# OBJETO:

## “PAVIMENTACION TRAMO VIAL CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA"

## INFORME DE DISEÑO ESTRUCTURAL PARA LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL BARRIO CENTRO COMUNA 1 MUNICIPIO DE IBAGUE– TOLIMA.

**DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**AGOSTO-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 ..... 7
6. METODOLOGIA AASTHO 93 PARA EL DISEÑO TRAMO VIAL DEL BARRIO CENTRO MUNICIPIO DE IBAGUE. ..... 8
6.1 MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE ..... 8
6.2 INSTALACION GEOTEXTIL ..... 10
6.3 DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO - 93 ..... 11
6.3.2CALCULO MODULOS RESILIENTES ..... 13
6.3.3 CALCULO NUMERO ESTRCUTURAL ..... 19
6.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO USANDO LA HOJA DE CALCULO CON LA METODOLOGÍA AASTHO 93 ..... 22
4.5 PERFIL ESTRUCTURA DE PAVIMENTO METODOLOGIA AASTHO 93 ..... 24
6.6 CHEQUEO ESTRUCTURA MEDIANTE METODO RACIONAL ..... 25
6.7 LECTURA DE RESULTADOS INICIALES ..... 28
6.8 CHEQUEO DE RESULTADOS MEDIANTE METODO INTERACTIVO ..... 28
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 31

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente diseño se elabora considerando los parámetros y condiciones establecidas, por la exploración geotécnica y los respectivos ensayos de laboratorio de suelos llevado a cabo por INGEOTOL S.A.S 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 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1 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 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1 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 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA "

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



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

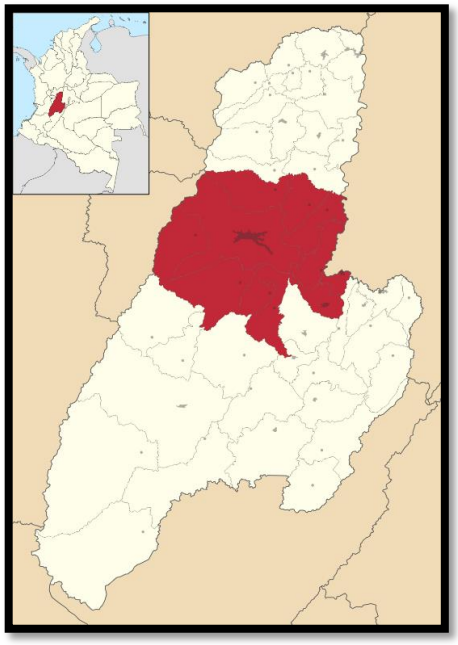
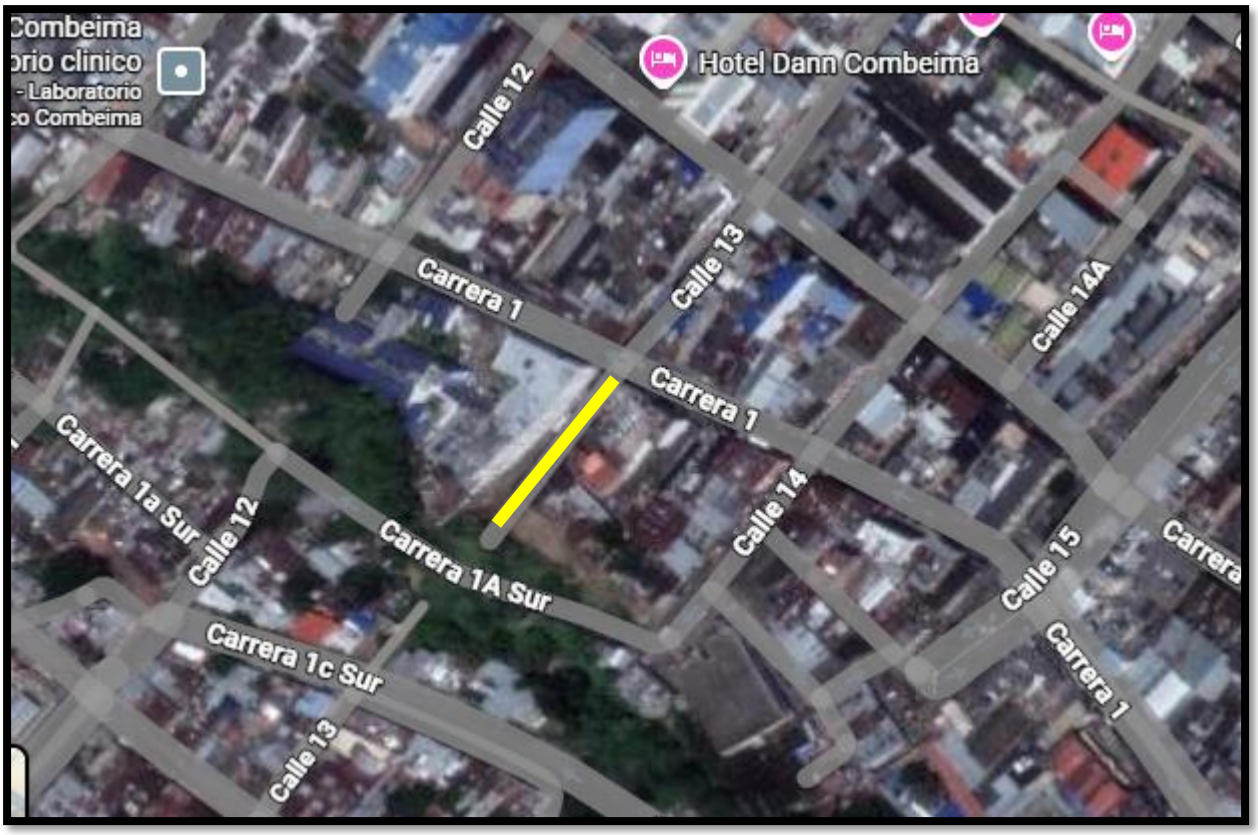


