OBJETO:

"PAVIMENTACION TRAMO VIAL CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA"

INFORME DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA VIA DEL BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE– TOLIMA.

DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

JUNIO-2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVO GENERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 4
3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 5
4. ESTUDIO DE SUELOS 7
5. ESTUDIO DE TRANSITO 8
6. METODOLOGIA AASTHO 93 PARA EL DISEÑO TRAMO VIAL DEL BARRIO ALASKA MUNICIPIO DE IBAGUE. 9
6.1 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE 9
6.2 INSTALACION GEOTEXTIL 11
6.3 DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO - 93 12
6.3.2CALCULO MODULOS RESILIENTES 14
6.3.3 CALCULO NUMERO ESTRCUTURAL 20
6.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO LA HOJA DE CALCULO CON LA METODOLOGÍA AASTHO 93 23
4.5 PERFIL ESTRUCTURA DE PAVIMENTO METODOLOGIA AASTHO 93 25
6.6 CHEQUEO ESTRUCTURA MEDIANTE METODO RACIONAL 26
6.7 LECTURA DE RESULTADOS INICIALES 29
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 30

1. INTRODUCCIÓN

El presente diseño se elabora considerando los parámetros y condiciones establecidas, por la exploración geotécnica sustentada en el ITEM 4 el cual sirve de soporte teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo y procesados en el laboratorio, y por el estudio de tránsito mediante fuentes de información secundaria ya que no se puede realizar un aforo real por las condiciones actuales de la vía como se sustenta en el ítem 5.

El objeto del presente informe es la elaboración del proyecto denominado “PAVIMENTACION TRAMO VIAL CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA " Presentando el diseño de la estructura de pavimento para la vía que corresponde al municipio de Ibagué – Tolima con el fin de determinar el diseño óptimo para la construcción a realizar.

La metodología empleada para el diseño estructural será AASTHO – 93 y teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma invias (Especificaciones invias 2022).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar la estructura de pavimento flexible del tramo donde se mejorará la vía en el municipio de Ibagué, Tolima, que conforma el proyecto “PAVIMENTACION TRAMO VIAL CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA "

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Recolección y análisis de la información obtenida en los estudios de suelos, estudio de tránsito, condiciones climáticas, materiales disponibles y demás, realizados en los lugares de ejecución del proyecto en mención.
- ✓ Seleccionar el espesor de diseño según el tipo de suelo, CBR y estudio de tránsito mediante la metodología AASTHO – 93 y teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma invias (Especificaciones invias 2022).
- ✓ Determinar y evaluar los materiales de la estructura de pavimento flexible que garanticen la resistencia y Durabilidad del pavimento.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto objeto del presente estudio se encuentra localizado en la zona urbana del municipio de Ibagué (Tolima). A continuación, se presenta el tramo vial a pavimentar CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA "

Imagen No 1 *Localización general departamento del Tolima Fuente: Google*



Imagen No 2 *Localización general municipio Ibagué Fuente: Google*

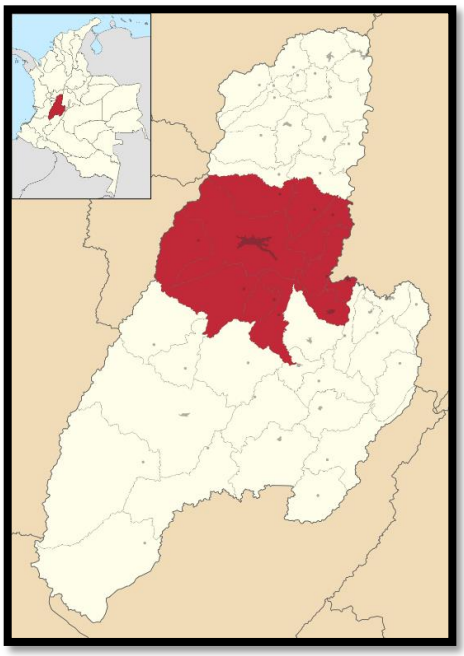
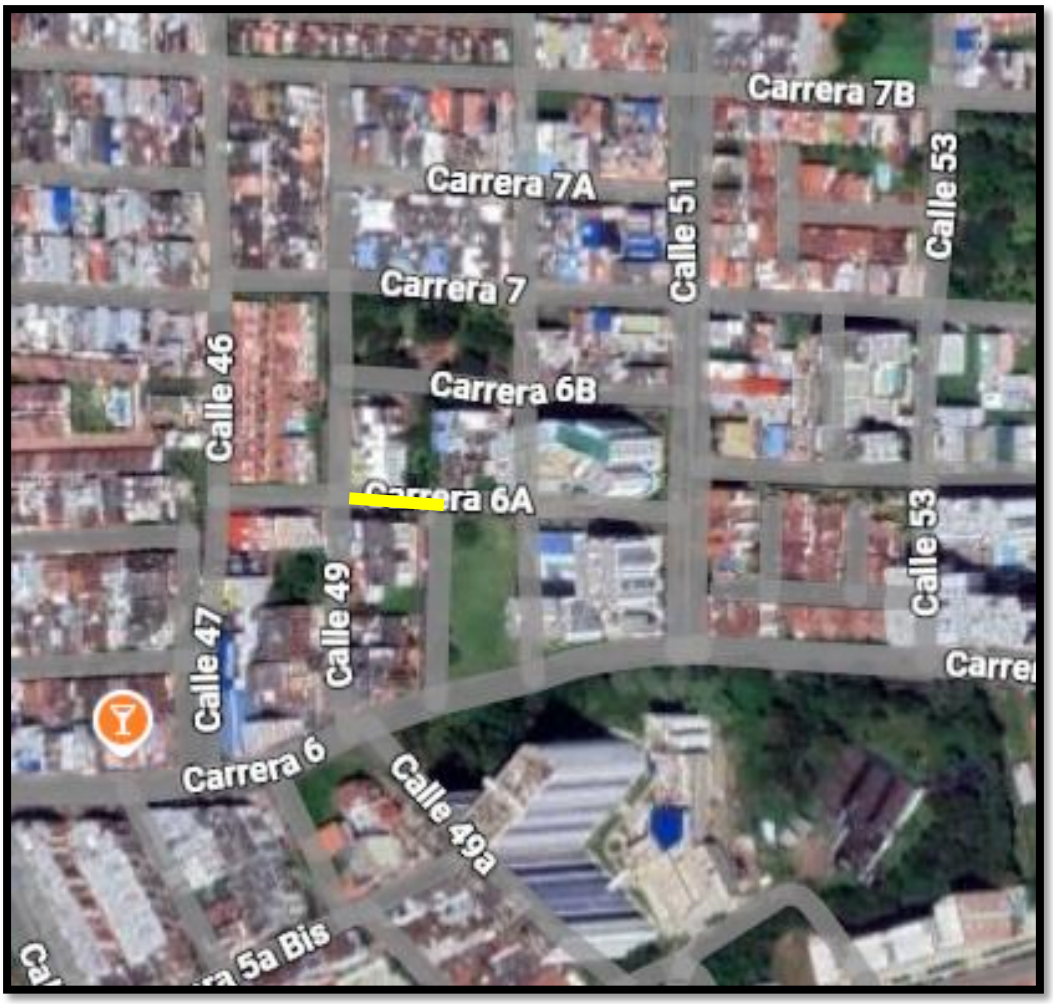


Imagen No 3 *Ubicación tramo vial Fuente: Google Earth*



4. ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos con el cual fue diseñado este tramo vial es Adoptado de una vía adyacente y que fue suministrado por la secretaría de infraestructura municipal de Ibagué Tolima y ejecutado “Mediante la solicitud del Consorcio Vial Ibagué 2022 se presenta en este informe técnico el diseño de pavimentos para cincuenta (51) segmentos viales en el municipio de Ibagué, en el departamento del Tolima, dentro del marco del contrato de obra 2539 de 2022 – Alcaldía de Ibagué, cuyo objeto es “MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE TRAMOS PRIORIZADOS DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE “ por SAICON INGENIERIA donde encontramos **datos generales** (incluyendo la localización del estudio y fecha de ejecución), **ensayo CBR**, entre otras; dato significativo para conocer la capacidad portante en la que estaría soportado nuestro diseño de pavimento con el fin de garantizar que el la estructura de pavimento sea segura, funcional, duradera y eficiente en costos. **(ANEXO 1. ESTUDIO DE SUELOS.)**

- **justificación técnica para el uso de CBR de vía adyacente en el diseño de pavimento flexible**

Debido a limitaciones operativas y logísticas presentadas durante la etapa de exploración de suelos, no fue posible realizar el ensayo de laboratorio del CBR a partir de muestras representativas directamente extraídas de la vía objeto del diseño. Esta situación fue informada y validada con mi supervisor del contrato, quien, considerando la proximidad geográfica y la similitud de condiciones geotécnicas y topográficas del sector, autorizó el uso del valor de CBR proveniente de una vía adyacente.

La vía seleccionada para la toma del valor de CBR se encuentra localizada en el mismo entorno inmediato del proyecto (CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A), presentando características equivalentes en cuanto a:

- Tipo de suelo predominante (clasificación SUCS y AASHTO),
- Topografía (pendientes, nivel freático),
- Uso de suelo y condiciones de tránsito,
- Historia constructiva y nivel de intervención urbana.

Esta vía fue evaluada recientemente bajo los mismos lineamientos técnicos exigidos por la normativa nacional, Manual de Diseño de Pavimentos INVIAS – 2022, garantizando la trazabilidad, calidad y representatividad del dato empleado. En dicho estudio se obtuvo un CBR del 2.9%.

Dado que el diseño de pavimento flexible es altamente dependiente de las condiciones del suelo de subrasante, y en aras de asegurar la continuidad del proceso contractual, se adoptó este valor como parámetro de entrada para el dimensionamiento estructural, **con el compromiso de realizar ajustes en caso de obtener posteriormente resultados de laboratorio propios que varíen significativamente**.

Este procedimiento se sustenta en el principio de representatividad geotécnica por cercanía, aceptado en la práctica de la ingeniería civil cuando las condiciones del terreno son homogéneas dentro de un mismo sector geográfico y urbano, y se ve respaldado por la decisión técnica conjunta con mi supervisor del contrato.

5. ESTUDIO DE TRANSITO

Debido a que la vía objeto de diseño se encuentra en condiciones no aptas con deterioro avanzado, con pérdida total de su funcionalidad y sin circulación vehicular activa, no fue posible realizar un aforo vehicular representativo ni establecer un tránsito real mediante medición directa. En consecuencia, se adopta un valor de tránsito estimado con base en el tránsito característico de las rutas principales de buses urbanos cercanas, con el objetivo de garantizar una solución estructural conservadora y sostenible en el tiempo.

