales características, que en el área a estudiar se cuenta con un suelo predominante de arena arcillosa con materiales de buena calidad para la elaboración de sub base granular, base granular y concreto asfaltico y por última instancia un CBR de 9.5 %; por otra parte se determina de la misma manera el respectivo

estudio de tránsito el cual es realizado anteriormente, obteniendo el resultado tal y como se explicó de 5.11 x10 6 obteniendo de esta manera los siguientes datos principales para el diseño del pavimento flexible por método INVIAS:

Tabla 4. Datos del sector.

Temperatura media anual	23,4 °C
Precipitacion media anual	1292 mm
Suelo predominante	Arena arcillosa
Cbr Promedio	9,50%
Ejes equivalentes	5,11 x106
Materiales disponibles	Buena calidad para elaboración de SBG, BG y concreto asfaltico

Fuente propia (2023)

Por consiguiente a la elaboración del diseño, como primera instancia se tiene en cuenta los factores ambientales y climáticos en el cual se establece las respectivas regiones climáticas con base a las temperaturas y precipitaciones que se tiene en el sector a estudiar, estas regiones según el manual de diseños de INVIAS (1998) se dividen en seis regiones climáticas, con el fin de que la variable del clima se involucre en forma apropiada en el diseño de estructuras de pavimentos; de esta manera según los datos brindados por el presente proyecto se establece que se pertenece a las región 3 la cual es cálido seco y cálido semihúmedo ya que se cuenta con una temperatura anual de 23.4°C y una precipitación de 1292 mm los cuales califican n los rangos establecidos de dicha región tal y como se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 5. Regiones climáticas según temperatura y precipitación.

No	REGIÓN	TEMPERATURA TMAP (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 -20	< 2000
R3	Cálido seco y Cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 – 4000
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2000 – 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 – 30	> 4000

Fuente: (INVIAS, 1998)

Posterior a esto, se procede a establecer la caracterización de la resistencia de diseño de la subrasante las cuales según el manual de diseño de INVIAS (1998) teniendo en cuanta la diversidad de suelos, es conveniente considerar también una variedad de resistencias las cuales, con fines de diseño estructural, se agrupan en las cinco categorías en las cuales se define según el valor definido del CBR el cual fue de 9.5% estableciéndose en la categoría de S3 de los entornos de resistencia tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Entornos de resistencia de subrasante.

CATEGORÍA	INTERVALO MODULO RESILIENTE (E) kg/cm^2	INTERVALO C.B.R %
S1	300 – 500	3≤ CBR <5
S2	500 – 700	5≤ CBR< 7
S3	700 – 1000	7≤ CBR< 10
S4	1000 – 1500	10≤ CBR< 15
S5	> 1500	CBR ≥ 15

Fuente: (INVIAS, 1998)

Posteriormente se procede a determinar la categoría de tránsito del sector el cual se rige bajo el estudio de tránsito determinado anteriormente el cual da un resultado de 5,11 x10 6 ejes equivalentes; en donde para la estimación de tasa de crecimiento de los vehículos, el cual para

el caso del 90% de confiabilidad se obtiene la expresión de 1,159 * N (número de ejes equivalentes) obteniendo de esta manera un numero de ejes equivalentes de diseño de 5.92 x10 6; por consiguiente con este valor de diseño se procede a analizar la tabla de requisitos de tránsito el cual se tiene en cuenta este valor definido anteriormente de ejes equivalentes de diseño de 80 kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño del pavimento obteniendo la categoría de T4 tal y como se establece en la siguiente tabla:

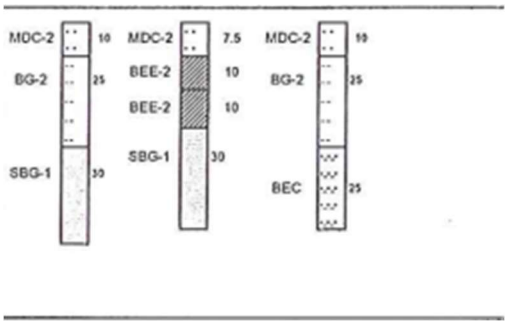
Tabla 7. Requisitos de tránsito contemplados en la guía de diseño.

Categoría	Ejes equivalentes de 80kN en el carril de diseño durante el periodo de diseño del pavimento N* (10^6)
T1	0.5 - 1.0
T2	1.0 - 2.0
T3	2.0 - 4.0
T4	4.0 - 6.0
T5	6.0 - 10.0
T6	10.0 - 15.0
T7	15.0 - 20.0
T8	20.0 - 30.0
T9	30.0 - 40.0

Fuente: (INVIAS, 1998)

De esta manera, con todos los datos y categorías anteriormente establecidos, se procede a definir la carta de diseño según los datos los cuales son de región número 3, con categoría de subrasante número 3 y categoría de tránsito número 4, mostrando de esta manera la carta numero 3 a la que pertenece la región tres, donde establece respectivamente en el S3-T4 los espesores de mezcla densa caliente de 10 cm, una base granular de 25 cm y una sub base granular de 30 cm en la siguiente ilustración:

Figura 1. Carta N° 3, S3 - T4



Fuente: (INVIAS, 1998)

De esta manera con el debido procedimiento del manual de diseño de pavimentos asfalticos en vías de medios y altos volúmenes de tránsito de invias (1998) se obtiene para el municipio de Nilo Cundinamarca sector de la guaira el respectivo diseño de pavimento flexible:

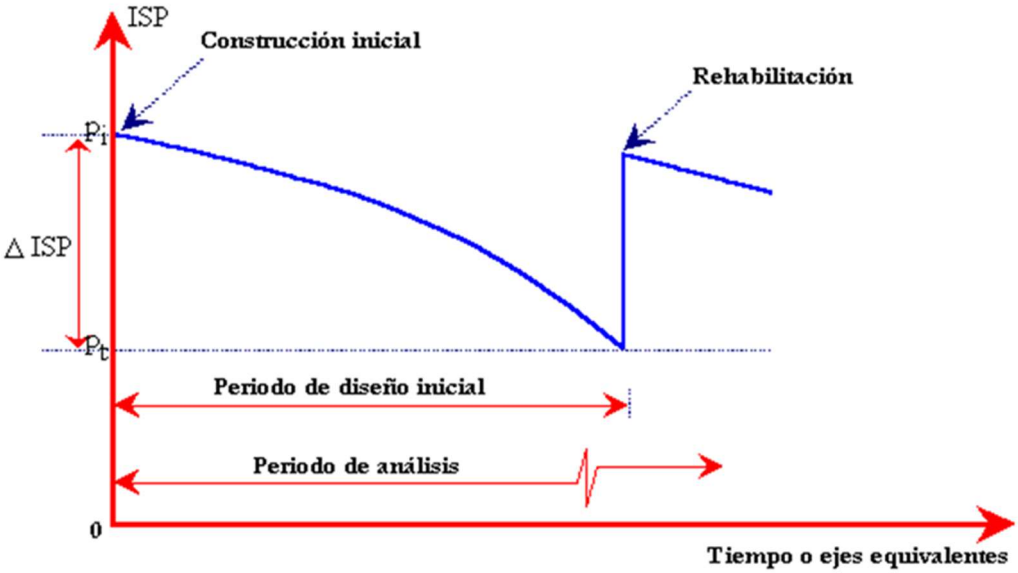
Figura 2. Diseño de pavimento flexible.

MEZCLA DENSA CALIENTE	10 cm
BASE GRANULAR	25 cm
SUB BASE GRANULAR	30 cm
SUBRASANTE MEJORADA	Se omite

Fuente propia.

Consideraciones de Diseño

La serviciabilidad de un pavimento se expresa en términos de su Índice de Servicio Presente (ISP).



PAVIMENTO FLEXIBLE

Método Utilizado

Método AASHTO 1993. El diseño busca determinar un "Número Estructural SN''para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga esperado.

Para determinar el número estructural SN requerido, se utiliza la hoja de cálculo deExcel del Ing. Luis Ricardo Vásquez, que involucra los siguientes parámetros.

