ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS DE LAS VÍAS URBANAS CALLE 1 SUR ENTRE CARRERAS 11 Y 12 (TEATRINO) , CALLE 14ª ENTRE CARRERAS 15 Y 14 A (PRADO VALLE), CARRERA 15 ENTRE CALLE 14 Y 15ª (PRADO VALLE) Y CARRERA 14B ENTRE CALLE 14 Y 15 A (PRADO VALLE), PRIORIZADAS DE ACUERDO A LAS ORIENTACIONES TRANSITORIAS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN DEL SISTEMA GENERAL DE REGALÍAS Y LA METODOLOGÍA MGA-WEB, MUNICIPIO DE EL CERRITO VALLE-

ALCALDÍA MUNICIPIO DE EL CERRITO VALLE

Telos Ingeniería SAS
telosingenieria@gmail.com
314 892 5454

TELOS INGENIERÍA SAS
Cel.: 314 892 5454
telosingenieria@gmail.com

TELOS
INGENIERIA SAS

TABLA DE CONTENIDO

1 LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES 6

1.1 INTRODUCCIÓN 6

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7

1.3 OBJETIVOS 9

1.3.1. OBJETIVO GENERAL 9

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO 9

2 ESTUDIO DEL TRANSITO 10

2.1 metodología 10

2.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO 10

2.3 PERÍODO DE DISEÑO 12

2.4 VOLUMEN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) ESPERADOS EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO 12

2.5 tránsito en el carril de diseño 13

2.6 crecimiento tpd durante el periodo de diseño 13

2.7 ESTIMATIVO DE EJES DE 8.2 TONELADAS 13

2.8 TRANSITO FUTURO 17

3 EXPLORACIÓN DE LA SUBRASANTE 18

3.1. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA 18

3.1.1. DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES SECTOR TEATRINO. 21

3.1.2. DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLES 14 Y 15 21

3.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES 22

3.2.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES SECTOR TEATRINO 22

3.2.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLE 14 Y 15 24

3.3. CALIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO DE LA SUBRASANTE 27

3.4. OBTENCIÓN DE LOS CBR DE LA SUBRASANTE MEDIANTE SU CORRELACIÓN CON EL ENSAYO PDC Y LOS ENSAYOS DE LABORATORIO A MUESTRAS INALTERADAS 28

3.4.1. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC) 28

3.4.2. ENSAYO CBR 30

3.4.3. VALOR CBR DE DISEÑO 31

4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO-1993 33

4.1 SN = NÚMERO ESTRUCTURAL INDICATIVO DEL ESPESOR TOTAL REQUERIDO DE PAVIMENTO 33

4.1.1 COEFICIENTES ESTRUCTURALES 33

4.2 ΔPSI = DIFERENCIA ENTRE EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL, Po, Y EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD TERMINAL DE DISEÑO, Pt 34

4.3 MR = MÓDULO DE RESILENCIA, EN PSI, DEL MATERIAL DE TERRACERÍA (SUBRASANTE). 35

4.4 ESAL = W18 = EQUIVALENT SINGLE AXLE LOAD = CANTIDAD PRONOSTICADA DE REPETICIONES DEL EJE DE CARGA EQUIVALENTE DE 18 KIPS (8,16 T = 80 KN) PARA EL PERIODO ANALIZADO. 35

4.5 RESOLVER LA ECUACIÓN DE DISEÑO PARA SN. ESTO NOS PROPORCIONARÁ EL SN CALCULADO. 35

4.6 COMPARAR EL SN (ASUMIDO), EL QUE UTILIZÓ PARA DETERMINAR LOS EJES EQUIVALENTES, CON EL SN (CALCULADO): 36

4.7 UTILICE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ESPESORES REQUERIDOS DE ACUERDO CON EL SN ENCONTRADO. 36

5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO – 1993 39

5.1. diseño estructura pavimento RÍGIDO AASHTO – 1993 SECTOR TEATRINO 41

5.2. diseño estructura pavimento RÍGIDO AASHTO – 1993 SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLE 15 Y 14 46

5.3. REFUERZO PARA LAS JUNTAS PARA PAVIMENTO RÍGIDO: 51

5.4. JUNTAS DE EXPANSIÓN. 52

5.5. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN 53

6 RECOMENDACIONES 54

6.1. SUBRASANTE 54

6.2. DRENAJES 54

6.3. MATERIALES PARA MEJORAMIENTO 54

7 levantamiento TOPOGRÁFICO 55

7.1. personal requerido 55

7.2. EQUIPOS USADOS EN EL LEVANTAMIENTO 55

8 CONCLUSIONES. 57

9 ANEXOS 58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resumen del pronóstico de vehículos sector Teatrino 11
Tabla 2 Resumen del pronóstico de vehículos sector cra 15 entre calle 14 y 15 11
Tabla 3 Porcentaje de autos, camiones y buses sector Teatrino 12
Tabla 4 Porcentaje de autos, camiones y buses sector cra 15 entre calle 14 y 15 12
Tabla 5 Factores de deterioro vehicular 15
Tabla 6 Cálculo de los factores de carga sector Teatrino 16
Tabla 7 Cálculo de los factores de carga sector Teatrino 16
Tabla 8 Categorías de tránsito para la selección de espesores 17
Tabla 9 Datos de propiedades geotécnicas 23
Tabla 10 Resumen estadístico de propiedades geotécnicas 23
Tabla 11 Datos de propiedades geotécnicas 25
Tabla 12 Resumen estadístico de propiedades geotécnicas 26
Tabla 13 Correlación de los límites de consistencia contra el potencial de expansión 27
Tabla 14 Potencial de Hinchamiento 27
Tabla 15 Correlación ensayo PDC con CBR sector Teatrino 29
Tabla 16 Correlación ensayo PDC con CBR sector carrera 15 entre calle 14 y 15 29
Tabla 17 Valores de CBR en muestras inalteradas sector Teatrino 30
Tabla 18 Valores de CBR en muestras inalteradas sector carrera 15 entre calles 14 y 15 30
Tabla 19 Valores de CBR en muestras inalteradas y ensayo pdc sector Teatrino 31
Tabla 20 Valores de CBR en muestras inalteradas y ensayo pdc sector carrera 15 entre calles 14 y 15 32
Tabla 21 Coeficientes estructurales 34
Tabla 22 Resumen de Estructura sector Teatrino 38
Tabla 23 Resumen de Estructura sector carrera 15 entre calles 14 y 15 38
Tabla 24. Módulo de reacción compuesto del terreno fundación 41
Tabla 25. Módulo de reacción Modificado del terreno. 42
Tabla 26. Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales. 44
Tabla 27. Módulo de reacción Modificado del terreno. 44
Tabla 28. Coeficientes de transferencia de carga recomendados 44
Tabla 29. Diseño de pavimento metodología aashto pavimento rígido sector Teatrino 45
Tabla 30. Tabla de espesores de diseño 45
Tabla 31. Módulo de reacción compuesto del terreno fundación 46
Tabla 32. Módulo de reacción Modificado del terreno. 47
Tabla 33. Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales. 49
Tabla 34. Módulo de reacción Modificado del terreno. 49
Tabla 35. Coeficientes de transferencia de carga recomendados 49
Tabla 36. Diseño de pavimento metodología aashto pavimento rígido 50
Tabla 37. Tabla de espesores de diseño 50
Tabla 38. Juntas longitudinales losa sector Teatrino 51
Tabla 39. Juntas transversales losa sector Teatrino 51
Tabla 40. Juntas longitudinales losa sector carrera 15 entre calles 14 y 15 51
Tabla 41. Juntas transversales losa sector carrera 15 entre calles 14 y 15 51
Tabla 42 Resumen Espesor de las Capas Sector Teatrino 57
Tabla 43 Resumen Espesor de las Capas Sector carrera 15 entre calles 14 y 15 57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto ____ *7*
Figura 2. Localización local del proyecto ____ *8*
Figura 3 Esquema de clasificación de vehículos. ____ *11*
Figura 4 Localización de apiques sector Teatrino ____ *18*
Figura 5 Localización de apiques sector carrera 15 entre calles 14 y 15 ____ *19*
Figura 6 Prospección geotécnica ____ *20*
Figura 7 Capas asfálticas. ____ *33*
Figura 8 Número de capa. ____ *36*
Figura 9. Determinación Módulo Kc ____ *41*
Figura 10. Determinación Módulo Km ____ *42*
Figura 11. Determinación Módulo Ke ____ *43*
Figura 12. Determinación Módulo Kc ____ *46*
Figura 13. Determinación Módulo Km ____ *47*
Figura 14. Determinación Módulo Ke ____ *48*
Figura 15. Detalle juntas de construcción ____ *53*

1 LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La administración municipal de El Cerrito tiene como objetivo atender de manera eficiente la prestación de servicios públicos que determina la ley, la construcción de obras que demande el progreso local, el ordenamiento del desarrollo territorial, la promoción de la participación comunitaria, el aseguramiento de los valores éticos, culturales y patrimoniales, con la implementación de planes, programas y proyectos de desarrollo integral, con enfoque diferencial para la satisfacción de necesidades básicas y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del territorio.

En virtud de la misión y las responsabilidades que le son propias tanto desde el punto de vista misional de la Secretaría de Infraestructura y Hábitat debe desarrollar las responsabilidades establecidas en el decreto 095 de 2016, a saber:

1. Efectuar análisis de las necesidades de infraestructura en agua potable, saneamiento y servicios básicos para las comunidades del municipio y formular los planes, programas y proyectos del sector, mediante alianzas estratégicas encaminadas a dotar a las comunidades con servicios domiciliarios que contribuyan a elevar su nivel de vida.
2. Administrar y garantizar la adecuada infraestructura vial y equipamiento municipal de parques públicos, plazas públicas, mataderos, cementerios, vías, plazas de mercado, colegios y hospitales, en concordancia con el plan de desarrollo.
3. Vigilar que el equipamiento municipal garantice el cumplimiento de las condiciones de salubridad pública.
4. Ejecutar la construcción, conservación y protección de las vías urbanas y suburbanas y la adecuada prestación de los servicios públicos.

Por lo tanto, el municipio a priorizado 577 metros de vía en el territorio municipal, para los cuales requiere los respectivos estudios y diseños para la construcción y/o mejoramiento de los pavimentos, de estas vías urbanas y rurales, priorizados de acuerdo con las orientaciones transitorias para la gestión de proyectos de inversión del Sistema General de Regalías.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura 1. Localización general del proyecto
Fuente: Google Maps

Figura 2. Localización local del proyecto
Fuente: Google Maps

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaboración de estudios y diseños para la construcción y mejoramiento de los pavimentos de las vías urbanas calle 1 sur entre carreras 11 y 12 (Teatrino) , calle 14ª entre carreras 15 y 14 a (prado valle), carrera 15 entre calle 14 y 15ª (prado valle) y carrera 14b entre calle 14 y 15 a (prado valle), priorizadas de acuerdo a las orientaciones transitorias para la gestión de proyectos de inversión del sistema general de regalías y la metodología mga-web, municipio de el cerrito valle-

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Realización de apiques exploratorios.
- Descripción en campo del perfil estratigráfico y la presencia de niveles freáticos.
- Toma de muestras de los suelos de subrasante.
- Ensayo de Humedad natural del suelo de subrasante.
- Granulometrías y clasificación de los suelos (sistema unificado).
- Límites de consistencia
- Determinación de las propiedades resistente de los suelos de subrasante mediante la realización de ensayos CBR o ensayo de placa. (a partir de muestra inalterada) o alteradas según lo permitan los materiales encontrados
- Dibujo de columnas estratigráficas y perfil general del suelo.
- Diseño de la estructura del pavimento.
- Realizar los aforos vehiculares necesarios para determinar el TPD.
- Estimar los volúmenes de tránsito para los tramos de estudio.
- Definir el TPD de las zonas de estudio para los diseños de pavimentos
- Determinar el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas, para el año base y el periodo de diseño.
- Desarrollar el levantamiento topográfico de las vías priorizadas con coordenadas magna sirgas, debidamente detallado, con sus carteras, planos e incluir los puntos de amarre con todas las coordenadas.

2 ESTUDIO DEL TRANSITO

Con la palabra tránsito se designa la suma de todos los vehículos que pasan por una vía durante un tiempo determinado. Sin embargo, esa definición tan simple encierra algunas implicaciones, la primera tiene que ver con el hecho de tener que predecir para períodos largos, cuantos vehículos pasarán por la vía objeto de la pavimentación, con qué características y especialmente cuanto pesan. El diseño de los pavimentos se debe hacer sabiendo cuanto van a pesar los ejes que van a pasar por la vía durante su vida útil, esto es imposible de realizar en la práctica. Por fortuna los métodos de diseño de pavimentos permiten que se hagan simplificaciones en la determinación del tránsito a través de proyecciones.

