# OBJETO:

## “PAVIMENTACION TRAMO VIAL CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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
6.8 CHEQUEO DE RESULTADOS MEDIANTE METODO INTERACTIVO ..... 29
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 32

## 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 CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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 CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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 CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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*

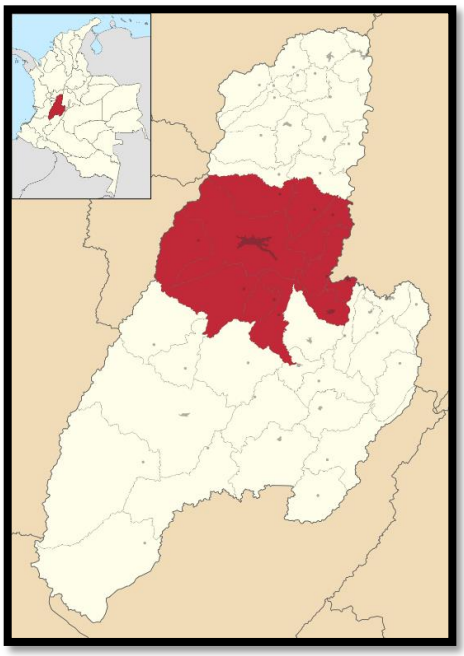
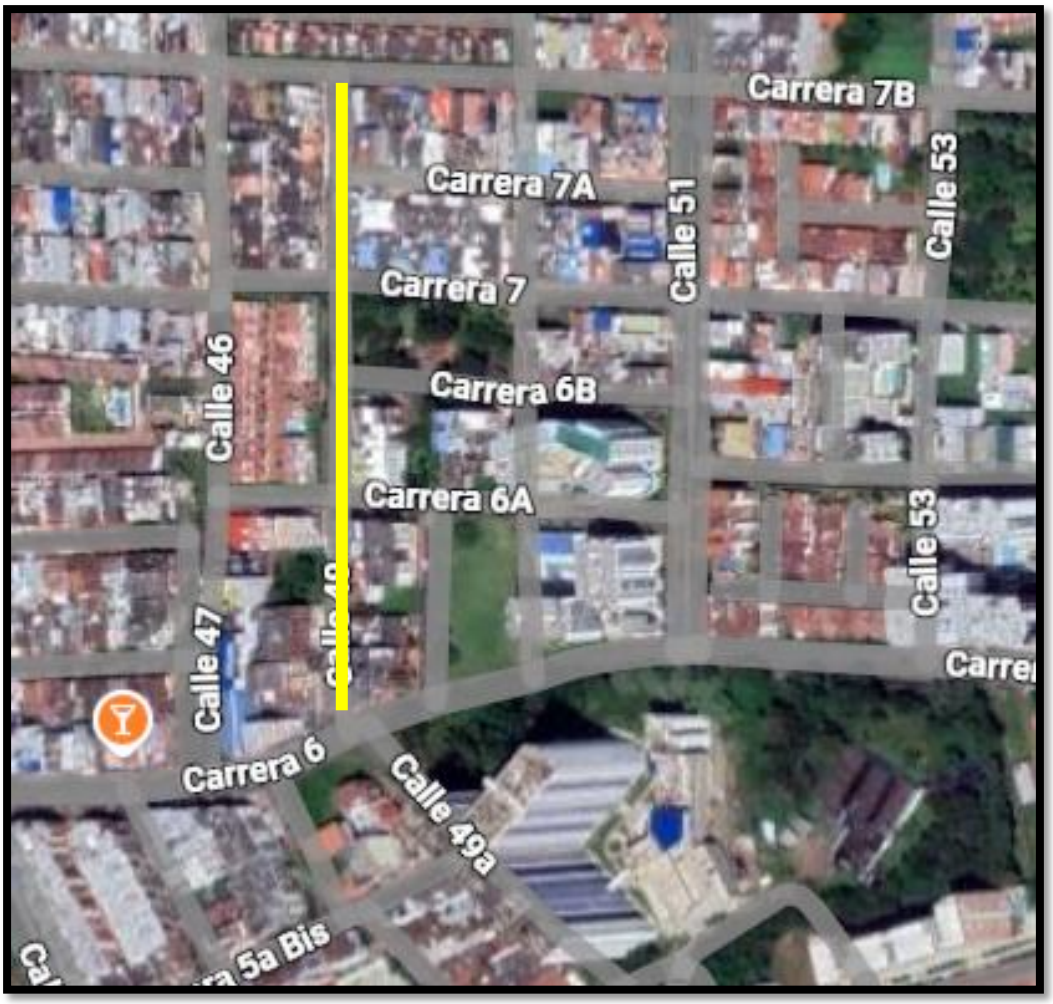


**Imagen No 3** *Ubicación tramo vial Fuente: Google Earth*



## 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 2.9) 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:

$\Delta PSI$: 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 |

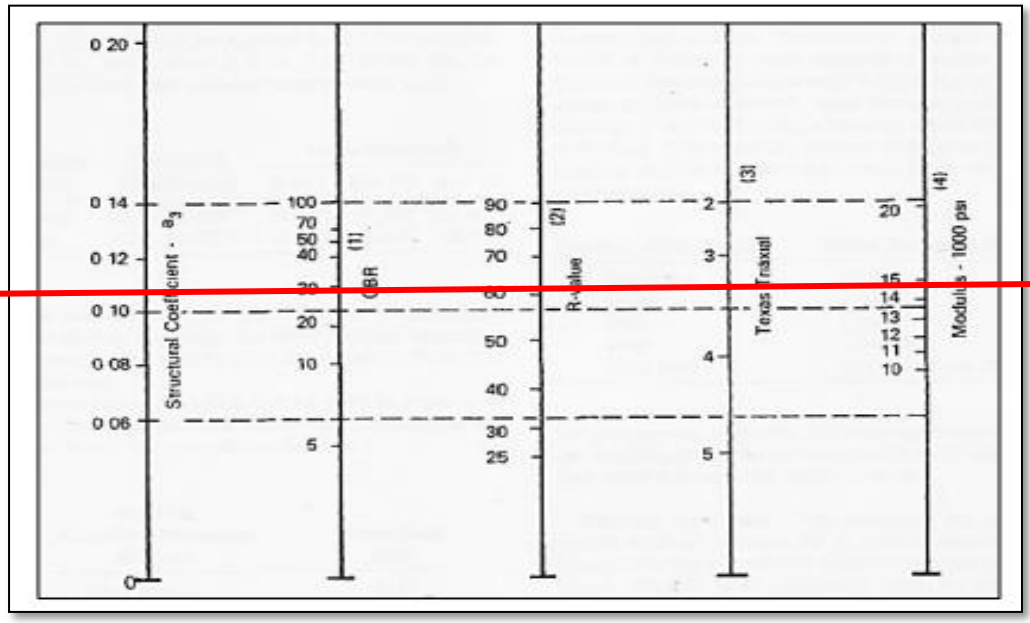
Fuente. Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022).