**Imagen No 3** *Ubicación tramo vial Fuente: Google Earth*



## 4. ESTUDIO DE SUELOS

El estudio de suelos con el cual fue diseñado este tramo vial es suministrado por la secretaría de infraestructura municipal de Ibagué Tolima y ejecutado por INGEOTOL S.A.S. donde encontramos **datos generales** (incluyendo la localización del estudio y fecha de ejecución), **descripción del apique** (localización alcanzada), condiciones del terreno al momento del muestreo(humedad, escombros y demás), **perfil estratigráfico** (descripción de capas o estratos encontrados en el apique tales como color, textura, compactación o resistencia, presencia de materia orgánica, espesor de cada estrato y algunas observaciones), **clasificación del suelos**, **propiedades índice del suelo**, **ensayo CBR**, entre otras; datos significativos para conocer las propiedades y condiciones en la que estaría 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.)**

## 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 CENTRO 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 2.20) 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** | 2,2 |
| **CBR MEJORAMIENTO** | 10 |
| **MODULO SUBRASANTE Esbr** | 220,00 |
| **MODULO RAJON mejoramiento Emej** | 672,89 |
| **H - Rajon mejoramiento** | 40 |
| **a** | 15 |
| **n - Relacion modulos** | 1,563897439 |

| | |
|---|---|
| **Eeq** | 506,65 |
| **CBR Req.** | 5,07 |

| 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 **40 cm** de espesor para mejoramiento de la subrasante.

| | |
|---|---|
| **MEJORAMIENTO SUBRASANTE (RAJÓN)** | **40** |
| **SUBRASANTE** | **CBR 2.20** |

## 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 2,20) 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).

# 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 observaos 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 * 5.07

MR: 7599,75 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 |

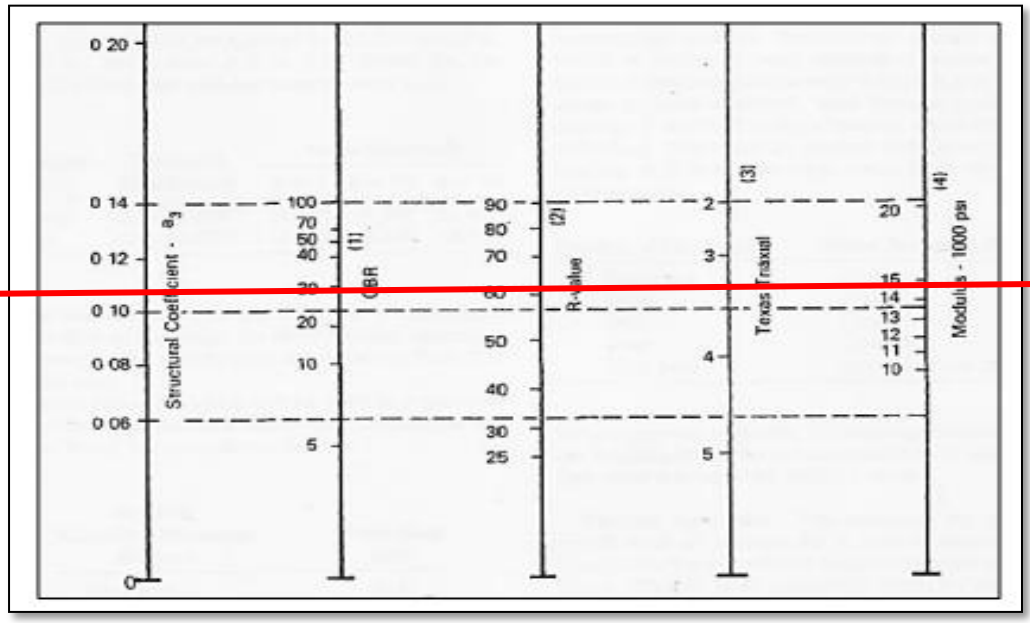
Fuente. Norma INVIAS, Especificaciones invias 2022).

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 | <br>12<br>18 | <br>12<br>18 | <br>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

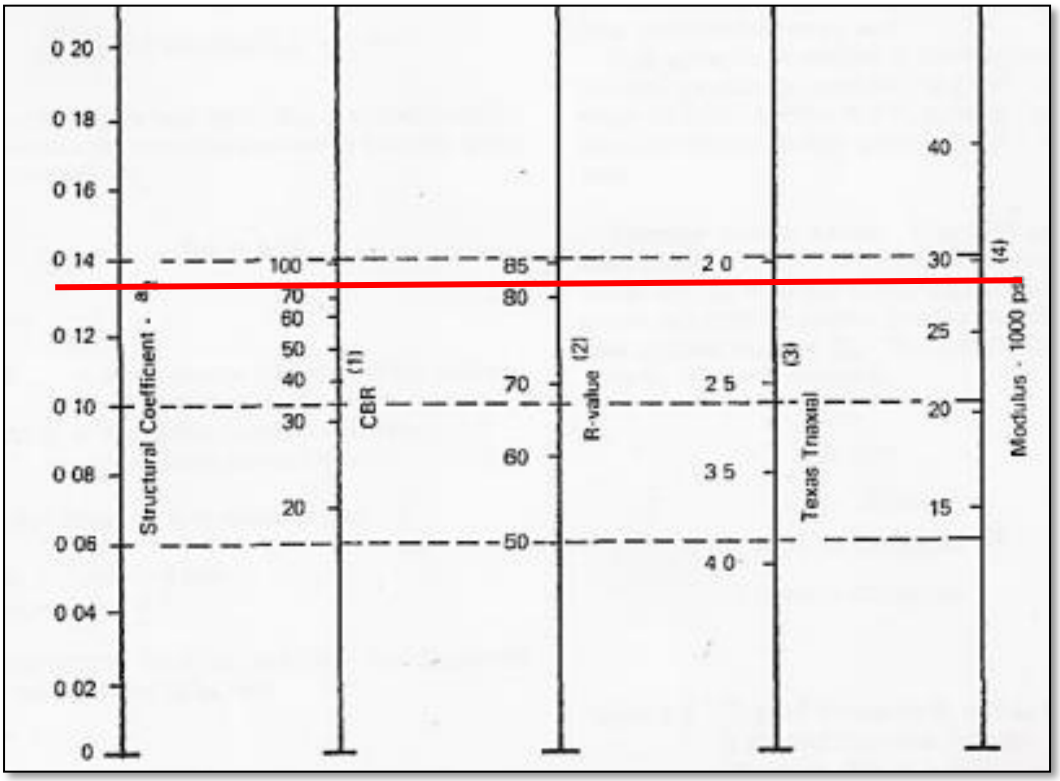
| Clase de base granular | Nivel de tránsito |
|---|---|
| Clase A | NT3 |
| Clase B | NT2 |
| Clase C | NT1 |