2.1 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente estudio fue establecida una metodología basada en los criterios que se enuncian a continuación:

- **Visita al sitio de interés:** Recorrido por parte de los especialistas, con el fin de realizar una evaluación de las condiciones existentes de los tramos establecidos en el sitio del proyecto, para así tener un mejor entendimiento del contexto del estudio a realizar.
- **Aforos vehiculares:** A partir de personal calificado y formatos de campo se desarrollará un conteo vehicular discriminado en rangos de 15 minutos y por tipo de vehículo.
- **Estimación de Volúmenes:** Para el tramo objeto de estudio.
- **Cálculo del TPD:** cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD).
- **Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas:** Finalmente se definirá el número de ejes equivalentes para el año base y el periodo de diseño para su respectivo carril.

2.2 VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Desde el punto de vista del diseño del pavimento sólo tienen interés los vehículos comerciales (Buses y Camiones C2 a C6), El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles, camperos, camionetas) provocan un efecto mínimo sobre el pavimento.

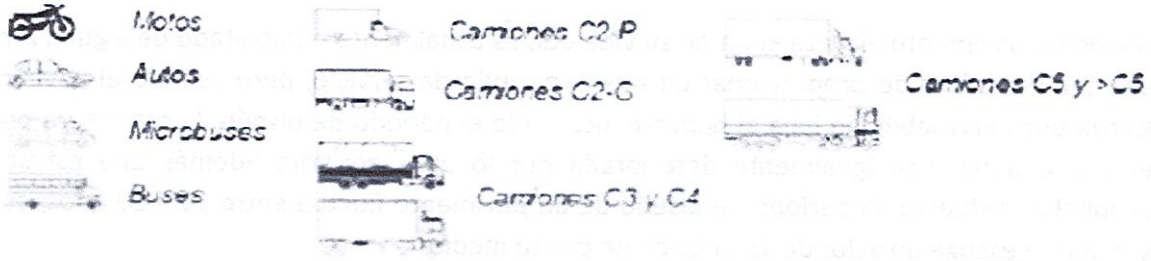


Figura 3 Esquema de clasificación de vehículos.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de trásito.

A continuación, se presenta un resumen de los conteos realizados las diferentes intersecciones, en los anexos se encuentran estos conteos.

SENTIDO	VEHÍCULOS			BICICLETAS	TPD
	A	B	C2-G		
TOTAL	42	0	3	118	45
PORCENTAJE	93.33%	0.00%	6.67%		

Tabla 1 Resumen del pronóstico de vehículos sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

SENTIDO	VEHÍCULOS			TPD
	A	B	C2-G	
TOTAL	187	0	2	189
PORCENTAJE	98.94%	0.00%	1.06%	

Tabla 2 Resumen del pronóstico de vehículos sector cra 15 entre calle 14 y 15
Fuente: Elaboración Propia

2.3 PERÍODO DE DISEÑO

Cuando un pavimento alcanza el fin de su vida útil, es usualmente rehabilitado de alguna forma, para que sea capaz de proporcionar un nuevo período de servicio, pero cuando el pavimento alcanza una serviciabilidad baja al haberse alcanzado el período de diseño, la estructura puede verse o manifestarse igualmente deteriorada por lo que requerirá además una estructura adicional de refuerzo. El periodo de diseño de un pavimento fluctúa entre 10 a 20 años, es por esto que se escoge un valor de 15 años como punto medio.

2.4 VOLUMEN DE VEHÍCULOS PESADOS (CAMIONES) ESPERADOS EN EL PRIMER AÑO DE SERVICIO

El tránsito promedio diario anual que circulará **en el año base** o de puesta en servicio del pavimento (2022) es de 45 vehículos /día para el sector del Teatrino y de 189 vehículos /día para el sector de la carrera 15 entre calles 14 y 15-

El porcentaje de automóviles y motos no tienen relevancia en el presente estudio, es por esto por lo que el porcentaje de buses y camiones es los 1.54% del total, discriminados estos últimos así:

A	93.33%
B	0.0%
C	6.67%

Tabla 3 Porcentaje de autos, camiones y buses sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

A	*98.94%*
B	*0.0%*
C	*1.06%*

Tabla 4 Porcentaje de autos, camiones y buses sector cra 15 entre calle 14 y 15
Fuente: Elaboración Propia

2.5 TRÁNSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO

Debido a que el presente estudio de tránsito es para un diseño de pavimento, se sumaron las maniobras o movimientos que convergen en la misma dirección, con la finalidad de caracterizar el 100% del tránsito que va en cada uno de los carriles, permitiendo calcular el tránsito promedio Diario (TPD) sobre el carril de diseño.

2.6 CRECIMIENTO TPD DURANTE EL PERIODO DE DISEÑO

Como la zona es un área residencial ya consolidada se tomará una tasa de crecimiento para los 15 años del 5% anual, este porcentaje se toma basado en el sector analizado, en el cual no se prevé una gran cantidad de vehículos debido que se trata de una vía local, obteniendo los siguientes tránsitos promedio diarios durante los periodos de funcionamiento del corredor vial.

Es importante aclarar que según manifestaciones de la misma alcaldía del municipio, El Cerrito se encuentra en una zona de alto crecimiento turístico y un fuerte impacto industrial por las zonas de recolección de caña. Ambas situaciones generan aumentos considerables en la cantidad de vehículos que pasarán por las vías y en las proyecciones a futuro. Para contrastar información la información tomada en campo mediante conteos vehiculares, se generó la consulta en organismos propios de la alcaldía como la secretaría de tránsito, sin embargo, este tipo de información no reposa en sus documentos.

Es menester aclarar que esta no fue la única dependencia centralizada donde se averiguó por información de antecedentes para el municipio, pero no existe este tipo de estudios o consultorías que se puedan utilizar. Aun así y en busca de garantizar que los espesores de pavimento no fallen en un corto periodo de tiempo, se realizará el diseño de la estructura para un volumen mayorado y buscando siempre los límites superiores de las relaciones analizadas. Adicionalmente, en la etapa de selección del CBR de diseño se utilizará el percentil 25 con el fin de tener una mayor seguridad en cuento a las propiedades de la zona, lo que repercutirá en disminuir la incertidumbre que se tiene por el tránsito atraído para una zona con potencial turístico e industrial.

2.7 ESTIMATIVO DE EJES DE 8.2 TONELADAS

El efecto producido por los diferentes tipos de ejes que circulan por la vía producirá un daño que generará un eje patrón; para tal fin se aplican los factores de equivalencia (tomados del *Manual para vías con medios y altos volúmenes de tránsito*, pág. 17) y se multiplican por los diferentes números de ejes de cargas para volverlos ejes simples de 8.2 toneladas.

Teniendo en cuenta los factores de equivalencia de carga por eje para los diferentes tipos de vehículos, se obtienen los ejes simples de 8.2 toneladas y se calcula el número de repeticiones así:

Se calcula el número de ejes equivalentes en el carril de diseño en el año base mediante la siguiente expresión:

$$N_{80KN\,carrildediseño(normal)añobase} = 365_{días/año} * \left[\sum_{i=1}^{k} (VehículosComerciales_{días/ambasdirecciones} * \%V_{ki} * FD_k)\right] * F_d$$

Para calcular el número acumulado de ejes equivalentes en el carril de diseño para el periodo de diseño (n), conociendo la tasa de crecimiento anual (r), se acumuló el transito equivalente en el carril de diseño para los años del periodo de diseño (n), utilizando la siguiente expresión:

$$N_{80KN\,carrildediseño(normal)acumulado} = N_{80KN\,carrildediseño(normal)añobase} * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Para el estudio, se realizó un supuesto para determinar la totalidad de tipos de vehículos que transitan para un periodo determinado, considerando como tales aquellos cuyo peso sin cargar, excede las 8.2 toneladas. Aunque los vehículos tenidos en cuenta son tanto con automóviles como buses y camiones (comprendiendo una gran variedad discretizados en las tablas anteriores), para el cálculo, sólo son relevantes los camiones y los buses, ya que estos son los que inducen un severo daño a los pavimentos. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles, camperos, camionetas) provocan un efecto mínimo sobre el pavimento.

La gran variedad del tránsito demuestra que es imposible la unificación de los daños producidos de una manera tan superflua. Para lograr la correcta simulación del daño producido por los vehículos, se hace uso del Factor de Deterior Vehicular, la cual asigna un factor de daño a cada tipo de vehículo (despreciando los autos). Se han hecho estudios detallados de estos detrimentos, y siempre se debe usar el daño producido por cada tipo de vehículo, dependiente del año y de la norma que estuviese vigente. A continuación, se muestra la tabla pertinente, entendiéndose que los años que no aparecen en ella, se tomaran con un daño igual a 1 ya que no hay normativa.

Tipo de camión	Factor de deterioro vehicular										
	MOPT 1978			INPACO 1984	MOPT 1992	INVIAS 1996	INVIAS 2003	INVIAS 2007 (2)		Datos Pakistán	Datos USA
	MOPT 1970	Doble sentido	Un sentido					Vacío	Cargado		
2	1.50	1.40	1.10	0.1/2.8 (3)	2.16	1.14/3.44 (3)	2.15	0.01/0.08 (3)	1.01/2.72 (3)	4.67	0.21
3	1.50	2.40	1.90	4.60	4.39	3.76	3.15	0.24	3.72	8.84	1.59
2S1	1.50	-	-	1.40	-	3.37	3.13	0.24	3.72	-	-
3S1	1.50	-	-	-	-	2.22	2.33	0.24	3.72	-	-
2S2	1.50	3.67	3.00	6.70	-	3.42	2.27	0.24	3.72	10.35	1.32
3S2	1.50	4.67	3.80	5.30	4.21	4.40	4.21	0.25	4.88	14.73	1.39
3S3	1.50	5.0 (1)	4.0 (1)	5.90	4.42	4.72	5.31	0.26	5.23	10.90	1.39
Bus	1.50	0.20	0.20	-	-	0.90	-	-	1.0	-	-

1) Valores asumidos en 1978.
2) Obtenidos del pesaje de 300 mil vehículos para el periodo 2000 – 2006 (Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito, 2007).
3) C2P / C2G.

Todos los factores propuestos por el MOPT e INVIAS se basan en la metodología AASHTO para pavimentos flexibles.

Tabla 5 Factores de deterioro vehicular

Fuente: Cálculo_del_número_de_ejes_sencillos_equivalentes_de_80_kN_a_partir_de_series_históricas_MOPT-INVIAS.

Tipo de Vehículo	Factor de Equivalencia	Tpda 2022	Ejes Equivalentes A 8.2 TON
C2P	1.14	0	0.00
C2G	2.72	45	8 16
Buses	1.00	0	0.00
	Σ	**45**	8.16

Tabla 6 Cálculo de los factores de carga sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

$N_{80KN\ carrildediseño(normal)acumulado} = 64.302\ Ejes\ Sencillos\ Equivalentes\ pronosticados$

Tipo de Vehículo	Factor de Equivalencia	Tpda 2022	Ejes Equivalentes A 8.2 TON
C2P	1.14	0	0
C2G	2.72	189	5.45
	Σ	**189**	5.45

Tabla 7 Cálculo de los factores de carga sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

$N_{80KN\ carrildediseño(normal)acumulado} = 42.919\ Ejes\ Sencillos\ Equivalentes\ pronosticados$

2.8 TRANSITO FUTURO

- Tránsito Normal: Es el que se produce en la zona de influencia del proyecto como consecuencia de la evolución previsible de sus parámetros característicos y coincide, por tanto, con el que circulará por la red si no se realizara el proyecto. Esta componente se determina a través del análisis de la serie histórica de tránsito, si esta existe, o de un conteo vehicular.

- Tránsito atraído: Es el que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece, y hoy hace uso de otra infraestructura.

- Tránsito generado: Es el que se origina por el proyecto mismo, debido a mejores condiciones de oferta. Generalmente se refiere al tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia.

Los tramos viales estudiado se encuentra enmarcado dentro de una zona residencial, sin embargo, al rehabilitar estos tramos con cambio de capa de rodadura y buen manejo de aguas, aumentara sustancialmente el tránsito, ya que los beneficios atraerán y generara un gran porcentaje de viajes y de cambio de uso de esos corredores viales aumentando el tránsito de vehículos tipo camiones y buses.

Por lo tanto, como criterio de diseño teniendo en cuenta el municipio donde se desarrolla el estudio, que es un municipio con altos índices de transito e industriales se tomó la decisión de realizar los diseños de pavimentos enmarcándose en la categoría T0 del manual de diseño de pavimentos rígidos del INVIAS, el cual es una normativa actual y que rige este tipo de proyectos, y que con este criterio se cubrirá todos los aumentos esperados de tránsito atraído y generado.