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 (%):<br>- 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):<br>- Sulfato de sodio<br>- Sulfato de magnesio | E-220 | 12<br>18 | 12<br>18 | 12<br>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

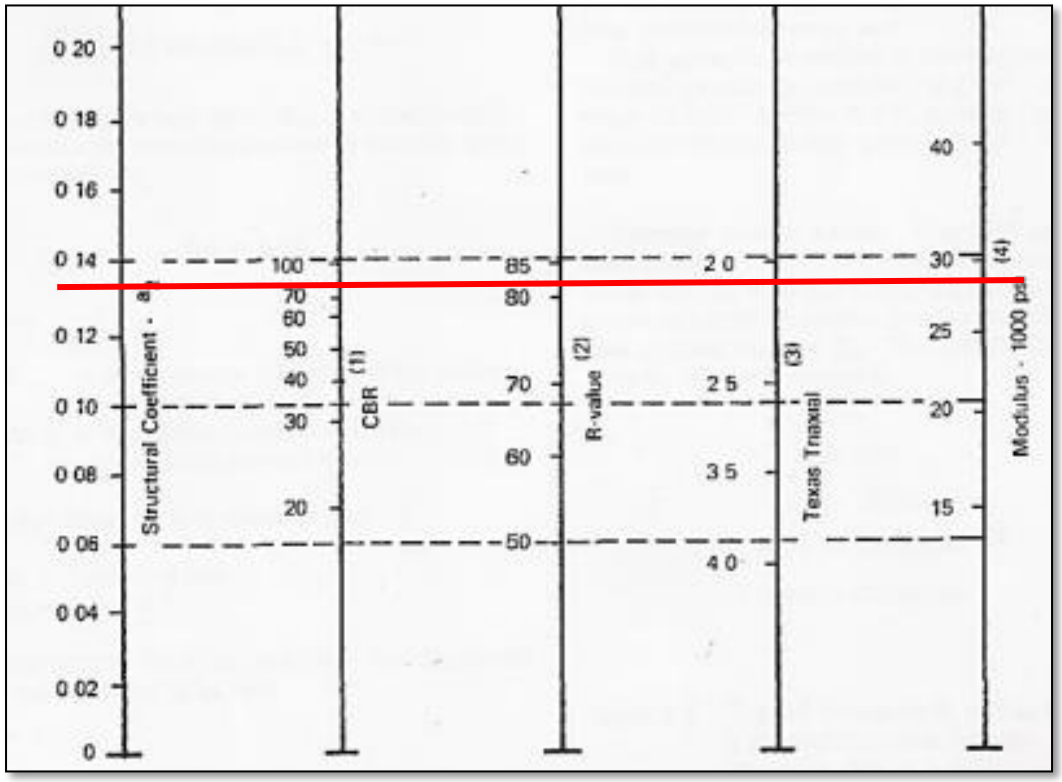
| Clase de base granular | Nivel de tránsito |
|---|---|
| Clase A | NT3 |
| Clase B | NT2 |
| Clase C | NT1 |

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 (%):<br>- 500 revoluciones<br>- 100 revoluciones | E-218 | <br>35<br>7 | <br>40<br>8 | <br>40<br>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:<br>- Valor en seco, mínimo (kN)<br>- Relación húmedo/seco, mínimo (%) | E-224 | <br>90<br>75 | <br>70<br>75 | <br>-<br>- |
| **Durabilidad (O)** | | | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1):<br>- Sulfato de sodio<br>- Sulfato de magnesio | E-220 | <br>12<br>18 | <br>12<br>18 | <br>12<br>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):<br>- Una cara<br>- Dos caras | E-227 | <br>90<br>85 | <br>70<br>50 | <br>50<br>- |
| 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:

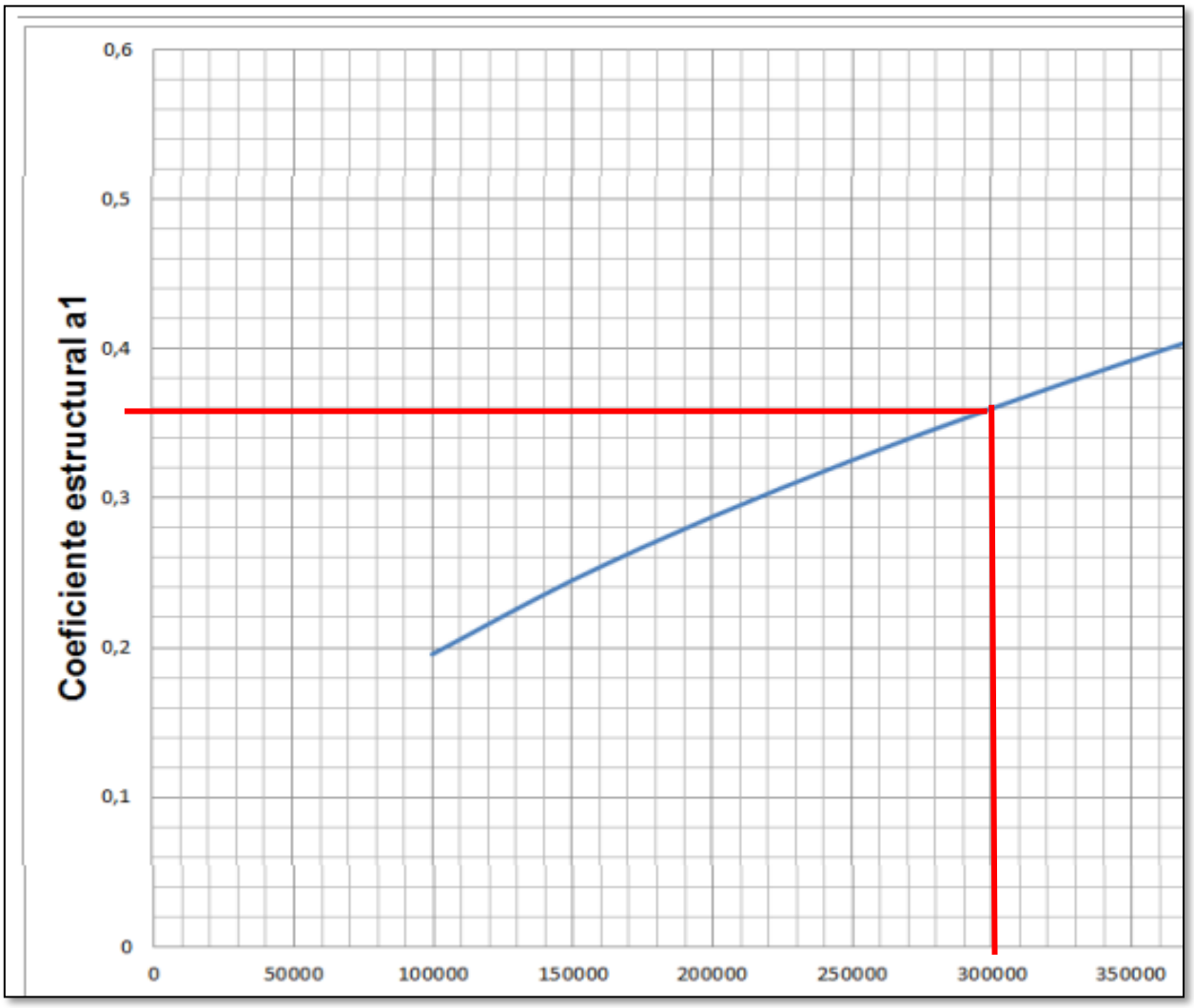
En la capa asfáltica el coeficiente estructural depende del módulo resiliente de la mezcla asfáltica y este módulo resiliente depende de la frecuencia de carga relacionada con la velocidad operación de los vehículos y la temperatura a la cual está la mezcla en la que se debe tener en cuenta la temperatura 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 | 88630 |
| Confiabilidad | R% | 80 |
| Desviación | Zr [-] | -0,841 |
| Error estándar | So[-] | 0,45 |
| Índice de serviciabilidad final | Pf[-] | 2 |
| Índice de serviciabilidad | | 2,2 |
| CBR | % | 5,27 |

- 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.

| | | 4,9476 | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA | SN1 | 1,227 | | 4,9476 |
| 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 | | 4,9476 |
| H2 PULGADAS /CM | | 3,00 | 7,62 | |

- La interacción del método nos arroja un espesor de la capa base granular de (3 pulg – 7.62 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 | 7,74 | 19,65 |
| a2 | 0,133 | |
| SN2 CORREGIDO | 2,08 | |

- Volvemos a realizar la interacción de método mediante la hoja de cálculo utilizando un espesor de capa (7.74 pulg.) y que el espesor de la capa de la subrasante de un valor de cero (0).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRUCUTURAL BASE GRANULAR | SN2 | 2,08 | | 4,9476 |
| H2 PULGADAS /CM | | 7,74 | 19,65 | |

- La interacción antes descrita nos arroja un espesor de capa base granular de 7.74 pulg. Donde lo aproximamos a 20 cm; y corroboramos que el espesor de la subbase granular sea cero.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRCUTURAL SUBBASE GRANULAR | SN3 | 2,083 | | 4,9476 |
| 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)** | **20** |
| **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 |

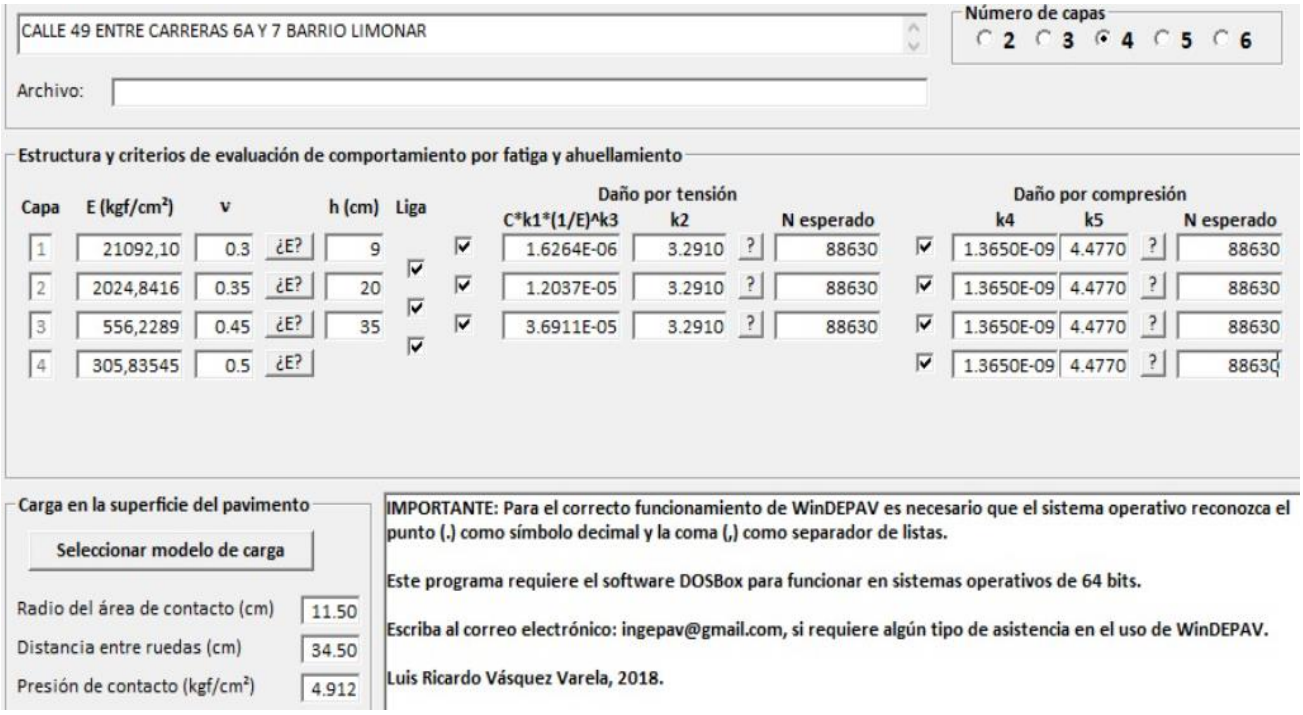
| MEJORAMIENTO RAJON | | |
|---|---|---|
| CBR | 5,27 | |
| MR | 7911,429689 | |
| | 556,2289 | kg/cm2 |