Esta decisión se sustenta en lo dispuesto en el Manual de Diseño de Pavimentos enfocado en la Red Vial Nacional de INVÍAS, y que su aplicación se extiende a zonas urbanas – Tránsito en ausencia de aforo, establece lo siguiente:

Cuando no se cuenta con aforos de tránsito, se podrán utilizar otras fuentes de información secundaria, tales como estudios previos, proyecciones de tránsito, categorización funcional de la vía o utilización de datos de vías de características similares. Se recomienda, en estos casos, adoptar un enfoque conservador que garantice la capacidad estructural del pavimento ante escenarios futuros."

En concordancia con lo anterior, y considerando el entorno urbano y la posible futura integración de esta vía a recorridos del sistema de transporte público, se adopta el tránsito correspondiente a buses urbanos como base para el cálculo de los ejes equivalentes (W18). Esta medida permite establecer un diseño acorde con los principios de seguridad vial, durabilidad y sostenibilidad estructural. **(ANEXO 2. ESTUDIO DE TRANSITO.)**

6. METODOLOGIA AASTHO 93 PARA EL DISEÑO TRAMO VIAL DEL BARRIO ALASKA MUNICIPIO DE IBAGUE.

La metodología para desarrollar en el presente diseño será AASTHO – 93 y teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma invias (Especificaciones invias 2022), abordando los aspectos que se consideran más relevantes sobre el mismo. Encontramos entonces varios parámetros de diseño para dar una óptima y económica estructura de pavimento, los parámetros de diseños son:

- ✓ nivel de tránsito- estudio de tránsito (suministrado por la secretaría de infraestructura municipal de Ibagué Tolima)
- ✓ análisis del estudio de suelos (suministrado por la secretaría de infraestructura municipal de Ibagué Tolima) y ejecutado por INGEOTOL S.A.S.
- ✓ parámetros de diseño
- ✓ cálculos módulos resilientes de las capas de la estructura
- ✓ cálculos número estructural requerido de las capas de la estructura
- ✓ chequeo de resultados mediante método racional de los comportamientos por fatiga y ahuellamiento

6.1 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

MEJORAMIENTO SUBRASANTE

El criterio para mejoramiento de la subrasante se implementará si el CBR es menor a 3%; para este caso **APLICA** (CBR 2.99) la implementación o mejoramiento de la subrasante.

Se realiza chequeo mediante la metodología de **IVANOV** para el mejoramiento de la subrasante.

$$E_{eq} = \frac{E_{sbr}}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}\left(n\frac{h_{mej}}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_{mej}}{E_{sbr}}}$$

CHEQUEO MEJORAMIENTO SUBRASANTE (RAJON) METODOLOGIA IVANOV

PARAMETROS	
CBR SBR	2,9
CBR MEJORAMIENTO	10
MODULO SUBRASANTE Esbr	290,00
MODULO RAJON mejoramiento Emej	672,89
H - Rajón mejoramiento	35
a	15
n - Relación módulos	1,400290498

Eeq	527,43
CBR Req.	5,27

FORMULA APLICACIÓN (SEGÚN CBR)	
CBR <10	MR=100*CBR
CBR ≥10	MR=130(CBR)^0.714

Ejecutando los cálculos del método se recomienda la implementación de una capa de **35 cm** de espesor para mejoramiento de la subrasante.

MEJORAMIENTO SUBRASANTE (RAJÓN)	**35**
SUBRASANTE	**CBR 2.9**

6.2 INSTALACION GEOTEXTIL

INSTALACION GEOTEXTIL

El criterio para instalación de geotextil se implementaría si:

- CBR < 1 %: suelo extremadamente débil → requiere soluciones especiales, no solo geotextil.
- 1 % ≤ CBR < 3 %: geotextil como separación entre subrasante y rajón; así se implemente el mejoramiento con rajón se debe implementar para evitar que las partículas finas del suelo natural se mezclen con el material del rajón.
- ≥ 3 % CBR < 5 %: geotextil como separación entre subrasante y capas superiores.

Las siguientes consideraciones están ajustadas a la recomendación norma INVIAS (Especificaciones invias 2022) y teniendo en cuenta el tipo de suelo existente, evitando la separación entre el suelo blando y el rajón, migración de finos, conservar el mejoramiento efectivo del mejoramiento, bombeo entre otros.

Para este caso de diseño (CBR 2,9) y teniendo en cuenta el criterio anteriormente mencionado (1 % ≤ CBR < 3 %: geotextil como como separación entre subrasante y rajón) **APLICA** la implementación de geotextil.

El geotextil no tejido sugerido es **NT2500 O SIMILIAR** para la implementación en la separación de subrasantes cumple según el numeral 520-14 de las especificaciones generales de construcción de carreteras INVIAS (2022).

6.3 DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO - 93

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
MÉTODO AASHTO - 93

El desarrollo de la metodología de diseño AASHTO 93 implementa parámetros de confiabilidad, índice de servicio, error normal combinado y desviación estándar; a continuación, se relacionan los valores de los parámetros de diseños.

6.3.1 PARAMETROS DE DISEÑO

- **NIVEL DE CONFIABILIDAD R (%):**

Tipo de carretera	Nivel de confiabilidad *R* (%)	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85.0 – 99.9	80.0 – 99.9
Arterias principales	80.0 – 99.9	75.0 – 95.0
Colectoras	80.0 – 95.0	75.0 – 95.0
Locales	50.0 – 80.0	50.0 – 80.0

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

- **ERROR NORMAL COMBINADO (So):**

Proyecto de pavimento	S_0	
	Flexible	Rígido
	0.40 – 0.50	0.30 – 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

➢ SERVICIABILIDAD:

$$\Delta PSI = P_0 - P_f$$

Donde:

ΔPSI: Índice de servicio.

P_0: Serviciabilidad inicial.

P_f: Serviciabilidad final.

Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano industrial	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

➢ COEFICIENTE DE DRENAJE:

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy malo	El agua no evacúa

Teniendo en cuenta las consideraciones climáticas de la zona el cual se va a realizar el proyecto, su condiciones climáticas e hidrológicas observamos que los días anuales de precipitación son mayores al 25 %, a continuación, ingresamos a la tabla y hallamos nuestro (mi)

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy malo	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Valores de m para corregir los coeficientes estructurales de bases y sub-bases granulares

6.3.2CALCULO MODULOS RESILIENTES

➢ CALCULO MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE:

MR: 1500 * CBR ⟹ ECUACIÓN GUÍA AASHTO

MR: 1500 * 5.27

MR: 7911.43 PSI

➢ CALCULO MODULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a3) DE LA SUBBASE GRANULAR:

Teniendo en cuenta que se definen tres clases de subbase granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B Y C) como se indica en el numeral 320.2.2. (Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022) se debe de usar el tipo de subbase granular como se indica en la tabla 320-1 (Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022) en función del nivel de tránsito del proyecto

Tabla 320 — 1. Uso típico de las diferentes clases de subbase granular

Clase de subbase granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

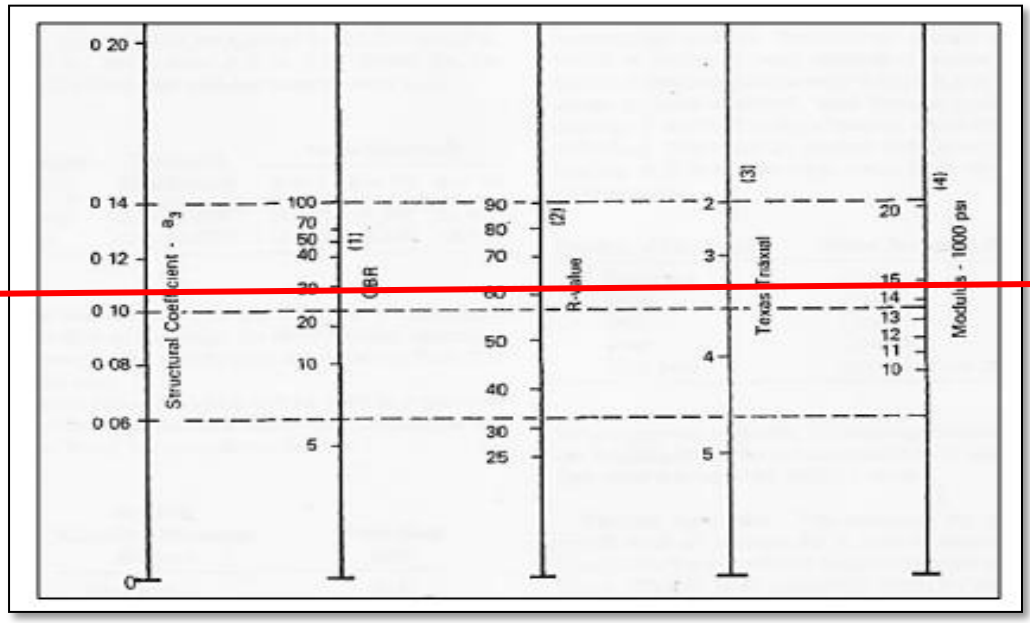
Fuente. Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022).

Teniendo en cuenta que la norma indica según el nivel de tránsito una subbase granular clase C en campo se debe garantizar por lo menos un CBR al 30 %; teniendo en cuenta el 30% trazamos la línea en el nomograma para obtener el módulo resiliente y el coeficiente estructural.

Tabla 320 — 2. Requisitos de los agregados para subbases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Subbase granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	30	35	-
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	25	25	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	6	6	6
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	25	25	25
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Resistencia del material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días (4 d) de inmersión, mínimo.	E-148	40	30	30

Fuente. Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022).



Fuente. AASHTO Guide for designing of pavement structures 1993.

MR: 14800 PSI

a3: 0.227*log (MR BG) -0.839
a3: 0.227*log (14000) -0.839

a3 : 0.108

➢ CALCULO MODULO RESILIENTE Y COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a2) DE LA BASE GRANULAR:

Teniendo en cuenta que se definen tres clases de subbase granular en función de la calidad de los agregados (clases A, B Y C) como se indica en el numeral 320.2.2. (Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022) se debe de usar el tipo de subbase granular como se indica en la tabla 320-1 (Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022) en función del nivel de tránsito del proyecto.