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T_o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Tabla 8 Categorías de tránsito para la selección de espesores
Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto - INIVIAS

3 EXPLORACIÓN DE LA SUBRASANTE

3.1. PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA

La prospección en la zona fue realizada mediante apiques, las cuales fueron localizadas sobre sitios estratégicos, en la zona de estudio. Se realizaron un total de diez (10) apiques exploratorios.

Debido a la cercanía entre algunas calles se sectorizo la zona de estudio en dos grupos, el primero sector Teatrino y el segundo sector carrera 15 entre calles 14 y 15.

Figura 4 Localización de apiques sector Teatrino
Fuente: Google Maps

Figura 5 Localización de apiques sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Google Maps

En el anexo se evidencia la descripción de los apiques y el registro fotográfico de los mismos.

Figura 6 Prospección geotécnica
Fuente: Propia

3.1.1. DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES SECTOR TEATRINO.

Una vez realizada la prospección geotécnica, se puede determinar claramente un perfil característico, el cual se describe de la superficie hacia abajo de la siguiente manera:

- Al inicio de los apiques se evidencio una capa de relleno de aproximadamente 0.2m.
- Posteriormente se encuentra una capa granular de 0.2m aproximadamente
- Al pasar la anterior capa se observa un material negro arcilloso con humedad y resistencia medias de 0.4 m de profundidad
- Finalmente se encontró un suelo residual de color gris oscuro arcilloso con presencia de roca resistencia alta y humedad media.

3.1.2. DESCRIPCIÓN DE PERFORACIONES SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLES 14 Y 15

Una vez realizada la prospección geotécnica, se puede determinar claramente un perfil característico, el cual se describe de la superficie hacia abajo de la siguiente manera:

- Al inicio de los apiques se evidencio una capa de afirmado que fluctúa entre 0.2m y 0.8m de espesor.
- Al pasar la anterior capa se observa un material negro arcilloso con humedad y resistencia medias de aproximadamente 1.0 m de profundidad
- Finalmente se encontró un suelo residual de color gris oscuro o amarillo en otros casos con humedad media y resistencia alta alcanzando un espesor superior de los 1.8m de profundidad alcanzada.

Cada uno de los apiques se describe en el Anexo.

3.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

De las perforaciones se extrajeron muestras en bolsa de los estratos donde se ejecutaron ensayos y en la finalización de los sondeos para ser ensayadas en laboratorio. Los ensayos realizados fueron:

Clasificación:

- Humedades
- Límites de Atterberg
- Granulometría por lavado (pasante Tamiz # 200)

A continuación, se hace una descripción detallada de cada uno de los valores de las propiedades encontrada en el depósito del sector:

3.2.1. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES SECTOR TEATRINO

Clasificación de suelos: Las características generales de estos materiales encontrados en la zona es la siguiente:

- El material está compuesto por depósitos residuales color amarillento. De acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados en este material se clasifica como arcillas de baja plasticidad (CL).
- Los colores predominantes para los depósitos de suelo es el amarillo y gris.
- La humedad natural promedio encontrada a lo largo de todos los apiques realizados en los depósitos de suelo de suelo natural presentan un valor promedio de 17.8%, con un valor máximo de 21.3% y un valor mínimo de 14.2%.

Límite Líquido: El valor promedio de este parámetro para estas vías es de 43.8%.

Limite Plástico: El valor promedio de este parámetro para estas vías es de 24.5%.

Índice de plasticidad: los depósitos presentan un índice de plasticidad promedio de 19.4%

Tamiz 200: El porcentaje promedio de suelo que pasa el tamiz 200 es de 87.9%.

RESULTADOS DE LABORATORIO TOTAL DE LAS MUESTRAS												
APIQUE	PROFUNDIDAD	w%	LÍMITES (%)				CLASIFICACION SUCS	PDC	CBR INSITU SIN SUMERGIDO		CBR INSITU SUMERGIDO	
			LL	LP	IP	Finos			0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
1	0.50								8.40	9.30	2.60	2.80
1	1.20	21.30	46.70	25.10	21.60	90.10	CL	5.89				
2	0.60								5.10	6.50	1.60	1.90
2	1.50	14.2	40.9	23.8	17.1	85.6	CL	14.69				

Tabla 9 Datos de propiedades geotécnicas
Fuente: Elaboración Propia

	w%	LÍMITES (%)			Finos	CBR
		LL	LP	IP		
PROMEDIO	17.8	43.8	24.5	19.4	87.9	5.9
DESVIACIÓN	5.0	4.1	0.9	3.2	3.2	4.1
MÁXIMO	21.3	46.7	25.1	21.6	90.1	14.7
MÍNIMO	14.2	40.9	23.8	17.1	85.6	1.6
CV	28%	9%	4%	16%	4%	70%
PERCENTIL	16.0	42.4	24.1	18.2	86.7	2.7

Tabla 10 Resumen estadístico de propiedades geotécnicas
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLE 14 Y 15

Clasificación de suelos: Las características generales de estos materiales encontrados en la zona es la siguiente:

- El material está compuesto por depósitos residuales color amarillento. De acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados en este material se clasifica como arcillas y limos de baja plasticidad (CL y ML).
- Los colores predominantes para los depósitos de suelo es el amarillo y gris.
- La humedad natural promedio encontrada a lo largo de todos los apiques realizados en los depósitos de suelo de suelo natural presentan un valor promedio de 20.5%, con un valor máximo de 24% y un valor mínimo de 14%.

Límite Líquido: El valor promedio de este parámetro para estas vías es de 38.6%.

Limite Plástico: El valor promedio de este parámetro para estas vías es de 26.1%.

Índice de plasticidad: los depósitos presentan un índice de plasticidad promedio de 12.4%

Tamiz 200: El porcentaje promedio de suelo que pasa el tamiz 200 es de 78.8%.

RESULTADOS DE LABORATORIO TOTAL DE LAS MUESTRAS												
APIQUE	PROFUNDIDAD	w%	LÍMITES (%)				CLASIFICACION SUCS	PDC	CBR INSITU SIN SUMERGIDO		CBR INSITU SUMERGIDO	
			LL	LP	IP	Finos			0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
3	0.50								2.60	3.00	1.10	1.10
3	1.50	24.00	43.00	25.60	17.40	92.80	CL	3.93				
4	0.80								2.60	2.40	1.00	0.80
4	1.80	21.2	37.7	27.8	10	81.2	ML	3.93				
5	0.70								2.60	2.90	1.30	1.30
5	1.80	22.10	36.80	22.90	13.80	85.30	CL	4.76				
6	0.80								5.70	6.90	1.20	1.10
6	1.80	19.7	47.7	24.8	22.9	87.4	CL	4.84				
7	0.80								3.00	3.00	1.00	0.80
7	1.80	22.50	34.00	27.40	6.60	77.60	ML	4.72				
8	0.60								2.40	3.00	1.00	0.90
8	1.50	18.6	35.7	29.7	6	63.1	ML	5.40				
9	1.00								3.50	3.30	1.10	0.90
9	1.80	14.00	30.70	26.10	4.60	57.70	ML	5.68				
10	0.80								3.60	3.50	1.00	0.80
10	1.80	22.1	42.8	24.8	17.9	85.3	CL	8.34				

Tabla 11 Datos de propiedades geotécnicas
Fuente: Elaboración Propia

	w%	LÍMITES (%)				CBR
		LL	LP	IP	Finos	
PROMEDIO	20.5	38.6	26.1	12.4	78.8	2.8
DESVIACIÓN	3.1	5.6	2.1	6.6	12.3	1.9
MÁXIMO	24.0	47.7	29.7	22.9	92.8	8.3
MÍNIMO	14.0	30.7	22.9	4.6	57.7	0.8
CV	15%	14%	8%	54%	16%	67%
PERCENTIL	19.4	35.3	24.8	6.5	74.0	1.1

Tabla 12 Resumen estadístico de propiedades geotécnicas
Fuente: Elaboración Propia

3.3. CALIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN DEL SUELO DE LA SUBRASANTE

Para ello se deberá analizar la clasificación de las muestras de subrasante tomadas y sus valores del límite líquido y el índice plástico y compararlos con la correlación presentada en la siguiente tabla en la que se indica el potencial expansivo en función de los límites de consistencia. No sobra mencionar que un elemento de juicio que debe usar el ingeniero al momento de evaluar las probables características expansivas de los suelos de la zona es la existencia de antecedentes que indiquen problemas con obras ya construidas.

LL (%)	IP (%)	Clasificación del hinchamiento potencial
> 60	> 35	Alto
50 - 60	25 - 35	Marginal
50 <	< 25	Bajo

Tabla 13 Correlación de los límites de consistencia contra el potencial de expansión
Fuente: Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas

SECTOR	LL	IP	HINCHAMIENTO POTENCIAL
Teatrino	43.8	19.4	Bajo
Carrera 15 entre calles 14 y 15	38.6	12.4	Bajo

Tabla 14 Potencial de Hinchamiento
Fuente: Elaboración Propia

3.4. OBTENCIÓN DE LOS CBR DE LA SUBRASANTE MEDIANTE SU CORRELACIÓN CON EL ENSAYO PDC Y LOS ENSAYOS DE LABORATORIO A MUESTRAS INALTERADAS

La capacidad portante o resistencia de la subrasante se obtendrá mediante la correlación del ensayo PDC con el CBR. El empleo de un dispositivo simple, de rápido manejo y bajo costo de operación que permita estimar de manera indirecta el CBR del suelo con un índice aceptable de confiabilidad, surge entonces como una alternativa válida para los diseñadores. El Penetrómetro Dinámico de Cono PDC brinda una respuesta satisfactoria a esta necesidad, tal como lo confirman los resultados de investigación efectuados en diversas partes del mundo.

3.4.1. PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO (PDC)

El ensayo que se realiza de manera sencilla entre dos personas consiste en medir con ayuda de una escala que trae el aparato la cantidad de milímetros que penetra la varilla para un determinado número de golpes de la masa, escogido de acuerdo con la resistencia de los estratos que se van presentando en cada penetración.

- **Número de Golpes y Profundidad:** La profundidad o curva PDC representa el índice del equipo en profundidad. Cada ensayo en suelos da lugar a una recta representativa cuya pendiente que recibe el nombre de *índice de penetración o número PDC* da una medida de su resistencia.
- **Diagrama Estructural:** El cual relaciona el número PDC con la profundidad. La constancia de dicho número implica uniformidad en el material, y su variación indica modificaciones en las características de éste por variaciones en su humedad o su densidad, o bien un cambio de capa.

El penetrómetro dinámico de cono se realiza en base a los procedimientos indicados por la norma I.N.V. E-172-12 equivalente a la ASTM D 6951-09. El ensayo consiste en hincar una barra de 16 mm de diámetro y 95 cm de largo con un extremo en forma de cono de 20 mm de diámetro mediante una carga de 8 kg que se deja caer desde una altura de 57.5 cm. Este es un ensayo que permite de manera económica y no destructiva la determinación in situ de la capacidad de soporte del suelo. Este ensayo puede ser correlacionado con el CBR, con diferentes ecuaciones como, por ejemplo:

$$\log(CBR) = a + b\log(PDC)$$

CBR= California Bearing Radio (%)

PDC= resultado del penetrómetro dinámico de Cono (mm/golpe)

a	b	autor
2.628	-1.27	Kleyn y hereden (1983)
2.465	-1.12	Siekmeier et al (1999)
2.56	-1.15	Harrison (1986)

En Colombia ha sido común el uso de la ecuación del cuerpo de ingenieros (USA):

$$CBR = \frac{292}{PDC^{1.12}}$$

CBR= California Bearing Radio (%)

PDC= resultado del penetrómetro dinámico de Cono (mm/golpe)

**Este valor es apto para cuando el valor del PDC se encuentra entre 3 y 324 mm/golpe.*

A continuación, se presenta un cuadro resumen de los resultados de CBR obtenidos de su correlación con el ensayo PDC

PUNTO	CBR
PDC 1	*5.89*
PDC 2	*14.69*

Tabla 15 Correlación ensayo PDC con CBR sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

PUNTO	CBR
PDC 3	*3.93*
PDC 4	*3.93*
PDC 5	*4.76*
PDC 6	*4.84*
PDC 7	*4.72*
PDC 8	*5.40*
PDC 9	*5.68*
PDC 10	*8.34*

Tabla 16 Correlación ensayo PDC con CBR sector carrera 15 entre calle 14 y 15
Fuente: Elaboración Propia

3.4.2. ENSAYO CBR

Como complemento para la prospección de la subrasante y la verificación de la estructura de pavimento y poder conocer con más detalle la condición de la estructura, se implementa el ensayo de CBR en muestras inalteradas mediante cubo o molde cilíndrico como se indica en el ensayo I.N.V. E-148. Molde de 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ±0.026") de diámetro interior y de 177,8 ± 0.66 mm (7 ± 0.026") de altura

PUNTO	CBR 0.1#	CBR 0.2#	CBR 0.1#	CBR 0.2#
	Sin sumergir		Sumergido	
APIQUE - 1	*8.4*	*9.3*	*2.6*	*2.8*
APIQUE - 2	*5.1*	*6.5*	*1.6*	*1.9*

Tabla 17 Valores de CBR en muestras inalteradas sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

PUNTO	CBR 0.1#	CBR 0.2#	CBR 0.1#	CBR 0.2#
	Sin sumergir		*Sumergido*	
APIQUE 3	*2.6*	*3.0*	*1.1*	*1.1*
APIQUE 4	*2.6*	*2.4*	*1.0*	*0.8*
APIQUE 5	*2.6*	*2.9*	*1.3*	*1.3*
APIQUE 6	*5.7*	*6.9*	*1.2*	*1.1*
APIQUE 7	*3.0*	*3.0*	*1.0*	*0.8*
APIQUE 8	*2.4*	*3.0*	*1.0*	*0.9*
APIQUE 9	*3.5*	*3.3*	*1.1*	*0.9*
APIQUE 10	*3.6*	*3.5*	*1.0*	*0.8*

Tabla 18 Valores de CBR en muestras inalteradas sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Elaboración Propia

En los anexos se encuentra la información de los ensayos de laboratorio y de campo completos.