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

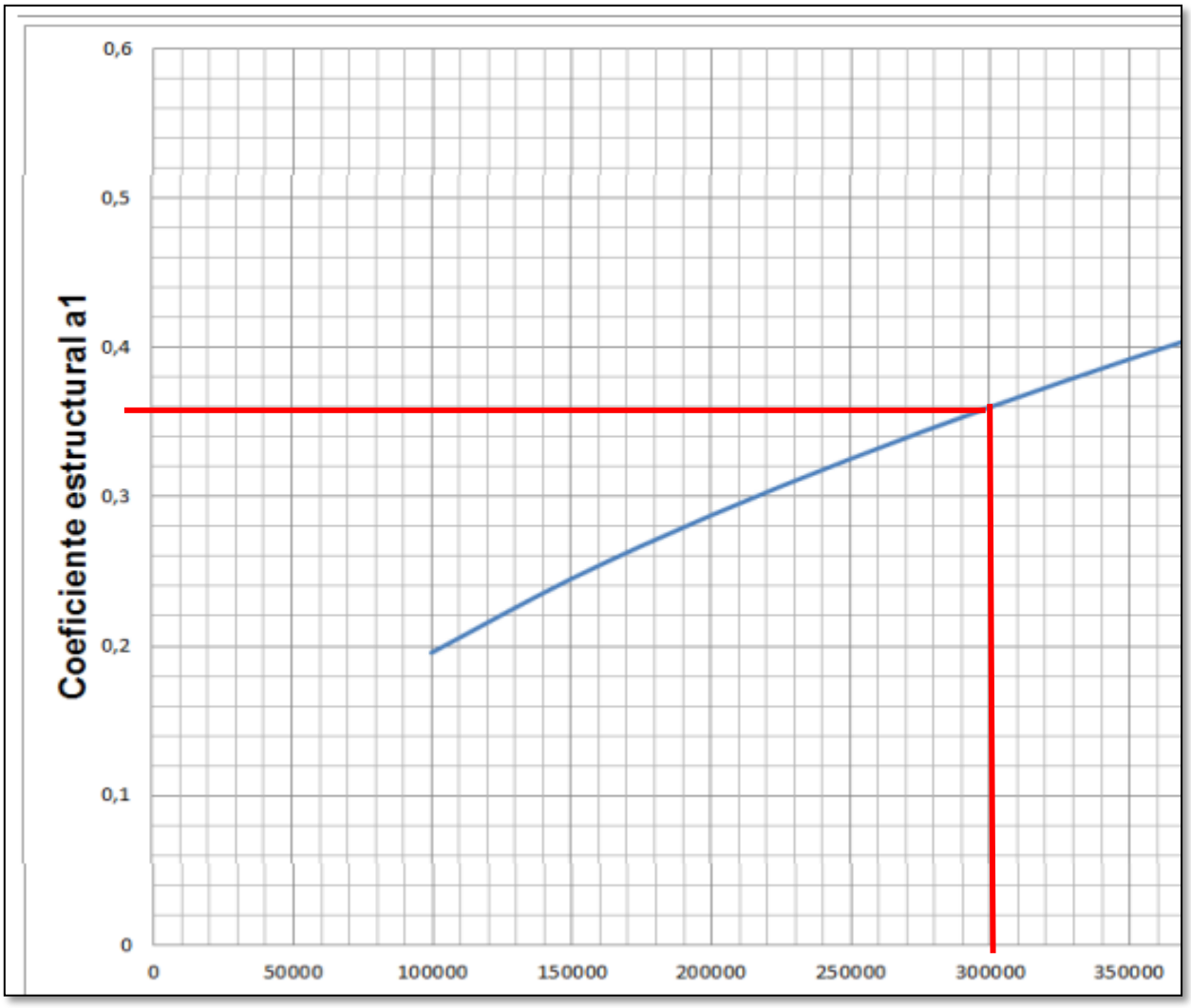
## ➢ CALCULO MODULO RESILIENTE DE LA MEZCLA ASFÁLTICA:

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 | 92376 |
| Confiabilidad | R% | 80 |
| Desviación | Zr [-] | -0,841 |
| Error estándar | So[-] | 0,45 |
| Índice de serviciabilidad final | Pf[-] | 2 |
| Índice de serviciabilidad | | 2,2 |
| CBR | % | 5,07 |

- 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 | | 10140 |
| 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.

| | | 4,9656 | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA | SN1 | 1,237 | | 4,9656 |
| 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 | 1,643 | | 4,9656 |
|---|---|---|---|---|
| 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 | 6,08 | 15,46 |
| a2 | 0,133 | |
| SN2 CORREGIDO | 1,91 | |

- Volvemos a realizar la interacción de método mediante la hoja de cálculo utilizando un espesor de capa (6.08 pulg.) y que el espesor de la capa de la subbase de un valor de cero (0).