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

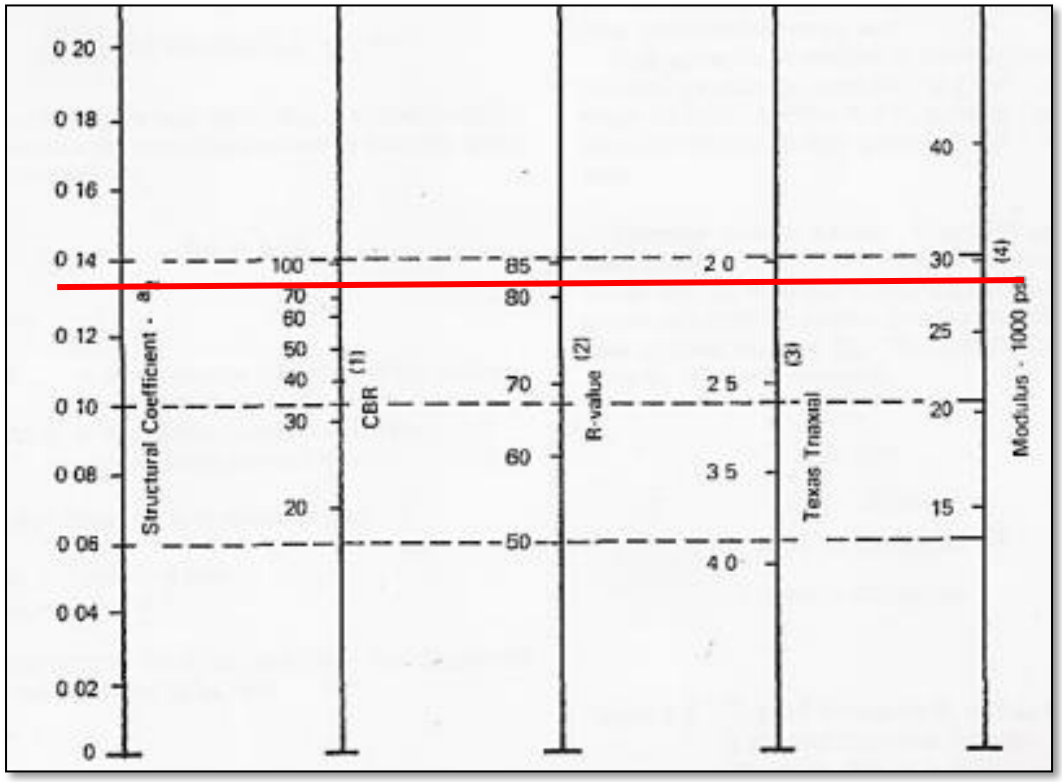
Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

Fuente. Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022).

Teniendo en cuenta que la norma indica según el nivel de tránsito una base granular clase C en campo se debe garantizar por lo menos un CBR al 80 %; teniendo en cuenta el 80% trazamos la línea en el nomograma para obtener el módulo resiliente y el coeficiente estructural.

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometria A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	 35 7	 40 8	 40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	 90 75	 70 75	 - -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	 12 18	 12 18	 12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	 90 85	 70 50	 50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80



Fuente. AASHTO Guide for designing of pavement structures 1993.

MR: 28800 PSI

a2: 0.249*log (MR BG) -0.977

a2: 0.249*log (28800) -0.977

a2 : 0.133

➢ CALCULO MODULO RESILIENTE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA:

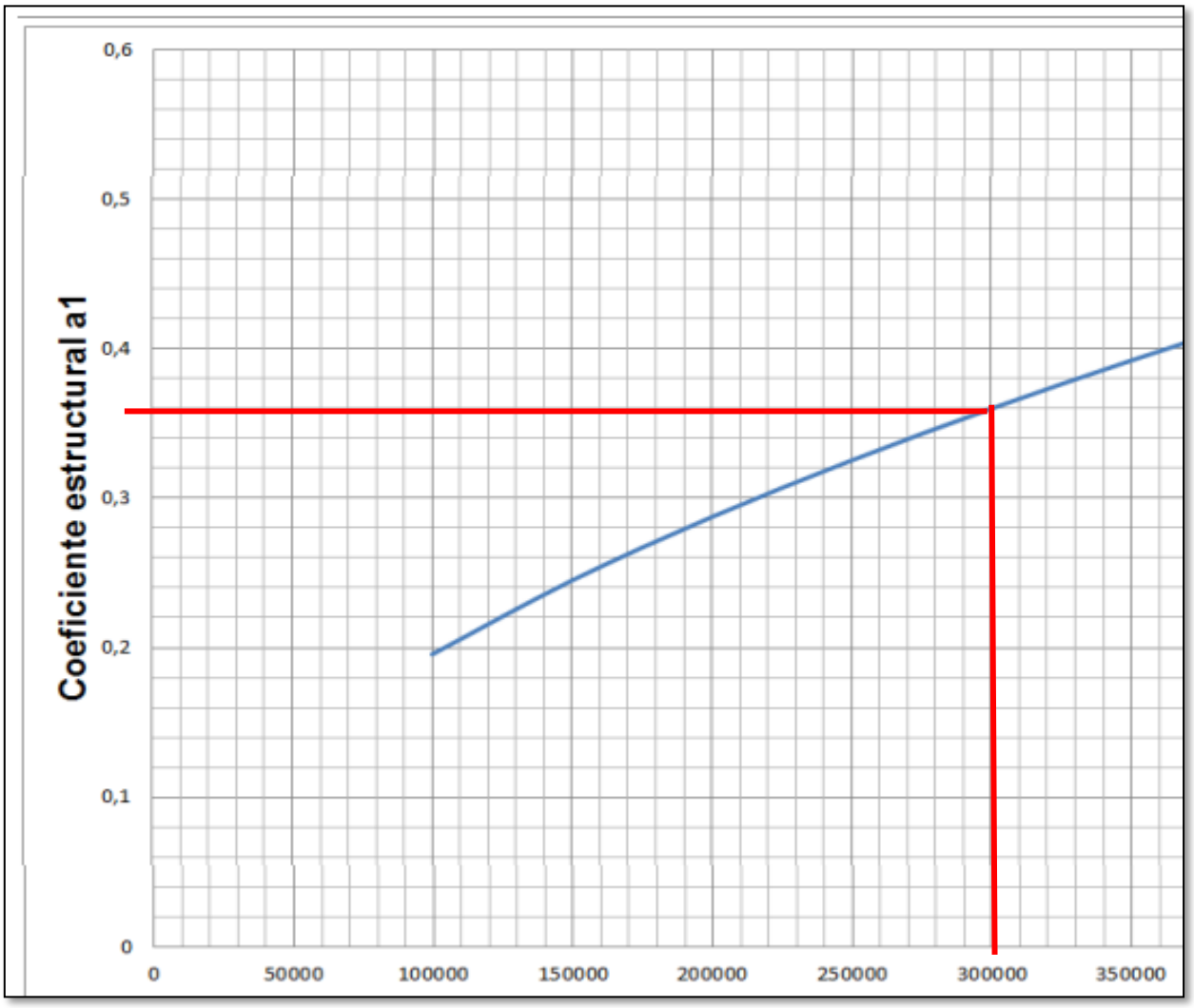
En la capa asfáltica el coeficiente estructural depende del módulo resiliente de la mezcla asfáltica y este módulo resiliente depende de la frecuencia de carga relacionada con la velocidad operación de los vehículos y la temperatura a la cual está la mezcla en la que se debe tener en cuenta la temperatura del aire en la zona donde se valla a realizar la pavimentación por lo tanto, antes de tener el coeficiente estructural de la capa asfáltica se debe conocer la velocidad de operación de los vehículos pesados en km/hora, dato que se determina en el diseño geométrico de la vía, y se debe tener la serie de las

temperaturas promedio en la zona donde se valla a realizar el diseño para la estructura de pavimento.

En el diseño de la carpeta asfáltica para la vía del proyecto se propone una mezcla asfáltica MDC-19 con un Mr = 300000 psi, este valor se asume para el diseño de la estructura y se debe tener en cuenta al momento de aplicar la mezcla asfáltica en campo.

MR: 300000 PSI

- Gráfico para determinar el coeficiente estructural a1 de la mezcla asfáltica.



Fuente. AASHTO Guide for designing of pavement structures 1993.

a1 : 0.36

6.3.3 CALCULO NUMERO ESTRCUTURAL

➢ CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO – CARPETA ASFÁLTICA

- Se tiene en cuenta el MR de la base granular que es su capa de apoyo

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

Donde:

W_{18}: Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.
Z_r: Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.
S_0: Desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.
SN_i: Número estructural de la capa *i*.
ΔPSI: Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
Mr: Módulo resiliente, en psi.

➢ CALCULO ESPESOR – CARPETA ASFÁLTICA

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

Donde
h1: espesor capa asfáltica en pulgadas.
SN1: número estructural de la capa del asfalto.
a1: coeficiente estructural de la capa asfáltica.

➢ CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO – BASE GRANULAR

- Se tiene en cuenta el MR de la subbase granular que es su capa de apoyo.

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

Donde:

W_{18}:	Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.
Z_r:	Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.
S_0:	Desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.
SN_i:	Número estructural de la capa *i*.
ΔPSI:	Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
Mr:	Módulo resiliente, en psi.

➢ CALCULO ESPESOR – BASE GRANULAR

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \cdot m_2}$$

Donde
h2: Espesor de la base granular en pulgadas.
SN2: Número estructural de la base granular.
a2: Coeficiente estructural de la base granular.
m2: Coeficiente de drenaje de la base granular.

➢ CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO – SUB-BASE GRANULAR

- Se tiene en cuenta el MR de la subrasante mejorada que es su capa de apoyo

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_0 + 9.36 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)}\right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

Donde:

W_{18}:	Número de aplicaciones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño.
Z_r:	Parámetro estadístico asociado a la incertidumbre del índice de servicio.
S_0:	Desviación estándar total de la distribución normal de errores en variables de diseño.
SN_i:	Número estructural de la capa *i*.
ΔPSI:	Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
Mr:	Módulo resiliente, en psi.

➢ CALCULO ESPESOR – SUB-BASE GRANULAR

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2^*}{a_3 \cdot m_3}$$

Donde
h3: espesor de la subbase granular en pulgadas.
SN3: número estructural de la subbase granular.
a3: coeficiente estructural de la subbase granular.
m3: coeficiente de drenaje de la subbase granular.

6.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO LA HOJA DE CALCULO CON LA METODOLOGÍA AASTHO 93

➢ DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO LA HOJA DE CALCULO CON LA METODOLOGÍA AASTHO 93 Y TENIENDO EN CUENTA LOS PARÁMETROS ANTERIORMENTE JUSTIFICADOS.

- Se ingresa los datos obtenidos mediante las tablas de la metodología de diseño propuesta.