3.4.3. VALOR CBR DE DISEÑO

Posterior a los ensayos de campo y de laboratorio realizados se hizo un cálculo estadístico arrojando los siguientes resultados:

APIQUE	PROFUNDIDAD	PDC	CBR INSITU SIN SUMERGIDO		CBR INSITU SUMERGIDO	
			0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
1	0.50		8.40	9.30	2.60	2.80
1	1.20	5.89				
2	0.60		5.10	6.50	1.60	1.90
2	1.50	14.69				

	CBR
PROMEDIO	5.9
DESVIACIÓN	4.1
MÁXIMO	14.7
MÍNIMO	1.6
CV	70%
PERCENTIL	2.7

Tabla 19 Valores de CBR en muestras inalteradas y ensayo pdc sector Teatrino
Fuente: Elaboración Propia

APIQUE	PROFUNDIDAD	PDC	CBR INSITU SIN SUMERGIDO		CBR INSITU SUMERGIDO	
			0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
3	0.50		2.60	3.00	1.10	1.10
3	1.50	3.93				
4	0.80		2.60	2.40	1.00	0.80
4	1.80	3.93				
5	0.70		2.60	2.90	1.30	1.30
5	1.80	4.76				
6	0.80		5.70	6.90	1.20	1.10
6	1.80	4.84				
7	0.80		3.00	3.00	1.00	0.80
7	1.80	4.72				
8	0.60		2.40	3.00	1.00	0.90
8	1.50	5.40				
9	1.00		3.50	3.30	1.10	0.90
9	1.80	5.68				
10	0.80		3.60	3.50	1.00	0.80
10	1.80	8.34				

	CBR
PROMEDIO	2.8
DESVIACIÓN	1.9
MÁXIMO	8.3
MÍNIMO	0.8
CV	67%
PERCENTIL	1.1

Tabla 20 Valores de CBR en muestras inalteradas y ensayo pdc sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con lo anterior se establece como **CBR** de diseño según el percentil 75 para el sector de Teatrino de **2.7%** y para el sector de la carrera 15 entre calle 14 y 15 **1.1%.**

4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO-1993

$$log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 9.36 * log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * log_{10}M_R - 8.07$$

4.1 SN = NÚMERO ESTRUCTURAL INDICATIVO DEL ESPESOR TOTAL REQUERIDO DE PAVIMENTO

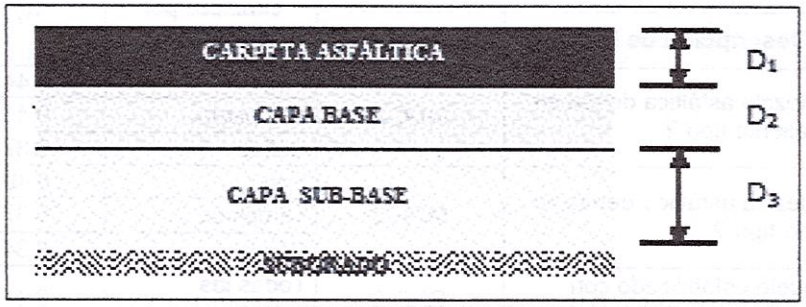


Figura 7 Capas asfálticas.
Fuente: Cálculo_del_número_de_capa_asfáltica.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_i = Coeficiente estructural de la capa i
D_i = Espesor, en pulgadas, de la capa i
m_i = Coeficiente de drenaje de la capa i

4.1.1 COEFICIENTES ESTRUCTURALES

Los materiales usados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible, de acuerdo con sus características ingenieriles, tienen un coeficiente estructural "a_i". Este coeficiente representa la capacidad estructural del material para resistir las cargas solicitantes.

Estos coeficientes están basados en correlaciones obtenidas a partir de la prueba AASHO de 1958 - 1960 y ensayos posteriores que se han extendido a otros materiales y otras condiciones para generalizar la aplicación del método.

a_1 = Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (si se conoce el Módulo de Elasticidad de la mezcla asfáltica en psi o si se conoce la Estabilidad Marshall en libras)
a_2 = Coeficiente estructural para la capa base. (Si se utiliza capa base granular)

a_3 = Coeficiente estructural para la capa sub-base (si se utiliza capa sub- base granular)
m_i = Coeficientes de drenaje

La calidad del drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (capa base y sub-base). Para calcular el tiempo en que el agua es eliminada será necesario conocer la permeabilidad, k, pendientes, espesores D_2 y D_3 de los materiales a utilizar como capa base y sub-base, respectivamente.

Tipo de capa		Clasificación climática por temperatura	a_i
Descripción de la Capa	**Nomenclatura**		
Mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2	MDC-2	Frío	0.44
		Templado	0.41
		Cálido	0.37
Mezcla asfáltica densa en frío tipo 2	MDF-2	Frío	0.40
		Templado	0.37
		Cálido	0.34
Suelo estabilizado con emulsión asfáltica	BEE-3	Todas las categorías	0.14
Suelo estabilizado con cemento Portland	BEC	Todas las categorías	0.14
Base granular	BG	Todas las categorías	0.14
Subbase granular	SBG	Todas las categorías	0.12
Afirmado que cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-1	Todas las categorías	0.08
Afirmado que no cumple la especificación INV. Artículo 311	AFR-2	Todas las categorías	0.06

Tabla 21 Coeficientes estructurales
Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito

4.2 ΔPSI = DIFERENCIA ENTRE EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL, Po, Y EL ÍNDICE DE SERVICIALIDAD TERMINAL DE DISEÑO, Pt

ΔPSI = Po – Pt

Servicialidad es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento. Inicialmente se cuantificó la servicialidad de una carretera pidiendo la opinión de los conductores, estableciendo el índice de servicialidad P.

Po= 4,2 (Máxima calificación lograda en la AASHO Road Test para pavimento flexible).

Pt= Índice más bajo que puede tolerarse antes de realizar una medida de rehabilitación = 2,5+ para carreteras con un volumen de tráfico alto ó 2,0+ para carreteras con un volumen menor.

4.3 MR = MÓDULO DE RESILENCIA, EN PSI, DEL MATERIAL DE TERRACERÍA (SUBRASANTE).

La capacidad del suelo se mide mediante las pruebas de CBR y Módulo de Resiliencia, dependiendo de los equipos disponibles.

- Relaciones CBR - Módulo de Resiliencia:

En nuestro país no existe experiencia ni equipos para determinar el Módulo de Resilencia. Ante esta carencia se recurre a correlaciones con el CBR.

Se puede utilizar la siguiente correlación entre el CBR de la terracería y el Módulo de Resilencia:

MR (psi) = 1500 CBR

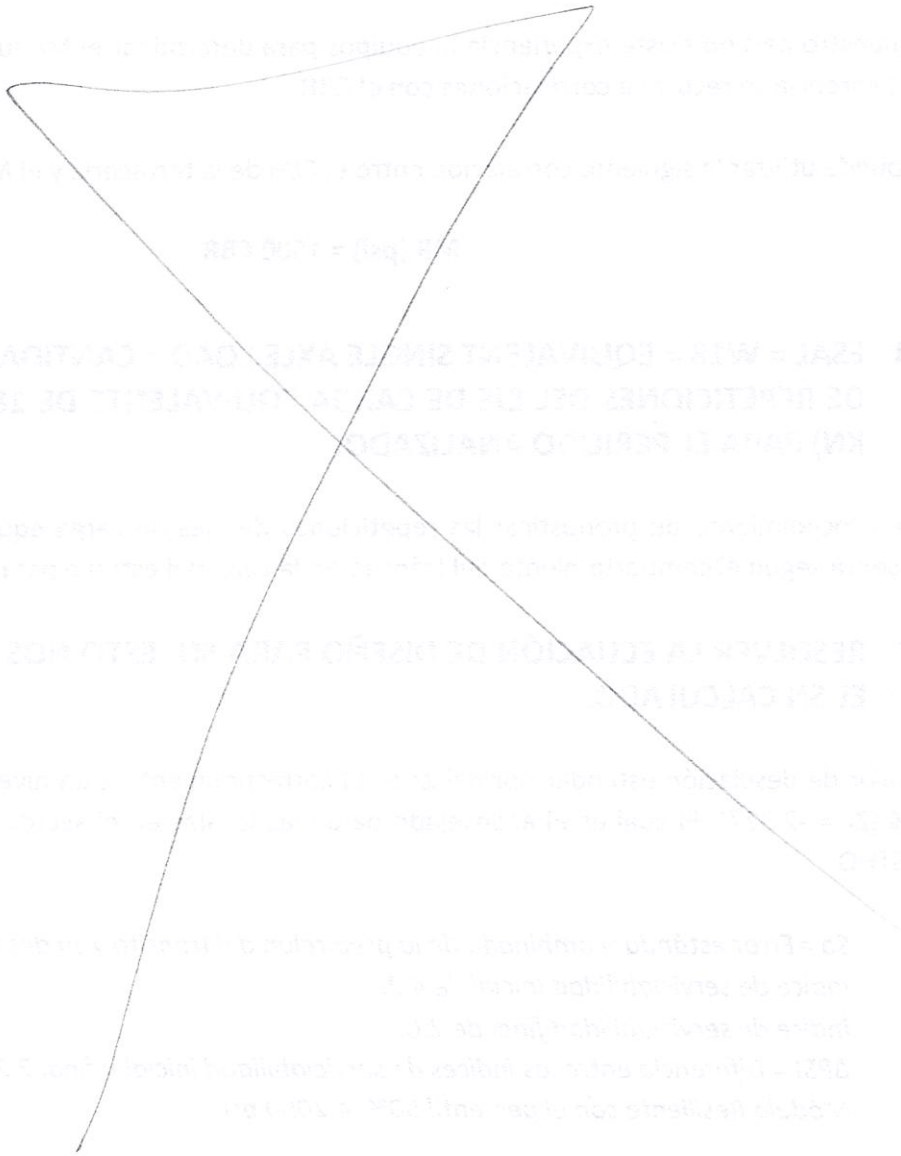
4.4 ESAL = W18 = EQUIVALENT SINGLE AXLE LOAD = CANTIDAD PRONOSTICADA DE REPETICIONES DEL EJE DE CARGA EQUIVALENTE DE 18 KIPS (8,16 T = 80 KN) PARA EL PERIODO ANALIZADO.

