"MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN CONCRETO MR 41 (Estampado), EN LA CALLE DE LA LOGIA Y CALLE DE LAS DAMAS, EN EL MUNICIPIO DE MAGANGUE, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR"

DISEÑO PAVIMENTO

SECRETARIA DE PLANEACION

MUNICIPIO DE MAGANGUE

MAYO DEL 2026

CONTENIDO

PAG.

1	INTRODUCCION	4
2	ALCANCES Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
2.1	ALCANCE DEL ESTUDIO	5
2.2	OBJETIVOS	5
2.2.1	OBJETIVOS GENERALES	5
2.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3	LOCALIZACION Y DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO	6
3.1	LOCALIZACIÓN	6
3.2	DESCRIPCIÓN GENERAL	7
3.3	CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS OBJETO DE ESTUDIO	8
3.3.1	ESTADO ACTUAL	8
4.0	ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE	10
4.1	INTRODUCCION	12
4.2	EXPLORACION DE CAMPO Y PERFIL DE SUELOS	12
4.2.1	ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS	13
4..2.2	PROGRAMA DE ENSAYOS DE LABORATORIO	13
4.2.3	INVESTIGACIONES DEL TERRENO Y DEL SUBSUELO	16
4.2.4	MODULO DE REACCION DE LA BUBRASANTE	16
5.0	PROYECCION DEL TRANSITO	14
5.1	PROYECCION DEL TRASITO	17
5.2	DISEÑO ESTRUCTURA PAVIMENTO RIGIDO – METODO PCA	20
5.3	CALCULO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO – METODO PCA	21
5.4	MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO	24
5.5	DISEÑO DE JUTAS	24
5.5.1	JUNTAS LONGITUDINALES	26
5.5.2	JUNTAS TRANSVERSALES	27
5.5.3	SELLADO DE JUNTAS	20

5.5.4	DRENAJE Y CONTROL DE INUNDACIONES	30
5.5.5	MATERIALES DE CAPAS GRANULARES	24
5.6	CHEQUEO METODOLOGIA MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS DE INVIAS	31
5.6.1	TRANSITO	31
5.6.2	CAPA DE SOPORTE 16 CM DE SUBBASE GRANULAR	30
5.6.3	MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO	32
5.6.4	PLACA CONFINADA Y CON PASADORES	32
5.6.5	ESPESORES DE DISEÑO	33
6.0	ANALISIS DE RESULTADO	42
7.0	PLAN DE MANEJO DEL TRANSITO	43
8.0	RECOMENDACIONES GENERALES	44

1. INTRODUCCION

El municipio de Magangué a través de su Secretaría de planeación e infraestructura, con el ánimo de atender los programas de ampliación, mejoramiento y rehabilitación de la red vial del municipio ha adelantado los estudios básicos para el diseño de pavimento hidráulico del proyecto: **"MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN CONCRETO MR 41 (Estampado), EN LA CALLE DE LA LOGIA Y CALLE DE LAS DAMAS, EN EL MUNICIPIO DE MAGANGUE, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR"** y contar con vías en el municipio que permitan un buen tránsito vehicular.

En el presente informe se encuentran las pautas utilizadas en la revisión de la topografía del sector, estudio de suelos, diseño geométrico, estudio de tránsito y las recomendaciones establecidas por el Manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito - INVIAS.

La metodología y procedimientos aquí presentados son parte de una propuesta coherente con las necesidades y alcances de la Alcaldía de Magangue para la elaboración de la propuesta.

2. ALCANCE Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio comprende la revisión, del estudio de suelos y de los aforos vehiculares para el diseño del pavimento rígido de la vía: Carrera 4B Carrera 4A y Carrera 4 del municipio de Magangué departamento de Bolívar.

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 Objetivos Generales

- Definir alternativas de estructura de pavimento rígido para la vía con base a los estudios del tráfico y los resultados del estudio de suelos.

2.2.2 Objetivos Específicos

- Hacer la revisión del diseño geométrico de la vía dadas las características existentes.