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRUCUTURAL BASE GRANULAR | SN2 | 1,91 | | 4,9656 |
| H2 PULGADAS /CM | | 6,08 | 15,46 | |

- La interacción antes descrita nos arroja un espesor de capa base granular de 6.08 pulg. Donde lo aproximamos a 16 cm; y corroboramos que el espesor de la subbase granular sea cero.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| NUMERO ESTRCUTURAL SUBBASE GRANULAR | SN3 | 1,907 | | 4,9651 |
| 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)** | **16** |
| **MEJORAMIENTO SUBRASANTE (RAJON) (cm)** | **40** |
| **GEOTEXTIL NT2500/SIMILAR** | |
| **SUBRASANTE CBR 2.20** | |

### 6.6 CHEQUEO ESTRUCTURA MEDIANTE METODO RACIONAL

## ➢ 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 | 2,20 | |
| MR | 3300 | |
| | 232,01310 | kg/cm2 |

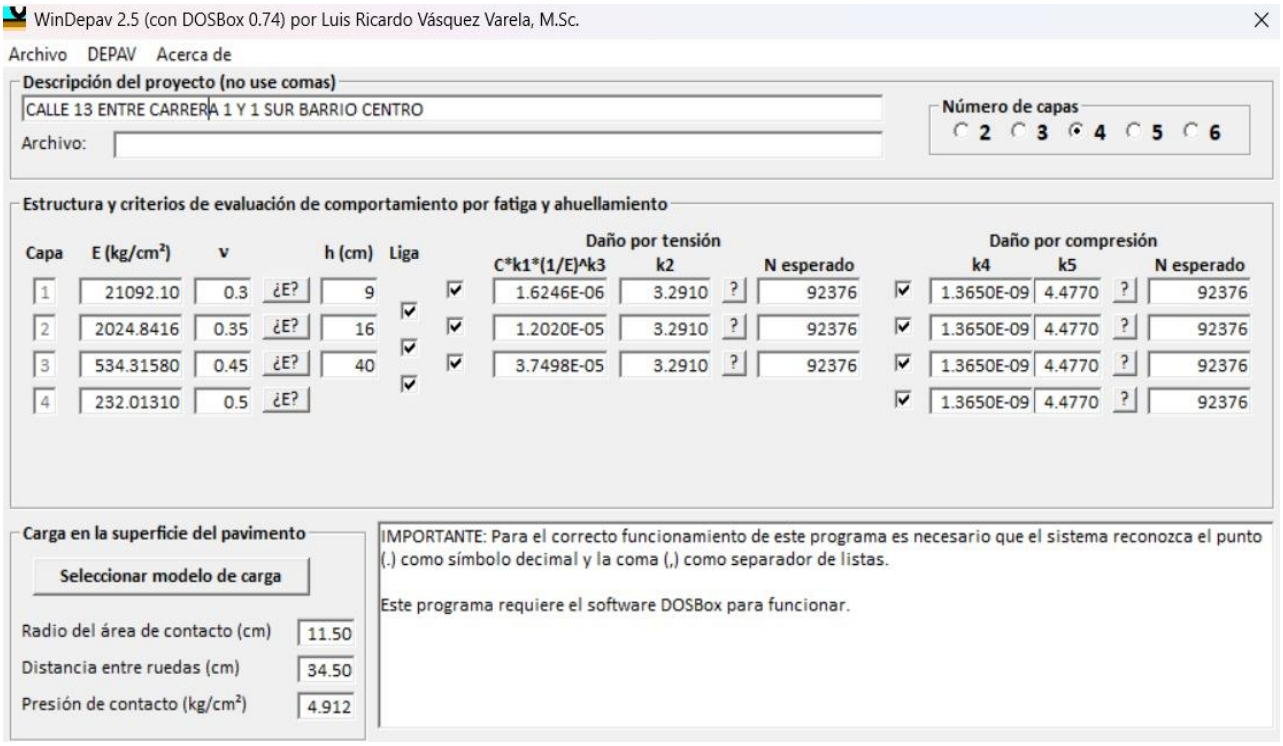
| **MEJORAMIENTO** | | |
|---|---|---|
| CBR | 5,07 | |
| MR | 7599,752568 | |
| | 534,31580 | kg/cm2 |

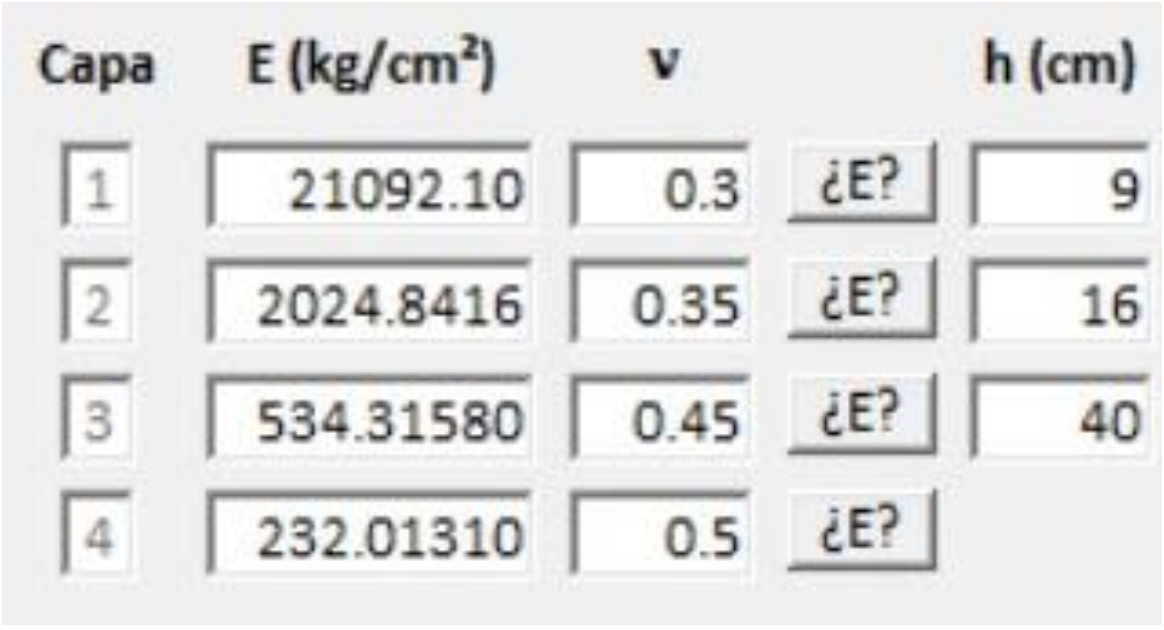
| **BASE GRANULAR** | | |
|---|---|---|
| MR | 28800 | |
| | 2024,8416 | kg/cm2 |

| **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 |
| SUBRASANTE | V = | 0,45 |


WinDepav 2.5 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc.
Archivo DEPAV Acerca de
Descripción del proyecto (no use comas)
CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO
Archivo:
Número de capas
2 3 4 5 6
Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento
Capa E (kg/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
1.6246E-06 3.2910 ? 92376
1.3650E-09 4.4770 ? 92376
2 2024.8416 0.35 ¿E? 16
1.2020E-05 3.2910 ? 92376
1.3650E-09 4.4770 ? 92376
3 534.31580 0.45 ¿E? 40
3.7498E-05 3.2910 ? 92376
1.3650E-09 4.4770 ? 92376
4 232.01310 0.5 ¿E?
1.3650E-09 4.4770 ? 92376
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 (kg/cm²) 4.912
IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de este programa es necesario que el sistema reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.
Este programa requiere el software DOSBox para funcionar.


