

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Civil



DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO PARA LA CARRERA 9  
ESTE DEL MUNICIPIO DE PITALITO HUILA.

Presentado por:  
ING. SEBASTHIAN LÓPEZ ARAQUE

BOGOTÁ D.C.  
5 DE DICIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Civil



Presentado por:  
ING. SEBASTHIAN LÓPEZ ARAQUE.

DIRECTOR DEL PROYECTO:  
ING. JOSÉ GONZALO RÍOS.

**ASESOR DEL PROYECTO:**  
ING. JOSÉ LUIS MERCADO

BOGOTÁ D.C.

5 DE DICIEMBRE DE 2016

## Tabla de contenido

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
Pregunta del Problema .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo general:.....	6
Objetivos Específicos:.....	6
METODOLOGÍA .....	7
MARCO TEÓRICO.....	8
Pavimento:.....	8
Diseño Metodología Aashto:.....	8
1.    Transito .....	8
2.    Exploración Geotécnica:.....	15
3.    Confiabilidad: .....	17
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	26
Estado actual de la vía:.....	28
Estudios y diseños contratados por la alcaldía municipal.....	28

DISEÑO DEL PAVIMENTO .....	30
Estudio de Transito: .....	30
CONCLUSIONES .....	38
RECOMENDACIONES .....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO 1. TRÁNSITO.....	41
ANEXO 2. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA .....	49

## **RESUMEN**

El presente documento contiene el desarrollo del diseño de pavimento flexible, como alternativa al diseño en concreto hidráulico, que se construiría en la Carrera 9 Este, que conformara el anillo vial externo del municipio de Pitalito Huila, implementando la metodología de diseño AASHTO, para determinar la estructura de pavimento optima que soporte las cargas que sobre ella transitaran, con el fin de presentar otra opción para ejecutar este importante proyecto para el municipio del sur del departamento del Huila.

## **ABSTRACT**

This document contains the development of the flexible pavement design, as an alternative to the hydraulic concrete design, which would be built in Carrera 9 Este, which will make up the external road ring of the municipality of Pitalito Huila, implementing the AASHTO design methodology, to determine the optimal pavement structure that will support the loads that will pass over it, in order to present another option to execute this important project for the municipality of the south of the department of Huila.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la construcción de pavimentos rígidos en las zonas urbanas ha sido la más implementada en la región, debido a la facilidad en cuanto a la obtención de los materiales para la elaboración del concreto hidráulico, respecto al suministro de materiales para la producción de mezcla asfáltica, ya que las plantas productoras de asfalto se encuentran muy retiradas geográficamente, lo que se traduce en costos elevados y riesgos en la etapa de construcción.

Los pavimentos rígidos, presentan importantes beneficios en cuanto a la economía a largo tiempo por su durabilidad y además por su mantenimiento que puede realizarse luego de periodos de tiempo más extensos, en comparación a los pavimentos flexibles que requieren intervenciones constantes para mantener el óptimo funcionamiento de la vía. Sin embargo, no todo es malo, los pavimentos flexibles son una alternativa que se debería explorar y analizar con mayor detalle ya que, entre otras cosas, puede reducir considerablemente los costos en la etapa de ejecución de los proyectos de pavimentación, cuando este así lo requiera.

Con el fin fomentar la cultura de construcción de vías en concreto asfáltico, se realizó el diseño de la estructura de pavimento de la carrera 9E del municipio de Pitalito Huila, en una estructura multicapa con carpeta de rodadura asfáltica.

Para la realización del diseño, se seguirá la metodología AASHTO - 93, con el fin de presentar la estructura de pavimento optima que pueda soportar las cargas que el transito genera.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El municipio de Pitalito, en los últimos años, se ha convertido en un importante centro de desarrollo para el sur del departamento del Huila, siendo el punto de convergencia de los habitantes de 9 municipios que realizan allí, importantes actividades comerciales.

Esta situación le ha generado un gran desarrollo y crecimiento, sin embargo, debido a este fenómeno, se debe generar una infraestructura adecuada, que permita cubrir las necesidades de los habitantes, pues la que actualmente posee es cada vez más insuficiente. Debido a esta problemática, en los últimos años, las administraciones municipales, ha realizado fuertes inversiones en la construcción de nuevos corredores viales y ampliación de la malla vial existente que permitan generar el desarrollo óptimo.

Es por ello que uno de los proyectos más ambiciosos del municipio es la construcción de un anillo vial externo, que conecte la entrada norte con la calle diagonal 3A Sur hacia la avenida pastrana con una longitud aproximada de 4 Km que bordea al municipio por la zona oriente.

Para llevar a cabo este proyecto, es necesario el paso por la calle 9E ubicada en el barrio paraíso, la cual se tiene proyectada construir en pavimento rígido, acudiendo a sus beneficios en cuanto a la durabilidad, bajos costos de mantenimiento.

Sin embargo, dada la magnitud del proyecto es necesario la exploración de otras alternativas para la construcción de este pavimento. Una de esas opciones, es la construcción de pavimento flexible que en principio plante costos más bajos, para la ejecución.

Por lo tanto, en el presente documento se realizará el diseño de la Carrera 9E, en el municipio de Pitalito en pavimento flexible, como alternativa al diseño de pavimento rígido contratado por la alcaldía municipal

**Pregunta del Problema**

¿Cuál es la estructura alternativa de pavimento flexible capaz de soportar las cargas generadas por el tránsito para su construcción sobre la Carrera 9E del Municipio de Pitalito Huila?



## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, el municipio de Pitalito, ha presentado un crecimiento económico y poblacional de gran magnitud, lo que, además de ser muy positivo para la región, ha traído diversos problemas, ya que la infraestructura con la que cuenta se hace cada vez más insuficiente, afectando notablemente la movilidad. Ante esta problemática, se ha planteado la construcción de diversos corredores viales para reducir las aglomeraciones de vehículos, permitiendo que la movilidad sea mucho más fluida. Entre ellas está la construcción del anillo vial externo que pasara sobre la carrera 9 Este. En este proyecto se plantea el diseño de un pavimento en concreto hidráulico, sin embargo, debido a la importancia que este proyecto representa, se hace necesario explorar diferentes alternativas para su construcción y entre ellas está la posibilidad de construcción de pavimento asfáltico.

Por todo lo anterior, en el presente documento se plantea el diseño de un pavimento flexible como alternativa al pavimento rígido, que la alcaldía planea construir, haciendo uso de la metodología AASHTO, para determinar la estructura de pavimento óptima para el tránsito que se espera circule por esta vía.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

Elaborar el diseño por la metodología AASHTO de un pavimento flexible para la construcción de la calle 9 Este del municipio de Pitalito Huila.

### Objetivos Específicos:

- Determinar el tránsito y el CBR de acuerdo con la información del proyecto disponible.
- Determinación del CBR de diseño, realizando una estabilización con granulares.
- Determinación del módulo resiliente de la subrasante de acuerdo a las correlaciones recomendadas.
- Elaborar el diseño del pavimento de la Carrera 9 Este, Siguiendo la Metodología de diseño AASHTO – 93, justificando cada parámetro escogido.
- Presentar la estructura final diseñada.

## METODOLOGÍA

La metodología propuesta para realizar el diseño del pavimento flexible para la construcción de la carrera 9 Este, es la siguiente:

1. Se realizará el análisis del tránsito teniendo en cuenta los conteos realizados por el diseñador contratado por la alcaldía municipal de Pitalito.
2. Se realizará la estimación del CBR de acuerdo a la información del ensayo de laboratorio,
3. Se realizará una estimación del CBR de diseño realizando una estabilización con granulares en la subrasante al igual que el diseño contratado por la alcaldía municipal de Pitalito, teniendo en cuenta el criterio de IVANOV.
4. Se determinará el módulo resiliente de la subrasante a partir de correlaciones del método AASHTO – 93.
5. Se determinarán todos los parámetros estadísticos de acuerdo al nivel de confianza, serviciabilidad y características del proyecto siguiendo el método AASHTO, justificando cada decisión tomada.
6. Se realizará el diseño por la metodología AASHTO – 93, y se presentaran los espesores capaces de soportar las demandas de la vía.
7. Se realizará un balanceo de los espesores con el fin de determinar espesores que sean acertados constructivamente, y se presentará el diseño definitivo de los espesores del pavimento flexible.

## MARCO TEÓRICO

### **Pavimento:**

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que la carga repetida del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento <sup>(1)</sup>.

(1) Fuente: Montejo, F, A., (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*, Bogotá, Colombia.

### **Diseño Metodología Aashto:**

Corresponde a una metodología de diseño basada en las ecuaciones de comportamiento que se establecieron luego del experimento vial en 1961 de la AASHO, introduciendo conceptos de rehabilitación, factores de confiabilidad, módulos resilientes entre otros.

Esta metodología contempla las siguientes variables para su uso:

#### **1. Tránsito:**

Esta es una de las variables más importante dentro todo diseño de pavimento, ya que es comprende la cantidad de vehículos para la cual se diseña una estructura de capas, esta variable obedece a una estimación del tránsito futuro a un número determinado correspondiente al periodo de diseño, al cual se espera que transiten el número de vehículos que pueden ser expresados en ejes equivalentes o mediante un modelo de espectro de cargas.

El tránsito está compuesto por los siguientes componentes

- Tránsito Normal




















- Transito Atraído
- Transito Generado.

Para la determinación del tránsito se deben tener en cuenta los siguientes parámetros.

### 1.1 Tipos de Vehículos

Debido a la variada gama de vehículos en el mundo, se debe tener en cuenta el tipo de vehículo que circula en cada país, por lo que la estimación de los pesos y dimensiones de los vehículos pueden variar, por lo tanto, se espera que cada país adopte una norma sobre los vehículos que circulan. Para el caso de Colombia, el Invias, ha adoptado una designación del tránsito que circula en el país, para Colombia, la designación de los vehículos está dada por el INVIAS con los siguientes vehículos.

Tabla 1.  
*Designación del tránsito.*

Designación	Configuración	Descripción	Designación	Configuración	Descripción	Designación	Configuración	Descripción
C2		Camión de dos ejes (Camión sencillo)	C2S1		Tractor de tres ejes con semirremolque de un eje	C2S2		Camión de dos ejes con remolque balanceado de un eje
C3		Camión de tres ejes (Dobletrotaje)	C2S3		Tractor de tres ejes con semirremolque de tres ejes	C2S3		Camión de dos ejes con remolque balanceado de tres ejes
C4		Camión de cuatro ejes	R2		Remolque de dos ejes	C2S4		Camión de tres ejes Dobletrotaje con semirremolque balanceado de un eje
C2S1		Camión de dos ejes con semirremolque de un eje	C2S2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes	C2S2		Camión de tres ejes Dobletrotaje con semirremolque balanceado de dos ejes
C2S3		Tractor de dos ejes con semirremolque de tres ejes	C2S3		Camión de tres ejes Dobletrotaje con remolque de tres ejes	C2S3		Camión de tres ejes Dobletrotaje con semirremolque balanceado de tres ejes
			C2S4		Camión de cuatro ejes con remolque de dos ejes	C2S4		Camión de cuatro ejes con remolque balanceado de tres ejes
			C4S1		Camión de cuatro ejes con remolque de cuatro ejes	C4S1		Camión de cuatro ejes con remolque balanceado de tres ejes

Formato de Presentación No. 0255 del 28 de Diciembre de 2009 y No. 0752 del 8 de Mayo de 2009

Fuente: Instituto nacional de vías, INVIAS

Los pesos máximos legales de circulación se encuentran regulados por el Ministerio de Transporte mediante la resolución 1782 de mayo de 2009.