- Analizar el estudio de suelo suministrado por el ingeniero geotecnista para determinar las alternativas de solución para la estructura de pavimento.

- Analizar la caracterización del tránsito a partir de los conteos vehiculares.

- Diseñar la estructura del pavimento rígido por el método PCA.

- Diseñar la estructura del pavimento rígido por el método INVIAS.

3. LOCALIZACION Y DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACION

En la Figura 1. “Localización del proyecto”, se presenta la ubicación del proyecto objeto de intervención.

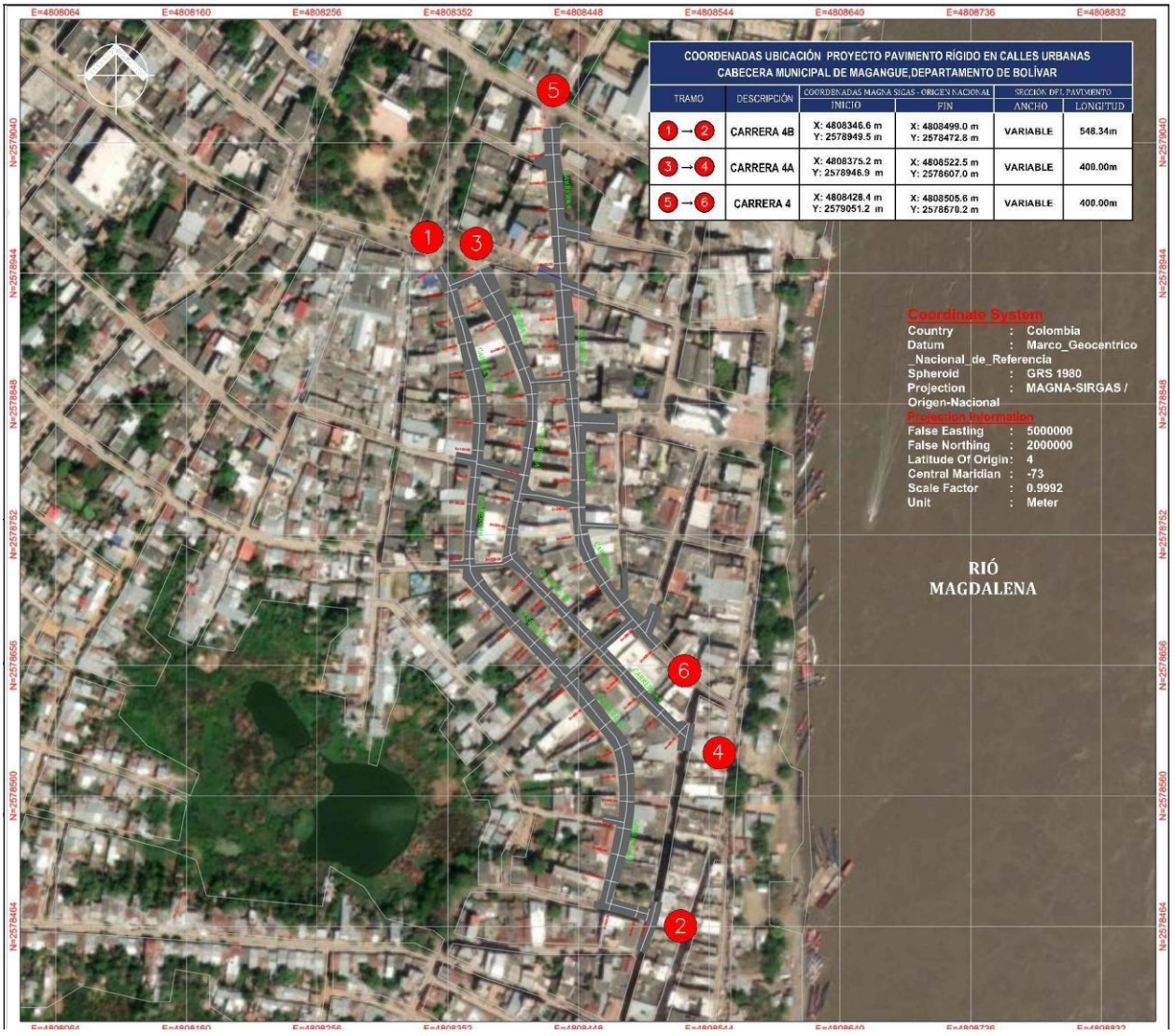


Figura 1. Localización del proyecto – imagen satelital