Capa
E (kg/cm²)
v
h (cm)
1 21092.10 0.3 ¿E? 9
2 2024.8416 0.35 ¿E? 16
3 534.31580 0.45 ¿E? 40
4 232.01310 0.5 ¿E?

Resultados del análisis

**Archivo**

**Descripción del proyecto** CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO

**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 (kg/cm²) | ν | Z (cm) | Sigma T (kg/cm²) | | Sigma Z (kg/cm²) | | Tracción (fatiga) Epsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño | Compresión Epsilon Z (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.109E+04 | 0.30 | 0.00 | 1.489E+01 | B | 4.915E+00 | A | 455.0 | B | | | -195.0 | C | Infinito | |
| | Continua | | 9.00 | -9.218E+00 | B | 1.886E+00 | B | -357.0 | B | 3.5968E+05 | 0.257 | 327.0 | B | | |
| 2 | 2.025E+03 | 0.35 | 9.00 | -9.830E-02 | C | 1.886E+00 | B | -357.0 | B | | | 907.0 | B | 5.7007E+04 | 1.620 |
| | Continua | | 25.00 | -1.295E+00 | C | 5.741E-01 | C | -581.0 | C | 5.3580E+05 | 0.172 | 667.0 | C | | |
| 3 | 5.343E+02 | 0.45 | 25.00 | -1.897E-02 | C | 5.741E-01 | C | -581.0 | C | | | 1030.0 | C | 3.2260E+04 | 2.864 |
| | Continua | | 65.00 | -1.866E-01 | C | 1.693E-01 | C | -346.0 | C | 9.2026E+06 | 0.010 | 619.0 | C | | |
| 4 | 2.325E+02 | 0.50 | 65.00 | 1.468E-02 | C | 1.693E-01 | C | -346.0 | C | | | 655.0 | C | 2.4481E+05 | 0.377 |

| | |
|---|---|
| Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) | 115.93 |
| Radio de curvatura (m) | 102.55 |
| Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) | 11887.99 |

Salir y descartar los resultados

**Tracción (fatiga)**

| Epsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|
| 455.0 | B | | |
| -357.0 | B | 3.5968E+05 | 0.257 |
| -357.0 | B | | |
| -581.0 | C | 5.3580E+05 | 0.172 |
| -581.0 | C | | |
| -346.0 | C | 9.2026E+06 | 0.010 |
| -346.0 | C | | |

**Compresión**

| Epsilon Z (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|
| -195.0 | C | Infinito | |
| 327.0 | B | | |
| 907.0 | B | 5.7007E+04 | 1.620 |
| 667.0 | C | | |
| 1030.0 | C | 3.2260E+04 | 2.864 |
| 619.0 | C | | |
| 655.0 | C | 2.4481E+05 | 0.377 |

### 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 (359680) al número de ejes equivalentes del diseño (92376) y el factor de daño es (0.257) que es menor de (1.0).

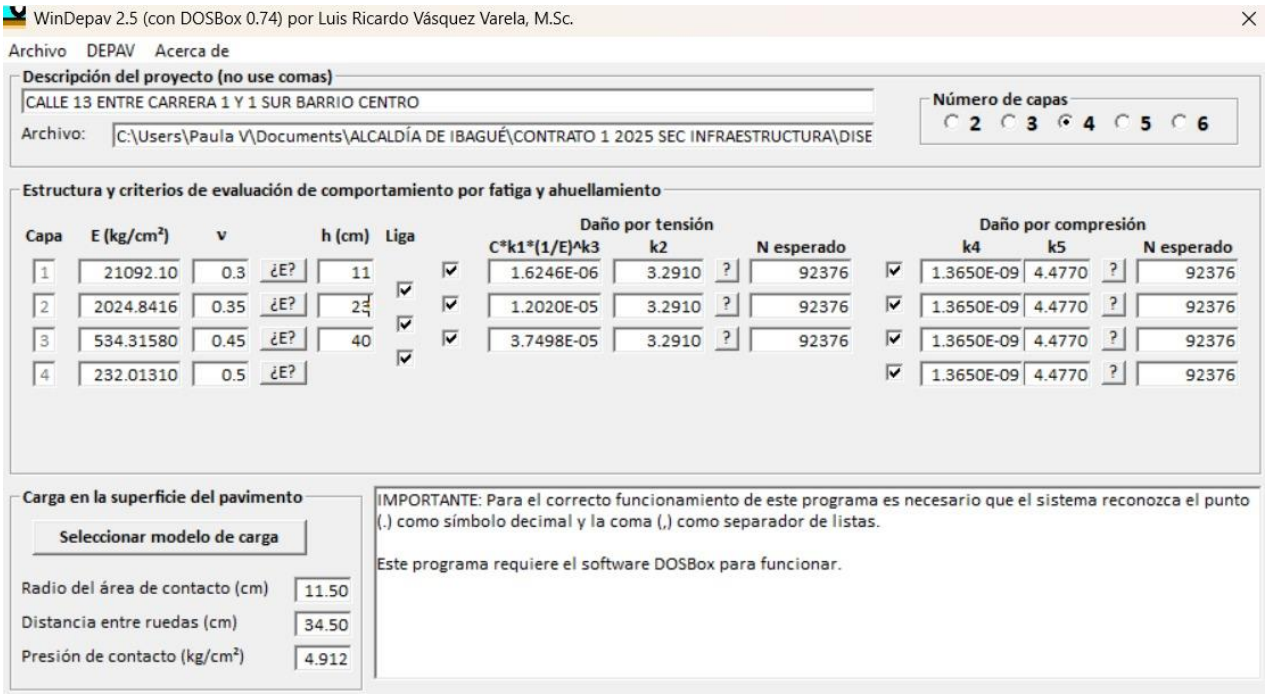
  - ✓ **CHEQUEO POR AHUELLAMIENTO (COMPRESIÓN):**
    - La capa de la base granular **NO CUMPLE** ya que el número admisible de ejes equivalentes es menor (57007) al número de ejes equivalentes del diseño (92376)) y el factor de daño es (1.620) que es mayor de (1.0)