Tabla 2.  
Pesos máximos legales para Colombia.

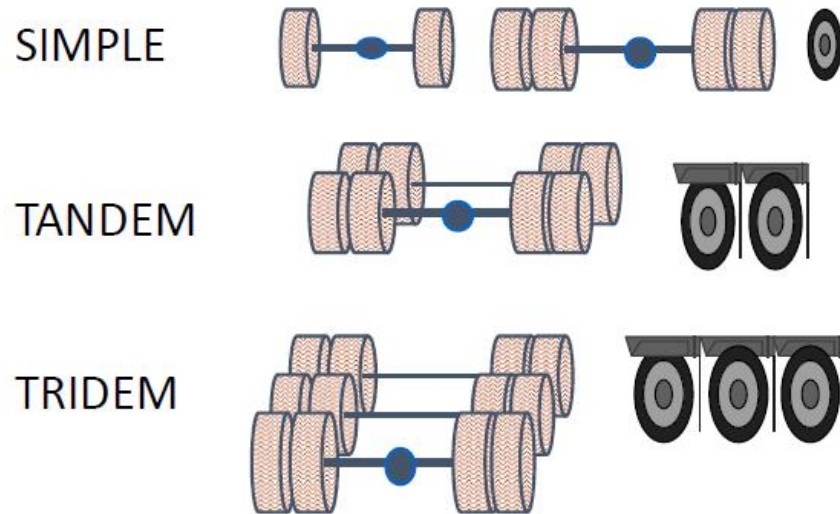
Vehículos	Designación	Máximo pbv, kg	Tolerancia positiva de medición , kg	
Camiones	C2	17000	+	425
	C3	28000	+	700
	C4 (1)	31000	+	775
	C4 (2)	36000	+	900
	C4 (3)	32000	+	800
Tracto camión con semiremolque	C2S1	27000	+	675
	C2S2	32000	+	800
	C2S3	40500	+	1013
	C3S1	29000	+	725
	C3S2	48000	+	1200
	C3S3	52000	+	1300
Camiones con remolque	R2	16000	+	400
	C2R2	31000	+	775
	C2R3	47000	+	1175
	C3R2	44000	+	1100
	C3R3	48000	+	1200
	C4R2	48000	+	1200
	C4R3	48000	+	1200
	C4R4	48000	+	1200
Camiones con remolque balanceado	C2B1	25000	+	625
	C2B2	32000	+	800
	C2B3	32000	+	800
	C3B1	33000	+	825
	C3B2	40000	+	1000
	C3B3	48000	+	1200
	B1	8000	+	200
	B2	15000	+	375
	B3	15000	+	375

Fuente: Instituto nacional de vías, INVIAS

### 1.2. Tipo de Ejes:

De acuerdo con la configuración de los vehículos que actualmente circulan por el país, se tiene la siguiente configuración.

Figura 1.  
Tipos de ejes de vehículos.



Fuente:

### 1.3. *Transito Actual:*

Consiste en la medición del tránsito que actualmente pasa por la vía, y su determinación, para realizar la estimación del tránsito futuro o de diseño, se realiza mediante los siguientes métodos

- **Conteos Manuales:** Este método, requiere de un personal ubicado cerca de la vía, que realice el conteo de los vehículos que sobre ella pasan, utilizando formatos para la clasificación de los tipos de vehículos.
- **Contadores Mecánicos:** Estos contadores, son equipos automatizados que se instalan en las vías, los cuales hacen conteo de los vehículos todas las horas del día durante todo el año, como por ejemplo los contadores del INVIAS.
- **Pesaje de vehículos en movimiento:** Generalmente realizado en vías concesionadas, con el fin de determinar las cargas de los vehículos que circulan. De estos pesajes se obtiene una gran cantidad de datos. Para el caso de las vías no concesionadas, el INVIAS cuenta con estaciones de pesaje portátiles, sin embargo, son poco comunes.

El conteo de los vehículos que transitan por la vía.

#### 1.4. *Periodo de Diseño:*

Este periodo corresponde al número de años para el cual se diseña el pavimento, teniendo en cuenta que al final de este periodo se empiecen con los trabajos de rehabilitación. Este periodo se escoge teniendo en cuenta las características de la vía.

Tabla 3.  
*Periodo de diseño manual INVIAS*

Vías de dos carriles y dos sentidos		Vías de dos calzadas					
		Dos carriles por sentido		Tres carriles por sentido		Más de tres carriles por sentido	
TPD < 5000	TPD > 5000	TPD < 7000	TPD > 7000	TPD < 15000	TPD > 15000	TPD < 25000	TPD > 25000
10	15	10	15	15	20	15	20

Fuente: instituto nacional de vías INVIAS

#### 1.5. *Factor de Distribución Direccional:*

Es un valor porcentual de los vehículos que pasan en cada sentido de circulación, que se obtiene por conteos u observación directa en campo. Sin embargo, generalmente se asume que este porcentaje corresponde al 50%

#### 1.6. *Factor de Distribución por Carril*

Este parámetro corresponde a la distribución de los camiones entre los carriles con el mismo sentido.

Tabla 4.  
*Factor distribución por carril*



Número Total de carriles en cada dirección	Factor de distribución para el carril de diseño (Fca.)
1	1.00
2	0.90
3	0.60
4 o más	0.45

Fuente: (NCHRP NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM)





### 1.7. Tránsito de Equivalencia:

Corresponde al número de repeticiones de una carga estandarizada de 80KN, Se realiza mediante los siguientes métodos

- Método AASHTO, la cual incorpora características del tipo de eje la estructura de pavimento
- Método de la Cuarta Potencia: El cual utiliza las siguientes fórmulas de acuerdo con el tipo de eje.

Tabla 5.

*Método de la cuarta potencia*

Tipo de eje	Detalle del eje	Expresiones para el calculo del factor de equivalencia
Simple de rueda simple		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje en T}}{6.6 T} \right]^4$
Simple de rueda doble		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje en T}}{8.2 T} \right]^4$
Tándem		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje en T}}{15.0 T} \right]^4$
Tridem		$FEC = \left[ \frac{\text{Carga por eje en T}}{23.0 T} \right]^4$

Fuente: Instituto nacional de vías INVIAS

- Método Mecanicista, el cual se basa en modelos de respuesta estructural usando leyes de fatiga.

### 1.8. Tránsito de Diseño.

Una vez determinado el número de ejes equivalentes de 80 KN, que sobre la vía transitan, se realiza la proyección de este tránsito al número de años del periodo de diseño teniendo en cuenta un modelo de crecimiento que pueden ser los siguientes:

**MODELO EXPONENCIAL:** es el método recomendado por AASHTO – 93, el cual se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$N = N_o * \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

$N \rightarrow$  Numero de ejes equivalentes de 8,2 Ton, que circularan por el carril de diseño durante el periodo de diseño ( $n$ )

$N_o \rightarrow$  Es el número de ejes equivalentes de 8,2Ton que circularan por el carril de diseño en el año base o de puesta en servicio del pavimento.

$r \rightarrow$  Es la tasa de crecimiento anual del tránsito de vehículos comerciales

$n \rightarrow$  Es el número de años del periodo de diseño.

**MODELO LINEAL:** Es el modelo recomendado por el INVIAS, que se determina a partir de la siguiente ecuación

$$N = \frac{n}{2} * [2 * N_o + (n - 1) * d]$$

Donde:

$N \rightarrow$  Es el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circularan por el carril de diseño durante el periodo de diseño ( $n$ )

$N_0 \rightarrow$  Es el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas que circularan por el carril de diseño en el año base o de puesta en servicio del pavimento

$r \rightarrow$  Es la tasa de crecimiento anual de tránsito de vehículos comerciales

$d \rightarrow$  Diferencia común =  $N_0 * r$

$n \rightarrow$  Número de años del periodo de diseño.

## **2. Exploración Geotécnica:**

Como producto del proceso de exploración geotécnica, se debe determinar el módulo resiliente de la subrasante el cual es el resultado de un ensayo triaxial dinámico, que determina de manera directa este módulo. Sin embargo, este es un ensayo que requiere cuidado cuando se realiza debido a su complejidad, sin contar su costo, por lo que generalmente no se realiza. Sin embargo, existen correlaciones que permiten estimar el módulo de la subrasante a partir del CBR sumergido de la subrasante.

Algunas de esas correlaciones son las siguientes:

Tabla 6.

*Correlaciones del módulo resiliente*

Strength/Index Property	Model	Comments	Test Standard
CBR	$M_r = 2555(\text{CBR})^{0.64}$	CBR = California Bearing Ratio, percent	AASHTO T193—The California Bearing Ratio
R-value	$M_r = 1155 + 555R$	R = R-value	AASHTO T190—Resistance R-Value and Expansion Pressure of Compacted Soils
AASHTO layer coefficient	$M_r = 30000 \left( \frac{a_1}{0.14} \right)$	$a_1$ = AASHTO layer coefficient	AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures (1993)
PI and gradation*	$\text{CBR} = \frac{75}{1 + 0.728(\text{wPI})}$	wPI = P200*PI P200= percent passing No. 200 sieve size PI = plasticity index, percent	AASHTO T27—Sieve Analysis of Coarse and Fine Aggregates AASHTO T90—Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils
DCP*	$\text{CBR} = \frac{292}{\text{DCP}^{1.7}}$	CBR = California Bearing Ratio, percent DCP =DCP index, in/blow	ASTM D6951—Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

## 2.1. Estabilización de la Subrasante

Al igual que el diseño contratado por la alcaldía, se realizará una estabilización utilizando los criterios de SHELL e IVANOV.

**METODOLOGÍA DE SHELL:** Se utiliza la siguiente expresión

$$Mr_2 = 0,206 * (H2)^{0,45} * Mr_3$$

Donde:

$Mr_2$  → Modulo elástico de

$H2$  → Un espesor de mejoramiento asumido.

$Mr_3$  → Módulo resiliente de la subrasante

**METODOLOGÍA IVANOV:** Se utiliza la siguiente expresión.

$$E_{eq} = \frac{E_{SBR}}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right) \tan^{-1} \left(n - \frac{h_{mej}}{2a}\right)}$$

Donde:

$E_{eq}$  → Modulo Elástico equivalente del sistema

$E_{SBR}$  → Modulo elástico de la subrasante

$h_{mej}$  → Espesor del mejoramiento en cm

$a$  → Radio de carga (cm)

$n$  → Parámetro adimensional determinado con la expresión:

$$n = \sqrt[2.5]{E_{mej}/E_{SBR}}$$

Donde:

$E_{mej}$  → Modulo elástico del material de mejoramiento

### 3. Confiabilidad:

Corresponde a la probabilidad de que la estructura de pavimento cumpla con la función dentro de la vida útil bajo las condiciones durante ese lapso de tiempo. Esta confiabilidad comprende un rango entre 50% y 99%, sin embargo, esta depende de la importancia de la vía de acuerdo al tránsito que por sobre ella pasa. Generalmente se denota con la letra R.