3.2 DESCRIPCION GENERAL

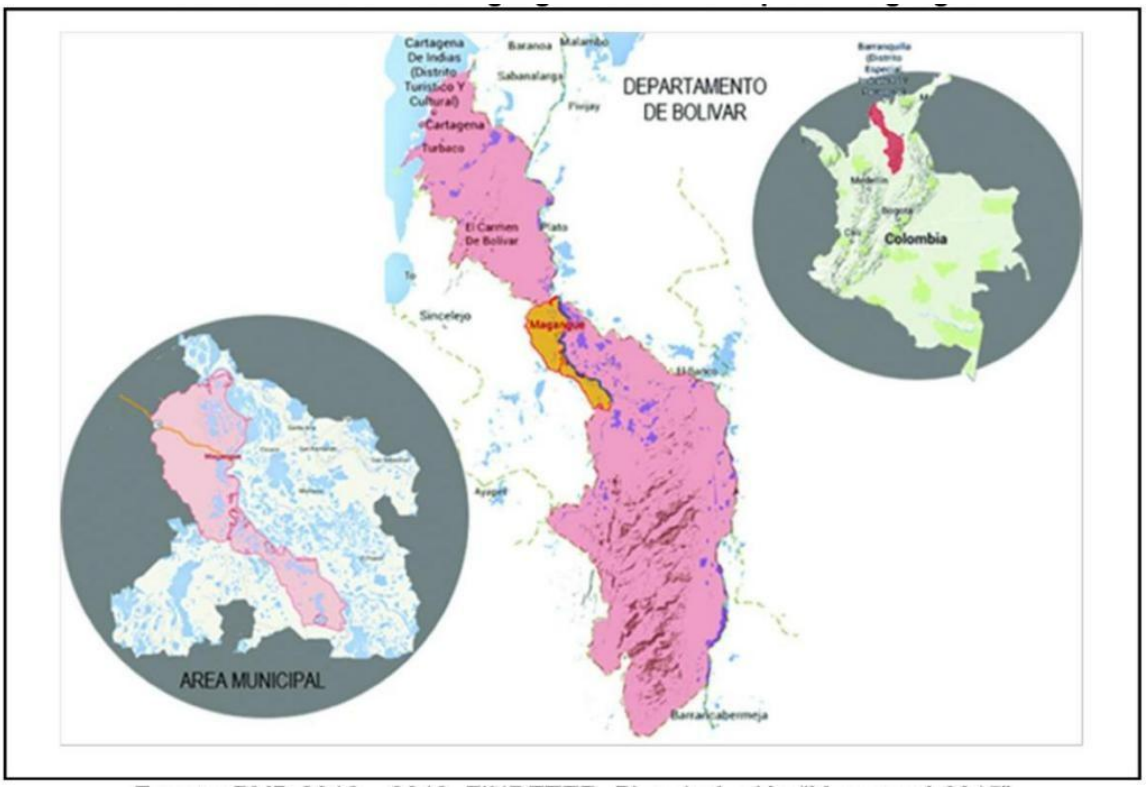
3.2.1 Descripción Física

El municipio de Magangué se encuentra ubicado en el centro del departamento de Bolívar con coordenadas geográfica 9°14′48″N latitud y 74°45′34″O longitud, en la margen occidental del río Magdalena y hace parte de la región geográfica natural denominada Depresión Momposina. Sus límites son los siguientes:

3.2.2 Límites del municipio

- Al norte limita con el municipio de Córdoba.
- Al sur con los municipios de Pinillos y Achí
- Al occidente con el departamento de Sucre.
- Al oriente con los municipios de Cicuco, Mompos y Pinillos.