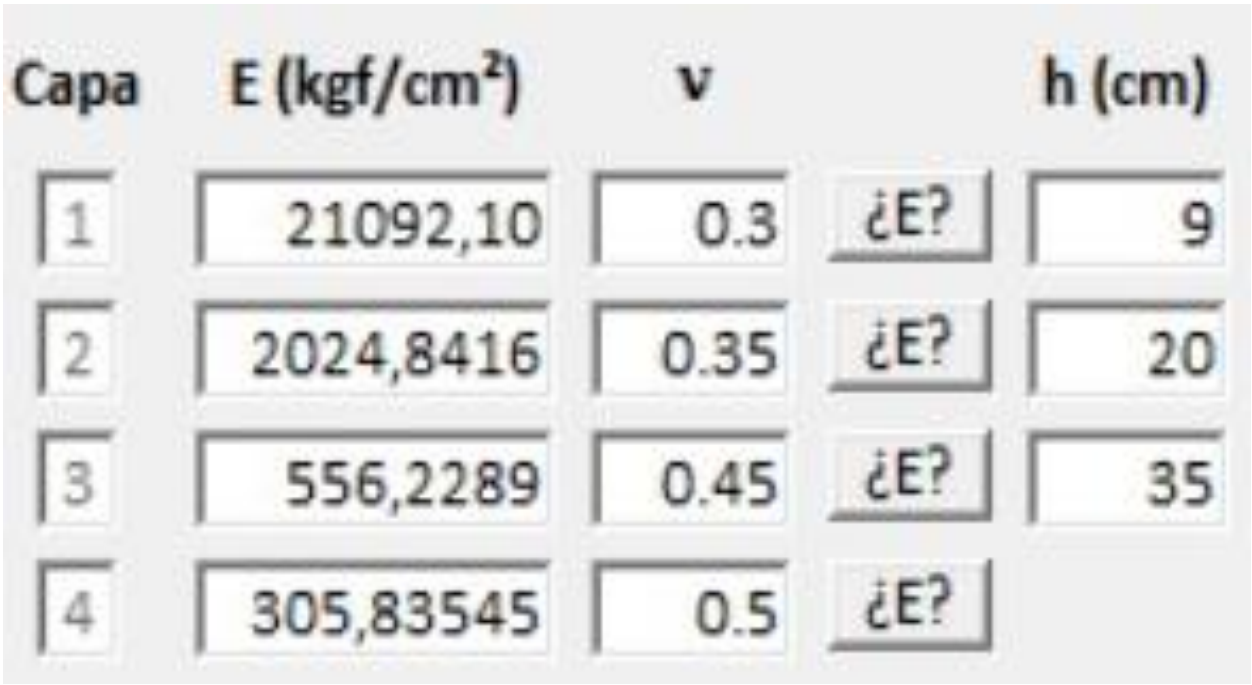
| BASE GRANULAR | | |
|---|---|---|
| MR | 28800 | |
| | 2024,8416 | kg/cm2 |

| 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 |


CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 BARRIO LIMONAR
Número 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? 9 1.6264E-06 3.2910 ? 88630 1.3650E-09 4.4770 ? 88630
2 2024,8416 0.35 ¿E? 20 1.2037E-05 3.2910 ? 88630 1.3650E-09 4.4770 ? 88630
3 556,2289 0.45 ¿E? 35 3.6911E-05 3.2910 ? 88630 1.3650E-09 4.4770 ? 88630
4 305,83545 0.5 ¿E? 1.3650E-09 4.4770 ? 88630
Carga en la superficie del pavimento
Seleccionar modelo de carga
Radio del área de contacto (cm) 11.50
Distancia entre ruedas (cm) 34.50
Presión de contacto (kgf/cm²) 4.912
IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.
Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.
Escriba al correo electrónico: ingepav@gmail.com, si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.
Luis Ricardo Vásquez Varela, 2018.


Capa
E (kgf/cm²)
v
h (cm)
1 21092,10 0.3 ¿E? 9
2 2024,8416 0.35 ¿E? 20
3 556,2289 0.45 ¿E? 35
4 305,83545 0.5 ¿E?

**Descripción del proyecto** CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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