Ecuación:

$$Log_{10} w_{18} = Z_R * S_O + 9.36 * Log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{Log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * Log_{10} M_R - 8.07$$

Parámetros

‘’W_{18}’’El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseñoseleccionado.

‘’Z_R’’ Grado de confiabilidad. ‘’R’’

Parámetro de confiabilidad.

‘’S_o’’ Desviación estándar del sistema.

‘’Mr’’ El módulo de resiliencia efectivo del material usado de la subrasante. ‘’ΔPSI’’ La pérdida o diferencia entre los índices de servicio inicial y final deseados.

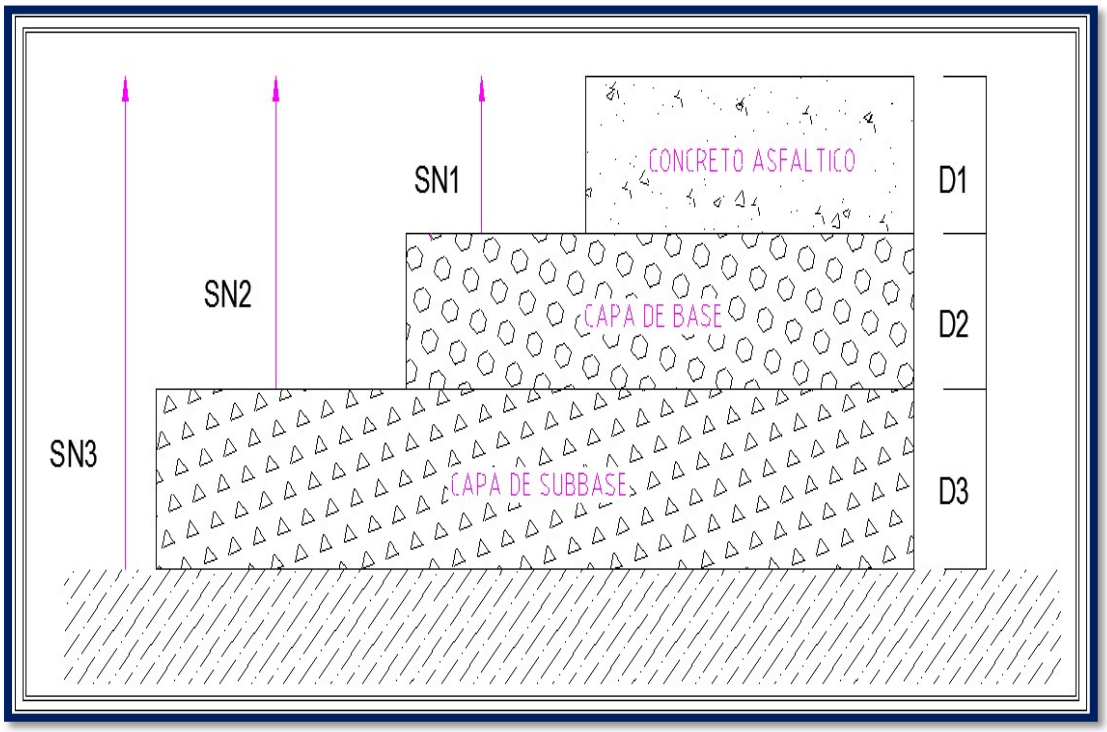
Número estructural (SN)

$SN= a_1D_1+a_1D_2m_2+a_3D_3m_3$

a_1, a_2 y a_3 = Coeficiente de capa representativos de Carpeta, Base y Subbase respectivamente.

D_1, D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, Base y Subbase respectivamente en pulgadas.

$m_2 m_3$ = Coeficientes de drenaje para Base y Subbase respectivamente



Fuente: Autores

Metodología:

Se emplea la siguiente metodología:

- Selección del período de diseño estructural.
- Estimación del tránsito de diseño.
- Determinación de las características ambientales de los materiales relacionados con la calidad drenante.
- Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante a través del ensayo de CBR.
- Determinación de la capacidad portante equivalente del suelo mejorado.
- Determinación del nivel de confiabilidad
- Determinación de la desviación estándar del sistema

- Determinación del grado de confiabilidad
- Determinación de la pérdida de Serviciabilidad.
- Determinación de los módulos resilientes y valores del coeficiente estructural de los materiales.
- Dimensionamiento de la estructura del pavimento flexible.
- Optimización de las dimensiones del pavimento obtenido.

desarrollo de la metodología:

período de diseño

De acuerdo con la tabla 2.3 del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Víascon Medios y Altos Volúmenes de Transito del INVIAS, Pág. 9, se estima un período de diseño estructural:

Categoría de la vía: III

Período de diseño estructural (n): 10 años

Tabla 1. Período de diseño estructural recomendados (Tabla 2.3).

Categoría de la Vía	Periodo de Diseño (P.D.E) años	
	Rango	Recomendado
I	10-30	20
II	10-20	15
III	10-20	10
Especiales	7-20	10-15

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

Estimación del Tránsito de Diseño

Definición del tránsito de diseño.

No se cuenta con conteos ni con series históricas del tránsito para el dimensionamiento de la estructura del pavimento, la cual para el diseño se asemeja a una vía local, por lo que es necesario asumir una carga que permita diseñar una estructura resistente,durable, confiable, cómoda y segura para 10 años de vida útil, por lo cual se recurre a la tabla

3.6 del manual de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito del INVIAS, tomando como tránsito promedio diario TPDS de 410 vehículos mixtos, de los cuales 180 son vehículos comerciales.

Tabla 2. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6.).

TPD	A	B	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
180	74.4	9.1	12.2	41	0.1	0	0
300	61.7	8.4	13	14.3	2.2	0.3	0.1
410	56	12	14.1	16.6	1.2	0.1	0

VEHÍCULOS	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5
COMPOSICIÓN VEHICULAR (%)	56%	12%	14,10%	16,60%	1,20%	0,10%

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

Se distribuye el transito tomando un TPD de 410 vehículos mixtos por día y se empleala ecuación que permite estimar el N número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas de los vehículos comerciales en el carril de diseño y durante el período de diseño.

$$N = 365xTPDx \qquad \frac{A}{100} x \frac{B}{100} x \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} xF.C.$$

N = Número de ejes equivalentes.

TPD = Tránsito promedio diario inicial.

A = Porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones) en el conteo.B =

Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño.

r = Rata anual de crecimiento del tránsito.n =

Período de diseño estructural.

FC. = Factor camión.

$$FC = \frac{\sum Ci * Fi}{\sum Ci}$$

Ci = Es la cantidad de vehículos comerciales diarios del tipo (i).

Fi = Es el factor de equivalencia que corresponde a cada pasada del vehículo comercial tipo (i).

Se determina el factor camión o el factor daño empleando los factores de equivalenciade la tabla 3.5, del manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, Pág. 17.

Tabla 3. Factores de equivalencia de carga (Tabla 3.5).

Tipo de vehículo		Factor de equivalencia
Buses	Bus	0.40
	Bus metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.17
C2G	C2G	3.44
C3 y C4	C3	3.76
	C2 C1	3.37
	C4	6.73
	C3 S1	2.22
	C2 S2	3.42
C5	C3 S2	4.40
>C5	>C5	4.72

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS 1998)

$$Fc = \frac{1x0.12 + 1.14x0.141 + 3.44x0.166 + 3.76x0.012 + 4.76x0.001}{0.44}$$

$$Fc = 2.04$$

$$N = 365x410x \qquad \frac{44}{100} x \frac{50}{100} x \frac{(1+0.05)^{10} - 1}{Ln(1+0.05)} x2.04 =$$

N= 865.715 Ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Teniendo en cuenta que esta vía sirve como entrada y salida principal del Barrio SanNicolás y tiene un programa de rehabilitación, mejoramiento y pavimentación, se hace necesario considerar un tránsito atraído, un tránsito generado, un tránsito desarrollado y la consideración especial del tránsito de carga de materiales que se utilizara durante el procesoconstructivo de varias urbanizaciones. Por lo tanto, se considera un crecimiento del 70% deltránsito de diseño calculado.

N= 865.715 * 70%

N= 1.471.716 Ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Se hace la corrección del tránsito proyectado para una confiabilidad del 90%, de acuerdo a recomendaciones del Invias en su Manual de Diseños de pavimentos flexibles conmedios y altos volúmenes de tránsito.