Figura 2. Localización geográfica del municipio de Magangué Bolívar



3.2.3 Vías de comunicación

Terrestres: Magangué posee dos vías de acceso:

- La primera, por la vía Puerta de Hierro (El Bongo), hasta el casco urbano de Magangué. Esta vía comunica al municipio de Magangué con las ciudades de Cartagena, Barranquilla, Sincelejo, Montería, Medellín y Bogotá.
- La segunda, es la interconexión vial Yatí - Bodega, en la cual podemos encontrar uno de los puentes más largos de América Latina. Esta vía comunica a Magangué con Mompox, El Banco, Valledupar, entre otros municipios.

Magangué posee la Terminal Multimodal de Transportes Diego de Carvajal T. que solamente ha entrado en operación fluvial, pero cuenta con un sitio en donde hay destinos principalmente a Cartagena, Barranquilla, Sincelejo, Bogotá y Medellín; además por la zona quedan hoteles, restaurantes, supermercados y almacenes. Sin embargo, Magangué requiere de una terminal terrestre reglamentaria, ya que la terminal fluvial de pasajeros es insuficiente y anti-técnica para este servicio.

Transporte fluvial: La principal vía fluvial de acceso a la ciudad es el Río Magdalena. Magangué posee la Terminal Multimodal de Transportes Diego de Carvajal T. conectada con el Antiguo Puerto Fluvial de Magangué a donde llegan diferentes embarcaciones principalmente de Santa Cruz de Mompox, El Banco, Santa Ana y Barrancabermeja. Esta movió para el 2012 cerca de 600 000 personas, convirtiéndose así en la Terminal Fluvial con mayor movimiento del país, y una de las de mayor movimiento en América. En 2015 se inauguraron tres nuevos muelles y un nuevo Puerto Fluvial.

Transporte aéreo: La dos única entrada a la ciudad por medio aéreo es el Aeropuerto Las Brujas de Corozal, Sucre, y el Aeropuerto de San Bernardo de

Mompox ubicada en la villa de Mompox. Anteriormente se utilizaba el Aeropuerto Baracoa de Magangué este tuvo bajas en el tráfico aéreo y tuvo cese de operaciones comerciales; En este solamente pueden aterrizar aviones tipo DC-4.

3.2.4 Topografía

El municipio presenta en su topografía un relieve ligeramente plano, con pendientes que oscilan entre el 0.3% y el 5%. La hidrografía del municipio de Magangué está localizada en la zona con el mayor número de ciénagas del país: 320 000 hectáreas de las 478 419 del inventario nacional correspondiente a las cuencas del Río Magdalena, que incluye el bajo San Jorge y el bajo Cauca. El territorio que hoy ocupa Magangué está a orillas del antiguo brazo de Loba cuando el río Cauca vertía sus aguas en la Boca de Tacaloa. Hoy lo hace en la Boca de Guamal, por ese motivo se deduce que los primeros habitantes de Magangué fueron de origen zenú.

3.3 Característica de la Vías Objeto del Proyecto

El proyecto contempla el MEJORAMIENTO DE VIAS URBANAS EN CONCRETO MR 41 (Estampado), EN LA CALLE DE LA LOGIA Y CALLE DE LAS DAMAS, EN EL MUNICIPIO DE MAGANGUE, DEPARTAMENTO DE BOLIVAR”.

3.3.1 Estado actual

La vía a objeto de estudio cuenta con un pavimento rígido deteriorado por el tiempo y por el excesivo tránsito vehicular de más de 20 años.