DATOS DE INGRESO		
Transito	W18	93826
Confiabilidad	R%	80
Desviación	Zr [-]	-0,841
Error estándar	So[-]	0,45
Índice de serviciabilidad final	Pf[-]	2
Índice de serviciabilidad		2,2
CBR	%	5,17

- Se ingresa los datos obtenidos en los despejes de las fórmulas del método para hallar los módulos resilientes de todas las capas y de igual forma los coeficientes estructurales de las mismas

Modulo resiliente de la subrasante		7911,43
Modulo resiliente de la subbase		14800
Modulo resiliente de la base		28800
Modulo resiliente de la carpeta asfáltica		300000
Coeficiente de drenaje base granular		0,8
Coeficiente de drenaje subbase granular		0,8

Coeficiente estructural SUB-BASE	**(a3)**	0,108
Coeficiente estructural BASE	**(a2)**	0,133
Coeficiente estructural MEZCLA ASFALTICA	**(a1)**	0,36

- Mediante un método interactivo en la hoja de cálculo hallamos en número estructural de la carpeta asfáltica, de igual manera hallamos el espesor inicial de la capa.

		4,9723		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA	SN1	1,227		4,9723
H1 PULGADAS /CM		3,00	7,62	

- Obteniendo el espesor inicial de la carpeta asfáltica (3 pulg – 7.62 cm) y teniendo en cuenta los procesos constructivos y la garantía del tramo de vía se decide realizar la corrección de la carpeta asfáltica a (3.5 pulg – 8.89 cm aprox. 9).

CORRECION DE ESPESOR CARPETA ASFALTICA		
h1	3,5	8,890
a1	0,36	
SN1 CORREGIDO	1,260	

- Mediante un método interactivo en la hoja de cálculo hallamos en número estructural de la base granular, de igual manera hallamos el espesor inicial de la capa.

NUMERO ESTRUCUTURAL BASE GRANULAR	SN2	1,631		4,9724
H2 PULGADAS /CM		4,00	10,16	

- La interacción del método nos arroja un espesor de la capa base granular de (4 pulg – 10.16 cm), el cual por proceso constructivo y teniendo en cuenta la capa que arroja la subbase granular se decide corregir y recalcular el espesor de la base granular.

CORRECION DE ESPESOR CARPETA ASFALTICA		
h2	7,92	20,11
a2	0,133	
SN2 CORREGIDO	2,10	

- Volvemos a realizar la interacción de método mediante la hoja de cálculo utilizando un espesor de capa (7.92 pulg.) y que el espesor de la capa de la subrasante de un valor de cero (0).

NUMERO ESTRUCUTURAL BASE GRANULAR	SN2	2,10		4,9724
H2 PULGADAS /CM		7,92	20,11	

- La interacción antes descrita nos arroja un espesor de capa base granular de 7.92 pulg. Donde lo aproximamos a 21 cm; y corroboramos que el espesor de la subbase granular sea cero.

NUMERO ESTRCUTURAL SUBBASE GRANULAR	SN3	2,103		4,9723
H3 PULGADAS /CM		0,00	0,00	

4.5 PERFIL ESTRUCTURA DE PAVIMENTO METODOLOGIA AASTHO 93

➢ PERFIL ESTRUCTURA DE PAVIMENTO - METODOLOGÍA AASHTO 93 SEGÚN PARÁMETROS ANTERIORMENTE JUSTIFICADOS.

CARPETA ASFALTICA (cm)	**9**
BASE GRANULAR (cm)	**21**
MEJORAMIENTO SUBRASANTE (RAJON) (cm)	**35**
GEOTEXTIL NT2500/SIMILAR	
SUBRASANTE CBR 2.9	

➢ CHEQUEO DE LA ESTRUCTURA ANTERIOR MEDIANTE MÉTODO RACIONAL APOYADO CON EL PROGRAMA WinDepav.

- La estructura es chequeada mediante método racional apoyado en el programa WinDepav, con el propósito de verificar el comportamiento por fatiga (carpeta asfáltica) y ahuellamiento (capas granulares).

- Se realiza utilizando los parámetros elásticos que se obtiene de los modulo resilientes de cada capa.

SUBRASANTE		
CBR	2,9	
MR	4350	
	305,83545	kg/cm2

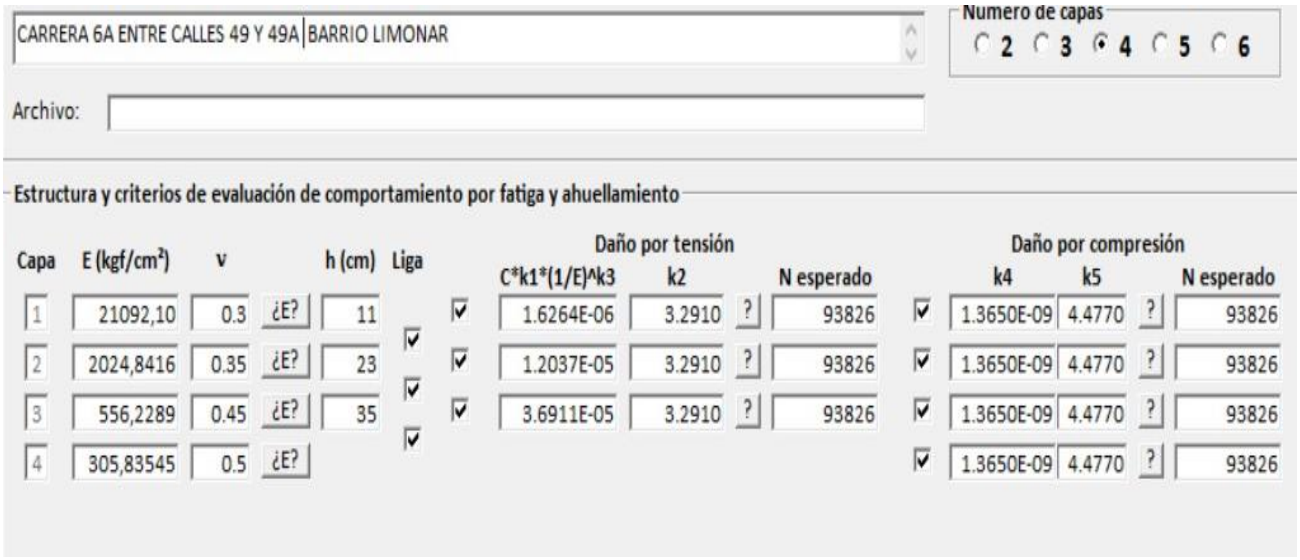
MEJORAMIENTO RAJON		
CBR	5,27	
MR	7911,429689	
	556,2289	kg/cm2

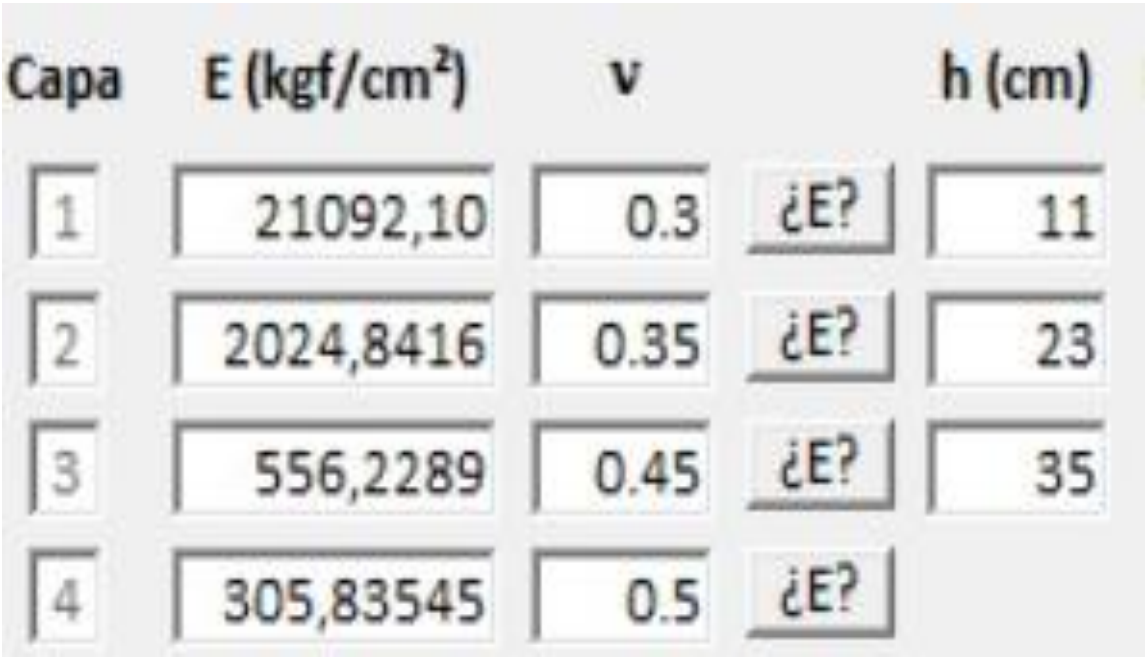
BASE GRANULAR		
MR	28800	
	2024,8416	kg/cm2

CARPETA ASFALTICA		
MR	300000	
	21092,10	kg/cm2

- Se continua con la estimación de la relación de poisson.

ESTIMACION RELACION DE POISSON		
CARPETA ASFALTICA	V =	0,3
BASE GRANULAR	V =	0,35
MEJORAMIENTO RAJON	V =	0,45
SUBRASANTE	V =	0,5


CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A | BARRIO LIMONAR
Numero de capas
2 3 4 5 6
Archivo:
Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento
Capa E (kgf/cm²) v h (cm) Liga
Daño por tensión
C*k1*(1/E)^k3 k2 N esperado
Daño por compresión
k4 k5 N esperado
1 21092,10 0.3 ¿E? 11 1.6264E-06 3.2910 ? 93826 1.3650E-09 4.4770 ? 93826
2 2024,8416 0.35 ¿E? 23 1.2037E-05 3.2910 ? 93826 1.3650E-09 4.4770 ? 93826
3 556,2289 0.45 ¿E? 35 3.6911E-05 3.2910 ? 93826 1.3650E-09 4.4770 ? 93826
4 305,83545 0.5 ¿E? 1.3650E-09 4.4770 ? 93826


Capa E (kgf/cm²) v h (cm)
1 21092,10 0.3 ¿E? 11
2 2024,8416 0.35 ¿E? 23
3 556,2289 0.45 ¿E? 35
4 305,83545 0.5 ¿E?

Resultados del análisis

Archivo

Descripción del proyecto CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm)	11.50
Distancia entre los centros de las ruedas (cm)	34.50
Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²)	4.912

Posición del valor máximo para una carga

A Bajo una rueda simple
B Bajo una de las ruedas de la carga
C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (csv)

Respuestas estructurales en las interfases y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.