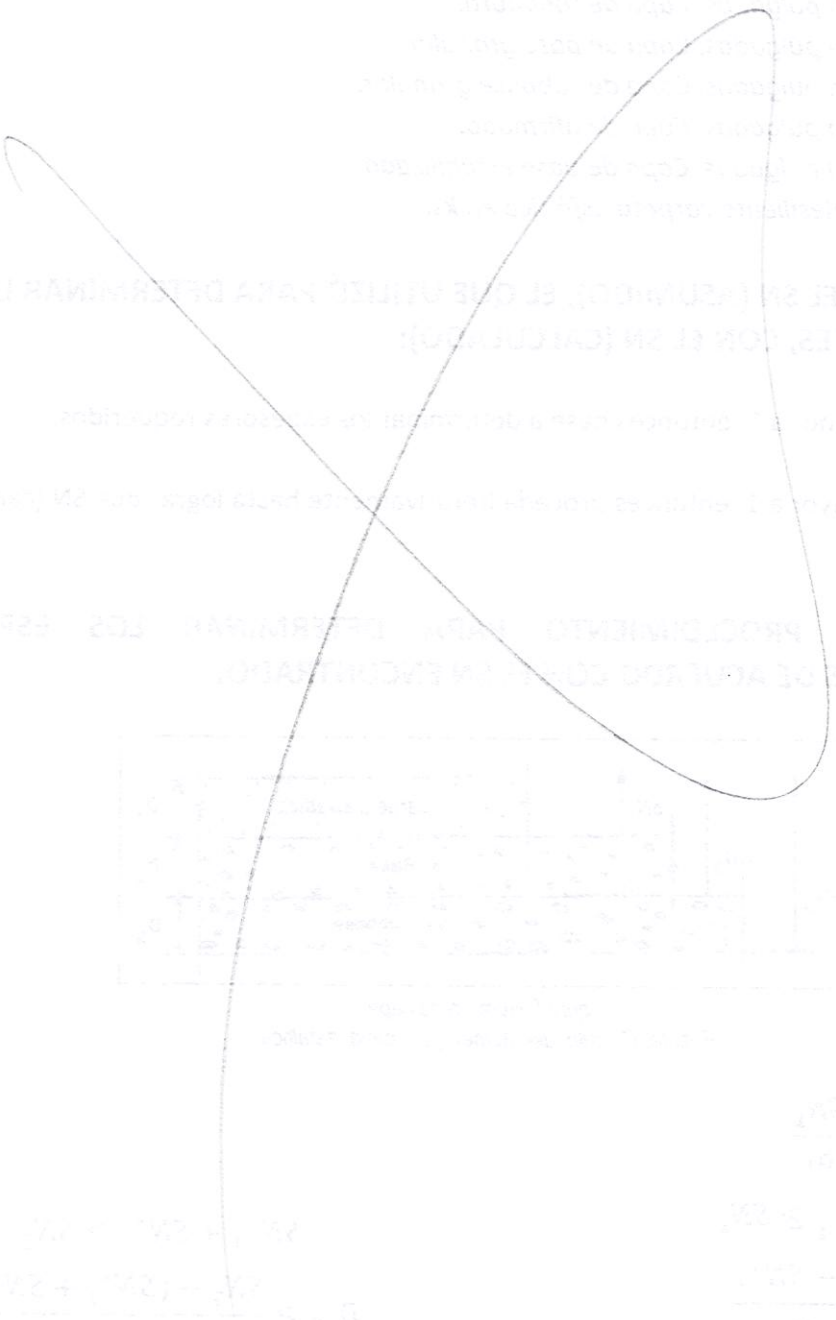
Este procedimiento de pronosticar las repeticiones de ejes de carga equivalente de 80 KN se presenta según el comportamiento del tránsito en la zona del estudio para 15 años.

4.5 RESOLVER LA ECUACIÓN DE DISEÑO PARA SN. ESTO NOS PROPORCIONARÁ EL SN CALCULADO.

El valor de desviación estándar normal Zr es el correspondiente a un nivel de confiabilidad R = 99% (Zr = -2.327). El cuál es el aconsejado para vías locales en el sector urbano según la guía AASTHO

So =Error estándar combinado de la predicción del tránsito y su desempeño = 0.44.
Índice de serviciabilidad Inicial de 4.2.
Índice de serviciabilidad final de 2.0.
ΔPSI = Diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final 2.2.
Módulo Resiliente con el percentil 50%: 4.2000 psi





Se tomó un módulo de elasticidad de 345000 psi (2415 Kg/cm²), por lo tanto, a1=0.41

NE: Numero estructural

a1, a2, a3: Coeficientes estructurales a1: 0.41, a2: 0.14 Base Granular, a3: 0.12 Subbase,

m2, m3, m4, m5: Coeficiente de drenaje = 1

D1: Espesor en pulgadas. Capa de rodadura.

D2: Espesor en pulgadas, Capa de base granular.

D3: Espesor en pulgadas, Capa de subbase granular.

D4: Espesor en pulgadas, Capa de afirmado.

D5: Espesor en pulgadas, Capa de base estabilizada.

ECA: Modulo Resiliente carpeta asfáltica en ksi

4.6 COMPARAR EL SN (ASUMIDO), EL QUE UTILIZÓ PARA DETERMINAR LOS EJES EQUIVALENTES, CON EL SN (CALCULADO):

Si la diferencia es menor a 1, entonces pase a determinar los espesores requeridos.

Si la diferencia es mayor a 1, entonces proceda iterativamente hasta lograr que SN (calculado) = SN (asumido).

4.7 UTILICE EL PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS ESPESORES REQUERIDOS DE ACUERDO CON EL SN ENCONTRADO.

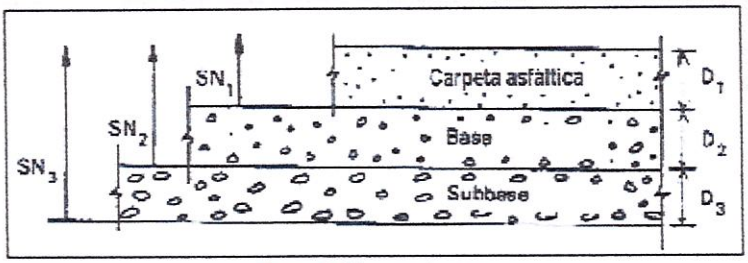


Figura 8 Número de capa.
Fuente: Cálculo_del_número_de_capa_asfáltica.

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

Para determinar el espesor de la carpeta asfáltica D1 se asume que toda la resistencia, para soportar las repeticiones pronosticadas, la brinda la carpeta asfáltica.

Se resuelve la ecuación de diseño colocando en lugar del MR de la terracería, el valor del EBS obtenido por ensayo directo o por correlación con una prueba de resistencia como el CBR. Al resolver la ecuación de diseño se obtiene un SN = SN_1

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1$$

$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

Se redondea el valor de D1 a un entero de pulgada o media pulgada. Este será el valor D_1*

Para determinar el espesor de la capa base D_2 se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica y la capa base, de manera que:

$$SN_2 = SN_1 + a_2 D_2 m_2$$

Donde

SN_2 Se determina con la ecuación de diseño colocando en lugar del MR el valor del módulo de elasticidad de la capa sub-base ESB obtenido por ensayo directo o por correlación con una prueba de resistencia como el CBR.

Con este valor de SN = SN_2

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

Para determinar el espesor de la capa sub-base se asume que toda la resistencia la brinda la carpeta asfáltica + capa base + capa sub-base, pero esto ya se realizó cuando usamos el Módulo de resilencia de la terracería MR para calcular el SN que se convertirá en SN_3.

$$SN_3 = SN^*_1 + SN^*_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

SN REQUERIDO					4.06
TIPO DE CAPA	a	m	e (in)	e (cm)	SN
Asfalto	0.41	1	3	7.5	1.23
Base granular	0.14	0.9	12	30	1.512
Subbase	0.12	0.8	14	35	1.344
SN ESCOGIDO					4.086

Tabla 22 Resumen de Estructura sector Teatrino
Fuente: Metodología AASHTO-93

SN REQUERIDO					4.88
TIPO DE CAPA	a	m	e (in)	e (cm)	SN
Asfalto	0.41	1	4	10	1.64
Base granular	0.14	0.9	14	35	1.764
Subbase	0.12	0.8	16	40	1.536
SN ESCOGIDO					4.94

Tabla 23 Resumen de Estructura sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Metodología AASHTO-93

5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO – 1993

La fórmula general a la que llegó al AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, basada en los resultados obtenidos de la prueba AASHTO es la siguiente:

1986-93 Ecuación de Diseño de Pavimentos Rígidos

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_0 + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0{,}06 + \cdots$$

$$\cdots + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right]}{1.00 + \frac{1.624\ x10^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32\ x\ pt) \times \log_{10}\left[\frac{S'c\ x\ Cd\ x\left(D^{0.75} - 1.132\right)}{215.63\ x\ J\left[D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k_e)^{0.25}}\right]}\right]$$

Donde

- *W18: Número total de Ejes Equivalentes, para el período de diseño.*
- *ΔPSI: Diferencial de Serviciabilidad (Serviciabilidad inicial = pi, Serviciabilidad final = pf).*
- *ZR: Coeficiente estadístico asociado a la confiabilidad.*
- *SO: Desviación estándar combinada en la estimación de los parámetros y del comportamiento del modelo.*
- *Ke: Módulo de Reacción Efectivo del terreno.*
- *Ec: Módulo de elasticidad del concreto en psi.*
- *S'c: Resistencia a la flexo-tracción del concreto a 28 días.*
- *Cd: Coeficiente de drenaje de la capa granular.*
- *J: Coeficiente de transferencia de carga entre losas.*
- *D: Espesor de la losa de pavimento en pulgadas.*

El valor de desviación estándar normal Zr es el correspondiente a un nivel de confiabilidad R = 95% (Zr = -1.645).

So = *Error estándar combinado de la predicción del tránsito y su desempeño igual a 0.39*

po= *Índice de serviciabilidad Inicial de 4.5.*

pt= *Índice de serviciabilidad final de 2.0.*

ΔPSI= *Diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final 2.5.*

A continuación, se presentan los Módulo Resiliente de la subrasante:

$$MR = 1500 \ x \ CBR \ (psi)$$

Ec= *Módulo de elasticidad, Dependerá del Módulo de rotura del concreto el cual se escoge 4.0 MPa (580.2 psi), recomendada por la AASHTO.*

Ec= *6,750 * MR (psi) = 3916350 psi*

Kc= *Módulo de Reacción compuesto del terreno fundación*

5.1. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO – 1993 SECTOR TEATRINO

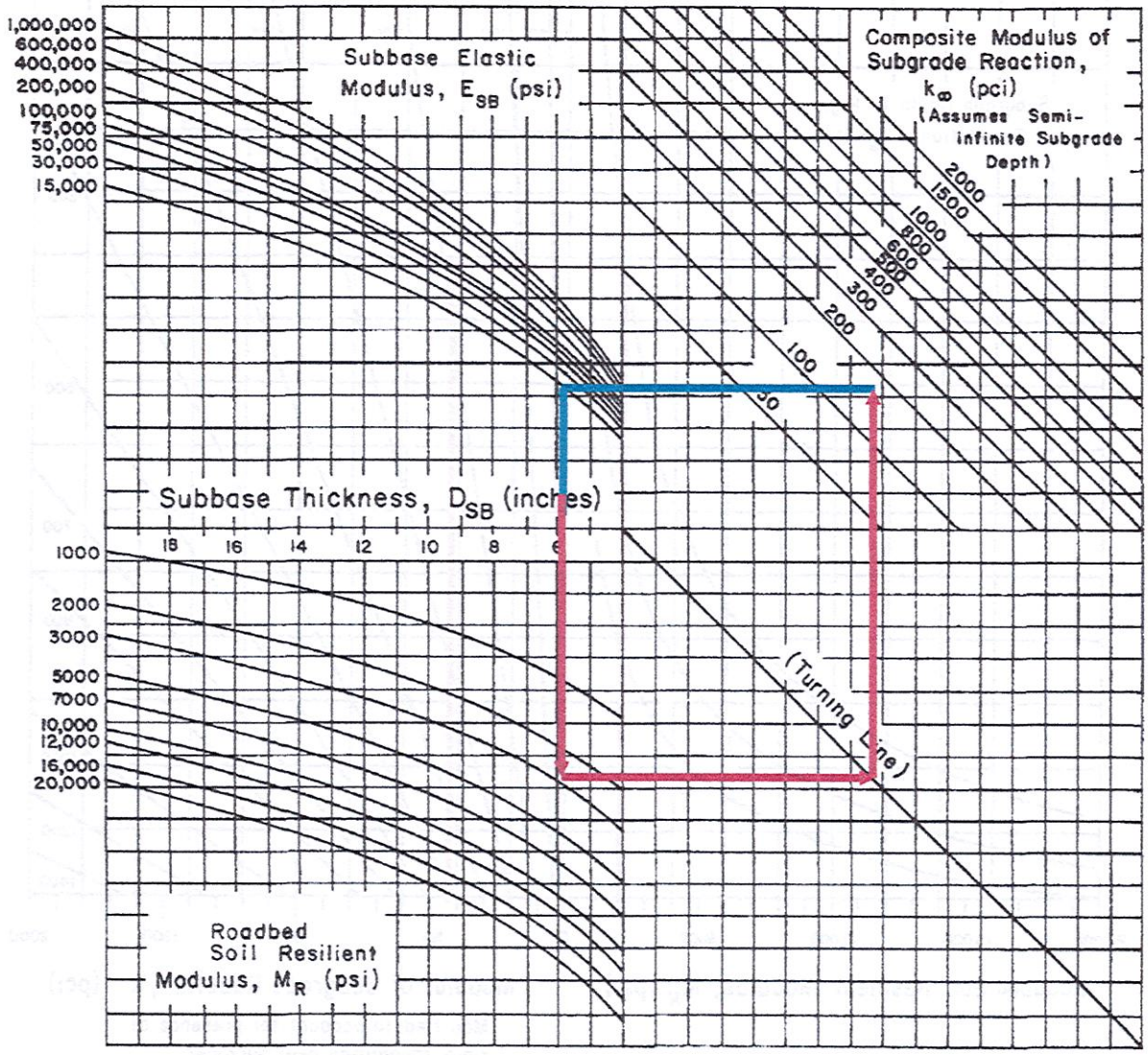


Figura 9. Determinación Módulo Kc
Fuente: AASHTO

D_{SB} (in)	E_{SB} (psi)	Mr (psi)	K_c (pci)
6	15000	4050	190

Tabla 24. Módulo de reacción compuesto del terreno fundación
Fuente: Elaboración propia