3.3.2 Longitud de la vías del proyecto.

TABLA 1: Tramos a intervenir:

COORDENADAS UBICACIÓN PROYECTO PAVIMENTO RÍGIDO EN CALLES URBANAS CABECERA MUNICIPAL DE MAGANGUE,DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR					
TRAMO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS MAGNA SIGAS - ORIGEN NACIONAL		SECCIÓN DEL PAVIMENTO	
		INICIO	FIN	ANCHO	LONGITUD
1 → 2	CARRERA 4B	X: 4808346.6 m Y: 2578949.5 m	X: 4808499.0 m Y: 2578472.8 m	VARIABLE	548.34m
3 → 4	CARRERA 4A	X: 4808375.2 m Y: 2578946.9 m	X: 4808522.5 m Y: 2578607.0 m	VARIABLE	400.00m
5 → 6	CARRERA 4	X: 4808428.4 m Y: 2579051.2 m	X: 4808505.6 m Y: 2578670.2 m	VARIABLE	400.00m

4. ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE

4.1 INTRODUCCION

El presente capítulo comprende un resumen de los aspectos generales relacionados con la información obtenida de los apiques y la respectiva caracterización de los suelos encontrados a lo largo del corredor de la vía, en este caso enfocados principalmente al diseño de alternativas para el mejoramiento mediante pavimento en concreto hidráulico de la vía.

Los aspectos presentados aquí son de tipo general y no descartan la necesidad de realizar análisis detallados en aquellos sitios donde las condiciones de estabilidad así lo requieran.

La información presentada en este capítulo compila las diferentes actividades de campo y laboratorio realizadas a lo largo del corredor estudiado por el Ingeniero Geotecnista.

4.2 EXPLORACION DE CAMPO Y PERFIL DE SUELOS

El programa de exploración de la estructura existente está basado en apiques mecanizados en diferentes puntos de la vía, con determinación de características de soporte de subrasante por medio de la determinación del CBR y la realización posterior de ensayos de clasificación en laboratorio.

Además de lo anterior se tomaron los perfiles estratigráficos respectivos. La profundidad máxima de exploración del estudio de suelo suministrado fue de 1.5 m hasta encontrar el material de sitio o capa de subrasante.

La exploración de campo para el desarrollo del presente proyecto se hizo mediante la realización de sondeos distribuidos de acuerdo a la planificación del estudio geotécnico.

Tabla 2. Características y localización de sondeos

APIQUE No.	Profundidad alcanzada (cm)	Coordenadas		Ubicación
AP-1	150	9°13'57.81"N	74°44'38.34"W	CARRERA 4B
AP-2	150	9°14'02.57"N	74°44'39.62"W	CARRERA 4B
AP-3	150	9°14'05.56"N	74°44'39.95"W	CARRERA 4B
AP-4	150	9°14'5.92"N	74°44'41.86"W	CARRERA 4A
AP-5	150	9°14'0.04"N	74°44'41.10"W	CARRERA 4A
AP-6	150	9°13'54.31"N	74°44'38.54"W	CARRERA 4A
AP-7	150	9°13'54.31"N	74°44'38.54"W	CARRERA 4
AP-8	150	9°14'3.43"N	74°44'42.10"W	CARRERA 4

Fuente del geotecnista

4.2.1 Almacenamiento y transporte de muestras

Las muestras fueron almacenadas, numeradas y manejadas teniendo en cuenta mantener su integridad y humedad natural, para garantizar la confianza en los resultados de las pruebas de laboratorio.

4.2.2 Programa de ensayos de laboratorio

Las muestras tomadas en campo, se sometieron a un programa de ensayos de laboratorio, el cual ha contemplado las pruebas tanto para la clasificación de los suelos como para determinar su comportamiento físico-mecánico. Con base en

estos resultados se realizó la caracterización geotécnica de los suelos, lo cual sirve de base para los análisis de las estructuras de pavimento, siguiendo las recomendaciones realizadas por el geotecnista.

Para desarrollar el trabajo anterior, fue necesario el desplazamiento a la zona de un grupo humano, encabezado por un ingeniero Geotecnista, para la realización de las perforaciones y toma de muestras.

Con la finalidad de determinar las características físicas de las muestras de suelo, se realizaron los siguientes ensayos índices.

Tabla 3. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio.