Número de capas: 4

No.	E (kgf/cm²)	v	Z (cm)	Sigma T (kgf/cm²)		Sigma Z (kgf/cm²)		Tracción (fatiga) Épsilon T (microstrain)		N admisible	Factor de daño	Compresión Épsilon Z (microstrain)		N admisible	Factor de daño
1	2.109E+04	0.30	0.00	1.203E+01	B	4.915E+00	A	355.0	B			-166.0	C	Infinito	
	Continua		11.00	-7.566E+00	B	1.570E+00	B	-295.0	B	6.7459E+05	0.139	268.0	B		
2	2.024E+03	0.35	11.00	-3.253E-02	C	1.570E+00	B	-295.0	B			751.0	B	1.3271E+05	0.707
	Continua		34.00	-8.831E-01	C	3.946E-01	C	-381.0	C	2.1513E+06	0.044	471.0	C		
3	5.557E+02	0.45	34.00	-2.712E-02	C	3.946E-01	C	-381.0	C			719.0	C	1.6127E+05	0.582
	Continua		69.00	-1.091E-01	C	1.540E-01	C	-240.0	C	3.0191E+07	0.003	446.0	C		
4	3.049E+02	0.50	69.00	1.285E-02	C	1.540E-01	C	-240.0	C			456.0	C	1.2386E+06	0.076

Tracción (fatiga)

Épsilon T (microstrain)		N admisible	Factor de daño
355.0	B		
-295.0	B	6.7459E+05	0.139
-295.0	B		
-381.0	C	2.1513E+06	0.044
-381.0	C		
-240.0	C	3.0191E+07	0.003
-240.0	C		

Compresión

Épsilon Z (microstrain)		N admisible	Factor de daño
-166.0	C	Infinito	
268.0	B		
751.0	B	1.3271E+05	0.707
471.0	C		
719.0	C	1.6127E+05	0.582
446.0	C		
456.0	C	1.2386E+06	0.076

6.7 LECTURA DE RESULTADOS INICIALES

LECTURA DE RESULTADOS

- El número admisible de ejes equivalentes debe ser mayor que el número que el número de ejes calculados.
- El factor de daño debe ser menor a 1.0

✓ **CHEQUEO POR FATIGA (TRACCIÓN):** La carpeta asfáltica **CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es mayor (674590) al número de ejes equivalentes del diseño (93826) y el factor de daño es (0.139) que es menor de (1.0).

✓ **CHEQUEO POR AHUELLAMIENTO (COMPRESIÓN):**

- La capa de la base granular **CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es mayor (132710) al número de ejes equivalentes del diseño (93826) y el factor de daño es (0.707) que es menor de (1.0)
- La capa de mejoramiento **CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es menor (161270) al número de ejes equivalentes del diseño (93826) y el factor de daño es (0.582) que es mayor de (1.0)

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El presente diseño se ha realizado con la finalidad de rehabilitar el tramo de vía ubicado en la CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA
- ✓ Para el presente diseño se utilizó los cálculos de tránsito justificados en el presente informe y los estudios de suelos descritos en el ITEM 4.
- ✓ El presente diseño fue calculado mediante la metodología AASHTO 93 (Pavimento flexible) e implementando las recomendaciones de la Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022.
- ✓ En el presente diseño estructural de pavimento flexible, se contempla la instalación prioritaria de un geotextil entre la subrasante natural y la capa de mejoramiento (rajón), con el fin de cumplir con la función de separación, especialmente con las condiciones de suelos y la capacidad portante (CBR < 5%).
- ✓ La instalación de una segunda capa de geotextil entre el rajón y la base granular se deja como una alternativa técnica y sujeta a evaluación durante la fase de ejecución de obra donde esta segunda capa tendría como objetivo la separación entre materiales con granulometrías muy distintas, evitando la migración de material fino de la base hacia los intersticios del rajón, lo que podría comprometer el desempeño estructural de la base granular.

  Se recomienda que, durante la fase de construcción, el interventor y/o la supervisión técnica realicen una inspección del comportamiento del rajón una vez colocado, evaluando:

  El grado de angularidad y apertura de poros entre partículas.

  El espesor real y la compactación alcanzada.

  El riesgo de pérdida de material granular fino.

  En caso de observarse una alta permeabilidad, porosidad o inestabilidad en la superficie del rajón, se recomienda proceder con la instalación del geotextil en la interfaz con la base granular, en cumplimiento de la función de separación, tal como lo establece la norma INVIAS y las prácticas de ingeniería de pavimentos.

- ✓ El presente diseño cumple en relación a los comportamientos de falla por fatiga y ahuellamiento

- ✓ La estructura de pavimento recomendada para rehabilitar el tramo de vía es la siguiente:

CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A BARRIO LIMONAR COMUNA 4



- ✓ Durante la ejecución de la estructura de pavimento se recomienda seguir a cabalidad los procesos constructivos de la norma INVIAS.
- ✓ Este diseño se entrega como insumo técnico para la secretaria de infraestructura municipal en apoyo a la dirección operativa; la validación final y aprobación del diseño se realizará en las mesas de trabajo conjuntas con interventoría y demás actores al momento de la ejecución de la obra.
- ✓ Cualquier modificación en las condiciones de terreno, transito o materiales deberá discutirse en dichas mesas de trabajo y, de considerarse necesaria, dar lugar a la revisión y ajuste del diseño presentado.

Elaboró

SAMUEL IGNACIO USECHE AYERBE
Ingeniero civil
Especialista en diseño y construcción de pavimentos
Contratista secretaría de Infraestructura Municipal de Ibagué

ANEXO 1

SAICON INGENIERIA	INFORME DE DISEÑO	
	Documento. S-GC-F01	Página **1** de **65**

PROYECTO

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS DE CONSERVACIÓN DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE, TOLIMA

TITULO

INFORME DE DISEÑO DEL PAVIMENTOS

CLIENTE

CONSORCIO VIAS IBAGUE 2022

VERSION	FECHA	OBSERVACION DE LA VERSIÓN
0	2022/12/12	Entrega versión 0 para revisión por parte de Interventoría.

JUAN DANIEL MOYA	**DIEGO ESPINOSA RODRIGUEZ**
GERENTE TECNICO	**ESPECIALISTA DE PAVIMENTOS**

1. INTRODUCCIÓN

Mediante la solicitud del Consorcio Vial Ibagué 2022 se presenta en este informe técnico el diseño de pavimentos para cincuenta (51) segmentos viales en el municipio de Ibagué, en el departamento del Tolima, dentro del marco del contrato de obra 2539 de 2022 – Alcaldía de Ibagué, cuyo objeto es "MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE TRAMOS PRIORIZADOS DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE ". Se presentan para consideración de la interventoría del proyecto y la entidad contratante, dos alternativas técnicas para la construcción de pavimentos dependiendo de la condición de cada segmento analizado: una en pavimento flexible siguiendo la metodología de diseño AASHTO-93 y una en pavimento en concreto con diseño metodológico de la PCA-84. Ambas alternativas contienen el sustento técnico suficiente explicado mediante los siguientes capítulos:

- Capítulo 3 – Contexto Geológico: contiene la descripción de los rasgos geológicos que enmarcan los depósitos de suelos y rocas en los que se sitúa el proyecto general.
- Capítulo 4 – Evaluación superficial del pavimento: contiene la descripción de los daños mediante metodología PCI.
- Capítulo 5 – Exploración Geotécnica y Medición Indirecta: contiene la descripción de la estratigrafía del pavimento actual y de las condiciones del suelo de cimentación de estructuras de pavimento.
- Capítulo 6 – Análisis de la Subrasante: se realiza un análisis de los resultados de laboratorio para muestras de subrasante.
- Capítulo 7 – Clima: contiene la descripción general de las condiciones climáticas de la zona, específicamente temperatura media y lluvia. Parámetros fundamentales para la evaluación de pavimentos.
- Capítulo 8 – Transito: se presenta la información de carga vehicular para diseño de pavimentos, con la evaluación por proyección de vehículos pesados para diseño de pavimento flexible y rigido.
- Capítulo 9 – Mejoramiento de la subrasante: se presentan las consideraciones del estudio para mejoramiento de suelos.
- Capítulo 12 – Recomendaciones y tipos de intervención: contiene el diseño de la rehabilitación del pavimento y las recomendaciones constructivas.

En los capítulos finales se presentan recomendaciones constructivas y conclusiones del estudio en particular.

2. LOCALIZACIÓN

El tramo en estudio está compuesto por aproximadamente 4721 m lineales de vías localizados en diferentes sectores ubicados alrededor de las 13 comunas que conforman la ciudad de Ibagué, capital del departamento de Tolima.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Para evaluar y dictaminar la condición actual del pavimento primordialmente se realiza el inventario de los tramos existentes que tienen algún tipo de superficie de tránsito, rígida o flexible, se mide su longitud, ancho y así logrando obtener el valor del área. Este inventario solo se realiza en segmentos priorizados por la entidad contratante en diferentes barrios ubicados alrededor de las 13 comunas. El diagnostico hace parte fundamental del diseño de pavimentos, ya que permite conocer las condiciones funcionales actuales, la tipología de los daños, las características físicas y mecánicas de los materiales que componen la estructura del pavimento y las condiciones generales de la subrasante.

En total se presentan los diseños de cuarenta y dos (42) segmentos, los cuales se especifican a continuación:

Tabla 1. Localización del proyecto

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA
1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	1	COMBEIMA	65	6	390
2	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	2	BELEN	86	8	688
3	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	2	20 DE JULIO	76	7	532
4	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	2	ALASKA	49	6	294
5	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	2	ANCON	88	5.5	484
7	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	3	SAN SIMÓN	120	9.86	1183.2
8	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	4	LIMONAR 5 SECTOR	60	6	360
9	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	4	GAITAN	145	7	1015
10	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	4	RESTREPO	100	5.5	550
12	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	4	SAN LUIS Y CASTILLA	75	6	450
13	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510
14	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	5	EDÉN	125	8	1000
15	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	5	JORDÁN 7 ET	97	5	485
16	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	5	JORDÁN 9 ET	85	6	510
17	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	6	SAN FRANCISCO	165	6	990
18	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	6	LOS ANGELES	90	7	630
19	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	6	SAN ANTONIO	150	6.5	975
20	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	87	6	522
21	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	6	BRISAS DEL PEDREGAL	81	6	486
22	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	7	SAN LUIS GONZAGA	106	5	530
24	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	7	SALADO	60	6.5	390
25	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	7	CEIBA NORTE	130	6	780
26	CALLE 414 ENTRE KR 8 - KR 8B	7	SAN LUCAS 1	170	6	1020