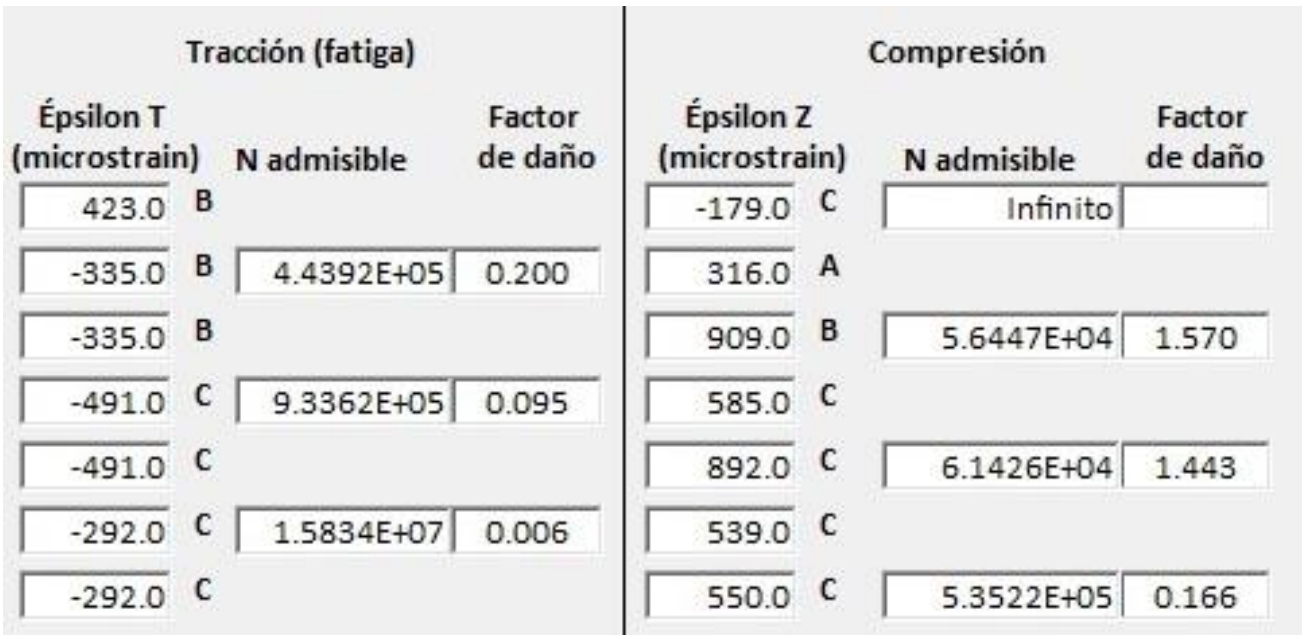
Gráficos de respuesta

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) | ν | 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 | 1.397E+01 | B | 4.915E+00 | A | 423.0 | B | | | -179.0 | C | Infinito | |
| | *Continua* | | 9.00 | -8.586E+00 | B | 1.948E+00 | B | -335.0 | B | 4.4392E+05 | 0.200 | 316.0 | A | | |
| 2 | 2.024E+03 | 0.35 | 9.00 | 9.850E-02 | A | 1.948E+00 | B | -335.0 | B | | | 909.0 | B | 5.6447E+04 | 1.570 |
| | *Continua* | | 29.00 | -1.101E+00 | C | 5.078E-01 | C | -491.0 | C | 9.3362E+05 | 0.095 | 585.0 | C | | |
| 3 | 5.557E+02 | 0.45 | 29.00 | -2.203E-02 | C | 5.078E-01 | C | -491.0 | C | | | 892.0 | C | 6.1426E+04 | 1.443 |
| | *Continua* | | 64.00 | -1.315E-01 | C | 1.866E-01 | C | -292.0 | C | 1.5834E+07 | 0.006 | 539.0 | C | | |
| 4 | 3.049E+02 | 0.50 | 64.00 | 1.550E-02 | C | 1.866E-01 | C | -292.0 | C | | | 550.0 | C | 5.3522E+05 | 0.166 |



| Tracción (fatiga) Épsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño | Compresión Épsilon Z (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 423.0 | B | | | -179.0 | C | Infinito | |
| -335.0 | B | 4.4392E+05 | 0.200 | 316.0 | A | | |
| -335.0 | B | | | 909.0 | B | 5.6447E+04 | 1.570 |
| -491.0 | C | 9.3362E+05 | 0.095 | 585.0 | C | | |
| -491.0 | C | | | 892.0 | C | 6.1426E+04 | 1.443 |
| -292.0 | C | 1.5834E+07 | 0.006 | 539.0 | C | | |
| -292.0 | C | | | 550.0 | C | 5.3522E+05 | 0.166 |

### 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 (443920) al número de ejes equivalentes del diseño (88630) y el factor de daño es (0.200) que es menor de (1.0).

  - ✓ **CHEQUEO POR AHUELLAMIENTO (COMPRESIÓN):**
    - La capa de la base granular **NO CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es menor (56447) al número de ejes equivalentes del diseño (88630) y el factor de daño es (1.570) que es mayor de (1.0)
    - La capa de mejoramiento **NO CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es menor (61426) al número de ejes equivalentes del diseño (88630) y el factor de daño es (1.443) que es mayor de (1.0)