ENSAYO	CANTIDAD
Granulometría y limites	18
Peso unitario	12
Humedad natural	18
CBR inalterado	3

.

Tabla 4. Ensayos de clasificación de apiques para vías**.**

APIQUE	PROFUNDIDAD		PROPIEDADES FÍSICAS									
	Inicio	Final	Limite Liquido	Limite Plástico	Índice Plástico	Humedad	% Gravas	% Arenas	% Finos	Tipo de suelo		Potencial de Expansión
	cm	cm	%	%	%	%	%	%	%	SUCS	AASTHO	
1	20	40	NL	NP	NP	5,92	10,70	76,10	13,20	SM	A-2-4	No Expansiva
	40	150	43,51	23,36	20,15	11,54	3,70	66,40	29,90	SC	A-2-7	Altamente Expansiva
2	20	40	NL	NP	NP	6,21	11,50	73,60	14,90	SM	A-1-b	No Expansiva
	40	150	43,09	23,32	19,78	11,46	3,20	64,00	32,80	SC	A-2-7	Moderada
3	20	40	NL	NP	NP	6,24	12,00	74,80	13,20	SM	A-1-b	No Expansiva
	40	150	43,82	22,30	21,52	11,37	2,60	64,40	33,00	SC	A-2-7	Altamente Expansiva
4	15	65	NL	NP	NP	6,18	10,50	75,80	13,70	SM	A-2-4	No Expansiva
	65	150	25,27	19,81	5,46	14,29	8,70	58,10	33,20	SC-SM	A-2-4	No Expansiva
5	15	65	NL	NP	NP	6,20	10,90	75,70	13,40	SM	A-2-4	No Expansiva
	65	150	25,29	20,41	4,88	14,23	8,70	57,10	34,20	SC-SM	A-2-4	No Expansiva
6	20	70	NL	NP	NP	6,13	10,40	75,80	13,80	SM	A-2-4	No Expansiva
	70	150	NL	NP	NP	14,75	4,40	73,30	22,30	SM	A-2-4	No Expansiva
7	10	30	NL	NP	NP	6,13	10,00	77,30	12,70	SM	A-1-b	No Expansiva
	30	150	52,01	28,49	23,53	36,74	26,30	48,10	25,60	SC	A-2-7	Altamente Expansiva
8	20	50	NL	NP	NP	6,34	9,80	78,50	11,70	SP SM	A-1-b	No Expansiva
	50	150	27,25	20,30	6,95	10,33	0,00	15,60	84,40	CL-ML	A-4	No Expansiva

A continuación, resumen de propiedades mecánicas:

APIQUE	PROPIEDADES MECANICAS			
	CBR ANTES DE INMERSIÓN	CBR DESPUES DE INMERSIÓN	MÓDULO DE REACCIÓN	PRESIÓN ADMISIBLE
	%	%	MPa/m	
1	7,64	2,85	26,92	Bajo
2	8,02	2,70	25,90	Bajo
3	5,09	3,22	29,40	Bajo
4	4,79	2,10	21,64	Bajo
5	3,75	0,45	7,21	Bajo
6	7,64	2,85	26,92	Bajo
7	8,02	2,70	25,90	Bajo
8	5,09	3,22	29,40	Bajo

4.2.3 INVESTIGACIONES DEL TERRENO Y DEL SUBSUELO

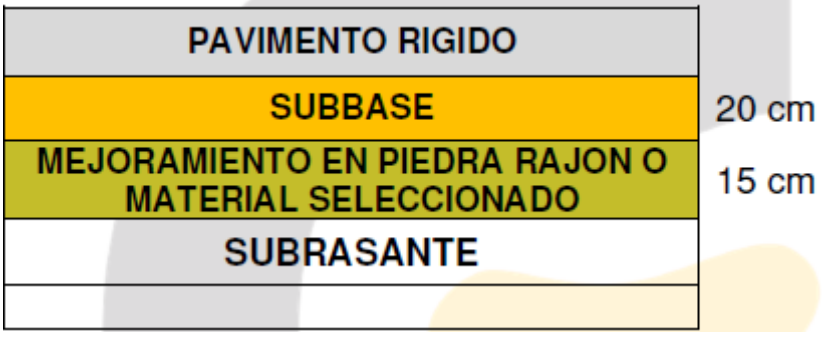
De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio geotécnico para la construcción de pavimento rígido, el geotecnista recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante removiendo una capa con un espesor mínimo de 15cm en piedra rajón o material seleccionado y así obtener un CBR combinado de 4.07%.