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

No.	DIRECCIÓN	COMUNA	BARRIO	LONGITUD	ANCHO	ÁREA
27	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	7	PALO GRANDE	260	7	1820
30	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	7	CEIBA NORTE	160	6.5	1040
31	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	7	FLORESTA SALADO	93	6	558
32	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	8	PROTECHO TOPACIO	44	5	220
34	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	8	VILLA DEL NORTE	30	5	150
35	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	8	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	230	7.3	1679
36	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	8	JARDIN	60	6	360
37	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	8	JARDIN	90	5	450
39	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	9	LAS AMERICAS	215	8	1720
40	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	9	JORDÁN 3 ET	96	6	576
41	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	9	TUNJOS 1	70	5	350
42	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	9	LA FLORESTA	131	6	786
43	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A	9	HACIENDA PIEDRA PINTADA	90	6	540
44	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	10	DEPARTAMENTAL	55	7	385
46	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	10	AMERICA	180	6.5	1170
47	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	11	REFUGIO	90	6.5	585
48	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	11	CASA CLUD	102	6	612
50	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	12	GALÁN	76	5	380
51	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	13	MIRAMAR	354	6	2124

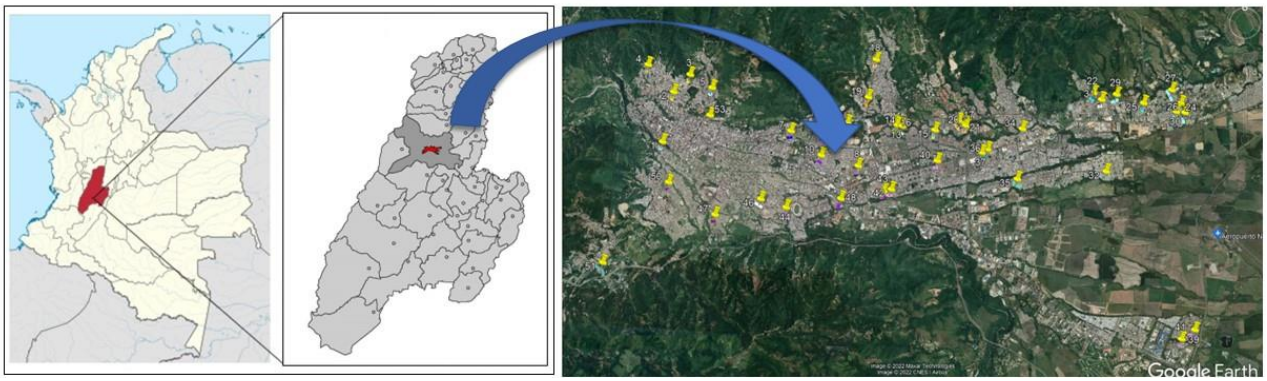


Figura 1. Vista general de la ubicación del proyecto (Google earth, 2015)

El área total de diseño corresponde a 30280 m2 aproximadamente. La Figura 2 muestra con ubicación de los diferentes segmentos dentro del área urbana de Ibagué:

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

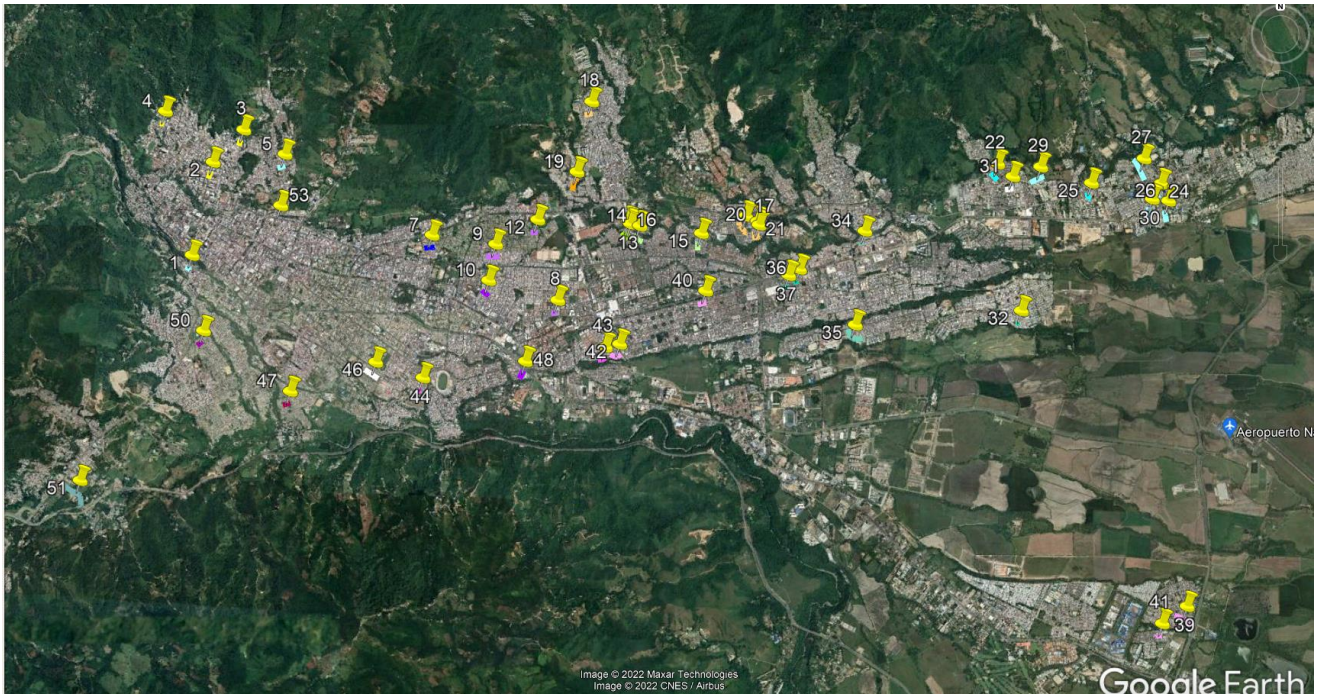


Figura 2. Ubicación de los diferentes segmentos de diseño, municipio de Ibagué, Tolima.

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

La morfología actual de la zona de estudio se les atribuye a fenómenos relacionados con la sedimentación fluvial, fluvio-volcánica y a procesos erosivos y tectónicos que aún continúan activos, pero a menor tasa que en épocas anteriores por lo tanto se generan continuamente pequeños escarpes, conos de deyección, cárcavas y deslizamientos.

La ciudad de Ibagué se ubica sobre un abanico fluvio-volcánico que cubre un área de aproximadamente 700 km^2, con una longitud de unos 40 km sobre su eje longitudinal. Es la más grande manifestación de la intensa actividad glaciovolcánica de la cordillera Central. Este abanico consta de una acumulación de lahares, flujos de escombros, flujos de lodos, conglomerados generalmente de origen volcánico y capas de ceniza transportadas con un espesor aproximado de 150 m.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

6.1. Resistencia mecánica

En el caso de proyectos de diseño y/o construcción, el módulo de la subrasante característico adoptado para el diseño, deberá ser obtenido a partir de resultados de ensayo de relación de soporte de California (CBR, norma de ensayo INV E-148).

De acuerdo con lo anunciado, se toman los valores de CBR inalterados tomados de estudios y exploraciones existentes y los ejecutados por SAICON SAS, tal como se presenta a continuación:

Tabla 9. Resultados de resistencia mecánica a nivel de subrasante.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MUESTRA			CBR (%)							
							PDC			INALTERADO				
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO				NÚMERO DINÁMICO (mm/golpe)	Correlación empleada	CBR (%)	Natural		Sumergido		Expansión (%)
				No.	De (m)	Hasta (m)	INVE-172-13			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	BELEN	2	0,35	1,5	35,0	MOPT	3,9	6,4	5,1	4,4	4	0,03
	4			2	0,4	1,5	18,6	MOPT	9,5	12,9	10,4	7,2	6,9	0,03
3	6	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	20 DE JULIO	2	1,2	1,5	23,3	MOPT	6,9					
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	ALASKA	1	0,15	0,7	n.a.	n.a.						
				2	0,7	1,5	34,3	MOPT	4,0	12	8,7	3,9	4	0,19
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	ANCON	1	0,25	1,5	23,2	MOPT	7,0					
	10			1	0,25	1,5	21,3	MOPT	7,8					
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	SAN SIMÓN	1	0,15	1,1	51,4	MOPT	2,3	1,6	2,2	1,3	1,1	0,05
				2	1,1	1,5	30,5	MOPT	4,7					
	12			1	0,15	1,5	31,7	MOPT	4,5	6,3	5,6	3,9	3,9	0,1
	13			1	0,13	1,5	16,7	MOPT	11,0	12,4	10,8	3,7	4,3	0,09
8	15	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	LIMONAR 5 SECTOR	2	0,35	0,7	n.a.	n.a.						
				3	0,7	1,5	48,3	MOPT	2,5					
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	GAITAN	1	0,2	1,5	20,5	MOPT	8,3	8,9	8,9	2,4	2,9	0,1
	18			1	0,2	1,5	27,1	MOPT	5,6					
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	RESTREPO	1	0,21	0,95	20,0	MOPT	8,6	5,9	5,4	3,7	3,4	0,19
				2	0,95	1,5	12,1	MOPT	17,2					
	20			2	0,55	1,5	11,8	MOPT	17,9					
	21			1	0,15	0,8	45,0	MOPT	2,7	8	6,3	2,7	3	0,07
				2	0,8	1,5	20,0	MOPT	8,6					
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	SAN LUIS Y CASTILLA	2	0,2	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	23			2	0,25	1,5	33,3	MOPT	4,2	8,5	6,9	5,8	5,2	0,24
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	1	0,1	0,6	n.a	n.a.		1,9	1,7	1,5	1,3	0,2
				2	0,6	1,5	60,0	MOPT	1,8					
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	EDÉN	2	0,8	1,5	19,7	MOPT	8,7					
	27			2	0,8	1,5	28,3	MOPT	5,3					
	28			2	0,5	1,5	64,3	MOPT	1,7					
15	30	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	JORDÁN 7 ET	2	0,8	1,5	n.a	n.a.						
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	3	0,8	1,5	12,8	MOPT	16,0					
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	SAN FRANCISCO	2	0,4	1,5	20,0	MOPT	8,6	4,9	5,5	4,3	5,2	0,19
	34			2	0,5	1,5	40,0	MOPT	3,2	9	7,6	8,1	7,4	0,17
	35			2	0,45	1,5	19,0	MOPT	9,2	10,7	8,9	0,7	0,8	0,21
18	37	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	LOS ANGELES	2	0,65	1,5	90,0	MOPT	1,0					
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	SAN ANTONIO	2	0,8	1,5	23,3	MOPT	6,9					
	41			2	0,45	1,5	57,1	MOPT	2,0	7,9	6,6	5,3	4,7	0,17
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0,6	1,5	36,0	MOPT	3,8	10	8,1	4,9	4,7	0,11
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	2	0,5	1,5	20,0	MOPT	8,6	6,5	6,1	1,6	2	0,19
22	46	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	SAN LUIS GONZAGA	2	0,6	1	26,0	MOPT	5,9	9,4	9,4	2,3	3,1	0,19
				3	1	1,5	21,4	MOPT	7,8					
	48			2	0,45	0,95	15,5	MOPT	12,2	15	15,6	6,1	6,5	0,08
				3	0,95	1,5	21,5	MOPT	7,7					
25	51	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	CEIBA NORTE	2	0,22	1,5	32,0	MOPT	4,4	5,2	5,3	4,2	4,8	0,12
	52			2	0,4	0,8	26,0	MOPT	5,9	6,4	6,7	2,3	2,4	0,11
				3	0,8	1,5	10,0	MOPT	22,6					
26	53	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	SAN LUCAS 1	3	1,1	1,5	20,0	MOPT	8,6					
	54			2	0,4	1	17,9	MOPT	10,0					
				3	1	1,5	15,2	MOPT	12,6					
	55			2	0,8	1,5	30,0	MOPT	4,8	5,7	5,6	2,5	3	0,32
27	58	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	PALO GRANDE	2	0,3	1,5	13,3	MOPT	15,1	13,5	10,3	2,6	2,8	0,86
	59			2	0,3	1,5	21,5	MOPT	7,7	11,5	9,5	2,1	1,9	0,28
	60			2	0,3	1,5	9,5	MOPT	24,3	5,9	6	3,1	4,2	0,35
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	CEIBA NORTE	2	0,35	1,5	27,5	MOPT	5,5	14,6	12,2	6,5	7,4	0,17
	66			2	0,55	1,5	41,0	MOPT	3,1	6,7	6,5	2,3	2,3	0,16