N'= 1.159 x N

N'= 1.159 x1.471.716 = 1.705.719 Ejes de 8.2 Ton.

De acuerdo con la tabla 3.6 del manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías conmedios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, El transito corresponde a un rango T2.

Tabla 4. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6).

Designación	**Rangos de transito Acumulado por carril de diseño**
T1	$0.5 - 1 * 10^6$
T2	$1 - 2 * 10^6$
T3	$2 - 4 * 10^6$
T4	$4 - 6 * 10^6$
T5	$6 - 10 * 10^6$
T6	$10 - 15 * 10^6$
T7	$15 - 20 * 10^6$
T8	$20 - 30 * 10^6$
T9	$30 - 40 * 10^6$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS 1998).

Determinación de las características ambientales de los materiales relacionados con la calidad drenante.

Se toman las características ambientales tales como humedad y temperatura sobre las propiedades de los materiales.

Para la seguridad del dimensionamiento de la estructura, se asume un coeficiente de drenaje m=0.80, que corresponde según la tabla IX y X de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-38 y 3-39, a una calidad de drenaje regular con períodos de tiempo de saturación entre 5% y 25% anual.

Tabla 5. Características de drenaje de material de base y/o sub-base granular (Tabla IX).

Nivel de drenaje	Agua eliminada dentro de
Excelente	Dos (2) horas
Buena	Un (1) día
Regular	Una (1) semana
Pobre	Un (1) mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93.

Tabla 6. Valor recomendados del coeficiente de ajuste (m) para los coeficientesestructurales de las capas de base y/o sub base no-tratadas (Tabla X).

	Porcentaje del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de humedad cercanas a saturación			
Calidad de drenaje de la base o sub-base	Menos del 1%	Entre el 1 y 5%	Entre5 y el 25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93.

NIVEL DE CONFIANZA (R).

Los valores de nivel de confianza están supeditados al tipo en escala de orden de importancia de la vía, para nuestro caso por ser una vía local se asume un valor de 90%.

Tabla 7. Desviación estándar global (Tabla I pág. 3-9 AASTHO-93)

Niveles recomendados de confiabilidad (R)

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y vías agrícolas	50-80	50-80

Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

GRADO DE CONFIABILIDAD (ZR).

Una vez obtenido el nivel de confiabilidad que es del 90%, se determina el valor delgrado de confiabilidad, cuyo valor aplicado es de -1.282. Ver tabla 11.

Tabla 8. Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad(Tabla I-I).

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

DESVIACION ESTANDAR DEL SISTEMA (So).

Para la selección del So se tiene en cuenta la desviación estándar del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las condiciones climáticas y lavariación de la calidad de la construcción. Con base en lo anterior para el diseño se asumirá un valor de 0.45 que es lo recomendado por el método. Ver tabla 11.

Tabla 9. Valores recomendados para la desviación estándar (So) (Tabla II).

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 *(0.45 valor recomendado)*

Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93

DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI).

Se estiman los siguientes valores para pavimentos flexibles:Período

de Serviciabilidad inicial po= 4.2

Período de Serviciabilidad final pt= 2.0

DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS RESILIENTES Y LOS VALORESDEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LOS MATERIALES.

Para materiales de subrasante con CBR del ≤7.2% se utiliza la fórmula:MR=

1500 * (CBR) en PSI.

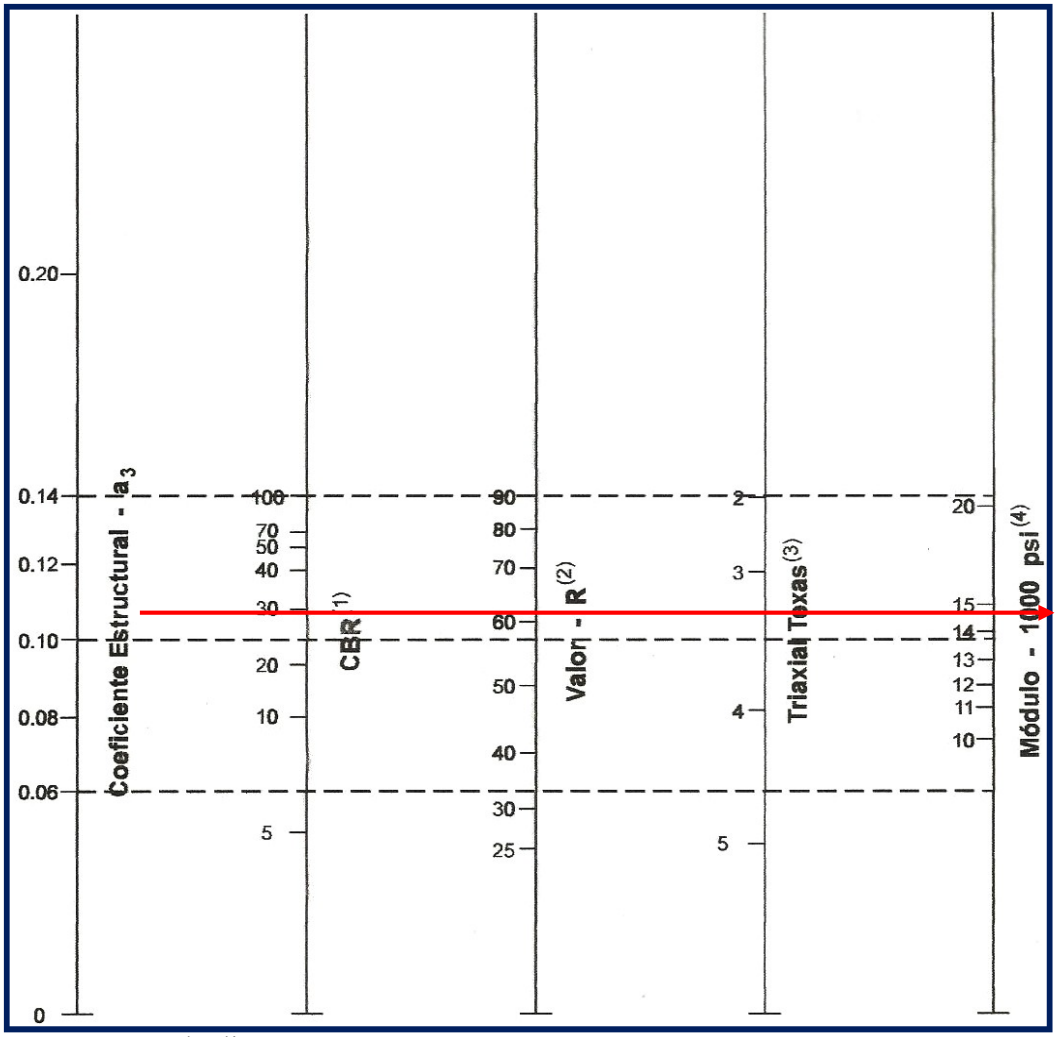
MR= 1500 * (5.8) = 8.700 PSI

Para materiales de Subbases granulares con un CBR mínimo del 30% se emplea lafigura 9 de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-35 para determinar el MR.

MR= 14.800 PSI

COEFICIENTE ESTRUCTURAL - a3= 0.11

Figura 1. Coeficiente estructura a partir del CBR de la subbase granular (Figura 9 AASTHO).