Tabla 7.

*Valores de Confiabilidad.*

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	URBANO	RURAL
Autopistas	85% - 99%	80% - 99%
Arterias principales	80% - 99%	75% - 99%
Colectoras	80% - 95%	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

### 4. Error Estándar:

Este parámetro estadístico tiene en cuenta las variaciones en las propiedades de los materiales, de la subrasante, la estimación del tránsito, condiciones climáticas y calidad de la construcción. Comprende un rango entre 0,40 y 0,50 para pavimentos flexibles de acuerdo con la metodología AASHTO 93.

Figura 2.

*Desviación estándar para pavimentos rígido y flexibles*

**$S_o$  = Standard Deviation**  
 Rigid Pavements:  $S_o = 0.30 - 0.40$   
 Flexible Pavements:  $S_o = 0.40 - 0.50$

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

### **5. *Serviciabilidad:***

Esta característica se mide como la diferencia entre la serviciabilidad inicial que se define como la condición que tiene el pavimento inmediatamente después de la construcción y la serviciabilidad final que es la condición con la cual se espera que llegue el pavimento al final de su vida útil.

De acuerdo con AASHTO, la serviciabilidad Inicial para un pavimento asfáltico es de 4,2, y la serviciabilidad final depende del tipo de vía. Para AASHTO, se tienen los siguientes rangos:

Tabla 8.

TIPO DE VÍA	AASHTO
Autopistas	2,5 a 3,0
Carreteras	2,0 a 2,5
Zonas Industriales	2,0 a 3,0
Urbano principal	1,5 a 2,0
Urbano secundario	1,5 a 2,0

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

### 6. *Coefficientes de Estructurales (a):*

Estos coeficientes representan la capacidad de cada capa, granular y carpeta asfáltica, para soportar las cargas solicitadas. De acuerdo con el INVIAS, estos coeficientes tienen los siguientes valores de acuerdo al tipo de material.

Tabla 9.

Coeficientes estructurales (ai)		Referencia
Mezclas asfálticas densas en caliente	0.44	AASHTO (1993)
Bases granulares	0.14	
Subbases granulares	0.11	
Mezclas asfálticas densas en frío	0.34	Manual INVIAS Bajos Volúmenes de tránsito (2007)
Bases tratadas con cemento	0.23	Pavement Design Guide Carolina del Norte (2008)
Bases tratadas con emulsión	0.20	Pavement Design Guide Michigan (2012)
Afirmados	0.08	Manual INVIAS Bajos Volúmenes de tránsito (2007)

Fuente: Instituto nacional de vías INVIAS

### 7. *Coefficientes de Drenaje*

Este coeficiente depende de la calidad del drenaje de la vía y de las precipitaciones que se presentan en la región, teniendo en cuenta el tipo en el cual el pavimento está expuesto a humedades cercanas a la saturación. De acuerdo con el manual de diseño de pavimentos del INVIAS, se tienen los siguientes coeficientes.

Tabla 10.  
*Coefficientes de drenaje Manual INVIAS*

Clasificación climática por humedad	$m_1$
Árido	1.15
Semi - Árido	1.05
Sub - Húmedo	1.00
Húmedo	0.95
Muy Húmedo	0.85

Fuente: Instituto Nacional de vías, INVIAS

### **8. Módulos De Elasticidad**

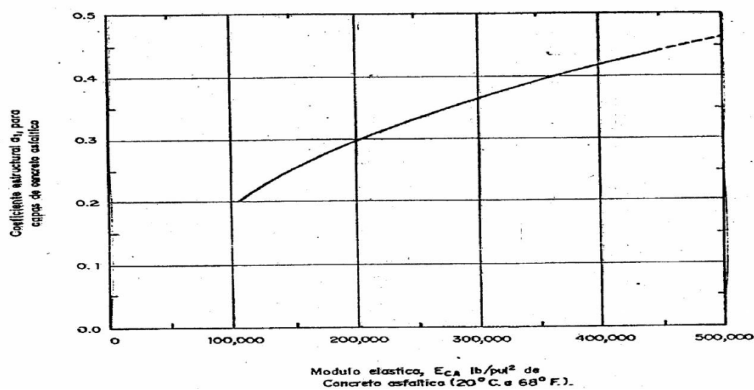
La de terminación de los módulos de elasticidad se realiza a partir de un ensayo triaxial dinámico. Sin embargo, por su complejidad y costo no es muy utilizado. Sin embargo, existen correlaciones para determinarlos

**MODULO ELÁSTICO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA:** Se realiza a partir de los coeficientes de aporte ( $a_1$ ) para el caso del concreto asfáltico, se ingresa en la gráfica y se determina el modulo, con la condición de tener una temperatura de 20°C.

Figura 3.  
*Coefficiente estructural e mezcla de concreto asfáltico*



### COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE MEZCLA DE CONCRETO ASFÁLTICO



Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

MODULO ELÁSTICO DE LA BASE: Este módulo se determina con la siguiente

correlación:

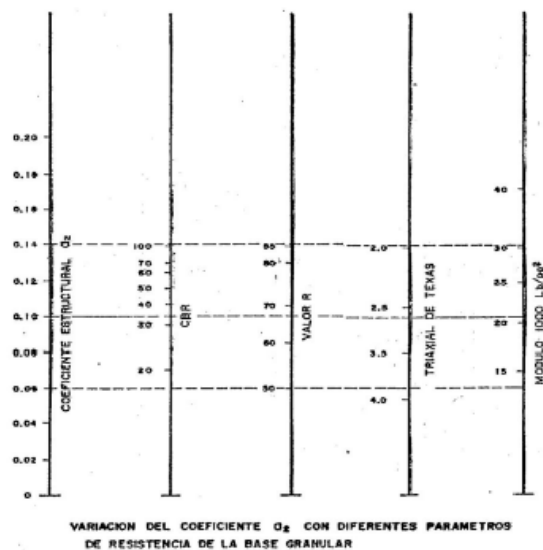
$$a_2 \cong 0.249(\log_{10} E_{base}) - 0.977$$

$E_{base}$  in psi

Donde  $a_2$ , es el coeficiente de aporte para la base.

Esta correlación también puede realizarse de manera gráfica con el siguiente ábaco.

Figura 3. Abaco para el calculo del modulo elastico de la base



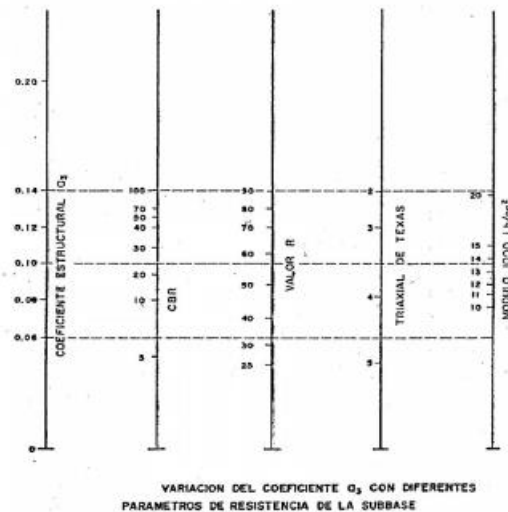
Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

MODULO ELÁSTICO DE LA SUBBASE: Al igual que el modulo elástico de la base, se puede realizar a partir de una correlación o de manera gráfica. Y de manera gráfica.

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{subbase}) - 0.839$$

$E_{subbase}$  in psi

Figura 4.  
Abaco para el cálculo del módulo elásticos de la sub base



Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

### 9. Numero Estructural.

Es un valor que es indicativo del espesor total del pavimento que se requiere, que está en función del tránsito, la confiabilidad, serviciabilidad entre otros.

El numero estructural se determina a través de iteraciones de la siguiente formula

Figura 4.

*Ecuación AASHTO - 93*

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \cdot S_0 + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \text{Log}M_R - 8.07$$

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO – 93

Sin embargo, ara el cálculo de este valor se utiliza el programa “Ecuación AASHTO – 93”, con el fin de realizar un cálculo rápido de este valor.

Figura 5.

*Presentación del programa Ecuación AASHTO -93*

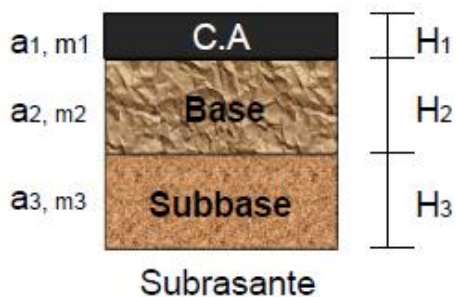
Fuente: Programa Ecuación AASHTO -93

### 10. Calculo De Espesores:

La determinación de los espesores por el método AASHTO, se realiza a partir de la siguiente ecuación:

Figura 6.  
Ecuacion del numero estructural.

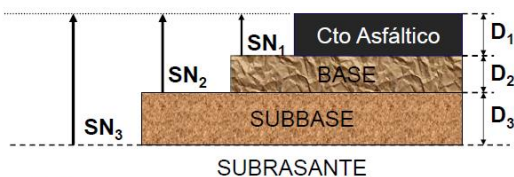
$$SN = a_1 H_1 + a_2 H_2 m_2 + a_3 H_3 m_3$$



Fuente:

Cuando se realizan los despejes de variables correspondientes, se obtienen las fórmulas para el cálculo de los espesores que es el siguiente.

Figura 7.  
Fórmulas para el cálculo de espesores del método AASHTO.



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1} \quad SN_{1*} = a_1 D_{1*} \geq SN_1$$

$$D_{2*} \geq \frac{SN_2 - SN_{1*}}{a_2 m_2} \quad SN_{2*} = SN_{1*} + a_2 m_2 D_{2*} \geq SN_2$$

$$D_{3*} \geq \frac{SN_3 - SN_{2*}}{a_3 m_3} \quad SN_{3*} = SN_{2*} + a_3 m_3 D_{3*} \geq SN_3$$

Fuente:

De acuerdo al método, estos espesores deben ser mayores a los mínimos recomendados por AASHTO, de acuerdo al número al tránsito expresado en ejes equivalentes. Estos espesores se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla. Espsores minimos sugeridos

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía para el diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1,993

## LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Pitalito, se encuentra ubicado en el sur del departamento del Huila sobre el valle del río Magdalena y en el vértice que forman las cordilleras central y oriental a 188Km de la capital del departamento.

Figura 8.  
*Ubicación municipio de Pitalito*



Fuente: Wikipedia.

El proyecto tiene como objetivo la construcción del anillo vial externo del municipio que conecte la entrada norte desde la rotonda frente al terminal de transportes, con la diagonal 3ª Sur vía Universidad Surcolombiana hacia la avenida pastrana con una longitud aproximada de 4 Km, bordeando el perímetro urbano del municipio por la zona este que bordea al municipio por la zona este.

Figura 8.  
*Ubicación del Proyecto*



### Estado actual de la vía:

Actualmente la vía está conformada por 2 calzadas en afirmado y un separador, a la cual se le realizan mantenimientos periódicos, que consisten en escarificado y colocación y compactación de material de cantera tipo recebo.