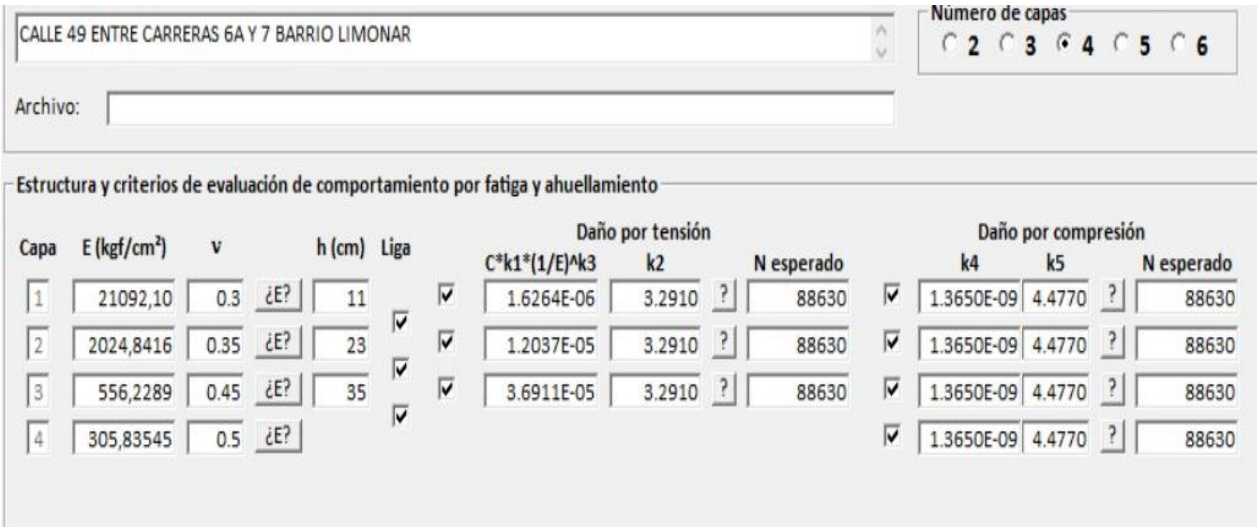
### 6.8 CHEQUEO DE RESULTADOS MEDIANTE METODO INTERACTIVO

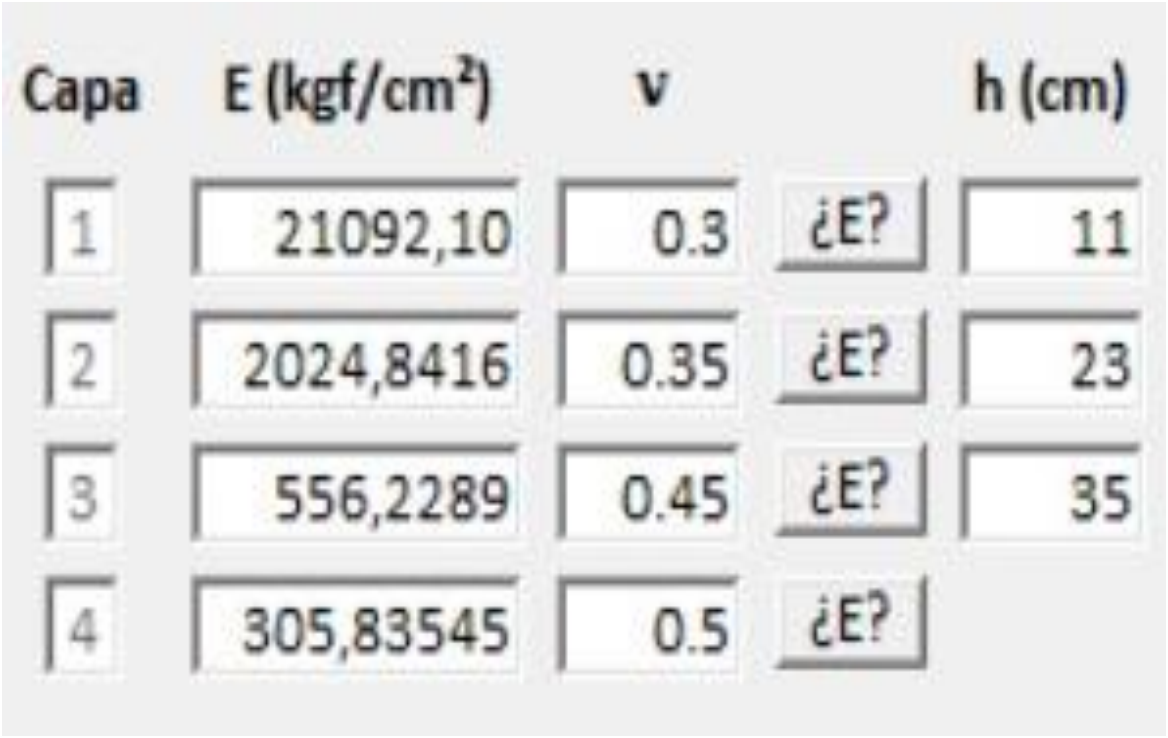
- **CHEQUEO MEDIANTE MÉTODO INTERACTIVO (WinDePav) PARA QUE CUMPLA LAS CAPAS**
  - Al realizarse la interacción en el programa WinDePav se decide subir el espesor de la capa de la carpeta asfáltica a 11 cm, 23 cm de base granular y 35 cm de mejoramiento de la subrasante; lo anterior teniendo en cuenta que el método de diseño plantea el espesor de las capas teniendo en cuenta los parámetros de los módulos resilientes de las otras capas de soporte.

    - ✓ **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 (88630) y el factor de daño es (0.105) 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 (88630) y el factor de daño es (0.668) que es menor de (1.0)

- La capa de mejoramiento **CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es mayor (161270) al número de ejes equivalentes del diseño (88630) y el factor de daño es (0.550) que es menor de (1.0)



**Descripción del proyecto** CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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) | ν | 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 | 0.131 | 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 | 0.668 |
| | *Continua* | | 34.00 | -8.831E-01 | C | 3.946E-01 | C | -381.0 | C | 2.1513E+06 | 0.041 | 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 | 0.550 |
| | *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 | 0.072 |

**Tracción (fatiga)**

| Épsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|
| 355.0 | B | | |
| -295.0 | B | 6.7459E+05 | 0.131 |
| -295.0 | B | | |
| -381.0 | C | 2.1513E+06 | 0.041 |
| -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 | 0.668 |
| 471.0 | C | | |
| 719.0 | C | 1.6127E+05 | 0.550 |
| 446.0 | C | | |
| 456.0 | C | 1.2386E+06 | 0.072 |

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El presente diseño se ha realizado con la finalidad de rehabilitar el tramo de vía ubicado en la CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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.

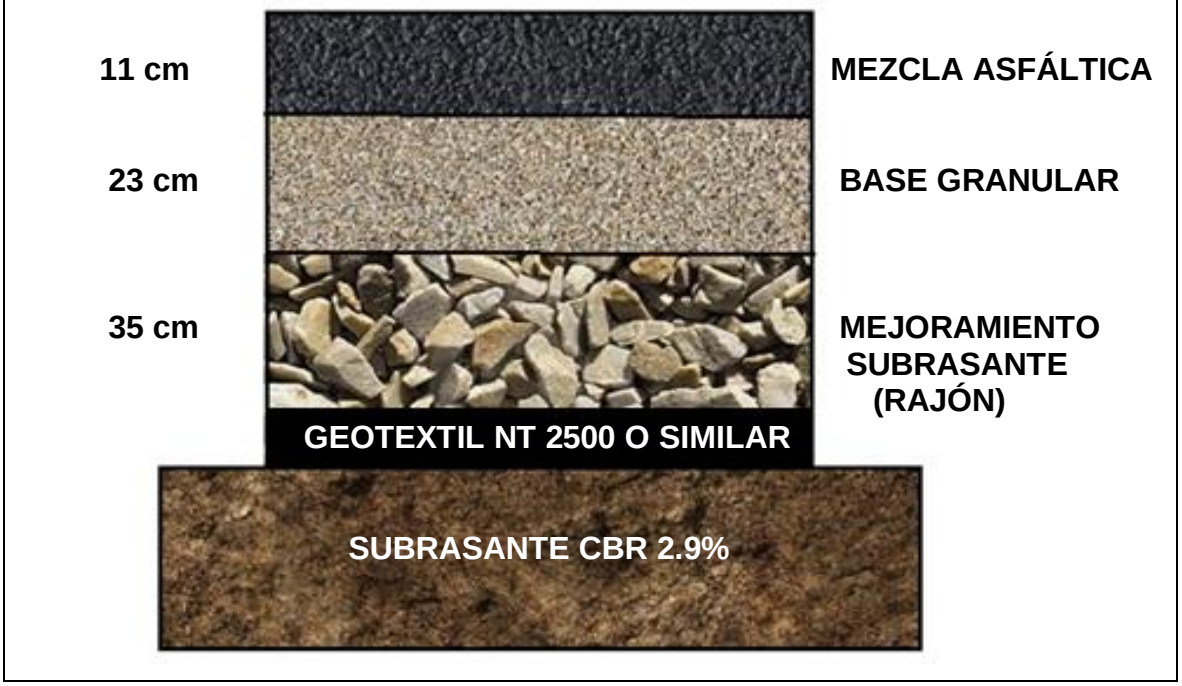
  El riesgo de pérdida de material granular fino.