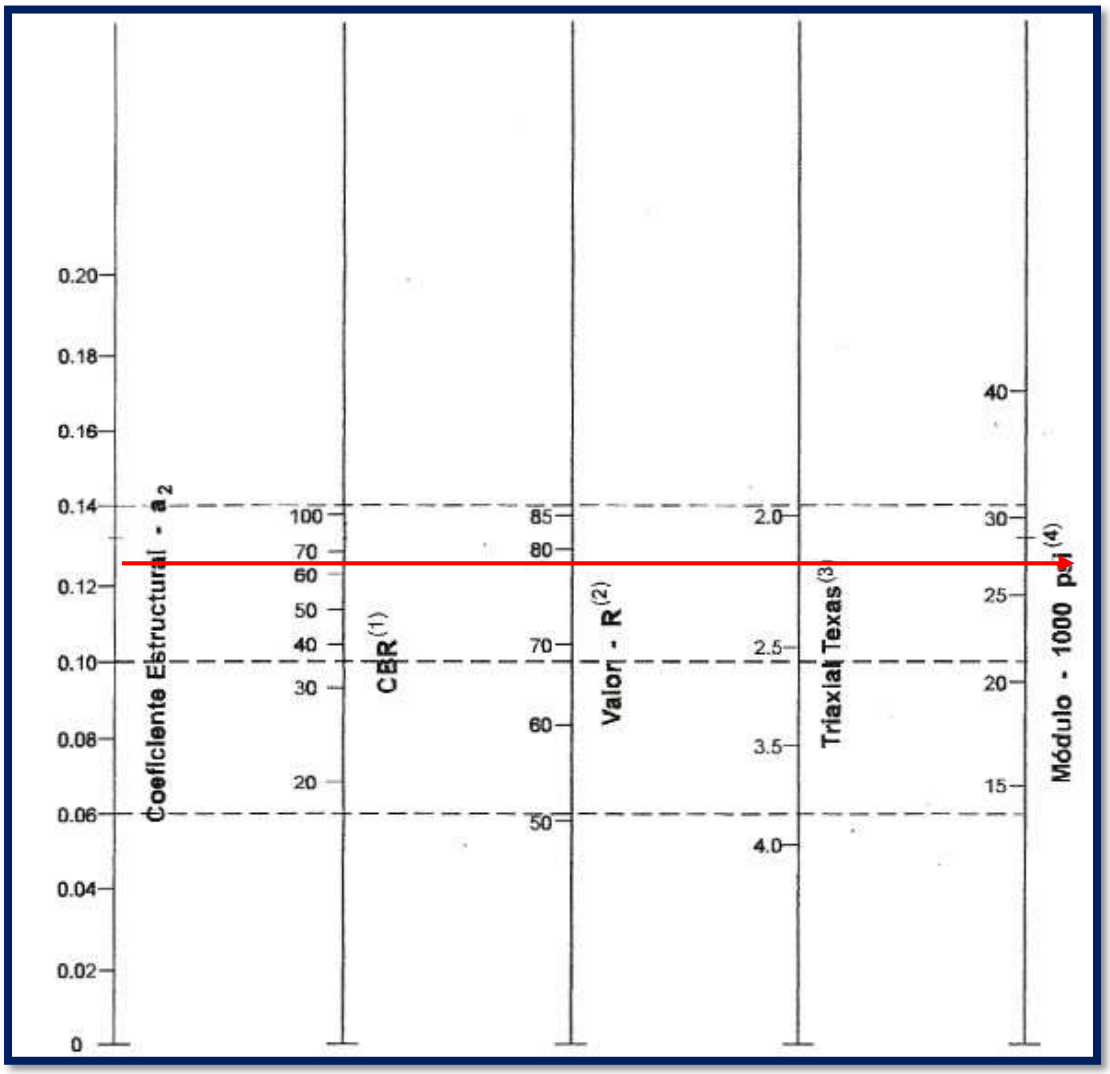
Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93

Para materiales de Bases granulares con un CBR mínimo del 80% se emplea la figura8 de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-34.

MR= 28.000 PSI

Coeficiente estructural – a2= 0.13

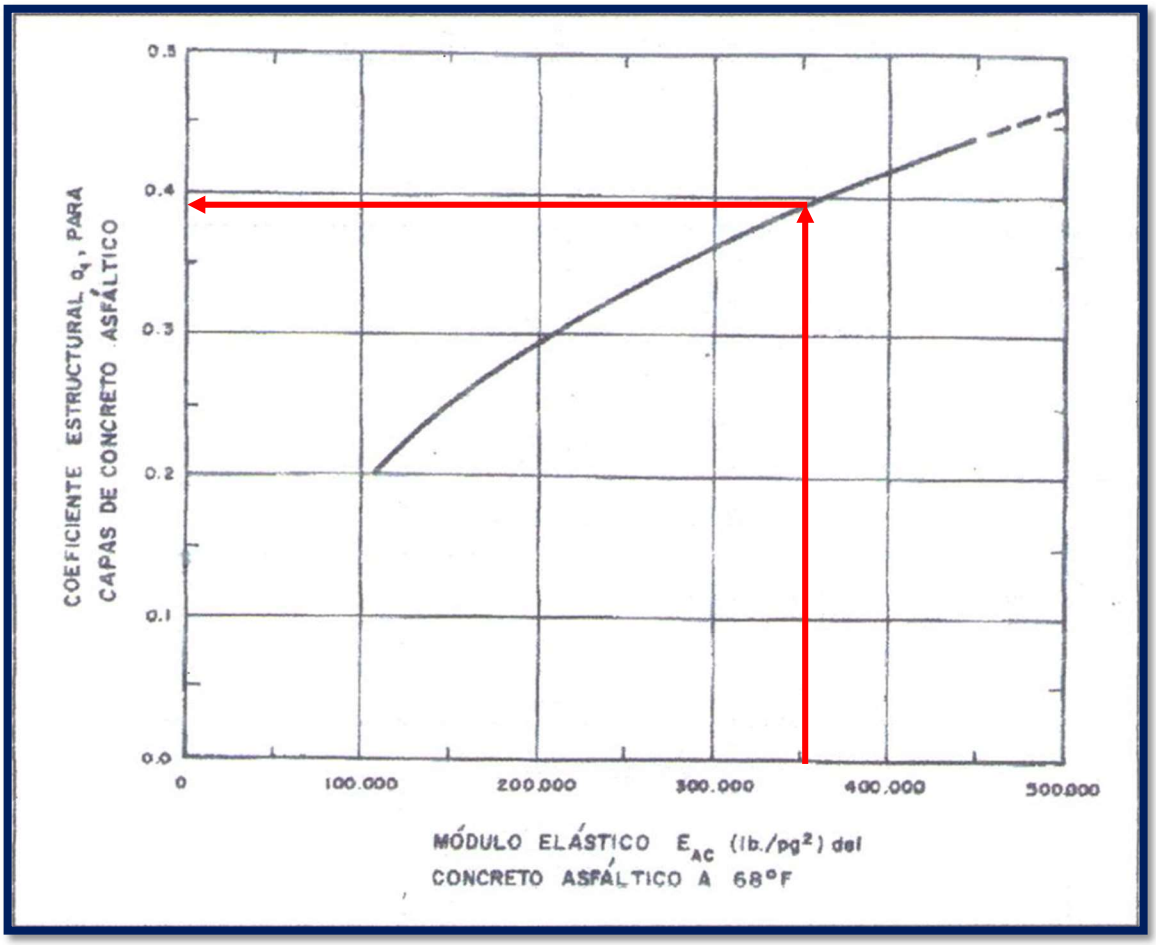
Figura 2. Coeficiente estructural a partir del CBR de la base granular (Figura 8 AASTHO).



Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93

Para mezclas asfálticas en caliente se emplea la figura 6 de la Guía de Diseño AASHTO-93, Pág. 3-34, la cual presenta un Módulo de elasticidad =350000 Psi. y un Coeficiente estructural a1= 0.39

Figura 3. Coeficiente estructural a partir del módulo elástico del concretoasfáltico.



Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA del pavimento flexible

Datos de entrada.

Características de los materiales.

Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica	=	350.000 psi.
Módulo de resiliencia de la Base Granular	=	28.000 psi.
Módulo de resiliencia de la Subbase Granular	=	14.800 psi.

Datos de tráfico y propiedades de la subrasante.