Figura 10.

*Estado actual de la vía*



Fuente: google maps.

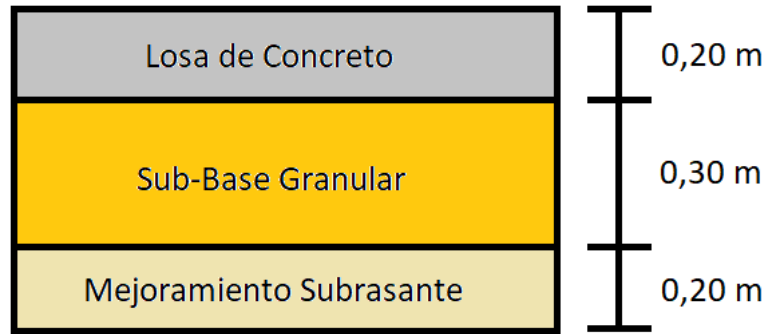
### Estudios y diseños contratados por la alcaldía municipal.

El diseño definitivo de la estructura de pavimento para la vía fue elaborado por el un ingeniero especialista en pavimentos, que definió los siguientes espesores:

Figura 11.

*Espesores de capa de pavimento rígido.*





Fuente: Diseño Contratado por la alcaldía Municipal

Luego de un análisis comparativo entre las metodologías AASHTO y PCA, se llegó a la conclusión que la metodología que arroja el mejor comportamiento ante la fatiga y la erosión, y, además, teniendo en cuenta la economía, el método más adecuado a las necesidades del proyecto es del PCA.

Para la elaboración del diseño de pavimento rígido, el diseñador tuvo en cuenta, entre otros, los siguientes datos:

- a. Estudio de tránsito: Anexos

Ejes equivalentes de 8,2Ton. 8.949.257 Ejes.

- b. CBR de la subrasante = 3,2%, sin embargo, realizó una estimación de CBR de subrasante estabilizada con granular dando como resultado un CBR de 6,2%.

## DISEÑO DEL PAVIMENTO

### Estudio de Transito:

La metodología desarrollada por el diseñador contratado por la alcaldía municipal, consistió en realizar conteos sobre la vía, de los cuales obtuvo los resultados del Anexo 1.

Desarrollando la metodología para la determinación del tránsito de diseño expresado en ejes equivalentes de 8,2 Toneladas y, además, teniendo en cuenta el tránsito de los vehículos que se requieren para la construcción del pavimento, se obtuvo lo siguiente:

$$\mathbf{N_{8,2ton} = 8.949.257}$$

### CBR DE DISEÑO:

De la información geotécnica se obtuvo que el CBR de diseño es de 3,2 %, (Anexo 2) teniendo presente que la condición mas critica es la que se obtiene del CBR sumergido.

Sin embargo, con el fin de reducir costos en la capa granular y en las losas de concreto en la estructura del pavimento, el diseñador estimo un CBR realizando una estabilización en la subrasante, teniendo en cuenta la Metodología de SHELL y el Criterio de IVANOV.

**METODOLOGÍA SHELL:** al utilizar la metodología de SHELL, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 11.

*Datos y resultados para el criterio de SHELL*

CBR Subrasante (%)	3,2
Espesor asumido de mejoramiento (cm)	20,0
Mr subrasante (Kg/cm <sup>2</sup> )	5378,8

Mr material de mejoramiento (Kg/cm <sup>2</sup> )	12023,1
CBR Mejoramiento (%)	11,25

Fuente: Elaboración propia

CRITERIO DE IVANOV: Una vez utilizado el criterio de SHELL, se utiliza el criterio de IVANOV, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 12.

*Resultado Criterio de Ivanov*

N	1,38
Área (m <sup>2</sup> )	0,13
a (cm)	20,26
Eeq (Kg/cm <sup>2</sup> )	547,15
Eeq (Kg/cm <sup>2</sup> )	7816,44
CBR del mejoramiento (%)	5,74

Fuente: Elaboración propia

Como resultado se obtiene un CBR de diseño de 5,74%

CONFIABILIDAD (R): De acuerdo a las recomendaciones de AASHTO 93 y las características del proyecto, se tiene que la confiabilidad es del 90%, ya que la vía se considera vía arteria Urbana, con un rango de confiabilidad entre 80y 99%

Tabla 13. Rango de confiabilidad escogido.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	URBANO	RURAL
Autopistas	85% - 99%	80% - 99%
Arterias principales	80% - 99%	75% - 99%
Colectoras	80% - 95%	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

Fuente: Guide for design of pavement structures AASHTO - 93

ERROR ESTÁNDAR ( $S_o$ ): Para el proyecto se asume un error estándar de 0,45, sacado de un rango entre 0,40 y 0,50 para pavimento flexible según AASHTO – 93

SERVICIABILIDAD: Para el pavimento flexible, de acuerdo al método, se tiene que la serviciabilidad inicial es de 4,2.

La serviciabilidad final depende de las características del proyecto, para este proyecto se tiene que es una vía urbana principal, con un rango de 1,5 a 2, para este caso se tomara de 2,0.

MODULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE: Debido a la ausencia de un ensayo con el cual se determine el modulo se utilizarán correlaciones, en este caso la recomendada por AASHTO 93 que involucra el CBR.

$$M_r = 2555(CBR)^{0,64}$$

Donde:

$M_r$  → Módulo Resiliente en PSI

Por lo tanto, el módulo resiliente calculado es de 7816,4 PSI.

COEFICIENTES DE APORTE (a): Teniendo en cuenta, el manual de diseño INVIAS, los coeficientes de aporte para las capas que conforman la estructura de pavimento son los siguientes:

Tabla 14.  
*Coefficientes de aporte escogidos*

Mezcla Asfáltica	0,44	<b>a1</b>
Base Granular	0,14	<b>a2</b>
Sub-Base Granular	0,11	<b>a3</b>

Fuente: Instituto nacional de vías INVIAS

COEFICIENTES DE DRENAJE (m): Teniendo en cuenta que el proyecto comprende una vía ubicada en la zona urbana del municipio de Pitalito, se entiende que la calidad del drenaje es muy buena. Además, el municipio tiene unas características climáticas del tipo templado, por lo que las condiciones de humedad son bajas. Por lo tanto, para las capas de pavimento se tienen los siguientes coeficientes de drenaje.

Tabla 15.  
*Coefficientes de drenaje escogidos.*

Mezcla Asfáltica	1	m1
Base Granular	0,9	m2
Sub-Base Granular	0,9	m3

Fuente: Instituto nacional de vías INVIAS

MÓDULOS DE ELASTICIDAD (E): De acuerdo a los ábacos para determinar los módulos de elasticidad de cada capa, se obtuvieron los siguientes valores, con el uso de las ecuaciones.

Tabla 16.  
*Valores de los módulos elásticos de las capas*

E1=	450000	Mezcla Asfáltica (PSI) Para Una Temperatura de 20°C
E2=	30615,7	Base (PSI)
E3=	15157,1	Sub-Base (PSI)

Fuente: elaboración propia

NÚMEROS ESTRUCTURALES. (SN): El cálculo del número estructural se realizó utilizando el programa “Ecuación AASHTO”

Para cada capa.

Estructura completa.

SN3= 4,50

Figura 11.  
*Numero estructural de toda el pavimento*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 90 % Zr=-1.282 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 7816.4 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 8949257** **SN = 4.50**  
 Calcular W18

Número Estructural

Calcular Salir

Fuente: Ecuación AASHTO - 93

Capa de Base:

SN1=2,83

Figura 12.

*Numero estructural de la base*

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 90 % Zr=-1.282 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr = 30615.7 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 8949257** **SN = 2.83**  
 Calcular W18

Número Estructural

Calcular Salir

Fuente: Ecuación AASHTO - 93

Capa de sub-base

SN2=3,61

Figura 13.

*Numero estructural de la sub base*

Fuente: Ecuación AASHTO -93

*Tabla 17:*  
*Resumen de numero estructurales calculados*

<b>Números Estructurales</b>		
SN1=	2,83	Base Granular
SN2=	3,61	Sub-Base Granular
SN3=	4,50	Toda la Estructura de Pavimento

Fuente: elaboración Propia

**CALCULO DE ESPEORES:** Ya con los números estructurales, haciendo uso de las ecuaciones que brinda AASHTO, se determinan los siguientes espesores.

*Tabla 18.*  
*Espesores de capa calculados*

<b>Espesores de Capa (cm)</b>		
D1=	16,34	Mezcla Asfáltica
D2=	15,72	Base Granular
D3=	22,83	Sub- Base Granular

Fuente: elaboración propia

Sin embargo, se debe hacer un balanceo de estos espesores, con el fin de determinar espesores con valores enteros, que sean aceptados constructivamente, además, se pueden reducir espesores, que en el futuro se transforman en costos. Para ello se realiza una comprobación de los números



estructurales con los nuevos espesores, chequeando que la sumatoria de estos sea menor al número estructural de toda la estructura. Y se obtienen los siguientes espesores.

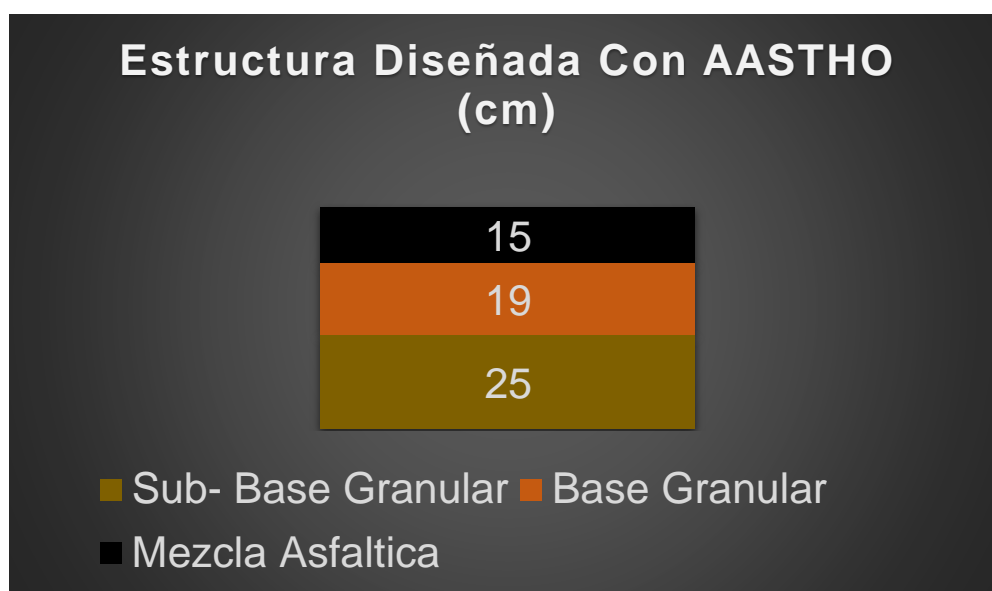
Tabla 19.  
*Espesores balanceados*

<b>DISEÑO AASHTO (cm)</b>		
<b>D1=</b>	Mezcla Asfáltica	<b>15</b>
<b>D2=</b>	Base Granular	<b>19</b>
<b>D3=</b>	Sub- Base Granular	<b>25</b>

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, El diseño final por la metodología AASHTO se muestra en la siguiente figura.