Km= *Módulo de Reacción Modificado del terreno*

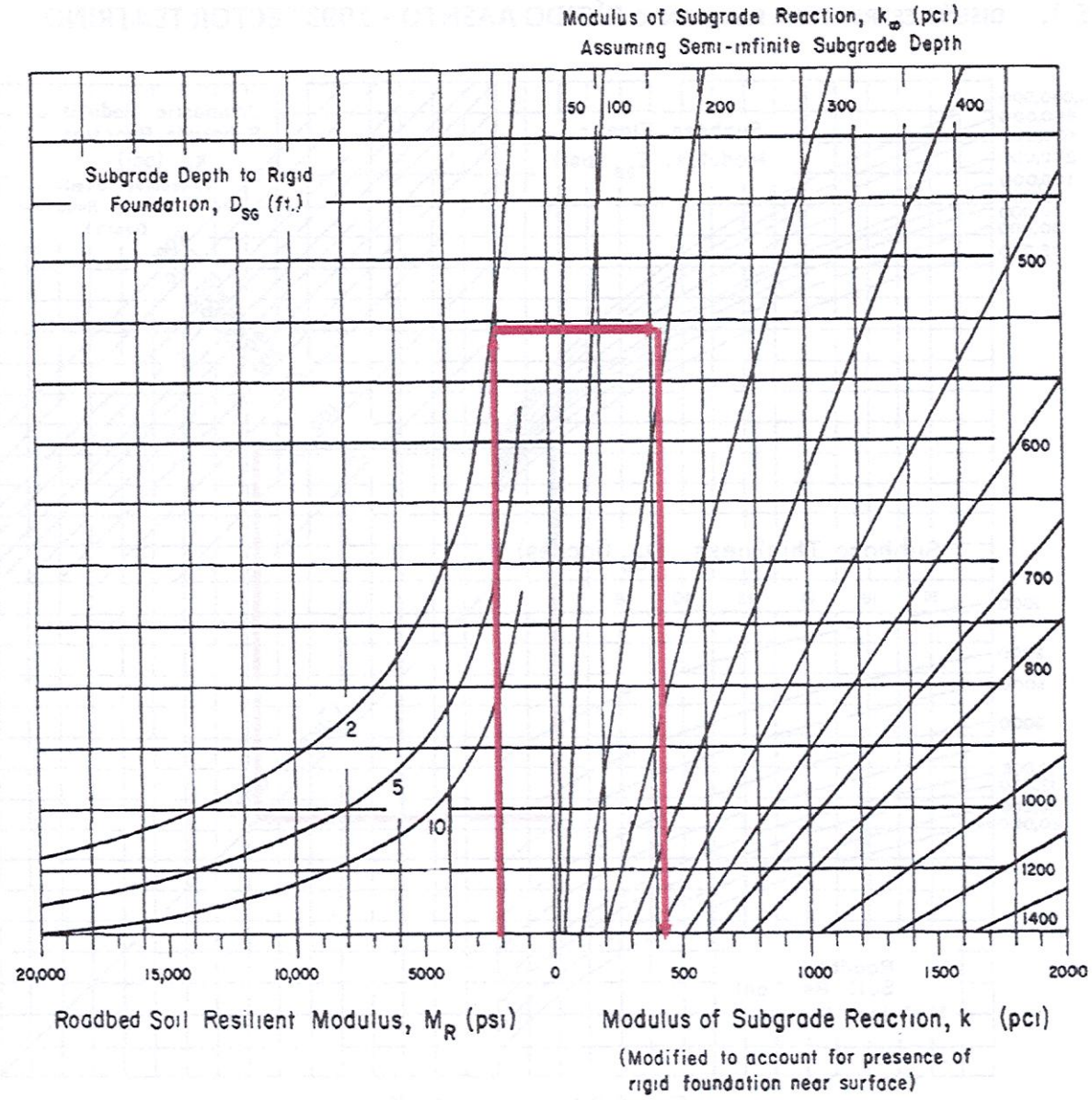


Figura 10. Determinación Módulo Km
Fuente: AASHTO

Mr (psi)	Prof. Estrato Firme (ft)	K_c (pci)	K_m (pci)
4050	2.0	190	450

Tabla 25. Módulo de reacción Modificado del terreno.
Fuente: Elaboración propia

Ke= *Módulo de Reacción Efectivo del terreno*

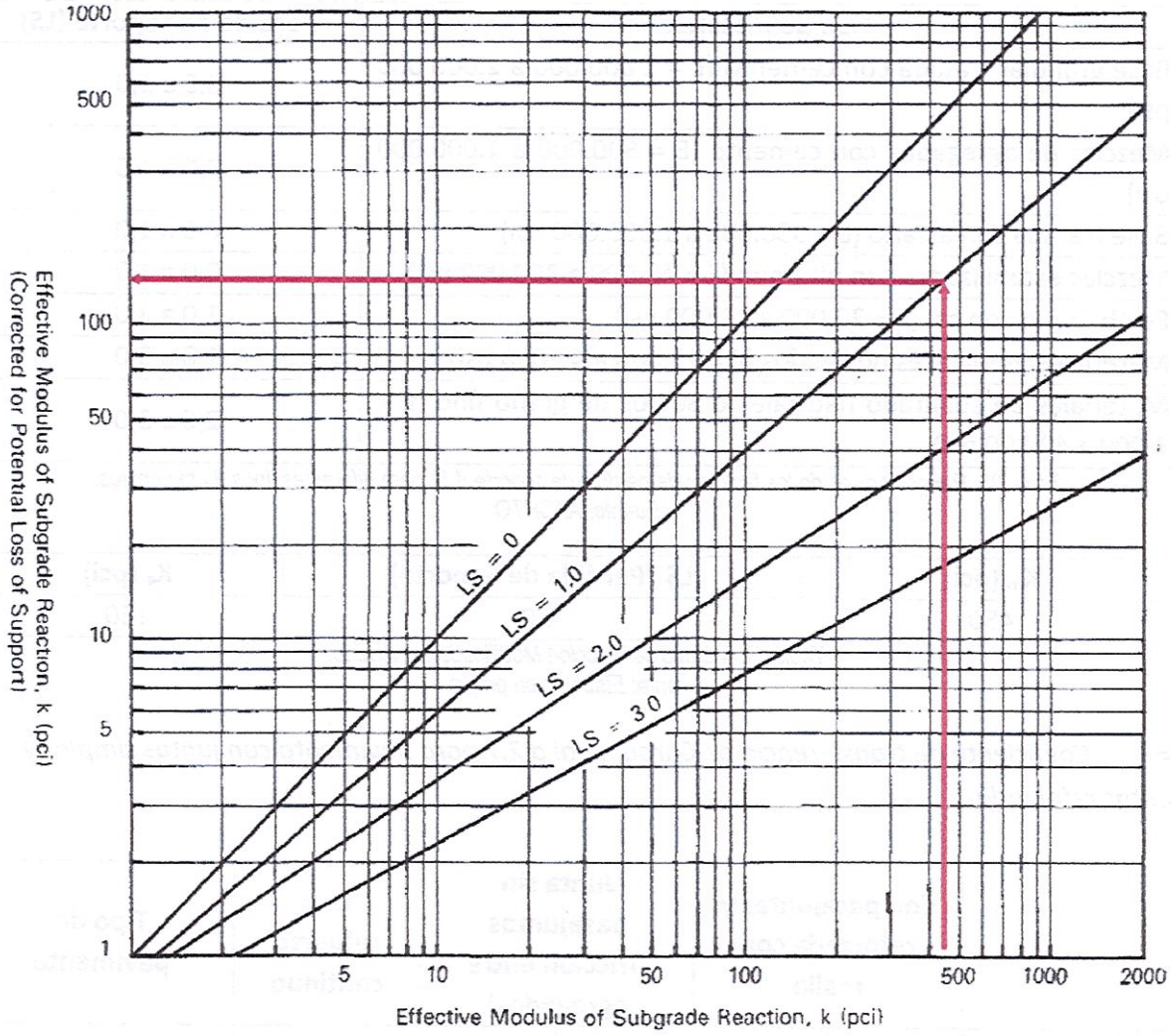


Figura 11. Determinación Módulo Ke
Fuente: AASHTO

Tipo de material	Pérdida de soporte (LS)
Base granular tratada con cemento (E = 1 000.000 a 2.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Base tratada con asfalto (E = 350.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas estabilizadas con bitumen (E = 40.000 a 300.000 psi)	0,0 a 1,0
Estabilizado con cal (E = 20.000 a 70.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales granulares no ligados (E = 15.000 a 45.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales de subgrado naturales o Suelos de grano fino (E = 3.000 a 40.000 psi)	2,0 a 3,0

Tabla 26. Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales.
Fuente: AASHTO

K_m (pci)	LS /Perdida de Soporte)	K_e (pci)
450	1.0	150

Tabla 27. Módulo de reacción Modificado del terreno.
Fuente: Elaboración propia

J= *Coeficiente de transferencia de Carga igual a 2.7 para pavimento con juntas simples y juntas reforzadas.*

	Con pasajuntas y reforzada con malla		Junta sin pasajuntas (fricción entre agregados)		Con refuerzo continuo		Tipo de pavimento
Millones de ejes equivalente	No	Si	No	Si	No	Si	
Hasta 0.3	3.2	2.7	3.2	2.8	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1.0	3.2	2.7	3.4	3.0	-	-	
1.0 – 3.0	3.2	2.7	3.6	3.1	-	-	
3.0 – 10.0	3.2	2.7	3.8	3.2	2.9	2.5	Caminos principales y autopistas
10.0 – 30.0	3.2	2.7	4.1	3.4	3.0	2.6	
Más de 30.0	3.2	2.7	4.3	3.6	3.1	2.6	

Tabla 28. Coeficientes de transferencia de carga recomendados
Fuente: Elaboración propia

Cd= *Coeficiente de drenaje se toma el valor de 1.0 con un buen comportamiento del drenaje.*

W18 (15 Años)	1000000
po	4.5
pt	2.0
ΔPSI	2.5
Confiabilidad	1.00
ZR	-3.09
So	0.4
D_{SB} (in) Asumido	6.0
Percentil	75.0
CBR (%)	2.7
Mr (psi)	4050
K_e (pci)	150
Ec	4112100
S'c (psi)	609.2
Cd	1
J	2.7
D in	8.50
D cm	22

Log (W_{18})	**IGUALDAD**
6.00	6.01

Tabla 29. Diseño de pavimento metodología aashto pavimento rígido sector Teatrino
Fuente: Elaboración propia

D base granular (in)	D base granular (cm)	D losa (in)	D losa (cm)
6.0	15.0	8.5	22.0