Números de ejes equivalentes total (w18)	=	1.705.719 E.E.
Factor de confiabilidad (R)	=	90.00%
Desviación estándar normal (Z_R)	=	-1.282

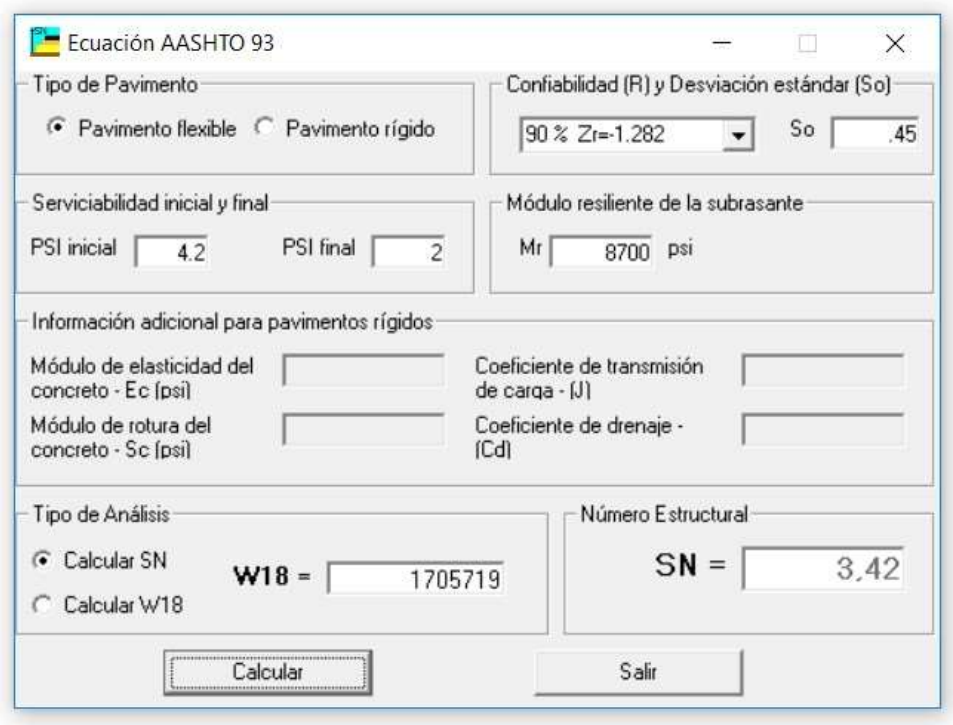
Desviación estándar global (S_o)	=	0.45
Módulo de resiliencia de la subrasante (MR psi)	=	8.700
Serviciabilidad inicial (Pi)	=	4.2
Serviciabilidad Final (Pf)	=	2.0
Período de Diseño.	=	10

Datos para estructuras del refuerzo – coeficientes estructurales y de Drenaje (a-m).

Concreto asfáltico convencional (a_1)	=	0.39
Base granular (a_2)	=	0.13
Subbase granular (a_3)	=	0.11
Base granular (m_2)	=	0.80
Subbase granular (m_3)	=	0.80

A continuación, se presenta los cálculos del número estructural o capacidad de laestructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

SN Subrasante = 3.42



Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93

- SN Base = 2.27

Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93

- SN Subbase= 2.87

Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93

Espesor carpeta asfáltica:

D_1 $$= \frac{SN_{CR}}{a_1} = \frac{2.27}{0.39} = 5.82''$$

Espesor de la Base Granular:

SN Base= SN2-SN1 = 2.87-2.27 =0.60

D_2 $$= \frac{SN_{BG}}{a_2 m_2} = \frac{0.60}{0.13x0.80} = 5.77''$$

Espesor de la Subbase Granular:

SN Subbase= SN3-SN2 = 3.42-2.87=0.55

D_3 $$= \frac{SN_{SBG}}{a_3 m_3} = \frac{0.55}{0.11x0.80} = 6.25''$$

Según la AASHTO el dimensionamiento es:

Subbase granular SBG-1: CBR> 30% = 15.9 cmBase

Granular BG-2: CBR>80% = 14.6 cm

Mezcla densa en caliente MDC-19 = 14.8 cm

Espesor total de la estructura = 45.3 cm

Optimización del pavimento obtenido

Este dimensionamiento se varía sin modificar el número estructural con valoresmínimos para mezclas asfálticas y bases granulares que recomienda la guía de la AASHTO – 93 en su tabla XI pág. 3-46.

Tabla 10. - Espesores mínimos para capas de concreto asfáltico y base, en funcióndel tráfico esperado (Tabla XI).

Cargas equivalentes (período diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub-base granular
<50.000	2.5(*)	10.0
50.000-150.000	5.0	10.0
150.000-500.000	6.25	10.0
500.000-2.000.000	7.5	15.0
2.000.000-7.000.000	8.75	15.0
>7.000.000	10.0	15.0

Fuente. AASHTO – 93.

El N calculado para el presente diseño es de 1.705.719 E.E. que corresponde al rangoentre 500.000 y 2.000.000 E.E que sugiere una mezcla asfáltica de 7.5 cm como mínimo y

una base granular mínima de 15 cm. Se estima un espesor de 7.5 cm de mezcla asfáltica y 20 cm de base granular.

Con estos valores y sin alterar el valor del número estructural calculado para la subrasante, calculamos el nuevo espesor del pavimento, así:

$SN= a_1D_1+a_2m_2D_2+a_3m_3 D_3$

3.42 = 0.39*3’’+0.13*0.80*8’’+0.11*0.80D3

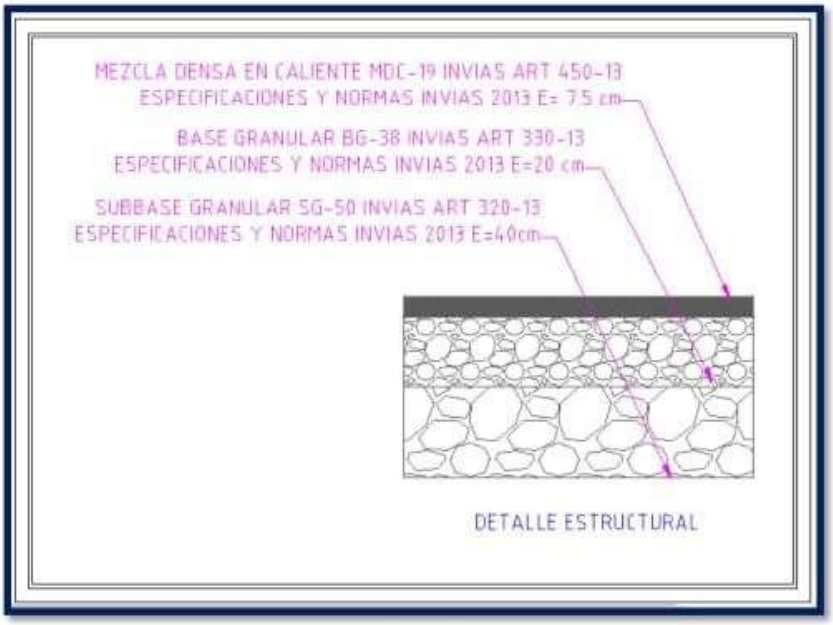
Se despeja D3. D3= 16.1’’

= 40 cm

Estructura del pavimento flexible:

Subbase granular SBG-1: CBR> 30%	=	40 cmBase
Granular BG-2: CBR>80%	=	20 cm
Mezcla densa en caliente MDC-19	=	7.5 cm
Espesor total de la estructura	**=**	**67.5 cm**

Figura 4. Esquema estructura pavimento flexible.



Fuente: Autores

Registro de las fallas encontradas

Tabla 8. Tabla deterioros del tipo A.

Tabla B.1.
Deterioros del Tipo A

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y parcheos	B	m

Fuente: INV E-813-13

Tabla 9. Tabla deterioros del tipo A.