  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:

**CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 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 |

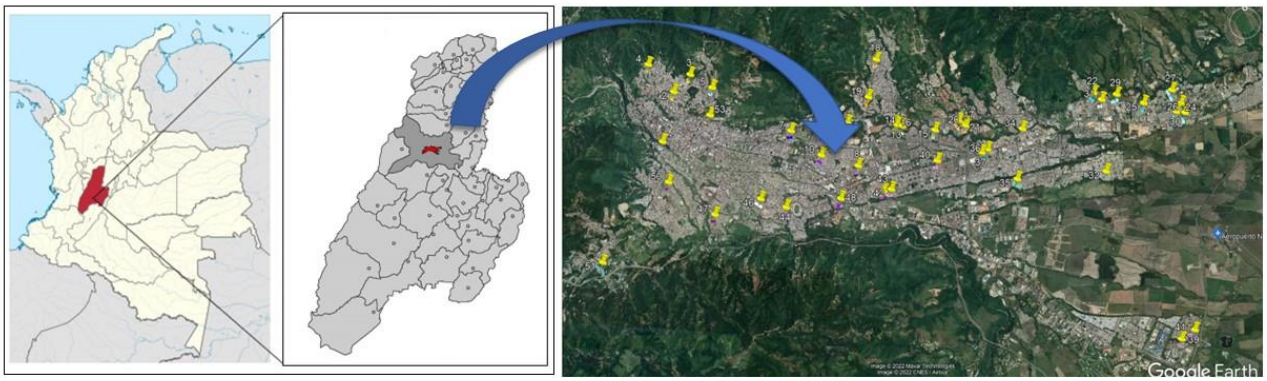



**Figura 1. Vista general de la ubicación del proyecto (Google earth, 2015)**

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.

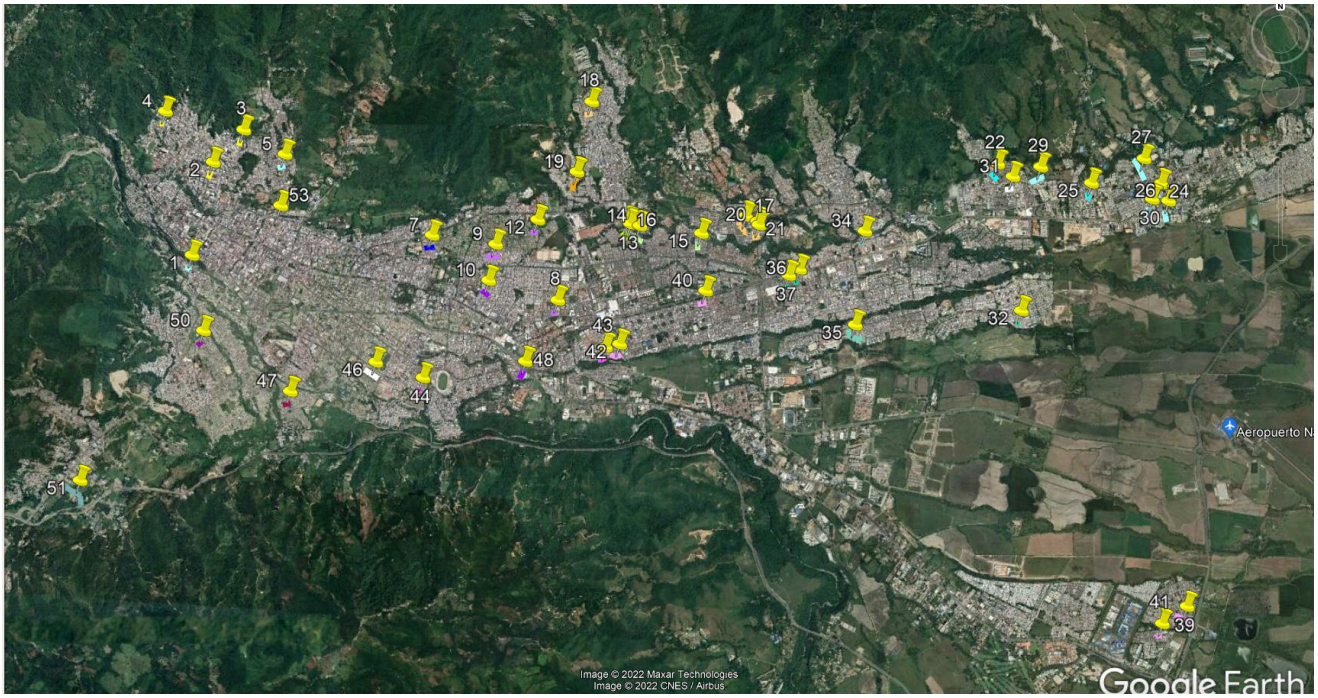



**Figura 2. Ubicación de los diferentes segmentos de diseño, municipio de Ibagué, Tolima.**

## 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** CALLE 49 ENTRE CARRERAS 6A Y 7 **COMUNA** 4 **BARRIO** LIMONAR