Tabla 30. Tabla de espesores de diseño
Fuente: Elaboración propia

5.2. DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO RÍGIDO AASHTO – 1993 SECTOR CARRERA 15 ENTRE CALLE 15 Y 14

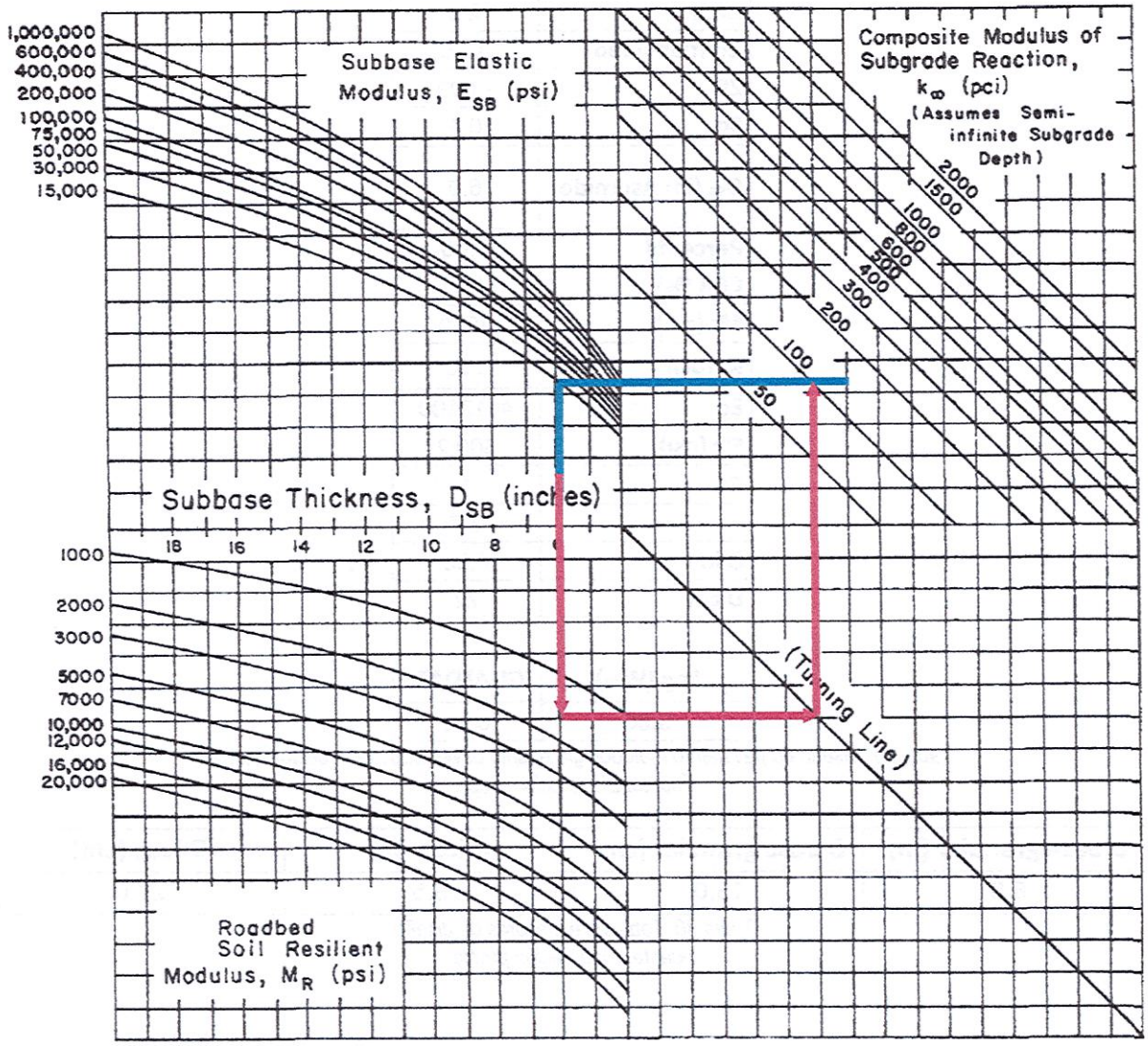


Figura 12. Determinación Módulo Kc
Fuente: AASHTO

D_{SB} (in)	E_{SB} (psi)	Mr (psi)	K_c (pci)
6	15000	1650	100

Tabla 31. Módulo de reacción compuesto del terreno fundación
Fuente: Elaboración propia

Km= *Módulo de Reacción Modificado del terreno*

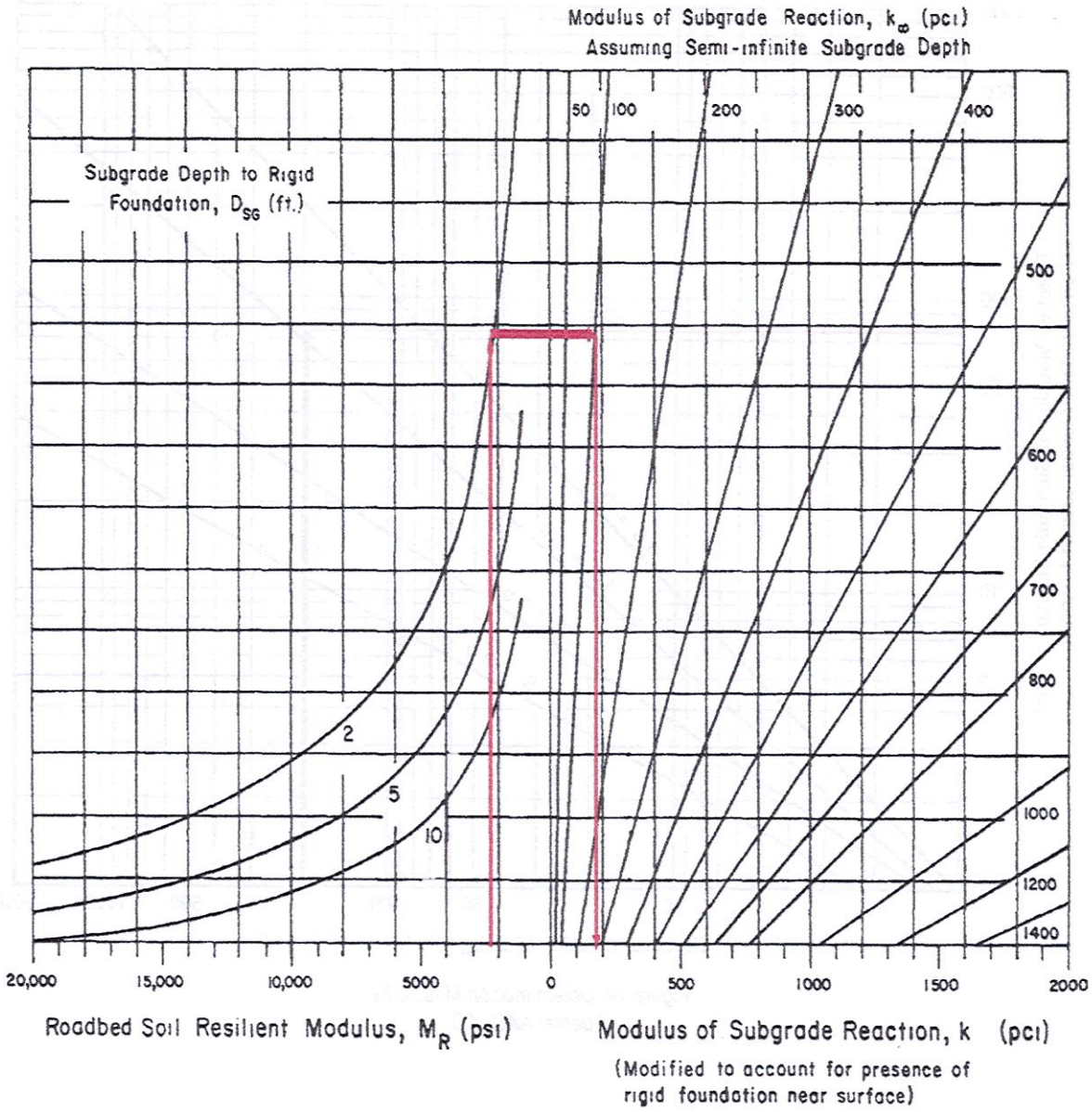


Figura 13. Determinación Módulo Km
Fuente: AASHTO

Mr (psi)	Prof. Estrato Firme (ft)	K_c (pci)	K_m (pci)
1650	2.0	100	200

Tabla 32. Módulo de reacción Modificado del terreno.
Fuente: Elaboración propia

Ke= *Módulo de Reacción Efectivo del terreno*

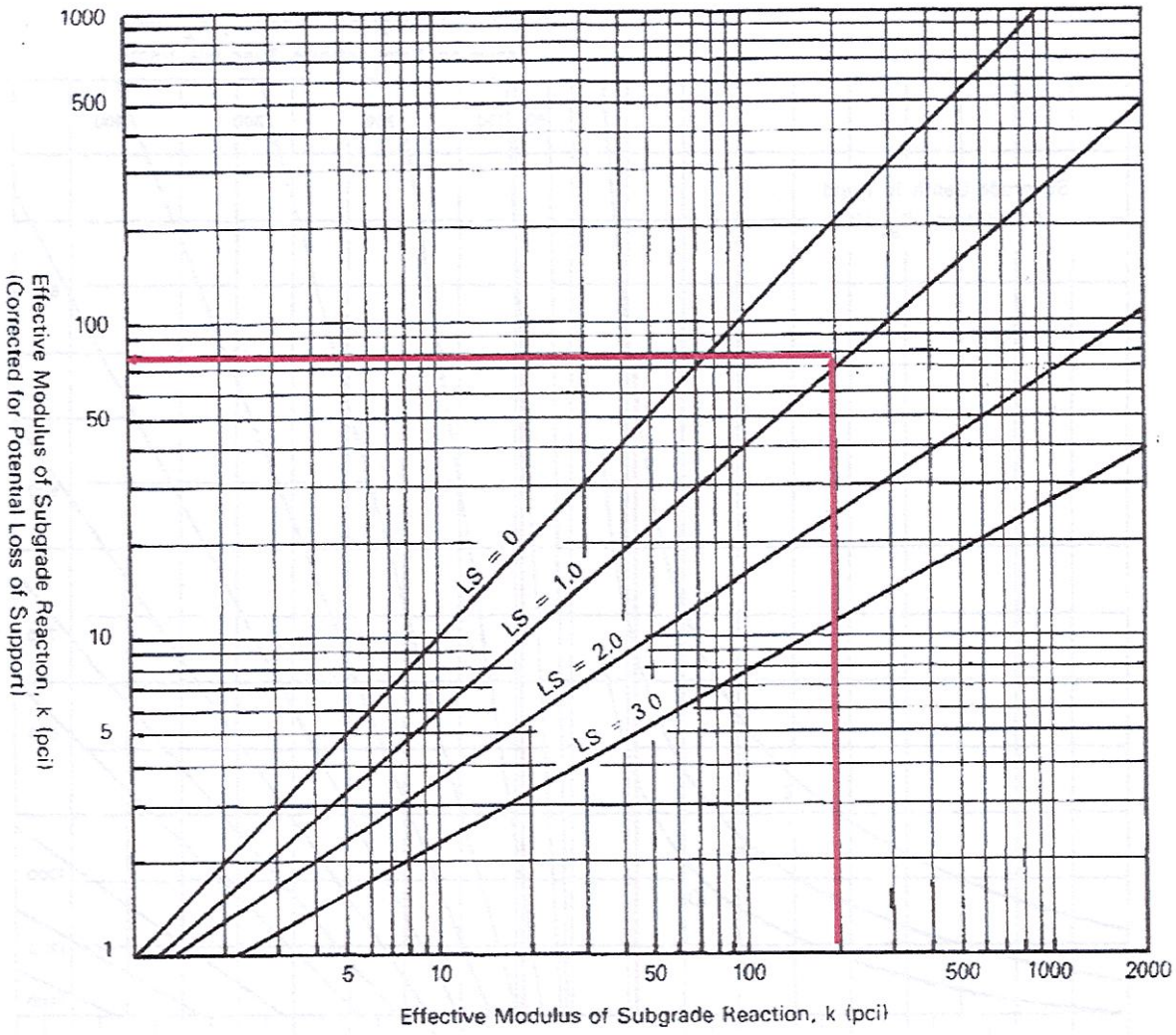


Figura 14. Determinación Módulo Ke
Fuente: AASHTO

Tipo de material	Pérdida de soporte (LS)
Base granular tratada con cemento (E = 1 000.000 a 2.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas de agregados con cemento (E = 500.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Base tratada con asfalto (E = 350.000 a 1.000.000 psi)	0,0 a 1,0
Mezclas estabilizadas con bitumen (E = 40.000 a 300.000 psi)	0,0 a 1,0
Estabilizado con cal (E = 20.000 a 70.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales granulares no ligados (E = 15.000 a 45.000 psi)	1,0 a 3,0
Materiales de subgrado naturales o Suelos de grano fino (E = 3.000 a 40.000 psi)	2,0 a 3,0

Tabla 33. Rangos típicos de los factores de pérdida de soporte (LS) para diferentes tipos de materiales.
Fuente: AASHTO

K_m (pci)	LS /Perdida de Soporte)	K_e (pci)
200	1.0	80

Tabla 34. Módulo de reacción Modificado del terreno.
Fuente: Elaboración propia

J= *Coeficiente de transferencia de Carga igual a 2.7 para pavimento con juntas simples y juntas reforzadas.*

	Con pasajuntas y reforzada con malla		Junta sin pasajuntas (fricción entre agregados)		Con refuerzo continuo		Tipo de pavimento
Millones de ejes equivalente	No	Si	No	Si	No	Si	
Hasta 0.3	3.2	2.7	3.2	2.8	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1.0	3.2	2.7	3.4	3.0	-	-	
1.0 – 3.0	3.2	2.7	3.6	3.1	-	-	
3.0 – 10.0	3.2	2.7	3.8	3.2	2.9	2.5	Caminos principales y autopistas
10.0 – 30.0	3.2	2.7	4.1	3.4	3.0	2.6	
Más de 30.0	3.2	2.7	4.3	3.6	3.1	2.6	

Tabla 35. Coeficientes de transferencia de carga recomendados
Fuente: Elaboración propia

Cd= *Coeficiente de drenaje se toma el valor de 1.0 con un buen comportamiento del drenaje.*

W18 (15 Años)	1000000
po	4.5
pt	2.0
ΔPSI	2.5
Confiabilidad	1.00
ZR	-3.09
So	0.4
D_{SB} (in) Asumido	8.0
Percentil	75.0
CBR (%)	1.1
Mr (psi)	1650
K_e (pci)	80
Ec	4112100
S'c (psi)	609.2
Cd	1
J	2.7
D in	9.50
D cm	25

Log (W_{18})	IGUALDAD
6.00	6.24

Tabla 36. Diseño de pavimento metodología aashto pavimento rígido
Fuente: Elaboración propia

D base granular (in)	D base granular (cm)	D losa (in)	D losa (cm)
6.0	15.0	9.5	25

Tabla 37. Tabla de espesores de diseño
Fuente: Elaboración propia

5.3. REFUERZO PARA LAS JUNTAS PARA PAVIMENTO RÍGIDO:

Las condiciones que deben cumplir las juntas en un pavimento rígido son:

- Buena localización, controlando el agrietamiento previsto causado por cualquier factor.
- Proteger adecuadamente a la subrasante contra la acción de agua, controlado el fenómeno de bombeo y/o deflexión excesiva en los bordes de la junta.
- Transmitir adecuadamente las cargas de una losa a otra, evitando la pérdida en la calidad del rodamiento y fallas por deformaciones excesivas.