Tabla B.2.
Deterioros del Tipo B

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Ojos de pescado	O	un
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m^2
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Fuente: INV E-813-13

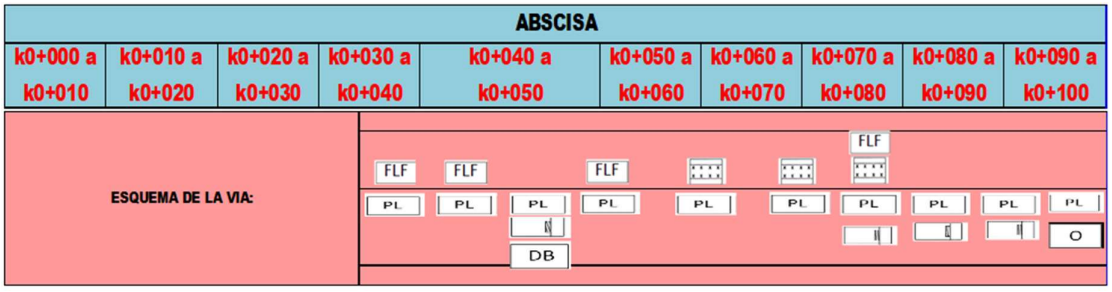
Las anteriores tablas se tomaron como base para determinar las fallas encontradas en la vía las cuales fueron:

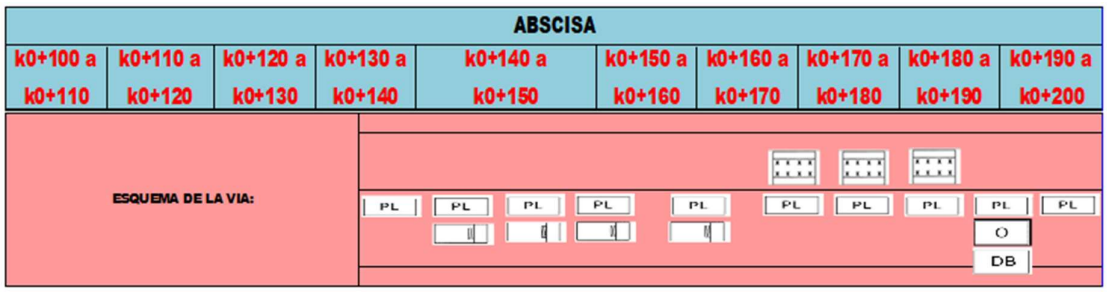
Tipo A:

- Fisuras longitudinales por fatiga.
- Fisuras piel de cocodrilo

Tipo B:

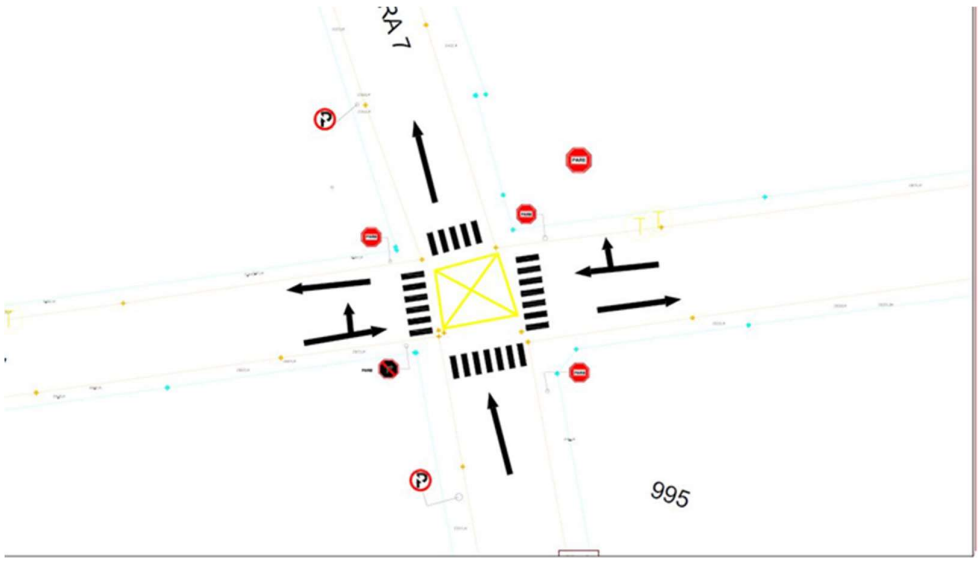
- Fisura de borde.
- Ojos de pescado.
- Perdida de la película de ligante.
- Desintegración de los bordes del pavimento.





Fuente. El Autor

Señalización del cruce en la carrea 7 con calle 7 Municipio de El Colegio, Cundinamarca



Fuente. El Autor

Conclusiones y Recomendaciones

La evaluación del pavimento mediante el método de inspección visual (VIZIR) indica que la carretera en el cruce de la carrera 7 con calle 7 en El Colegio, Cundinamarca, se encuentra en un estado marginal. Esta condición subraya la necesidad inmediata de llevar a cabo trabajos de rehabilitación para asegurar una circulación segura y eficiente de los usuarios.

La determinación de los espesores de las capas del pavimento utilizando el método de la AASHTO revela la necesidad de rehabilitación. Se sugiere una capa asfáltica de 4.5 pulgadas, una base granular de 6.0 pulgadas y una subbase granular de 10.1 pulgadas para garantizar una infraestructura vial robusta y duradera.

La insuficiencia casi nula de la señalización actual destaca la importancia de mejorar la visibilidad y la orientación para los usuarios en el cruce. Una señalización efectiva es crucial para la seguridad tanto de los peatones como de los conductores, especialmente en un punto crítico como este.

Enfoque en la Seguridad Vial:

La necesidad de medidas efectivas de seguridad vial es evidente. La planificación del diseño debe priorizar elementos que garanticen la seguridad de los usuarios, incluyendo peatones y conductores, para minimizar el riesgo de accidentes en el cruce.

La propuesta de una señalización óptima busca no solo corregir deficiencias sino también mejorar la movilidad de los usuarios. Un enfoque integral en la señalización puede contribuir significativamente a una circulación más libre y segura en la intersección.

La aplicación del método de la AASHTO para determinar los espesores de las capas del pavimento refleja un compromiso con estándares de calidad en la infraestructura vial. Este enfoque técnico sugiere la intención de proporcionar una solución duradera y resistente que satisfaga las necesidades de la comunidad y garantice la inversión a largo plazo.

El método de la AASHTO ha proporcionado información valiosa sobre los espesores recomendados para las diferentes capas del pavimento. Con 4.5 pulgadas de capa asfáltica, 6.0 pulgadas de base granular, y 10.1 pulgadas de subbase granular, se establece un diseño específico que busca garantizar la estabilidad y la durabilidad del pavimento.

La señalización propuesta no solo busca corregir deficiencias, sino también complementar el diseño del pavimento. La coordinación entre el diseño de pavimento y la señalización es esencial para lograr una solución integral que mejore tanto la infraestructura como la seguridad vial.

Al proponer una capa asfáltica, base granular y subbase granular específicas, se refleja una consideración profunda de los factores de seguridad en el diseño del pavimento. Esto sugiere una atención cuidadosa a la resistencia y estabilidad del pavimento para hacer frente a las condiciones actuales y futuras de tráfico.

En conclusión, tras la evaluación de dos diseños para pavimentos flexibles mediante diferentes métodos, se observó que, aunque existen ligeras variaciones en sus valores, la opción de menor estructura se revela como la más favorable desde el punto de vista económico. La reducción en los costos asociados la posiciona como una alternativa económicamente viable. Esta elección estratégica no solo implica un menor desembolso financiero inicial, sino que también augura un impacto positivo en la sostenibilidad y eficiencia económica a lo largo del tiempo. En consecuencia, la adopción del diseño de menor estructura no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también se alinea con criterios económicos más eficientes y sostenibles.

Referencias Bibliográficas

360en concreto. (s.f.). *360 en concreto*. Obtenido de CÓMO PREVENIR LAS FISURAS EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO: https://360enconcreto.com/blog/detalle/prevenir-fisuras-en-los-pavimentos-de-concreto/#:~:text=Las%20fisuras%20en%20el%20concreto,manifiestan%20generalmente%20en%20las%20superficies

acosta, b. (20 de marzo de 2020). Tipos de raíces. colombia .

Agronomia. (s.f.). *Agronomia*. Obtenido de Clasificacion de las raices: https://www.xn--agronoma-i2a.com/2014/01/clasificacion-de-las-raices.html

Aigneren, M. (s.f.). LA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN MEDIANTE LOS GRUPOS FOCALES. 9. Obtenido de https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/1611/1264

Alessio Fini, P. F. (2022). Effects of pavements on established urban trees: Growth, physiology, ecosystem services and disservices. *Landscape and Urban Planning*, articulo - 104501.

ambientebogota. (7 de junio de 2018). *ambientebogota.gov.co.* Obtenido de https://ambientebogota.gov.co/documents/10184/626774/cartilla+andenes+modificacion.pdf/15ad777d-60fa-4b13-ab85-556b6055daf8

Andrew R. Benson, I. G. (2021). Using robotics to detect footpath displacement caused by tree roots: A proof of concept. *Urban Forestry & Urban Greening*, articulo - 127312.