Figura 14.  
*Diseño final AASHTO.*



Fuente: Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES

- La alternativa diseñada de pavimento flexible para la carrera 9 Este, según la metodología AASHTO arrojo una estructura de pavimento conformada por 15cm de carpeta asfáltica, 19cm de base granular y 25 cm de súbbase granular, colocados sobre una subrasante estabilizada con un granular de un espesor de 20cm.
- Aunque el mejoramiento de subrasante para suelos con CBR mayores a 3% no es necesario, de acuerdo a las especificaciones del INVIAS, fue de vital importancia para el diseño, ya que ayuda a que los espesores de las capas granulares y de mezcla asfáltica se reduzcan, lo que se traduce en economía durante la ejecución del proyecto.
- Se determinó que la condición mas critica del CBR para la subrasante es cuando se realizaba el ensayo sumergido, por lo tanto, el CBR de la subrasante es de 3,2%, al igual que el determinado por el diseñador del proyecto de la alcaldía municipal.
- Al realizar la estimación del CBR de diseño de la subrasante estabilizada, se determinó que este valor se diferencia del estimado por el diseñador del proyecto de estudios y diseños contratado con la alcaldía municipal, ya que se determinó que es de 5,74% menor que el 6,3% que determino el diseñador.

## RECOMENDACIONES

- Se debe realizar el chequeo del diseño AASHTO – 93 por la metodología Mecanicista, con el fin de evaluar los esfuerzos y deformaciones que se pueden generar en las capas del pavimento, y determinar si los ejes admisibles son mayores a los ejes esperados. Por lo tanto, se recomienda realizar el ensayo de modulo elástico de la mezcla asfáltica.
- Se debe realizar un análisis presupuestal entre la propuesta de pavimento rígido y la propuesta de pavimento flexible, con el fin de recomendar uno de los 2 diseños. Por lo que se recomienda hacer un análisis de disponibilidad y transporte de materiales.
- Se debe verificar las ecuaciones y correlaciones utilizadas por el diseñador de la alcaldía municipal, ya que se encontró una diferencia de 0,54% en el valor del CBR de diseño de la subrasante mejorada con granular.

## BIBLIOGRAFÍA

INVIAS, I. N. (2016). *Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras*. Bogota.

Montejo, A. F. (1998). *Ingenieria de Pavimntos de Carreteras* . Bogota.

INVIAS, I. N. (2007). *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito*. Bogotá.

AASHTO, A. A. (1993) *Guide For Design Of Pavements Structures*. Washington.

RESOLUCIÓN 1782. Ministerio de transporte. Mayo de 2009.

maps, g. (2018). *Mapa de google* . Obtenido de [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

## ANEXO 1. TRÁNSITO

AFORO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA ANILLO VIAL EXTERNO CARRERA 9 ESTE MUNICIPIO DE PITALITO, DEPARTAMENTO DEL HUILA		RESUMEN DE CONTEOS VEHICULARES												PÁGINA 1 DE 8			
Fecha (D-M-A): 7-oct-17		Sitio de conteo: AVENIDA PASTRANA SOBRE COSTADO DEL PUENTE				Movimiento afóra: M1 (Norte-Sur) y M2 (Sur-Norte)				Supervisor: Faiver Edisson Vargas							
Sentido del tránsito: Doble sentido		Aforador: Viviana Hernández-Diego Torres															
Factores de expansión		1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.25				
DIA	PERIODO	AUTOS		BUSES		BUSETAS		MOTOS		CAMIONES					TOTAL (th)		VARIACION Horaria %
		C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	TOTAL	A	B	C						
SABADO																	
	0:00																0.00
	1:00																0.00
	2:00																0.00
	3:00																0.00
	4:00																0.00
	5:00	134	0	8				6	6					13	155		0.69
	6:00	275	0	47				16	10	1				27	349		1.56
	7:00	588	0	62				18	9					28	688		3.07
	8:00	903	0	63				31	28	3				62	1028		4.59
	9:00	941	0	53				33	33					67	1061		4.74
	10:00	985	0	63				36	43	7				86	1134		5.07
	11:00	909	0	62				41	30	2				74	1045		4.67
	12:00	1133	0	52				32	15	1				48	1233		5.51
	13:00	1004	0	52				32	20					53	1109		4.96
	14:00	1012	0	65				32	19	1				52	1129		5.05
	15:00	1072	0	58				35	13	1				49	1179		5.27
	16:00	1121	0	64				20	15	1				36	1221		5.46
	17:00	1187	0	62				24	15					40	1289		5.76
	18:00	1234	0	59				16	11	1				28	1321		5.90
	19:00	1266	0	20				9	5					15	1321		5.90
	20:00	1019	0	5				3	7	1				11	1036		4.63
	21:00	1031	0	1				5	2					7	1039		4.64
	22:00	722		1				0	1	1				2	725		3.24
	23:00													0	0		0.00
TOTAL 24 HORAS		20708	0	797				466	353	25	0	0	0	689	22377		81
COMP VEH %		92.5	0.0	3.6				68.7	50.5	3.6	0.0	0.0	0.0	3.1			
COMP VEH %																	
													Vmax	1321			

DIA		Factores de expansión										MOTOS		CAMIONES					TOTAL (th)			VARIACION Horaria %
		AUTOS	BUSES	BUSETAS	Doble sentido					C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	A	B	C				
DOMINGO		152	0	1	1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	0	0	0	0	0	0.00	
0:00																					0.00	
1:00																					0.00	
2:00																					0.00	
3:00																					0.00	
4:15																					0.00	
5:00		152	0	1	4	5	4	5	9	162										0.96		
6:00		367	0	28	21	3	24	419	24	419										2.49		
7:00		414	0	44	30	9	40	498	1	498										2.96		
8:00		511	0	47	31	6	37	595		595										3.53		
9:00		615	0	34	22	3	25	674		674										4.00		
10:00		736	0	38	25	4	29	803		803										4.77		
11:00		827	0	38	8	7	15	880		880										5.22		
12:00		885	0	31	4	2	7	923		923										5.48		
13:00		901	0	25	3	5	8	934		934										5.54		
14:00		734	0	44	9	3	12	790		790										4.89		
15:00		942	0	46	1	6	7	995		995										5.90		
16:00		765	0	45	12	9	21	831		831										4.93		
17:00		878	0	37	14	8	22	937		937										5.56		
18:00		1245	0	42	11	2	13	1300		1300										7.72		
19:00		1036	0	13	7	1	9	1036		1036										6.28		
20:00		765	0	1	6	1	7	793		793										4.71		
21:00		617	0	0	1	3	4	621		621										3.69		
22:00		366	0	0	1	3	4	370		370										2.20		
23:00																					0.00	
TOTAL 24 HORAS		15570	0	514	263	100	1	0	0	0	0	0	0	0	3	293	16860			81		
COMP VEH %		94.8	0.0	3.1	69.6	34.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	1.7						
COMP VEH %																	1300					

Fecha (D-M-A): 8-oct-17  
 Sitio de conteo: AVENIDA PASTRANA SOBRE COSTADO DEL PUENTE  
 Sentido del tránsito: Doble sentido  
 Aforador: Viviana Hernandez- Carolina Geros  
 Supervisor: Faiver Edison Vaigas

RESUMEN DE CONTEOS VEHICULARES  
 PÁGINA 1 DE 8  
 Movimiento afuera M1 (Norte-Sur) y M2 (Sur-Norte)

AFORO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA ANILLO VIAL EXTERNO CARRERA 9 ESTE MUNICIPIO DE PITAITO, DEPARTAMENTO DEL HUILA		RESUMEN DE CONTEOS VEHICULARES										PÁGINA 1 DE 8		
Fecha (D-M-A): 9-oct-17		Sitio de conteo: AVENIDA PASTRANA SOBRE COSTADO DEL PUENTE										Movimiento atora M1 (Norte-Sur) y M2 (Sur-Norte)		
Sentido del tránsito: Doble sentido		Aforador: Arley Astudillo- Carolina Garces										Supervisor: Faiver Edisson Vargas		
Factores de expansión		1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	1.5		
DIA	PERIODO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	TOTAL	TOTAL (1h) A.B.C	VARIACION Horaria %
	0:00											0	0	0.00
	1:00											0	0	0.00
	2:00											0	0	0.00
	3:00											0	0	0.00
	4:00											0	0	0.00
	5:00	180	0	17		6	5	1			1	13	210	1.04
	6:00	558	0	50		9	15					24	632	3.14
	7:00	759	0	64		32	29	1			1	63	886	4.41
	8:00	910	0	60		25	32	2				56	1029	5.12
	9:00	961	0	65		23	33					56	1082	5.38
	10:00	884	0	57		42	26	1			1	70	1011	5.03
	11:00	951	0	60		44	34					78	1089	5.42
	12:00	1082	0	58		30	20	1				51	1191	5.93
	13:00	724	0	43		19	17					36	803	4.00
	14:00	1083	0	59		46	22	3			1	72	1214	6.04
	15:00	949	0	57		47	16	1				64	1070	5.32
	16:00	912	0	60		42	35					77	1049	5.22
	17:00	979	0	65		24	25	1				50	1094	5.44
	18:00	1182	0	54		23	23			1		47	1283	6.38
	19:00	1027	0	16		11	4	1				16	1059	5.27
	20:00	714	0	1		7	1				1	9	724	3.60
	21:00	556	0	0		10	1	1				12	568	2.83
	22:00	237		0		2	0				1	3	240	1.19
	23:00											0	0	0.00
TOTAL 24 HORAS		16310	0	766	0	553	423	16	0	0	\$	800	20095	81
COMP VEH %		91.1	0.0	3.9	0.0	69.1	52.8	2.0	0.0	0.0	1.1	4.0		
COMP VEH %														
												Vmax	1283	

LUNES

AFORO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA ANILLO VIAL EXTERNO CARRERA 9 ESTE MUNICIPIO DE PITALITO, DEPARTAMENTO DEL HUILA		RESUMEN DE CONTEOS VEHICULARES													
Fecha (D-M-A): 11-oct-17		Sitio de conteo: AVENIDA PASTRANA SOBRE COSTADO DEL PUENTE				Aforador: Arley Astudillo-Diego Torres				Supervisor: Faiver Edisson Vargas					
Sentido del tránsito: Doble sentido		Factores de expansión													
		1,25	1,00	1,00	1,00	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00	1,25	1,25		
DIA	PERIODO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	TOTAL	TOTAL (th) A,B,C	VARIACION Horaria %	
MERCORES	0:00											0	0	0.00	
	1:00											0	0	0.00	
	2:00											0	0	0.00	
	3:00											0	0	0.00	
	4:00											0	0	0.00	
	5:00	223	0	19	10	10	10	2				1	23	285	1.53
	6:00	523	0	50	23	15	23	15					38	616	3.55
	7:00	776	0	63	29	13	29	13	1				43	882	5.08
	8:00	882	0	69	44	33	44	33	1				78	1029	5.92
	9:00	731	0	54	46	32	46	32	2				81	866	4.99
	10:00	709	0	53	31	46	31	46					71	839	4.83
	11:00	858	0	58	35	43	35	43					78	994	5.72
	12:00	1027	0	62	13	32	13	32	2				47	1136	6.54
	13:00	753	0	47	16	33	16	33	1				51	851	4.90
14:00	886	0	64	45	37	45	37	3				65	1045	6.02	
15:00	881	0	64	31	32	31	32	3				67	992	5.71	
16:00	612	0	58	29	29	29	29					58	728	4.19	
17:00	521	0	52	26	22	26	22	1				50	623	3.59	
18:00	886	0	30	16	15	16	15					31	947	5.45	
19:00	801	0	9	9	11	9	11	1				22	832	4.79	
20:00	619	0	8	7	10	7	10					17	644	3.71	
21:00	511	0	3	3	16	3	16	1				21	535	3.08	
22:00	221		1	1	0	1	0					1	223	1.28	
23:00												0	0	0.00	
TOTAL 24 HORAS		15519	0	764	0	518	536	23	0	0	9	868	17368	81	
COMP VEH %		89.4	0.0	4.4	0.0	59.6	61.8	2.6	0.0	0.0	1.0	5.0			
COMP VEH %											Vmax	11536			