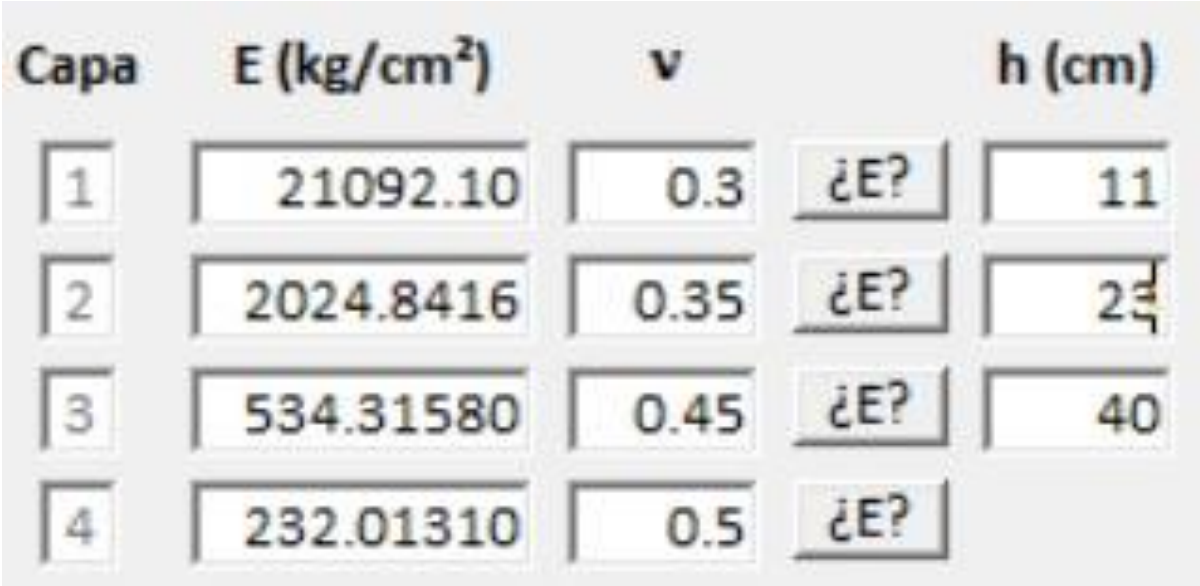
### 6.8 CHEQUEO DE RESULTADOS MEDIANTE METODO INTERACTIVO

- **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 40 cm de mejoramiento 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 (666390) al número de ejes equivalentes del diseño (92376)) y el factor de daño es (0.149) 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 (133500) al número de ejes equivalentes del diseño (92376)) y el factor de daño es (0.692) que es menor de (1.0)


WinDepav 2.5 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc.
Archivo DEPAV Acerca de
Descripción del proyecto (no use comas)
CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO
Archivo: C:\Users\Paula V\Documents\ALCALDÍA DE IBAGUÉ\CONTRATO 1 2025 SEC INFRAESTRUCTURA\DISE
Número de capas
2 3 4 5 6
Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento
Capa E (kg/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 1.6246E-06 3.2910 ? 92376 1.3650E-09 4.4770 ? 92376
2 2024.8416 0.35 ¿E? 25 1.2020E-05 3.2910 ? 92376 1.3650E-09 4.4770 ? 92376
3 534.31580 0.45 ¿E? 40 3.7498E-05 3.2910 ? 92376 1.3650E-09 4.4770 ? 92376
4 232.01310 0.5 ¿E? 1.3650E-09 4.4770 ? 92376
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 (kg/cm²) 4.912
IMPORTANTE: Para el correcto funcionamiento de este programa es necesario que el sistema reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.
Este programa requiere el software DOSBox para funcionar.


Capa
E (kg/cm²)
v
h (cm)
1 21092.10 0.3 ¿E? 11
2 2024.8416 0.35 ¿E? 25
3 534.31580 0.45 ¿E? 40
4 232.01310 0.5 ¿E?

Resultados del análisis

**Archivo** C:\Users\Paula V\Documents\ALCALDÍA DE IBAGUÉ\CONTRATO 1 2025 SEC INFRAESTRUCTURA\DISEÑO DE PAVIMENTOS\CALLE 13 ENTRE

**Descripción del proyecto** CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO

**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 (kg/cm²) | ν | Z (cm) | Sigma T (kg/cm²) | | Sigma Z (kg/cm²) | | Tracción (fatiga) Epsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño | Compresión Epsilon Z (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.109E+04 | 0.30 | 0.00 | 1.224E+01 | B | 4.915E+00 | A | 361.0 | B | | | -171.0 | C | Infinito | |
| | Continua | | 11.00 | -7.597E+00 | B | 1.560E+00 | B | -296.0 | B | 6.6639E+05 | 0.139 | 269.0 | B | | |
| 2 | 2.025E+03 | 0.35 | 11.00 | -3.844E-02 | C | 1.560E+00 | B | -296.0 | B | | | 750.0 | B | 1.3350E+05 | 0.692 |
| | Continua | | 34.00 | -9.290E-01 | C | 3.804E-01 | C | -393.0 | C | 1.9398E+06 | 0.048 | 480.0 | C | | |
| 3 | 5.343E+02 | 0.45 | 34.00 | -3.712E-02 | C | 3.804E-01 | C | -393.0 | C | | | 738.0 | C | 1.4350E+05 | 0.644 |
| | Continua | | 74.00 | -1.366E-01 | C | 1.234E-01 | C | -251.0 | C | 2.6466E+07 | 0.003 | 455.0 | C | | |
| 4 | 2.325E+02 | 0.50 | 74.00 | 9.840E-03 | C | 1.234E-01 | C | -251.0 | C | | | 482.0 | C | 9.6634E+05 | 0.096 |

| | |
|---|---|
| Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm) | 97.55 |
| Radio de curvatura (m) | 144.90 |
| Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100) | 14134.62 |