ARGOS. (16 de MARZO de 2021). FICHA TÉCNICA / VERSIÓN 5 - CONCRETO ARQUITECTONICO AMPLITUD Y LUMINICIDAD PERFECTA PARA EL PAISAJISMO DE TUS PROYECTOS. COLOMBIA .

BIOTEC, D. (2021). RAÍZ: Anatomía, Morfología y Clasificación | Biología Vegetal. *RAÍZ: Anatomía, Morfología y Clasificación | Biología Vegetal*. COLOMBIA.

Boeree, G. (2007). Morfologia. Obtenido de https://webspace.ship.edu/cgboer/morfologiaesp.html

Bohorquez, M. F. (17 de febrero de 2020). *sitios.dane.gov.co.* Obtenido de https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/25307_infografia.pdf

Botina, J., & Garcia, L. (2005). Arboles y Arbustos del ecoparque Rio pance. 73.

Budenheim. (s.f.). *Budenheim*. Obtenido de Concreto: https://www.budenheim.com/es/soluciones/construccion/concreto

CALIZO. (26 de AGOSTO de 2021). *CALIZO.CO.* Obtenido de CALIZO.CO: https://irp.cdn-website.com/cd139452/files/uploaded/CALIZO-AQUA-LIENZO_MOBILE.pdf

Castro, M. G., Castro, L. A., & Castro, P. G. (07 de Septiembre de 2020). Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rigido. *Polo del conocimiento*.

cerlatam. (31 de diciembre de 2021). *www.cerlatam.com.* Obtenido de https://www.cerlatam.com/normatividad/congreso-ley-2173-de-2021/#:~:text=Proh%C3%ADbe%20el%20aprovechamiento%20maderable%20comercial,el%20primer%20semestre%20de%202022.

Chacón, J. Y. (11 de enero de 2019). *lifeder.com*. Obtenido de https://www.lifeder.com/raiz-tuberosa/

cienciaybiologia. (05 de diciembre de 2016). *cienciaybiologia.com*. Obtenido de https://cienciaybiologia.com/la-raiz/

Combita, B. M., & Peralta, G. Y. (2017). PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE ANDENES PEATONALES INTEGRADOS CON CELDAS FOTOVOLTAICAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN LOS HOGARES. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/156961174.pdf

conaf. (17 de febrero de 2015). *www.conaf.cl.* Obtenido de https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf

Construneic. (12 de septiembre de 2021). *Construneic*. Obtenido de Pavimentos: Pavimento rigido: https://construneic.com/pavimentos/pavimento-rigido/

Corblock. (06 de 06 de 2017). *Corblock*. Obtenido de Diferencias entre Pavimento de hormigón, Pavimento de asfalto y Pavimento de adoquines.: https://www.corblock.com/noticia/34/diferencias-entre-pavimento-de-hormign-pavimento-de-asfalto-y-pavimento-de-adoquines

Coronado, I. J. (Noviembre de 2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemal. Obtenido de https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf

Departamento de administracion y evaluacion de pavimentos 1990. (2016). Identificacion de fallas en pavimentos y tecnicas de reparacion (Catalogo de fallas). 99.

devimed. (12 de 12 de 2015). *www.devimed.com.co*. Obtenido de www.devimed.com.co: https://www.devimed.com.co/descarga/LEY%201228%20DE%202008%20(7).pdf

Dugotex S.A. (s.f.). INSTRUCTIVO DE MANEJO FORMATO POKA JOKE PARA PREFICHAS. Obtenido de https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4947/INSTRUCTIVO%20%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20FICHAS%20T%C9CNICAS.pdf;jsessionid=8C63A45E2E5D270A2EA654E467A5BAF4?sequence=2

ecologiaverde. (20 de marzo de 2020). *Ecologia Verde*. Obtenido de ecologiaverde.com: https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-raices-2644.html

EDITORIAL, L. . (9 de 5 de 2013). Código Nacional de Recursos Naturales renobables y proteccion del medio ambiente. bogota, colombia.

Edu.Xunta. (s.f.). *Edu.xunta*. Obtenido de Resistencia: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51_resistencia.html#:~:text=La%20resistencia%20es%20la%20capacidad,de%20uni%C3%B3n%20entre%20los%20elementos.

Emilia Kuliczkowska, A. P. (2017). Management of risk of tree and shrub root intrusion into sewers. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1 - 10 .

E-nquest. (24 de abril de 2018). *E-nquest*. Obtenido de Metodos de recogida de datos: https://www.e-nquest.com/metodos-de-recogida-de-datos/

EPM. (2018). *Norma de construccion Andenes.* Obtenido de https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/NC_MN_OC08_03_Andenes_compressed.pdf?ver=q1j-CNxeWhY6B2cAdWzSAQ%3D%3D

Escuela universitaria de oficios. (s.f.). Mantenimiento de espacios verdes. Obtenido de https://yold.unlp.edu.ar/frontend/media/96/27596/2daad2ff60b0b8906f52aacfc67e7ebe.pdf

Fuentes, J. (21 de febrero de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Método aashto 93 para el diseño de pavimentos rigidos: https://es.slideshare.net/JonathanFuentes1/mtodo-aashto-93-para-el-diseo-de-pavimentos-rigidos

Garces, C. J., & Duque, O. E. (Febrero de 2007). Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación. 1.

GrupoGHA. (s.f.). *GrupoGHA*. Obtenido de ¿Qué es un geotextil y para qué se usa?: https://grupogha.com/2020/12/09/que-es-un-geotextil-y-para-que-se-usa/

Guzman, G., & Mogrovejo, D. (20 de Septiembre de 2017). Gestión sostenible del pavimento flexible, rígido y articulado del centro urbano del Cantón Girón. Obtenido de https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1980/1413

Huaman, Z. (Junio de 1992). Botanica Sistematica y morfologia de la planta de batata o camote. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hIkspoOH9NMC&oi=fnd&pg=PA1&dq=tipos+de+raices&ots=IZhu2viVcF&sig=OeDLxaTk0G4oaro4v8GSAmqqx20#v=onepage&q&f=false

HydroEnviroment. (s.f.). *HydroEnviroment*. Obtenido de ¿Que es un fertilizante?: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=249

IDECA. (s.f.). *IDECA*. Obtenido de Anden: https://www.ideca.gov.co/recursos/glosario/anden

infojardin. (2020). *www.infojardin.com*. Obtenido de https://www.infojardin.com/glosario/raleo/ramificada-raiz-ramificada.htm

Ingenieroas asesores. (29 de marzo de 2021). *Ingenieros asesores*. Obtenido de Grietas estructurales peligrosas: cómo identificarlas para repararlas cuanto antes: https://ingenierosasesores.com/actualidad/grietas-estructurales-peligrosas-como-identificarlas-repararlas/

INVIAS. (1 de JULIO de 2011). *www.invias.gov.co.* Obtenido de https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/guia-de-manejo-ambiental-de-proyectos/971-guia-de-manejo-ambiental/file

INVIAS. (2012). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras. . Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38498/ViloriaOquendoLucyMercedes2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

La Casa del libro. (s.f.). *La casa del libro*. Obtenido de eBooks: https://www.casadellibro.com/ebooks

Manual de viveros para la produccion de especies forestales en contenedor. (s.f.). *Capítulo 5 Manejo del vivero.* Obtenido de https://www.academia.edu/7985079/MANUAL_DE_VIVEROS_PARA_LA_PRODUCCI%C3%93N_DE_ESPECIES_FORESTALES_EN_CONTENEDOR

Materiales. (s.f.). *Materiales*. Obtenido de Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm12/fcm12_2.html#:~:text=Una%20definici%C3%B3n%20bastante%20aceptable%20de,ataque%20qu%C3%ADmico%20por%20su%20entorno.