AFORO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA VIA ANILLO VIAL EXTERNO CARRERA 9 ESTE MUNICIPIO DE PITALITO, DEPARTAMENTO DEL HUILA		RESUMEN DE CONTEOS VEHICULARES												
		PÁGINA 1 DE 8												
Fecha (D-M-A):		11-oct-17		Sitio de conteo:		AVENIDA PASTRANA SOBRE COSTADO DEL PUENTE				Movimiento afóra M1 (Norte- Sur) M2 (Sur-Norte)				
Sentido del tránsito:		Doble sentido		Aforador:		Arlay Astudillo- Carolina Garces				Supervisor: Faiver Edisson Vargas				
Factores de expansión		1.25	1.00	1.00	1.00	1.25	1.25	1.25	1.00	1.00	1.25			
DIA	PERIODO	AUTOS	BUSES	BUSETAS	MOTOS	C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	TOTAL	TOTAL (th) A.B.C	VARIACION Horaria %
JUEVES	0:00											0	0	0.00
	1:00											0	0	0.00
	2:00											0	0	0.00
	3:00											0	0	0.00
	4:00											0	0	0.00
	5:00	142	0	15		8	11	1				20	177	0.96
	6:00	525	0	42		13	18				1	32	589	3.26
	7:00	822	0	56		20	34	2				56	934	5.09
	8:00	758	0	54		19	37	1				58	870	4.74
	9:00	812	0	45		18	46	2				66	923	5.03
	10:00	755	0	51		37	24				1	62	868	4.73
	11:00	829	0	51		29	24	1				54	934	5.09
	12:00	1074	0	47		23	16	1			1	41	1162	6.33
	13:00	750	0	44		19	28	1				48	842	4.59
14:00	1058	0	45		27	36	1				64	1177	6.41	
15:00	839	0	47		22	40	1				63	949	5.17	
16:00	875	0	55		20	39	2			1	62	982	5.40	
17:00	818	0	48		23	23	1				47	913	4.97	
18:00	943	0	37		14	20	1			1	35	1015	5.53	
19:00	1057	0	16		7	2	1				10	1083	5.90	
20:00	627	0	10		3	6					9	646	3.52	
21:00	485	0	5		2	2	1				5	485	2.70	
22:00	233		0		1	9					1	11	244	1.33
23:00												0	0	0.00
TOTAL 24 HORAS		16765	0	668	0	381	519	20	0	0	9	743	18362	81
COMP VEH %		91.3	0.0	3.6	0.0	51.3	69.8	2.7	0.0	0.0	1.2	4.0		
COMP VEH %		Vmax 1177												

**TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD) ACTUAL**

	AÑO	AUTOS	BUSES	BUNETAS	CAMIONES						TPD TOTAL
					C2P	C2G	C3	C4	C5	> C5	
<b>TPD</b>	2017	17866	0	732	494	385	18	0	0	8	19502
<b>COMPOSICIÓN</b>		91.6%	0.0%	3.8%	2.5%	2.0%	0.09%	0.0%	0.0%	0.04%	

Fuente: Elaboración propia

TIPO DE TRANSITO	TPD (adoptado)
Tránsito Actual	19502
Tránsito Atraído 12%	2340
Transito Generado 22%	4290
<b>TRÁNSITO TOTAL</b>	<b>26132</b>

	AÑO	AUTOS	BUSES	BUNETAS	CAMIONES						TPD TOTAL
					C2P	C2G	C3	C4	C5	> C5	
<b>TPD</b>	2017	23940	0	980	662	515	24	0	0	10	26132
<b>COMPOSICIÓN</b>		91.6%	0.0%	3.8%	2.5%	2.0%	0.09%	0.0%	0.0%	0.04%	

Fuente: Elaboración propia

## ESTIMACIÓN DEL TRANSITO FUTURO

TPD ACTUAL (anual)	9538180
TPD ACTUAL DIARIO	26132
Factor de Dist. Direccional (FD)	0.5
Tasa de crecimiento anual (r)	0.035

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁNSITO ACUMULADO EN LOS AÑOS DE DISEÑO											
N° de años periodo de diseño (n)	TPD ANUAL FUTURO	TPD FUTURO corregido	AUTOS	BUSES	CAMIONES						TOTAL
					C2p	C2g	C3	C4	C5	>C5	
1	4769090	5153894	4721616	193340	130489	101654	4766	0	0	2029	238938
2	9705098	10488175	9608488	393448	265545	206865	9700	0	0	4130	486239
3	14813867	16009156	14666401	600559	405327	315760	14806	0	0	6303	742196
4	20101442	21723371	19901340	814919	550003	428465	20091	0	0	8553	1007111
5	25574082	27638856	25320669	1036829	699774	545140	25561	0	0	10883	1281358
6	31238265	33760348	30928726	1266467	854760	665878	31223	0	0	13293	1565154
7	37100695	40094245	36731373	1504074	1015125	790806	37081	0	0	15787	1858799
8	43168309	46651438	42738586	1750057	1181143	920138	43145	0	0	18369	2162795
9	49448290	53438133	48956052	2004649	1352972	1053997	49421	0	0	21041	2477431
10	55948070	60462362	55391130	2268152	1530815	1192541	55918	0	0	23807	2803079
11	62675342	67732439	62051435	2540878	1714882	1335933	62641	0	0	26669	3140126
12	69638069	75256969	68944851	2823149	1905391	1484345	69600	0	0	29632	3488968
13	76844492	83044857	76079537	3115300	2102569	1637951	76803	0	0	32698	3850020
14	84303139	91105321	83463936	3417676	2306648	1796933	84257	0	0	35872	4223709
15	92022839	99447902	91106790	3730635	2517869	1961479	91973	0	0	39157	4610478
16	100012728	108082473	99017143	4054548	2736483	2131785	99958	0	0	42557	5010783
17	108282264	117019254	107204359	4389797	2962749	2308051	108223	0	0	46075	5425098
18	116841233	126268822	115678127	4736780	3196934	2490487	116778	0	0	49717	5853915
19	125699766	135842126	124448477	5095908	3439315	2679307	125631	0	0	53487	6297740
20	134868348	145750495	133525789	5467605	3690180	2874737	134795	0	0	57388	6757100

Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2, TONELADAS POR AÑO EN EL CARRIL DE DISEÑO

Factor de Distribución Carril:	de por	0.9
Factor de Distribución Sentido:	de por	0.5

AÑO	BUSES										CAMIONES										TPD TOTAL	TOTAL EJES EQUIVALENTES ACUM				
	SISTEMA ACTUAL		C2P		C2G		C3		C4		C5		>C5		EJES	TPD	EJES	TPD	EJES	TPD			EJES	TPD	EJES	
	FD 1.00	EJES	FD 1.01	EJES	FD 2.72	EJES	FD 3.72	EJES	FD 3.72	TPD	EJES	FD 3.72	TPD	EJES												FD 4.88
2016																										
2017	193340	96670	130489	65897	101654	138249	4766	8866																	314988	
2018	393448	196724	265545	134100	206865	281337	9700	18042																	879687	
2019	600559	300279	405327	204690	315760	429433	14806	27559																	1342755	
2020	814919	407459	550003	277751	428465	582712	20091	37368																	1822030	
2021	1036829	518415	699774	333386	545140	741391	25561	47544																	1689193	
2022	1266467	633234	854760	431654	663878	905595	31223	38074																	2063317	
2023	1504074	752037	1015125	512638	790806	1075497	37081	68970																	2450424	
2024	1750057	875028	1181143	596477	920138	1251388	43145	80249																	2851177	
2025	2004649	1002325	1352972	683251	1053997	1433436	49421	91924																	3265957	
2026	2268152	1134076	1530815	773061	1192541	1621855	55918	104007																	3695254	
2027	2540878	1270439	1714882	866015	1335933	1816869	62641	116513																	4139576	
2028	2823149	1411375	1903391	962223	1484345	2018709	69600	129456																	4599450	
2029	3113300	1557650	2102569	1061797	1637951	2227613	76803	142853																	5075419	
2030	3417676	1708838	2306648	1164857	1796933	2443828	84257	156719																	5681004	
2031	3730635	1865317	2517869	1271524	1961479	2667612	91973	171069																	6312118	
2032	4054548	2027274	2736483	1381924	2131785	2899227	99958	185923																	6965320	
2033	4389797	2194899	2962749	1496188	2308051	3138949	108223	201295																	7641385	
2034	4736780	2368390	3196934	1614452	2490487	3387062	116778	217206																	8341113	
2035	5095908	2547954	3439315	1736854	2679307	3643838	125631	233674																	9065330	
2036	5467605	2733803	3690180	1863541	2874737	3909642	134795	250719																	9814896	
																										10590696
																										11393649
																										12224705
																										150070
																										57388

TOTAL EJES EQUIVALENTES DE 8.2, TONELADAS EN EL CARRIL DE DISEÑO (PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS)

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 2. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

CBR	Apique	Muestra	Profundidad (m)	CONDICIÓN INALTERADO	CONDICIÓN SATURADO	Percentil 50%
				CBR (%)	CBR (%)	CBR (%)
1	1	M 1	0,40-1,10	4,0	3,0	3,2
2	2	M 1	0,40-1,20	4,1	1,6	
3	3	M 1	0,30-1,10	7,4	4,6	
4	4	M 1	0,40-1,00	6,0	3,2	
5	5	M 1	0,30-1,20	7,1	5,8	
6	5	M 1	0,40-1,50	6,1	4,8	
7	5	M 2	0,80-1,50	5,6	3,1	
8	5	M 1	0,30-1,50	4,1	3,0	
9	5	M 1	0,40-1,50	6,1	3,0	
10	5	M 2	0,60-1,50	5,9	2,2	
11	6	M 1	0,30-1,50	5,3	3,5	
12	7	M 2	0,40-1,50	3,8	2,1	
13	8	M 3	0,50-1,50			
14	9	M 3	0,80-1,50	6,3	3,8	
15	10	M 3	0,60-1,50	5,3	4,4	

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>		<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
			<b>VERSIÓN:</b>	3
			<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

OBRA: PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA      FECHA: 25 de Octubre de 2017