Salir y descartar los resultados

**Tracción (fatiga)**

| Epsilon T (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|
| 361.0 | B | | |
| -296.0 | B | 6.6639E+05 | 0.139 |
| -296.0 | B | | |
| -393.0 | C | 1.9398E+06 | 0.048 |
| -393.0 | C | | |
| -251.0 | C | 2.6466E+07 | 0.003 |
| -251.0 | C | | |

**Compresión**

| Epsilon Z (microstrain) | | N admisible | Factor de daño |
|---|---|---|---|
| -171.0 | C | Infinito | |
| 269.0 | B | | |
| 750.0 | B | 1.3350E+05 | 0.692 |
| 480.0 | C | | |
| 738.0 | C | 1.4350E+05 | 0.644 |
| 455.0 | C | | |
| 482.0 | C | 9.6634E+05 | 0.096 |

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El presente diseño se ha realizado con la finalidad de rehabilitar el tramo de vía ubicado en la CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1 MUNICIPIO DE IBAGUE - TOLIMA
- ✓ Para el presente diseño se utilizó los cálculos de tránsito justificados en el presente informe y los estudios de suelos suministrados por la secretaría de Infraestructura Municipal y ejecutados por INGEOTOL S.A.S.
- ✓ 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 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR BARRIO CENTRO COMUNA 1**




- ✓ 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

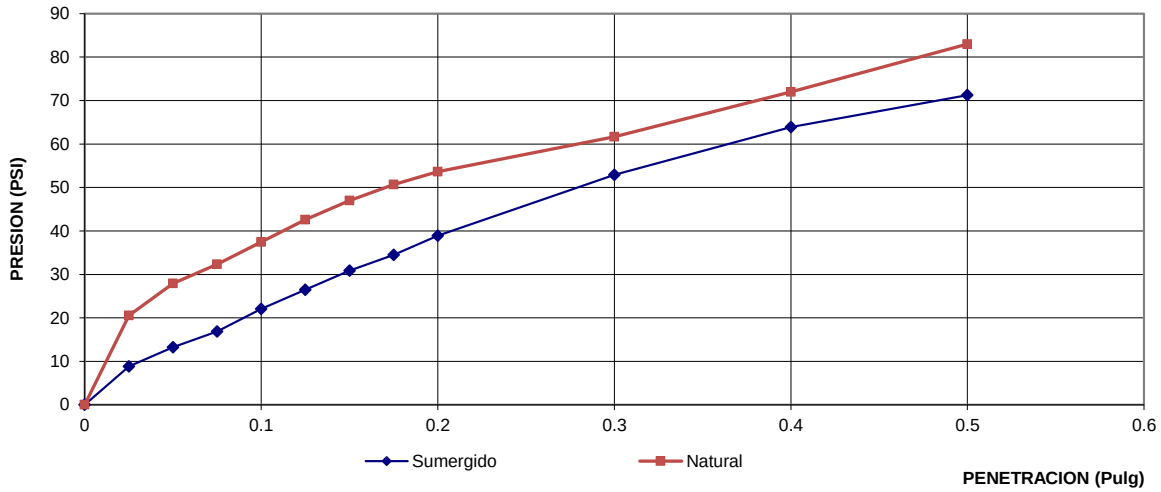
| | | |
|---|---|---|
| INGEOTOL S.A.S | **RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR INALTERADO) INV E 148 - 13** | F - EN - 12 - V01 |
| | | PAGINA 1 DE 1 |

**PROYECTO :** CBR ALCALDIA DE IBAGUÉ
**SOLICITANTE:** SOCIEDAD TOLIMENSE DE INGENIEROS
**DESCRIPCIÓN :** CBR 49
**DIRECCION:** **CALLE 13 ENTRE CARRERA 1 Y 2a SUR**

**FECHA DE RECEPCIÓN :** 14/08/2025
**FECHA DE EJECUCIÓN :** 19/08/2025

| **W PENETRACION (%)** | | | | | **34.13%** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **EXPANSION (%)** | | | | | **4.197%** | |
| **PENETRACION** | **INALTERADO** | | | **SUMERGIDO** | | |
| | CARGA (LB) | PRESION (PSI) | **CBR (%)** | CARGA (LB) | PRESION (PSI) | **CBR (%)** |
| 0 | 0.000 | 0 | | 0.000 | 0 | |
| 0.025 | 62.73 | 20.6 | | 26.88 | 8.8 | |
| 0.05 | 85.13 | 27.9 | | 40.33 | 13.2 | |
| 0.075 | 98.57 | 32.3 | | 51.53 | 16.9 | |
| **0.1** | 114.26 | **37.5** | ***3.75%*** | 67.21 | **22.0** | ***2.20%*** |
| 0.125 | 129.94 | 42.6 | | 80.65 | 26.4 | |
| 0.15 | 143.38 | 47.0 | | 94.09 | 30.9 | |
| 0.175 | 154.58 | 50.7 | | 105.30 | 34.5 | |
| **0.2** | 163.54 | **53.6** | ***3.57%*** | 118.74 | **38.9** | ***2.60%*** |
| 0.3 | 188.19 | 61.7 | | 161.30 | 52.9 | |
| 0.4 | 219.55 | 72.0 | | 194.91 | 63.9 | |
| 0.5 | 253.16 | 83.0 | | 217.31 | 71.2 | |

| ***Clasificación Suelo*** | |
|---|---|
| Grava (%) | |
| Arena (%) | |
| P 200 (%) | |
| Limite Liquido | |
| Limite Plastico | |
| Indice de Plasticidad | - |
| Humedad Nat. | 38.35% |
| USCS | - |
| AASHTO | - |




Maria Lucia Ramirez B.

Hector García M.