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MUESTRA			CBR (%)								
							PDC			INALTERADO					
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	No.	De (m)	Hasta (m)	NÚMERO DINÁMICO (mm/golpe)	Correlación empleada	CBR (%)	Natural		Sumergido		Expansión (%)
							INVE-172-13			0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	
	67			2	0,35	0,6	7,8	MOPT	32,1	5,5	6,4	2,9	2,7	0,03
				3	0,6	1,5	n.a.	n.a.						
	68			2	0,55	1,5	17,0	MOPT	10,8					
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	FLORESTA SALADO	2	0,55	1,5	20,6	MOPT	8,2	7	7,1	3,7	3,2	0,12
	70			2	0,3	0,75	22,5	MOPT	7,3	10,2	8,5	3,3	4,3	0,2
				3	0,75	1,5	n.a.	n.a.						
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	PROTECHO TOPACIO	2	0,6	1,5	80,0	MOPT	1,2					
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	2	0,5	1,5	11,9	MOPT	17,6					
	74			2	0,5	0,95	16,7	MOPT	11,0	11,2	10,4	6,6	5,5	0,07
				3	0,95	1,5	10,0	MOPT	22,6					
	75			2	0,45	1,5	12,5	MOPT	16,5	27,2	20,5	8,7	7,2	0,17
	76			2	0,75	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	77			2	0,4	1,5	26,7	MOPT	5,7					
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	JARDIN	2	0,65	1,5	18,0	MOPT	9,9					
	79			2	0,35	0,7	24,4	MOPT	6,5	6,9	6	2,6	2,6	0,21
				3	0,7	1,5	15,0	MOPT	12,8					
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	JARDIN	1	0,06	0,4	n.a.	n.a.						
				2	0,4	1,5	20,7	MOPT	8,2	10,8	9,4	3,6	4,3	0,19
	81			2	0,4	1,5	16,2	MOPT	11,5	15,3	11,2	5,1	3,9	0,07
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	LAS AMERICAS	2	0,35	1,5	12,9	MOPT	15,9					
	83			2	0,7	1,5	10,0	MOPT	22,6					
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	JORDÁN 3 ET	2	0,4	0,9	18,7	MOPT	9,4	6,7	6,6	3,4	3,4	0,29
				3	0,9	1,5	n.a.	n.a.						
	88			2	0,4	1,5	10,0	MOPT	22,6					
41	90	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	TUNJOS 1	1	0	0,65	34,3	MOPT	4,0	4,5	5	1,1	1,2	0,19
				2	0,65	1,5	20,0	MOPT	8,6					
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A		3	1	1,5	10,8	MOPT	20,3	3,7	4,7	2,3	2,4	0,19
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	DEPARTAMENTAL	2	0,8	1,5	23,3	MOPT	6,9					
	97			1	0,1	1,5	15,8	MOPT	11,9	18,6	15,3	3	2,8	0,28
46	99	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	AMERICA	1	0	1,5	25,6	MOPT	6,0	12	10,8	6,5	6,4	0,17
	100			2	0,4	1,5	40,0	MOPT	3,2	4,5	3,8	3,4	3,4	0,23
	101			2	0,5	1,5	44,0	MOPT	2,8					
47	103	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	REFUGIO	2	0,5	1,5	21,4	MOPT	7,8					
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	CASA CLUD	2	0,45	1,5	30,0	MOPT	4,8					
	105			2	0,6	1,3	17,5	MOPT	10,3	20,3	14,8	3,4	3	0,12
				3	1,3	1,5	10,4	MOPT	21,3					
	106			2	0,65	1,5	21,0	MOPT	8,0					
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	GALÁN	2	0,7	1,5	n.a.	n.a.		6,9	5,2	3,3	2,7	0,13
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	MIRAMAR	2	0,55	1,5	40,0	MOPT	3,2					
	112			2	0,4	0,9	22,0	MOPT	7,5					
				3	0,9	1,5	28,8	MOPT	5,1					
	113			2	0,3	1,5	46,7	MOPT	2,6					
	115			2	0,75	1,5	20,3	MOPT	8,4	9,5	10,3	3,6	3,4	0

Se observa que los valores de expansión unidimensional en pruebas de CBR son menores de 1%, y esto es favorable para corroborar que el potencial de expansión del suelo no tendrá inconvenientes frente a cambios de humedad en la subrasante. Ahora bien, si el potencial de expansión puede no ser perjudicial en diferentes zonas de diseño, si es evidente que la resistencia mecánica del suelo se reduce considerablemente con la saturación de la subrasante, observando cambios mayores al 70% de perdida de resistencia. También es cierto que la precipitación media anual en la zona de estudio es alta, cuestión que es considerada en el diseño presentado en este informe para adoptar un valor critico de CBR para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento.

6.2. Modulo resiliente

Para el diseño de cada segmento en estudio, se hará uso del resultado de laboratorio para muestras de los apiques ejecutados sobre el sector de referencia, en los cuales fue posible la recuperación muestras inalteradas que a su vez se utilizaron para la determinación del CBR acorde a los procedimientos técnicos establecidos en la norma de ensayo INVE 148-13 y cuyos resultados se encuentran adjuntos en el **Anexo III: Resultados de laboratorio.**

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

Para diseño de forma general se usará el criterio de diseño por CBR en condición crítica de inmersión 96 horas en agua. En caso de no contar con resultados de CBR en el segmento de estudio (esto dado que muchos tipos de suelos no es posible recuperar muestras inalteradas para CBR, y en otros casos que se obtuvo una muestra de CBR que no fue posible conformar en laboratorio para su ensayo), se usará la correlación del Ministerio de Obras Publicas MOPT de la norma INV E172 para ensayos realizados en terreno de PDC. El criterio de adopción de CBR en caso de usar penetrómetro de cono, será el menor valor de los existentes en el tramo, dada la incertidumbre que se tiene al correlacionar el numero dinámico PDC con valores de CBR.

La correlación empleada para determinar el módulo resiliente es la publicada por (Heukelom & Klomp, 1962) que se presenta a continuación (valor en PSI):

$$\mathrm{MR} = 1500\ \mathrm{CBR}$$

Los resultados de modulo resiliente de diseño se presentan a continuación para sector de diseño:

Tabla 10. Valores de modulo resiliente para cada tramo de estudio.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
1	1	CALLE 11 ENTRE KR 2 SUR - KR 1	COMBEIMA	1,1	1575
	2				
2	3	CALLE 9 ENTRE KR 10 - KR 11	BELEN	4,0	6030
	4				
3	5	CALLE 12 ENTRE KR 14 - KR 15	20 DE JULIO	4,0	6030
	6				
4	7	CARRERA12 ENTRE CLL 1 - CLL1A	ALASKA	3,9	5595
	8				
5	9	CARRERA 12 ENTRE CLL 16 BIS - CLL 17	ANCON	7,4	1110
	10				
7	11	CARRERA 9A ENTRE CLL 31 - CLL 32	SAN SIMÓN	2,96	4440
	12				
	13				
8	14	CALLE 50 ENTRE KR 6 - KR 6A	LIMONAR 5 SECTOR	2,9	4350
	15				
9	16	KR 9 B ENTRE CLL 38 - CLL 39B	GAITAN	2,4	3600
	17				
	18				
10	19	CARRERA 6B ENTRE CLL 39 - CLL 39 B	RESTREPO	3,2	4800

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	20				
	21				
12	22	CARRERA 12 ENTRE CLL 45 - CLL 46	SAN LUIS Y CASTILLA	5,6	8370
	23				
13	24	MANZANA U Y T KR 10D ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	1,5	2190
	25				
14	26	CARRERA 10A ENTRE CLL 67 - CLL 69	EDÉN	5,8	8655
	27				
	28				
15	29	CALLE 75 ENTRE KR 10A BIS - KR 10	JORDÁN 7 ET	4,0	6000
	30				
16	31	CARRERA 11 ENTRE CLL 67 - CLL 68	JORDÁN 9 ET	5,4	8100
	32				
17	33	CALLE 80 ENTRE CLL 11A - 12A	SAN FRANCISCO	4,3	6450
	34				
	35				
18	36	CARRERA 21C ENTRE CLL 61C - CLL 63	LOS ANGELES	1,7	2550
	37				
19	38	CALLE 61 DESDE LA CASA CON PLACA 22 - 02 HASTA LA 21 - 07	SAN ANTONIO	5,3	7950

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	39				
	40				
	41				
20	42	CARRERA 11 ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	4,9	7350
	43				
21	44	CARRERA 11A ENTRE CLL 82 - CLL 83	BRISAS DEL PEDREGAL	1,6	2400
	45				
	46				
22	47	CALLE 119 ENTRE KR 14 - KR 15A	SAN LUIS GONZAGA	4,2	6300
	48				
24	49	CALLE 141 ENTRE KR 8C BIS - TRANSV. 8	SALADO	3,5	5175
	50				
	51				
25	52	CALLE 131 ENTRE KR 8E - KR 9	CEIBA NORTE	3,3	4950
	53				
26	54	CALLE 141 ENTRE KR 8 - KR 8B	SAN LUCAS 1	2,5	3750
	55				
	56				
	57				
	58				
27	59	CALLE 140 ENTRE KR 9 - KR 12 A	PALO GRANDE	2,6	3900
	60				