DESCRIPCION: ARCILLA LIMOSA CON TRAZAS DE ARENA INORGANICA COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.      NORMA: Art. 220-230-13

MUESTRA: # 1 APIQUE 1 Prof, 0,40 a 1,10 m      PR 0+150 LADO DERECHO      ENSAYO: E-148

Molde	1			1					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				1,0					
<b>PENETRACION - Pulg</b>	<b>LECTURA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CBR</b>	<b>LECTURA</b>	<b>CARGA</b>	<b>CBR</b>
0,025	18,9	13,9		6,8	5,0				
0,050	34,6	25,4		23,2	17,0				
0,075	50,5	37,1		35,2	25,9				
0,100	61,0	44,9	4,49	42,7	31,4	3,14			
0,150	74,2	54,5		55,1	40,5				
0,200	82,1	60,4	4,02	61,3	45,0	3,00			
0,250	86,9	63,9		66,2	48,6				
0,300	90,7	66,6		70,5	51,8				
0,400	97,2	71,5		77,4	56,9				
0,500	102,2	75,1		80,7	59,3				
Humedad Penetración %	32,9			34,1					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000      CBR corregido a 0,1" = 4,5      3,1      0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500      CBR corregido a 0,2" = 4,0      3,0      0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo 30%
Base Granular	80%
Terraplen	10%

**OSCAR FERNANDO AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorio de Suelos Pavimentos y Concretos

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>		<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
			<b>VERSIÓN:</b>	3
			<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

OBRA: PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA FECHA: 25 de octubre de 2017

DESCRIPCION: ARENA CON TRAZAS DE LIMO Y ARCILLA INORGANICA COLOR CAFÉ VETA HABANA. NORMA: Art. 220-230-13

MUESTRA: # 1 APIQUE 2 Prof, 0,40 a 1,20 m PR 0+400 LADO IZQUIERDO ENSAYO: E-148

Molde	2			2					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				1,3					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	10,2	7,5		5,6	4,1				
0,050	21,9	16,1		11,8	8,7				
0,075	39,7	29,2		16,3	12,0				
0,100	55,2	40,6	4,06	21,2	15,6	1,56			
0,150	77,7	57,1		39,0	28,7				
0,200	97,2	71,4	4,76	55,1	40,5	2,70			
0,250	115,8	85,1		66,1	48,6				
0,300	132,5	97,4		75,1	55,2				
0,400	160,1	117,7		87,4	64,2				
0,500	180,6	132,7		95,5	70,2				
Humedad Penetración %	27,0			29,7					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000 CBR corregido a 0,1" = 4,1 1,6 0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500 CBR corregido a 0,2" = 4,8 2,7 0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Mínimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorio de Suelos  
 Pavimentos y Concretos

 <b>CONSORCIO BICENTENARIO</b> 	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>		<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
			<b>VERSIÓN:</b>	3
			<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

OBRA: PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO HIDRAULICO - VÍAS URBANAS - CALLE 18 ESTE ENTRE CARRERA 14B Y 15, BARRIO LA ESPERANZA - MUNICIPIO PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA

DESCRIPCIÓN: ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.

MUESTRA: # 1 APIQUE 3 Prof, 1,10 a 1,50 m PR 0+650 LADO DERECHO

FECHA: 25 de octubre de 2017

NORMA: Art. 220-230-13

ENSAYO: E-148

4				4					
No. De golpes				SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				2,3					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	54,0	39,7		25,1	18,4				
0,050	79,6	58,5		47,7	35,1				
0,075	98,8	72,6		59,5	43,7				
0,100	113,5	83,4	8,34	69,2	50,9	5,09			
0,150	134,9	99,1		84,4	62,0				
0,200	151,0	111,0	7,40	94,8	69,7	4,64			
0,250	160,0	117,6		101,0	74,2				
0,300	167,1	122,8		106,2	78,0				
0,400	174,5	128,2		114,2	83,9				
0,500	182,7	134,3		120,4	88,5				
Humedad Penetración %	37,0			39,1					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000 CBR corregido a 0,1" = 8,3 5,1 0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500 CBR corregido a 0,2" = 7,4 4,6 0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----


-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**

NIT. 7.690.439-3  
Laboratorista de Suelos  
Pavimentación y Concretos



	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

OBRA: PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA      FECHA: 25 de octubre de 2017

DESCRIPCION: ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR HABANA VETA NEGRA Y GRIS.      NORMA: Art. 220-230-13

MUESTRA: # 1 APIQUE 4 Prof. 0,40 a 1,00 m      PR 0+900 LADO IZQUIERDO      ENSAYO: E-148

9				9						
INALTERADA				SATURADO						
4				4						
1,5				1,5						
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	
0,025	41,3	30,4		22,1	16,2					
0,050	66,0	48,5		35,3	25,9					
0,075	80,8	59,4		41,6	30,6					
0,100	93,1	68,4	6,84	47,3	34,8	3,48				
0,150	111,3	81,8		56,3	41,4					
0,200	122,5	90,0	6,00	65,3	48,0	3,20				
0,250	131,2	96,4		74,0	54,4					
0,300	139,5	102,5		81,2	59,7					
0,400	150,0	110,2		94,0	69,1					
0,500	157,1	115,4		105,0	77,2					
Humedad Penetración %	28,4			32,3						

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000      CBR corregido a 0,1" = 6,8      3,5      0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500      CBR corregido a 0,2" = 6,0      3,2      0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 13**

Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO**  
**AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
**Laboratorio de Suelos**  
**Pavimentos y Concretos**

Oficina Calle 2 No. 2-59 Valvanera / Tel. 0988362780 Pitalito - Huila / correo electronico: consorcio bicentenario pitalito@gmail.com

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD CON TRAZAS DE ARENA COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 1 APIQUE 5 Prof, 0,30 a 1,20 m PR 1+200 LADO DERECHO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

Molde	5			5					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				2,0					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	43,7	32,1		32,1	23,6				
0,050	78,7	57,8		52,9	38,9				
0,075	103,9	76,4		70,5	51,8				
0,100	118,9	87,4	8,74	84,5	62,1	6,21			
0,150	135,4	99,5		104,3	76,6				
0,200	145,4	106,9	7,12	119,1	87,5	5,83			
0,250	152,9	112,4		128,6	94,5				
0,300	158,7	116,6		135,6	99,6				
0,400	164,8	121,1		150,3	110,5				
0,500	171,7	126,2		162,0	119,0				
Humedad Penetración %	30,1			34,0					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 8,7    6,2    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 7,1    5,8    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO**  
**AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorio de Suelos  
 Pavimentación y Concretos

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>		<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
			<b>VERSIÓN:</b>	3
			<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 1 APIQUE 6 Prof, 0,40 a 1,50 m PR 1+500 LADO IZQUIERDO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

Molde	2			2					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				1,8					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	28,3	20,8		15,0	11,0				
0,050	46,3	34,0		32,1	23,6				
0,075	66,6	48,9		50,6	37,2				
0,100	83,3	61,2	6,12	65,8	48,4	4,84			
0,150	115,6	85,0		87,1	64,0				
0,200	137,5	101,0	6,74	108,6	79,8	5,32			
0,250	156,1	114,7		127,3	93,5				
0,300	169,9	124,9		140,9	103,5				
0,400	185,6	136,4		161,3	118,5				
0,500	195,6	143,7		172,5	126,8				
Humedad Penetración %	28,8			31,2					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" * 100/1000	CBR corregido a 0,1" =	6,1	4,8	0,0
CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" * 100/1500	CBR corregido a 0,2" =	6,7	5,3	0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

<b>ESPECIFICACIONES INVIAS - 13</b>	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

  
**OSCAR FERNANDO AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorista de Suelos  
 Pavimentos y Concretos  
 Jefe de Laboratorio

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 2 APIQUE 7 Prof, 0,80 a 1,50 m PR 1+750 LADO IZQUIERDO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

PENETRACION - Pulg	3			3			4		
	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	20,7	15,2		13,3	9,8				
0,050	50,7	37,2		22,4	16,5				
0,075	65,1	47,8		32,6	24,0				
0,100	75,6	55,6	5,56	42,3	31,1	3,11			
0,150	88,3	64,9		60,6	44,5				
0,200	98,9	72,7	4,85	77,2	56,7	3,78			
0,250	107,9	79,3		88,1	64,7				
0,300	113,4	83,3		94,8	69,7				
0,400	118,8	87,3		103,2	75,8				
0,500	123,0	90,4		108,2	79,5				
Humedad Penetración %	25,7			28,9					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 5,6    3,1    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 4,8    3,8    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**

NIT. 7.690.239-8  
Laboratorio de Suelos  
Pavimentación y Materiales

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 2 APIQUE 7 Prof, 0,80 a 1,50 m PR 1+750 LADO IZQUIERDO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

PENETRACION - Pulg	3			3			4		
	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	20,7	15,2		13,3	9,8				
0,050	50,7	37,2		22,4	16,5				
0,075	65,1	47,8		32,6	24,0				
0,100	75,6	55,6	5,56	42,3	31,1	3,11			
0,150	88,3	64,9		60,6	44,5				
0,200	98,9	72,7	4,85	77,2	56,7	3,78			
0,250	107,9	79,3		88,1	64,7				
0,300	113,4	83,3		94,8	69,7				
0,400	118,8	87,3		103,2	75,8				
0,500	123,0	90,4		108,2	79,5				
Humedad Penetración %	25,7			28,9					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 5,6    3,1    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 4,8    3,8    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**

NIT. 7.690.239-8  
Laboratorio de Suelos  
Pavimentación y Cementos

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VÍAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA LIMOSA INORGANICA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 1 APIQUE 9 Prof, 0,40 a 1,50 m PR 2+250 LADO IZQUIERDO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

Molde	6			6					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				3,8					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	37,0	27,2		6,6	4,9				
0,050	57,0	41,9		13,4	9,8				
0,075	72,0	52,9		28,0	20,6				
0,100	84,0	61,7	6,17	41,5	30,5	3,05			
0,150	103,0	75,7		56,9	41,8				
0,200	116,0	85,2	5,68	70,1	51,5	3,43			
0,250	128,0	94,1		85,9	63,1				
0,300	136,0	99,9		101,4	74,5				
0,400	152,0	111,7		127,5	93,7				
0,500	163,0	119,8		139,8	102,7				
Humedad Penetración %	25,7			28,9					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 6,2    3,0    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 5,7    3,4    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**

NIT. 7.690.289-8  
Laboratorio de Suelos  
Pavimentación y Concretos

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VÍAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	LIMO INORGANICO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD COLOR HABANA VETA GRIS.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 2 APIQUE 10 Prof, 0,60 a 1,50 m PR 2+500 LADO DERECHO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

Molde	8			8					
	INALTERADA			SATURADO					
No. De golpes									
Días de inmersión				4					
Expansión mm				2,8					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	32,5	23,9		9,9	7,3				
0,050	62,7	46,1		15,3	11,2				
0,075	73,4	53,9		22,3	16,4				
0,100	80,8	59,4	5,94	30,4	22,3	2,23			
0,150	95,3	70,0		49,6	36,4				
0,200	110,0	80,8	5,39	67,0	49,2	3,28			
0,250	129,5	95,2		78,6	57,8				
0,300	150,7	110,7		87,6	64,4				
0,400	184,3	135,4		98,5	72,4				
0,500	210,1	154,4		105,2	77,3				
Humedad Penetración %	25,7			28,9					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 5,9    2,2    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 5,4    3,3    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