Miarco. (04 de febrero de 2019). *Miarco*. Obtenido de Diccionario MIARCO: ¿Qué es la elongación?: https://www.miarco.com/blog/diccionario-miarco-que-es-la-elongacion/#:~:text=La%20elongaci%C3%B3n%20(o%20alargamiento)%20es,respecto%20a%20la%20longitud%20inicial.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (17 de mayo de 2005). DECRETO 1538 DE 2005. *DECRETO 1538 DE 2005 por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 361 de 1997*. Bogotá D.C, Colombia. Obtenido de https://www.mincit.gov.co/ministerio/ministerio-en-breve/docs/1538-de-2005.aspx

mintransporte.gov.co. (24 de agosto de 2016). *www.mintransporte.gov.co.* Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/Lineamientos_ambientales_MO_-_Agosto_24_2016.pdf

Montes de oca, H. M., Avila, E. T., Sequeria, R. W., & Aguiar, M. J. (09 de Julio de 2021). Evaluacion del desempeño de los pavimentos rigidos en Costa rica. *Revista infraestructura Vial / lanammeUCR*. Obtenido de https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/46947/47535

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2687/1/dise%C3%B1o%20de%20pavimento%20rigido%20para%20la%20urbanizaci%C3%B3n%20Caballero%20Gongora%2C%20Municipio%20de%20Honda-Tolima.pdf

Mullaney, J., Lucke, T., & Trueman, S. (2015). A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016920461400245X?via%3Dihub

Otero, D. L. (febrero de 2021). EL ARBOLADO URBANO PROTECTOR DE LA INFRAESTRUCTURA DE ESPACIO PUBLICO EN BOGOTÁ. Bogotá D.C. Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/53173/Trabajo%20de%20Grado%20-%20Repositorio%20PUJ%20Marzo%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Parera, A. (18 de julio de 2017). *Unifort Pavimentos industriales*. Obtenido de Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos: https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexibles-pavimentos-rigidos/

Pineda, T., Cetina, V., Vera, J., Cervantes, C., & Khalil, A. (2004). EL TRASPLANTE CONTENEDOR-CONTENEDOR (1+1) Y CONTENEDOR-RAÍZDESNUDA (P+1) EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE Pinus greggii Engelmn. 680.

Pública, D. A. (04 de octubre de 2022). Decreto-2811-de-1974-Gestor-Normativo. Bogota, Colombia .

QuestionPro. (s.f.). *QuestionPro*. Obtenido de Metodos y tecnicas de recoleccion de datos mas efectivos: https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-recoleccion-de-datos/

Real academia Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de Diccionario panhispánico de dudas: https://www.rae.es/dpd/afectaci%C3%B3n

Ritter, G. A. (2008). Efecto de tres tipos de fertilizantes para estimulación radicular sobre la calidad de las raíces en plantas de roble (Nothofagus obliqua (Mirb) Oerst.) como reacción rápida al repique. 13. Obtenido de https://static1.squarespace.com/static/608847930afeb26293be2143/t/60d4bd58742d9264d45c9af7/1624554842032/Ensayo_en_Plantas_de_Roble_Nothofagus_obliqua_Mirb_Oerst.pdf

Rojas, P. L., & Segura, J. C. (2019). ESTUDIO DE MOVILIDAD PEATONAL: DINÁMICAS DEL DESPLAZAMIENTO DE ESTUDIANTES Y EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA EN LAS INMEDIACIONES DE LA INSTITUCIÓN EN BOGOTÁ - COLOMBIA. 73 y 74. Obtenido de

https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24147/1/Segura%20Silva%20-%20Rojas%20Pulido%20281019%20TG.pdf

Romero, R. J. (2015). INFLUENCIA DE FACTORES ABIÓTICOS EN EL DESARROLLO DE RAÍCES PRIMARIAS DE PROPÁGULOS Rhizophora mangle EN TRES TIPOS DE SUSTRATOS DIFERENTES. DATA DE VILLAMIL PROVINCIA DEL GUAYAS – ECUADOR. Obtenido de https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2182/1/UPSE-TBM-2015-027.pdf

Sánchez, M. (26 de septiembre de 2019). *www.jardineriaon.com*. Obtenido de https://www.jardineriaon.com/que-es-una-raiz-adventicia.html

Sanchez, M., Fernandez, M., & Diaz, J. (01 de octubre de 2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Uisrael*, pág. 3.

Secretaria Distrital de planeacion Bogotá D.C. (2018). *Cartilla de andenes Bogotá D.C.* Bogotá D.C.

Sites google. (s.f.). *Sites Google (Botanical)*. Obtenido de Clasificacion de la raices: https://sites.google.com/site/botanicalicaro/clasificacion-de-la-raices

Sites google. (s.f.). *Sites.google*. Obtenido de Accesibilidad Física Para Todos (Acceso a Andenes y Senderos Peatonales): https://sites.google.com/site/accesibilidadfisicaencolombia/accesibilidad-al-medio-fisico

Subdireccion tecnica general del instituto desarrollo urbano alcaldia mayor de bogotá. (s.f.). Guia practica de la movilidad peatonal urbana. *Guia practica de la movilidad peatonal urbana*. Bogotá , Colombia. Obtenido de http://www.pactodeproductividad.com/pdf/guiageneralsobreaccesibilidad.pdf

T. Lucke, S. B. (2019). An infiltration approach to reducing pavement damage by street trees. *Science of The Total Environment*, 94 - 100.

Ternium. (s.f.). *Ternium*. Obtenido de Malla electrosoldada: https://co.ternium.com/es/productos/aceros-largos/malla-electrosoldada

universidad nacional de la plata. (2022). mantenimiento de especies verdes. argentina .

Valencia, C. L. (2013). LOS NO-LUGARES DE LA MOVILIDAD PEATONAL, DESDE EL MARCO LEGAL DEL ESPACIO PÚBLICO, Y SU RECUPERACIÓN COMO LUGAR DE ENCUENTRO. 60. Obtenido de http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00001327.pdf

veronica. (9 de agosto de 2011). *corpoboyaca.gov.co.* Obtenido de corpoboyaca.gov.co: https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2016/01/CAPITULO_III_RECOMENDACIONES_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_CERCAS_VIVAS_Y_BARRERAS_ROMPEVIENTOS.pdf

Viloria, O. L. (2020). DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA VÍA UBICADA EN LA CARRERA 8 ENTRE LAS CALLES 4 Y 10 DEL MUNICIPIO DE MALAMBO,ATLÀNTICO. Obtenido de https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38498/ViloriaOquendoLucyMercedes2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Viveros Shangai. (2022). *Viveros shangai*. Obtenido de VENTAJAS DE LAS PLANTAS ARBUSTIVAS: https://www.viverosshangai.es/Ventajas-de-las-Plantas-Arbustivas

Pereira, M. M (octubre de 2020) Catalogo florístico: Manual de árboles y arbustos representativos de la U.D.C.A.

Muñoz, J.C. (2018). Plantas de Canoas: Catálogo de 100 especies nativas de sus bosques y jardines. Bosques de Canoas SCA. Soacha, Cundinamarca, Colombia.

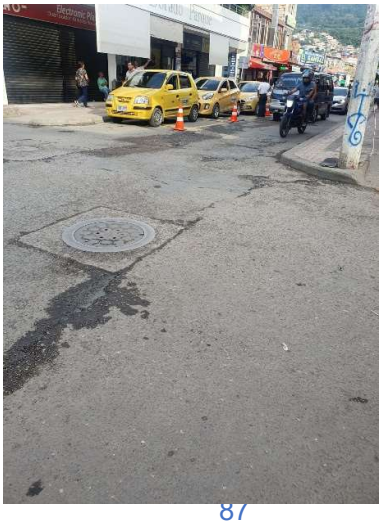
Anexo A. Registro fotográfico

Estado de la vía objeto de este trabajo.

Perdida De La Película Ligante (PL)

Fisura Longitudinal Por Fatiga (FLF) Tipo B Clase 1

Fisura Longitudinal Por Fatiga (FLF) Tipo 3



Desintegración De Los Bordes Del Pavimento (DB) Tipo A Clase 2

Fisura De Borde (FB) Tipo B Clase 2

Ojo De Pescado (O) Tipo B Clase 1