Observaciones: -

# 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 13 ENTRE CARRERA 1 Y 1 SUR **COMUNA** 1 **BARRIO** CENTRO

**RUTAS DE BUSES;**

| AFORO RUTAS BUSETAS | |
|---|---|
| DE LUNES A VIERNES | 34 |
| SABADO Y DOMINGO | 0 |

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

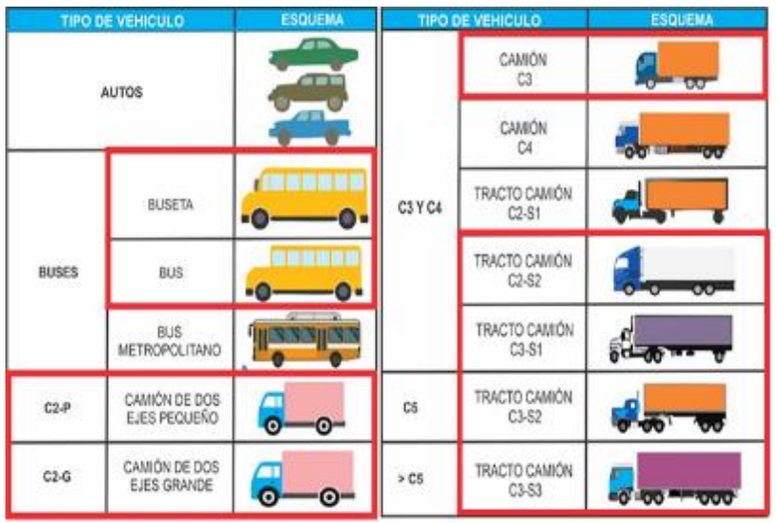
| | | |
|---|---|---|
| C2-S1 | min | X |
| | medi | |
| | max | |

| | | |
|---|---|---|
| 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 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 0 | 0 | 18 | 42.9% |
| BUS | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 8 | 19.0% |
| C2P | 9 | 7 | 5 | 5 | 2 | 4 | 7 | 6 | 14.3% |
| C2G | 4 | 4 | 7 | 4 | 4 | 5 | 7 | 5 | 11.9% |
| C3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 7.1% |
| C2-S1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4.8% |
| C2-S2 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S1 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S2 | | | | | | | | | 0.0% |
| C3-S3 | | | | | | | | | 0.0% |
| TOTAL | 51.2 | 48.2 | 51.2 | 47.2 | 43.2 | 14 | 17 | 42 | 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% | 24.00 | 13.00 | 3.00 | 2.00 | | | | | 42.00 | 42.00 |
| 2026 | 1.40% | 24.19 | 13.10 | 3.02 | 2.02 | | | | | 42.34 | 84.34 |
| 2027 | 1.20% | 24.36 | 13.20 | 3.05 | 2.03 | | | | | 42.63 | 126.97 |
| 2028 | 1.00% | 24.51 | 13.27 | 3.06 | 2.04 | | | | | 42.89 | 169.85 |
| 2029 | 0.90% | 24.63 | 13.34 | 3.08 | 2.05 | | | | | 43.10 | 212.95 |
| 2030 | 0.70% | 24.74 | 13.40 | 3.09 | 2.06 | | | | | 43.29 | 256.25 |
| 2031 | 0.60% | 24.83 | 13.45 | 3.10 | 2.07 | | | | | 43.45 | 299.69 |
| 2032 | 0.50% | 24.90 | 13.49 | 3.11 | 2.08 | | | | | 43.58 | 343.27 |
| 2033 | 0.40% | 24.96 | 13.52 | 3.12 | 2.08 | | | | | 43.68 | 386.95 |
| 2034 | 0.40% | 25.01 | 13.55 | 3.13 | 2.08 | | | | | 43.77 | 430.72 |
| 2035 | 0.40% | 25.06 | 13.58 | 3.13 | 2.09 | | | | | 43.86 | 474.58 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2036 | 0.40% | 25.11 | 13.60 | 3.14 | 2.09 | | | | | 43.95 | 518.53 |
| 2037 | 0.40% | 25.16 | 13.63 | 3.15 | 2.10 | | | | | 44.03 | 562.56 |
| 2038 | 0.40% | 25.21 | 13.66 | 3.15 | 2.10 | | | | | 44.12 | 606.68 |
| 2039 | 0.40% | 25.26 | 13.68 | 3.16 | 2.11 | | | | | 44.21 | 650.90 |
| 2040 | | 25.31 | 13.71 | 3.16 | 2.11 | | | | | 44.30 | **695.19** |
| **TOTAL** | | 397.25 | 215.18 | 49.66 | 33.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **695.19** | |

## *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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24.19 | 13.10 | 3.02 | 2.02 | | | | |
| 24.36 | 13.20 | 3.05 | 2.03 | | | | |
| 24.51 | 13.27 | 3.06 | 2.04 | | | | |
| 24.63 | 13.34 | 3.08 | 2.05 | | | | |
| 24.74 | 13.40 | 3.09 | 2.06 | | | | |
| 24.83 | 13.45 | 3.10 | 2.07 | | | | |
| 24.90 | 13.49 | 3.11 | 2.08 | | | | |
| 24.96 | 13.52 | 3.12 | 2.08 | | | | |
| 25.01 | 13.55 | 3.13 | 2.08 | | | | |
| 25.06 | 13.58 | 3.13 | 2.09 | | | | |
| 25.11 | 13.60 | 3.14 | 2.09 | | | | |
| 25.16 | 13.63 | 3.15 | 2.10 | | | | |
| 25.21 | 13.66 | 3.15 | 2.10 | | | | |
| 25.26 | 13.68 | 3.16 | 2.11 | | | | |
| 25.31 | 13.71 | 3.16 | 2.11 | | | | |

| TRANSITO PROMEDIO ANUAL PROYECTADO AÑO 15 | | | |
|---|---|---|---|
| TIPO VEHICULO | TPD ACUMULADO | DIAS AÑO | NUMERO VEH AÑO 15 |
| C2 P Y BUSETAS | 397.25 | 365 | 144997.67 |
| BUS Y C2G | 215.18 | 365 | 78540.40 |
| C3 | 49.66 | 365 | 18124.71 |
| 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 | 144997.7 | 0.12 | 17399.72 |
| BUS Y C2G | 78540.40 | 0.50 | 39270.20 |
| C3 | 18124.71 | 4.82 | 87361.09 |
| 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 | | | 184,751.19 |

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

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

**W18=** **92,376.00**

*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 |