-----

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 13**

Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO**  
**AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorista de Suelos  
 Pavimentos y Concretos  
 Jefe de Laboratorio

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VÍAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR HABANA VETA CAFÉ Y GRIS.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 1 APIQUE 11 Prof, 0,30 a 1,50 m PR 2+750 LADO IZQUIERDO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

4				4					
INALTERADA				SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				2,5					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	32,2	23,7		8,3	6,1				
0,050	51,3	37,7		15,3	11,2				
0,075	66,8	49,1		30,1	22,1				
0,100	81,5	59,9	5,99	45,3	33,3	3,33			
0,150	99,5	73,1		63,0	46,3				
0,200	108,1	79,4	5,30	72,1	53,0	3,53			
0,250	113,8	83,6		79,7	58,6				
0,300	117,9	86,6		85,4	62,8				
0,400	127,3	93,5		93,3	68,6				
0,500	135,8	99,8		99,6	73,2				
Humedad Penetración %	25,7			28,9					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000 CBR corregido a 0,1" = 6,0 3,3 0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500 CBR corregido a 0,2" = 5,3 3,5 0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

-----

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Mínimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO**  
**AREVALO BERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorio de Suelos  
 Pavimentos y Concretos



	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

<b>OBRA:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RIGIDO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I - MUNICIPIO DE PITALITO - DEPARTAMENTO DEL HUILA	<b>FECHA:</b>	25 de octubre de 2017
<b>DESCRIPCION:</b>	ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR GRIS VETA NEGRA Y HABANA.	<b>NORMA:</b>	Art. 220-230-13
<b>MUESTRA:</b>	# 2 APIQUE 12 Prof, 0,40 a 1,50 m PR 3+000 LADO DERECHO	<b>ENSAYO:</b>	E-148

Molde		12			12					
No. De golpes		INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión					4					
Expansión mm					2,8					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	
0,025	13,7	10,1		5,6	4,1					
0,050	25,7	18,9		12,8	9,4					
0,075	39,6	29,1		20,9	15,4					
0,100	52,3	38,4	3,84	28,7	21,1	2,11				
0,150	82,3	60,5		46,5	34,2					
0,200	109,6	80,5	5,37	65,2	47,9	3,19				
0,250	133,7	98,3		82,8	60,8					
0,300	154,4	113,4		97,6	71,7					
0,400	183,8	135,1		118,1	86,8					
0,500	207,7	152,6		130,0	95,5					
Humedad Penetración %	25,7			28,9						

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000    CBR corregido a 0,1" = 3,8    2,1    0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500    CBR corregido a 0,2" = 5,4    3,2    0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 13**

Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**  
NIT 7.690.239-8

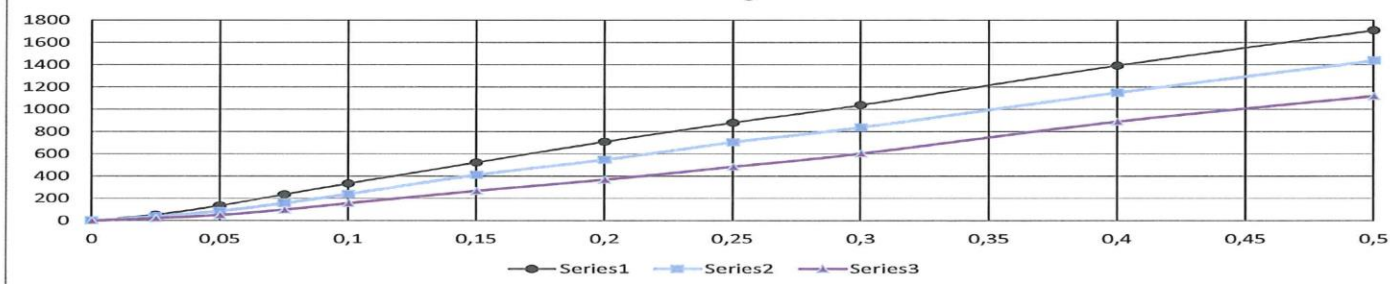
Laboratorio de Suelos  
y Concretos

Oficina Calle 2 No. 2-59 Valvanera Pitalito - Huila - Huila 7 correo electronico: consorcio bicentenario pitalito@gmail.com

		<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE</b>		<b>CODIGO:</b> OFA-CBR-14 <b>VERSIÓN:</b> 2 <b>FECHA:</b> 20-may.-14
<b>Fuente:</b>	MEJORAMIENTO SUBRASANTE	<b>Metodo:</b>	No.1.	
<b>Muestra:</b>	#1 APIQUE No. 13-14	<b>Carretera:</b>	PROYECTO DE PAVIMENTACION EN CONCRETO HIDRAULICO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I GLORIETA DEL TERMINAL - CARRERA SESTE - AVENIDA LA USCO - MUNICIPIO DE PITALITO	
<b>Descripción:</b>	ARENA GRAVILLOSA CON TRAZAS DE LIMO INORGÁNICA COLOR CAFÉ	<b>Fecha</b>	25 de octubre de 2017	
<b>Observaciones:</b>				

<b>MOLDE No</b>		3			2			4					
<b>No de golpes</b>		65			30			10					
<b>Dias de inmersión</b>		2			2			2					
<b>Expansión mm</b>		0,00			0,00			0,00					
<b>PENETRACION</b>													
<b>Pulgadas</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Lect.</b>	<b>Pres Psi</b>	<b>CBR %</b>	<b>Lect.</b>	<b>Pres psi</b>	<b>CBR %</b>	<b>Lect.</b>	<b>Pres Psi</b>	<b>CBR %</b>	<b>Lect</b>	<b>Pres Psi</b>	<b>CBR %</b>
0,025	00:30	72	53		52	38		32	24				
0,050	01:00	185	136		118	87		70	51				
0,075	01:30	321	236		215	158		135	99				
0,100	02:00	454	334	33,4	326	240	24,0	214	157	15,7			
0,150	03:00	712	523		559	411		365	268				
0,200	04:00	965	709	47,3	745	547	36,5	502	369	24,6			
0,250	05:00	1.198	880		958	704		659	484				
0,300	06:00	1.414	1.039		1.141	838		821	603				
0,400	08:00	1.896	1.393		1.565	1.150		1.212	891				
0,500	10:00	2.325	1.709		1.956	1.437		1.524	1.120				
<b>HUMEDAD PENETRACION %</b>		11,0			12,6			14,0					

Título del gráfico



<b>CBR a 0,1" =</b>	Carga Unitaria Leida a 0,1" * 100%	<b>CBR Corregido a 0,1" =</b>	33,4	24,0	15,7
	1000				
<b>CBR a 0,2" =</b>	Carga Unitaria Leida a 0,2" * 100%	<b>CBR corregido a 0,2" =</b>	47,3	36,5	24,6
	1500				

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 13**

TERRAPLENES &gt;10-5-3%Min.

SUB BASE &gt;30%Min.

BASE &gt;100%Min.

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

**OBRA:** PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO HIDRAULICO DEL ANILLO VIAL EXTERNO FASE I GLORIETA DEL TERMINAL - CARRERA 9ESTE - AVENIDA LA USCO - MUNICIPIO DE PITALITO  
**DESCRIPCION:** ARCILLA CON TRAZAS DE ARENA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD COLOR GRIS VETA CAFÉ Y HABANA.  
**MUESTRA:** # 3 APIQUE 14 Prof, 0,80 a 1,50 m PR 3+500 LADO DERECHO

**FECHA:** 25-oct-17  
**NORMA:** Art. 220-230-13  
**ENSAYO:** E-148

Molde	1			1					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				0,3					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	12,5	9,2		7,6	5,6				
0,050	35,6	26,2		22,0	16,2				
0,075	65,7	48,3		32,6	23,9				
0,100	86,3	63,4	6,34	52,3	38,4	3,84			
0,150	122,5	90,0		82,6	60,7				
0,200	154,1	113,2	7,55	112,5	82,7	5,51			
0,250	174,3	128,1		137,2	100,8				
0,300	190,7	140,2		157,8	116,0				
0,400	213,8	157,1		184,2	135,4				
0,500	235,0	172,7		197,4	145,1				
Humedad Penetración %	32,1			33,1					


CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000 CBR corregido a 0,1" = 6,3 3,8 0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500 CBR corregido a 0,2" = 7,5 5,5 0,0

#### OBSERVACIONES

ESPECIFICACIONES INVIAS - 13	
Sub Base	Minimo 30%
Base Granular	80%
Terraplen	10%

**OSCAR FERNANDO  
AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
**Laboratorista de Suelos  
Pavimentos y Concretos**  
Oscar Fernando Arevalo  
Jefe de Laboratorio

	<b>CBR DEL SUELO COMPACTADO EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRAS INALTERADAS</b>	<b>CODIGO:</b>	OFA-CBR-14
		<b>VERSIÓN:</b>	3
		<b>FECHA:</b>	20-sep.-16

**OBRA:** PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO HIDRAULICO DEL ANILLO VÍAL EXTERNO FASE I GLORIETA DEL TERMINAL - CARRERA 9ESTE - AVENIDA LA USCO - MUNICIPIO DE PITALITO **FECHA:** 25-oct-17

**DESCRIPCION:** ARCILLA INORGANICA DE MEDIA PLASTICIDAD CON TRAZAS DE ARENA COLOR CAFE, VETA HABANA Y GRIS. **NORMA:** Art. 220-230-13

**MUESTRA:** # 2 APIQUE 15 Prof. 0,30 a 0,60 m PR 3+750 LADO IZQUIERDO **ENSAYO:** E-148

Molde	1			1					
No. De golpes	INALTERADA			SATURADO					
Días de inmersión				4					
Expansión mm				0,8					
PENETRACION - Pulg	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR	LECTURA	CARGA	CBR
0,025	14,5	10,7		9,2	6,8				
0,050	30,6	22,5		19,3	14,2				
0,075	45,6	33,5		29,5	21,7				
0,100	65,6	48,2	4,82	44,1	32,4	3,24			
0,150	89,6	65,8		70,2	51,6				
0,200	112,5	82,7	5,51	89,5	65,8	4,38			
0,250	132,6	97,4		105,2	77,3				
0,300	148,2	108,9		118,6	87,2				
0,400	174,2	128,0		138,5	101,8				
0,500	196,3	144,3		152,2	111,8				
Humedad Penetración %	24,2			30,4					

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leída a 0,1" \* 100/1000 CBR corregido a 0,1" = 4,8 3,2 0,0

CBR a 0,2" = Carga Unitaria leída a 0,2" \* 100/1500 CBR corregido a 0,2" = 5,5 4,4 0,0

**OBSERVACIONES**

-----

-----

-----

-----

-----

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 13**

Sub Base	Minimo
Base Granular	30%
Terraplen	80%
	10%

**OSCAR FERNANDO**  
**AREVALO PERALTA**  
 NIT. 7.690.239-8  
 Laboratorio de Suelos  
 Pavimentos y Concretos  
 Jefe de Laboratorio