Elemento	Medida
Diámetro	1/2 pulgada
Longitud	85 cm
Separación	120 cm

Tabla 38. Juntas longitudinales losa sector Teatrino
Fuente: Elaboración propia

Elemento	Medida
Diámetro	1 1/8 pulgada
Longitud	40 cm
Separación	30 cm

Tabla 39. Juntas transversales losa sector Teatrino
Fuente: Elaboración propia

Elemento	Medida
Diámetro	1/2 pulgada
Longitud	85 cm
Separación	120 cm

Tabla 40. Juntas longitudinales losa sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Elaboración propia

Elemento	Medida
Diámetro	1 1/4 pulgada
Longitud	45 cm
Separación	30 cm

Tabla 41. Juntas transversales losa sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Elaboración propia

La pendiente para el bombeo de los platos de la vía debe ser de 2.0 %; las aguas de escorrentía producidas por el bombeo deben ser debidamente empalmadas al sistema de alcantarilla del sector, para la cual se deben instalar una serie de sumideros de acuerdo al trazado del alcantarillado.

5.4. JUNTAS DE EXPANSIÓN.

En la actualidad se tiene el criterio que las juntas tienen como finalidad principal controlar las grietas causadas por retracción o alabeo, es decir, que las juntas transversales esenciales son las de contracción. Sin embargo, existen múltiples casos en los cuales las juntas de expansión son indispensables, por ejemplo, cuando el pavimento empalma con otras estructuras viales previamente existentes, alrededor de tapas de cámaras, de sumideros o de desagües.

Las juntas de expansión contribuyen a controlar grietas por retracción y alabeo siempre y cuando su construcción sea impecable y el material utilizado sea apropiado y competente.
El material sellante "ideal" debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser impermeable.
- Deformarse sin rotura, de acuerdo con los movimientos que ocurran en la junta.
- Recuperar su forma original después de repeticiones cíclicas de la deformación.
- Permanecer en contacto con las caras de la junta.
- No fluir con la gravedad.
- No reblandecerse excesivamente a las mayores temperaturas de servicio.
- No endurecerse ni tornarse quebradizo a temperaturas bajas de servicio.
- No perder sus cualidades con la edad ni con la acción del medio (clima, tráfico,etc).
- No permitir la intrusión de materiales extraños dentro de la junta.
- En casos especiales, resistir el ataque químico.

Aunque es probable que ningún material cumpla cabalmente con todos los requisitos anteriores, es posible obtener comercialmente sellantes satisfactorios a costos razonables, como el SIKAFLEX-15 LM SL, sellante de poliuretano elastomérico resistente a carburantes de alto desempeño, de fácil colocación y costo moderado, existiendo también otras opciones de materiales sellantes de curado químico, o premoldeados como el neopreno.

El detalle constructivo de las juntas de expansión puede ser asesorado por los proveedores de los productos sellantes, o consultado en manuales, en todo caso, se trata de ranuras con diferente ancho y profundidad según el caso que se requiera, considerando que, si la junta de expansión es longitudinal, deberá hacerse espaciada entre 7.5 y 30.0 m preferiblemente, haciéndola coincidir con las propias juntas longitudinales.

5.5. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Cuando el vaciado del pavimento no permita que se concluya un plato completo, y por tanto no se alcance a ubicar las juntas longitudinales respectivas, se debe utilizar una junta de construcción en polivinilo, dejando la mitad de dicho material embebido en la parte terminal del pavimento vaciado y la otra mitad disponible para ser instalada en la continuación del pavimento en la próxima vaciada. El polivinilo deberá instalarse a todo lo ancho del pavimento construido.

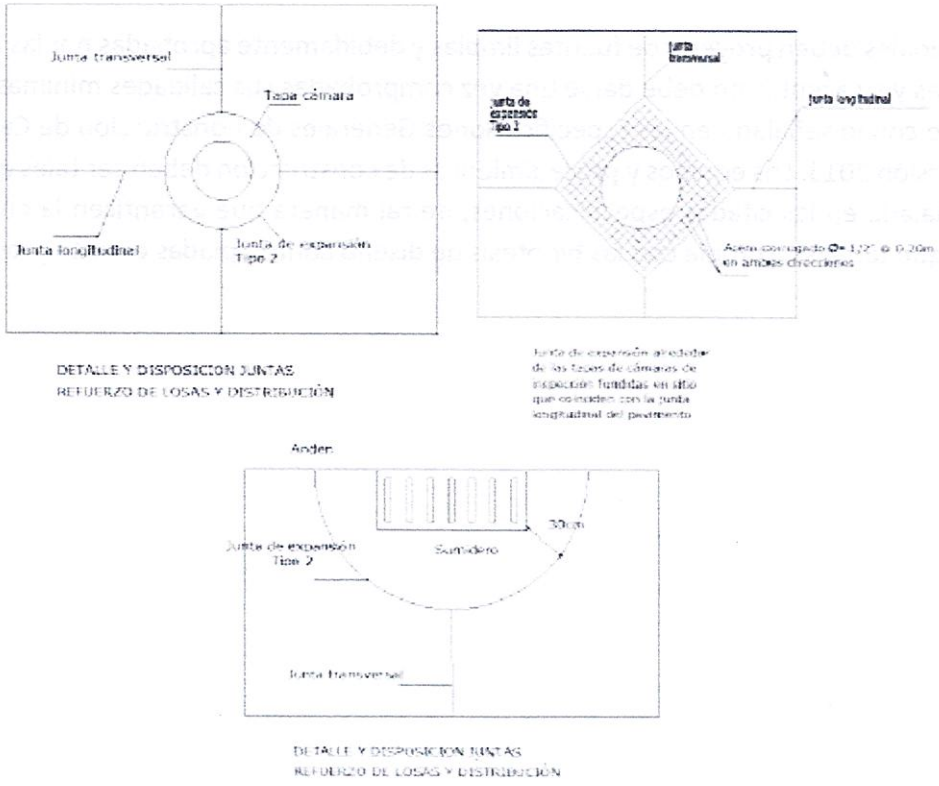


Figura 15. Detalle juntas de construcción
Fuente: Elaboración propia

6 RECOMENDACIONES

6.1. SUBRASANTE

Se deberá tener en cuenta durante las operaciones de explanación de la caja vial que si las características de los suelos de subrasante no corresponden a las reseñadas en este documento, deberá informarse de ello al Consultor para determinar las acciones a tomar.

6.2. DRENAJES

Los pavimentos por construir estarán dotados de un sistema de evacuación tradicional de aguas lluvias como son los sumideros, colectores, pozos de inspección, etc.

6.3. MATERIALES PARA MEJORAMIENTO

Estos materiales deben provenir de fuentes limpias y debidamente aprobadas por las autoridades ambientales y su aceptación debe darse una vez comprobadas sus calidades mínimas aceptables de acuerdo con lo señalado en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS, versión 2013. Los equipos y procedimientos de construcción deben ser tales que cumplan con lo señalado en las citadas especificaciones, de tal manera que garanticen la entrega de un producto que también cumpla con las hipótesis de diseño contempladas en este proyecto.

7 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Con el fin de conocer la topografía actual del predio donde se pretende diseñar la vía de acceso a los predios y conocer el estado actual de las alcantarillas, se hace necesario tener el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de la zona.

Se efectuó en campo el levantamiento topográfico planimétrico, mediante la modalidad de poligonal cerrada con control topográfico, apoyado al sistema de radiaciones a los elementos predominantes del predio, vías, paramento, cámaras, postes, sumideros.

Adicionalmente se realiza Levantamiento estructural infraestructura existente y de redes de servicios públicos.

7.1. PERSONAL REQUERIDO

El personal que compone cada una de las comisiones de topografía utilizadas en el proceso está compuesta por:

- 1 topógrafo con licencia profesional.
- 1 cadenero primero, con experiencia mínima de 12 años.
- 1 cadenero segundo, con experiencia mínima de 8 años.
- 1 dibujante

7.2. EQUIPOS USADOS EN EL LEVANTAMIENTO

Los equipos cuentan con calibración realizada cada seis meses bajo las normas ICONTEC ISO 9001 - ISO 9004

- Vehículo
- Estación total Topcon GTS 239W SERIE 293430.
- Trípodes.
- Prismas.
- Maceta, tachuelas, o puntillas de acero, pintura para tráfico de color visible.
- Computador

7.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO PROCESO DE CAMPO MATERIALIZACIÓN DE LOS DELTAS O PUNTOS DE CONTROL

Se materializaron las estaciones o deltas de control topográfico, Las estaciones se materializaron con taco de madera y estaca de madera testigo de 1 metro de alta. Con el número de la estación.

7.3. GRADO DE PRECISIÓN PLANIMÉTRICO

Grado de precisión planimétrico de la poligonal: fue de 1: 17200 Error de cierre angular según la aproximación del aparato, óptimo en el sistema:

E= a n

a = aproximación del aparato en segundos.

n = número de lados de la poligonal

EQUIPOS DEBIDAMENTE CALIBRADOS ISO 9000.

7.4. METODOLOGÍA PLANIMÉTRICA

Inicialmente se trabajó con la estación electrónica TOPCON GTS 236, la estación toma la información en campo donde se coloque el bastón con el prisma, ubicando los puntos de linderos y los detalles planimétricos se tomaron radiaciones en la parte interna de la finca para tomar los detalles del terreno para la generación de las curvas de nivel cada metro.

Se aplicaron los siguientes principios para la realización de trabajos topográficos detallados.

A. Poligonales:

Las Poligonales se cerraron determinando un óptimo grado de precisión

A los puntos materializados planimétricamente.

Mediante el sistema de radiaciones se les dio coordenadas a todos los elementos estructurales, cajas, vía principal, muros, mallas linderas.

Equipos debidamente calibrados según las normas I.S.O 9000.

8 CONCLUSIONES.

- Con la prospección geotécnica se evaluó las características actuales de la subrasante, por intermedio de los apiques, ensayos de campo y ensayos de laboratorio, se analizaron la capacidad portante de la subrasante.

- Para la obtención del CBR de diseño se tomó el criterio del AASHTO que utiliza el percentil 75. Con estos valores de CBR obtenidos se calculó el módulo de elasticidad de la subrasante a partir de la ecuación MR = 1500 CBR (psi).

- La estructura que se recomienda para el diseño de la vía se dividió en dos alternativas, en cada sector una en pavimento rígido y otra en pavimento flexible, por durabilidad y proceso constructivo se recomienda las alternativas en pavimento rígido

Estructura	Espesores (cm)
Losa en concreto (cm)	22
Subbase Granular (cm)	15

Tabla 42 Resumen Espesor de las Capas Sector Teatrino
Fuente: Metodología AASHTO-93

Estructura	Espesores (cm)
Losa en concreto (cm)	25
Subbase Granular (cm)	15

Tabla 43 Resumen Espesor de las Capas Sector carrera 15 entre calles 14 y 15
Fuente: Metodología AASHTO-93

- La calidad del material de base granular, subbase, asfalto y concreto para ser utilizada en este tipo de soluciones debe cumplir con la especificación INVIAS.

- En caso de que se detecten bolsas o estratos de suelo muy blandos, así como depósitos de materia orgánica o depósitos de relleno, se debe realizar una sustitución en material granular tipo afirmado con una compactación del 95% del Proctor, del espesor del depósito.

9 ANEXOS

Anexo A – Registro fotográfico El Cerrito
Anexo B – Registro de perforaciones
Anexo C – PDC El Cerrito
Anexo D – Ensayos
Anexo E – Levantamiento topográfico
Anexo F – Conteos de transito
Anexo G – Memoria de diseño de pavimentos flexible
Anexo H – Detalles constructivos
Anexo I – Perfil de la vía