**RUTAS DE BUSES;**

| AFORO RUTAS BUSETAS | |
|---|---|
| DE LUNES A VIERNES | 44 |
| SABADO Y DOMINGO | 32 |

| | |
|---|---|
| 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 | |

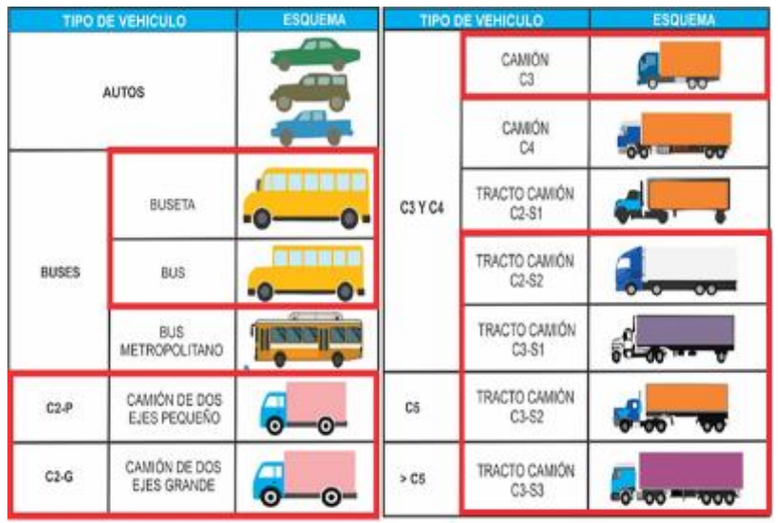
| | | |
|---|---|---|
| C2-S1 | min | X |
| | medi | |
| | max | |

| | | |
|---|---|---|
| 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 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 23 | 23 | 29 | 52.7% |
| BUS | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 10 | 10 | 13 | 23.6% |
| C2P | 3 | 7 | 2 | 5 | 5 | 3 | 3 | 4 | 7.3% |
| C2G | 3 | 4 | 2 | 9 | 6 | 2 | 7 | 5 | 9.1% |
| C3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3.6% |
| C2-S1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3.6% |
| C2-S2 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S1 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S2 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S3 | | | | | | | | | 0.0% |
| TOTAL | 54.4 | 57.4 | 51.4 | 62.4 | 58.4 | 40.4 | 46.4 | 55 | 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% | 33.00 | 18.00 | 2.00 | 2.00 | | | | | 55.00 | 55.00 |
| 2026 | 1.40% | 33.26 | 18.14 | 2.02 | 2.02 | | | | | 55.44 | 110.44 |
| 2027 | 1.20% | 33.50 | 18.27 | 2.03 | 2.03 | | | | | 55.83 | 166.26 |
| 2028 | 1.00% | 33.70 | 18.38 | 2.04 | 2.04 | | | | | 56.16 | 222.43 |
| 2029 | 0.90% | 33.86 | 18.47 | 2.05 | 2.05 | | | | | 56.44 | 278.87 |
| 2030 | 0.70% | 34.02 | 18.55 | 2.06 | 2.06 | | | | | 56.69 | 335.56 |
| 2031 | 0.60% | 34.14 | 18.62 | 2.07 | 2.07 | | | | | 56.89 | 392.45 |
| 2032 | 0.50% | 34.24 | 18.68 | 2.08 | 2.08 | | | | | 57.06 | 449.52 |
| 2033 | 0.40% | 34.32 | 18.72 | 2.08 | 2.08 | | | | | 57.21 | 506.72 |
| 2034 | 0.40% | 34.39 | 18.76 | 2.08 | 2.08 | | | | | 57.32 | 564.04 |
| 2035 | 0.40% | 34.46 | 18.80 | 2.09 | 2.09 | | | | | 57.43 | 621.48 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2036 | 0.40% | 34.53 | 18.83 | 2.09 | 2.09 | | | | | 57.55 | 679.02 |
| 2037 | 0.40% | 34.60 | 18.87 | 2.10 | 2.10 | | | | | 57.66 | 736.69 |
| 2038 | 0.40% | 34.67 | 18.91 | 2.10 | 2.10 | | | | | 57.78 | 794.47 |
| 2039 | 0.40% | 34.74 | 18.95 | 2.11 | 2.11 | | | | | 57.89 | 852.36 |
| 2040 | | 34.81 | 18.99 | 2.11 | 2.11 | | | | | 58.01 | **910.37** |
| **TOTAL** | | 546.22 | 297.94 | 33.10 | 33.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **910.37** | |

## *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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 33.26 | 18.14 | 2.02 | 2.02 | | | | |
| 33.50 | 18.27 | 2.03 | 2.03 | | | | |
| 33.70 | 18.38 | 2.04 | 2.04 | | | | |
| 33.86 | 18.47 | 2.05 | 2.05 | | | | |
| 34.02 | 18.55 | 2.06 | 2.06 | | | | |
| 34.14 | 18.62 | 2.07 | 2.07 | | | | |
| 34.24 | 18.68 | 2.08 | 2.08 | | | | |
| 34.32 | 18.72 | 2.08 | 2.08 | | | | |
| 34.39 | 18.76 | 2.08 | 2.08 | | | | |
| 34.46 | 18.80 | 2.09 | 2.09 | | | | |
| 34.53 | 18.83 | 2.09 | 2.09 | | | | |
| 34.60 | 18.87 | 2.10 | 2.10 | | | | |
| 34.67 | 18.91 | 2.10 | 2.10 | | | | |
| 34.74 | 18.95 | 2.11 | 2.11 | | | | |
| 34.81 | 18.99 | 2.11 | 2.11 | | | | |

| TRANSITO PROMEDIO ANUAL PROYECTADO AÑO 15 | | | |
|---|---|---|---|
| TIPO VEHICULO | TPD ACUMULADO | DIAS AÑO | NUMERO VEH AÑO 15 |
| C2 P Y BUSETAS | 546.22 | 365 | 199371.79 |
| BUS Y C2G | 297.94 | 365 | 108748.25 |
| 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 | 199371.8 | 0.12 | 23924.61 |
| BUS Y C2G | 108748.25 | 0.50 | 54374.12 |
| 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 | | | 177,259.65 |

## *4. CALCULO NUMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN*

**W18=** **EAL*DD*DC**

**W18=** **88,630.00**

*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 |