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
30	65	CALLE 139 ENTRE KR 8A - 8 B TRANSV. 8	CEIBA NORTE	3,9	5850
	66				
	67				
	68				
31	69	CARRERA 12 ENTRE CLL 120A - CLL 121	FLORESTA SALADO	3,5	5250
	70				
32	71	CARRERA 4F ENTRE CLL 115 - CLL 116	PROTECHO TOPACIO	1,2	1800
34	72	CALLE 97 B ENTRE KR 7 - KR 7A	VILLA DEL NORTE	2,1	3150
35	73	CARRERA 4 SUR ENTRE ENTRADA CIUDADELA 2 ETAPA	CIUDADELA SIMÓN BOLIVAR ET 2	7,6	11400
	74				
	75				
	76				
	77				
36	78	CARRERA 4A BIS ENTRE CLL 87A - CLL 88	JARDIN	2,6	3900
	79				
37	80	CARRERA 4 ENTRE CLL 86 - CLL 87	JARDIN	4,4	6600

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	81				
39	82	CARRERA 16 SUR ENTRE CLL 143A - CLL 145	LAS AMERICAS	5,0	7500
	83				
	84				
	85				
	86				
40	87	CARRERA 4B ENTRE CLL 74A - CLL 76	JORDÁN 3 ET	3,4	5100
	88				
41	89	CARRERA 18B SUR ENTRE CLL 141A - CLL 142	TUNJOS 1	1,1	1650
	90				
42	91	CALLE 59 ENTRE KR 1A - KR 2	LA FLORESTA	2,2	3300
	92				
	93				
43	94	CARRERA 2 ENTRE CLL 56 - CLL 58A		2,3	3450
	95				
44	96	CALLE 35B ENTRE KR 3 Y KR 2	DEPARTAMENTAL	3,0	4500
	97				
46	98	CARRERA 1A ENTRE CLL 32 - CLL 34	AMERICA	1,6	2400
	99				
	100				
	101				
47	102	CARRERA 4D SUR ENTRE CLL 23D - CLL 24	REFUGIO	7,7	11550

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

TRAMO	INFORMACIÓN PERFORACIÓN	LOCALIZACIÓN		MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO (PSI)	
	No. Apique	DIRECCION	BARRIO	CBR DISEÑO (%)	MÓDULO RESILIENTE
	103				
48	104	CALLE 43 ENTRE KR 2 - TRANSV. 1	CASA CLUD	3,4	5100
	105				
	106				
50	107	CALLE 17 B ENTRE KR 8 SUR - KR 9 SUR	GALÁN	3,3	4950
	108				
51	109	CARRERA 31 A ENTRE CLL 20 Y ALTOS DE MIRAMAR	MIRAMAR	3,6	5400
	110				
	111				
	112				
	113				
	114				
	115				

Los valores de CBR de diseño son en su mayoría menores a 5% por lo cual, se recomienda implementar mejoramientos del suelo para la construcción de capas de pavimento.

6.3. Mejoramiento

Teniendo en cuenta el valor de soporte de la subrasante, en términos de CBR, el tránsito de diseño e identificados los sectores que se encuentran generalmente con suelos cohesivos o granulares existentes insuficientes y de baja calidad, se debe implantar una plataforma de trabajo que permita garantizar la estabilidad de la estructura de pavimento a proyectar.

Este documento es propiedad de SAICON S.A.S. y está estrictamente prohibido copiar este documento total o parcialmente, y proporcionar cualquier información relacionada a terceros sin previo consentimiento por escrito.

ANEXO 2

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

MEJORAMIENTO Y REHABILATACION DE TRAMOS PRIORIZADOS DE LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE IBAGUE

CALCULO DEL TRANSITO DE DISEÑO

DIRECCION CARRERA 6A ENTRE CALLES 49 Y 49A **COMUNA** 4 **BARRIO** LIMONAR

RUTAS DE BUSES;

AFORO RUTAS BUSETAS	
DE LUNES A VIERNES	53
SABADO Y DOMINGO	27

C2P	CAMIONES REPARTIDORES DE ALIMENTOS
C2G	CAMIONES REPARTIDORES DE BEBIDAS Y VOLQUETAS
C3	CAMION MIXER CAMION RECOGEDOR DE BASURA

1. ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD DE TRANSITO ATÍPICO

C2p	min	
	medi	X
	max	

C2g	min	
	medi	X
	max	

C3	min	X
	medi	
	max	

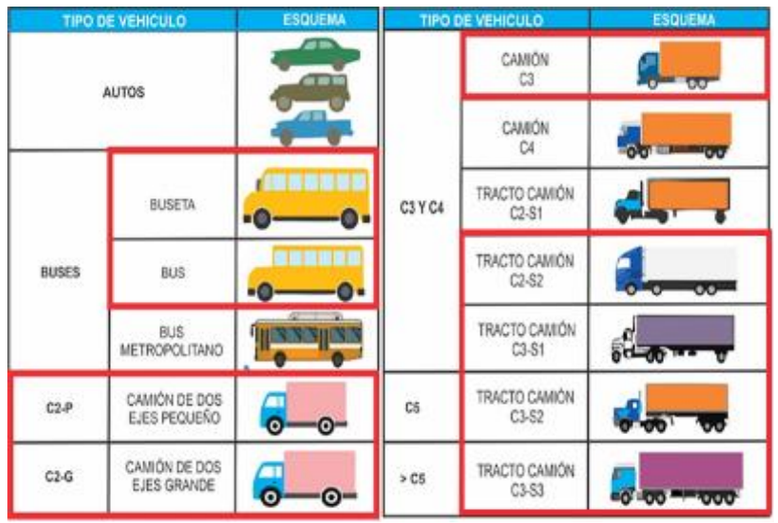
C2-S1	min	X
	medi	
	max	

C2-S2	min	
	medi	
	max	

c3 -S1	min	
	medi	
	max	

c3 -S2	min	
	medi	
	max	

C3-S3	min	
	medi	
	max	



2. CACULO AFORO VEHICULAR DIARIO 2025

TIPO VEHICULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	PROMEDIO	PORCENTAJE
BUSETAS	37	37	37	37	37	19	19	32	50.8%
BUS	16	16	16	16	16	8	8	14	22.2%
C2P	10	9	5	6	9	2	3	7	11.1%
C2G	6	5	3	6	4	6	10	6	9.5%
C3	1	2	1	1	3	2	1	2	3.2%
C2-S1	1	1	2	2	2	1	1	2	3.2%
C2-S2									0.0%
C3-S1									0.0%
C3-S2									0.0%
C3-S3									0.0%
TOTAL	70.8	69.8	63.8	67.8	70.8	38.3	42.3	63	100.0%

3. PROYECCION ANUAL DEL TPD

N = UN AÑO 1

AÑO	TASA DE CRECIMIENTO	C2P Y BUSETAS	C2G Y BUSES	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3	TPD	TPD ACUMULADO
2025	1.60%	39.00	20.00	2.00	2.00					63.00	63.00
2026	1.40%	39.31	20.16	2.02	2.02					63.50	126.50
2027	1.20%	39.59	20.30	2.03	2.03					63.95	190.45
2028	1.00%	39.82	20.42	2.04	2.04					64.33	254.78
2029	0.90%	40.02	20.52	2.05	2.05					64.65	319.43
2030	0.70%	40.20	20.62	2.06	2.06					64.94	384.37
2031	0.60%	40.34	20.69	2.07	2.07					65.17	449.54
2032	0.50%	40.46	20.75	2.08	2.08					65.36	514.90
2033	0.40%	40.56	20.80	2.08	2.08					65.53	580.43
2034	0.40%	40.64	20.84	2.08	2.08					65.66	646.08
2035	0.40%	40.73	20.89	2.09	2.09					65.79	711.87

2036	0.40%	40.81	20.93	2.09	2.09					65.92	777.79
2037	0.40%	40.89	20.97	2.10	2.10					66.05	843.84
2038	0.40%	40.97	21.01	2.10	2.10					66.18	910.03
2039	0.40%	41.05	21.05	2.11	2.11					66.32	976.34
2040		41.13	21.09	2.11	2.11					66.45	**1042.79**
TOTAL		645.54	331.04	33.10	33.10	0.00	0.00	0.00	0.00	**1042.79**	

4. PROYECCION DE ACUERDO AL TIPO DE VEHICULO PESADO

BUSETA Y C2P	BUS Y C2G	C3	C2-S1	C2-S2	C3-S1	C3-S2	C3-S3
39.31	20.16	2.02	2.02				
39.59	20.30	2.03	2.03				
39.82	20.42	2.04	2.04				
40.02	20.52	2.05	2.05				
40.20	20.62	2.06	2.06				
40.34	20.69	2.07	2.07				
40.46	20.75	2.08	2.08				
40.56	20.80	2.08	2.08				
40.64	20.84	2.08	2.08				
40.73	20.89	2.09	2.09				
40.81	20.93	2.09	2.09				
40.89	20.97	2.10	2.10				
40.97	21.01	2.10	2.10				
41.05	21.05	2.11	2.11				
41.13	21.09	2.11	2.11				

TRANSITO PROMEDIO ANUAL PROYECTADO AÑO 15			
TIPO VEHICULO	TPD ACUMULADO	DIAS AÑO	NUMERO VEH AÑO 15
C2 P Y BUSETAS	645.54	365	235621.21
BUS Y C2G	331.04	365	120831.39
C3	33.10	365	12083.14
C2-S1	33.10	365	12083.14
C2-S2	0.00	365	0.00
C3-S1	0.00	365	0.00
C3-S2	0.00	365	0.00
C3-S3	0.00	365	0.00

CALCULO EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO			
TIPO VEHICULO	NUMERO VEH AÑO 15	FACTOR DAÑO	NUMERO EJES EQUIVALENTES PERIODO DE DISEÑO
C2 P Y BUSETAS	235621.2	0.12	28274.54
BUS Y C2G	120831.39	0.50	60415.69
C3	12083.14	4.82	58240.73
C2-S1	12083.14	3.37	40720.18
C2-S2	0.00	3.42	0.00
C3-S1	0.00	2.22	0.00
C3-S2	0.00	4.40	0.00
C3-S3	0.00	4.72	0.00
TOTAL EAL			187,651.14

4. CALCULO NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN

W18= **EAL*DD*DC**

W18= **93,826.00**

Tabla 15 - Factor de distribución por dirección

NÚMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	DD (% DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO)
2	0.5
4	45 (35-48)
6 o más	40 (25-48)

Tabla 16 - Factor distribución por carril

NÚMERO DE CARRILES EN UNA SOLA DIRECCIONES	DC (% ESAL EN EL CARRIL DE DISEÑO)
1	1
2	0.80 – 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 – 0.75