Tabla 5. Espesor mínimo de material natural reemplazado por el material de mejoramiento de subrasante.

Radio de carga (cm)	Módulo de reacción inferior (kg/m2)	Módulo de reacción superior (kg/m2)	n	h1 (cm) Espesor de Mejoramiento	$h1 \cdot n/2a$	$arc\ \tan(h1 \cdot n/2a)$	Eequiv	CBR (%)
15	258,73	601,63	1,40	15	0,70	0,61	354,29	4,07

Fuente: Estudio geotécnico

Figura 3. Características de la fundación recomendada por el geotecnista



Fuente: Estudio geotécnico

4.2.4 Módulo de reacción de la subrasante (K)

El módulo de reacción del suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural en donde se soportará el cuerpo del pavimento, como se realizará un mejoramiento de la subrasante al terreno natural se trabajará con ese CBR combinado para obtener el (K).

El valor del módulo de reacción (K) se puede obtener mediante la siguiente expresión K (Kg/cm^3) = 0,25+5,15*Log (CBR)

K=0.25+5.15*Log (4.07) =3.39 Kg/cm^3 = 33.9 MPa/m

Consideramos 0,20 m de Subbase granular se calcula el módulo de reacción “k” combinado para fines de diseño del pavimento. (Tabla 6).

Valor de k para subrasante		Valor de k para la base							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
MPa/m	Lb/pulg³	MPa/m	Lb/pulg³	MPa/m	Lb/pulg³	MPa/m	Lb/pulg³	MPa/m	Lb/pulg³
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Tabla 6. Efecto de la sub base granular sobre el valor de K.

- **Interpolación para un espesor de subbase de 200mm**

150	44.63
200	49.71
225	52.25
Calcular Reiniciar	

$K_{comb.}$ = 49.71 MPa/m para un espesor de subbase de 200mm.

5. ESTUDIO DE TRÁNSITO

5.1 PROYECCION DEL TRÁNSITO

Para la vía en estudio se hicieron conteos vehiculares en el sector más crítico que corresponde a la Carrera 4A. El aforo vehicular se realizó por siete (7) días para obtener el Tránsito Diario Semanal (Tds), se pudo observar vehículos tipo C2 y C3 por ser una zona comercial.



Figura 3: localización de la estación de aforo vehicular

Tabla 7. Composición del tránsito vehicular

RESUMEN

FECHA:	DIA 1							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	110	15	12	8	2	0	0	147
% VEHICULO	74.83%	10.20 %	14.97%					100%

FECHA:	DIA 2							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	90	7	10	4	2	0	0	113
% VEHICULO	79.65%	6.19%	14.16%					100%

FECHA:	DIA 3							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	130	8	14	4	3	0	0	159
% VEHICULO	81.76%	5.03%	13.21%					100%

FECHA:	DIA 4							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	110	9	5	4	2	0	0	130
% VEHICULO	84.62%	6.92%	8.46%					100%

FECHA:	DIA 5

	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	150	6	11	5	3	0	0	175
% VEHICULO	85.71%	3.43%	10.86%					100%

FECHA:	DIA 6							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	200	8	13	5	4	0	0	230
% VEHICULO	86.96%	3.48%	9.57%					100%

FECHA:	DIA 7							
	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	170	7	12	6	5	0	0	200
% VEHICULO	85.00%	3.50%	11.50%					100%

TPDs			C2					
	AUTOS LIVIANOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5	C3S3	SUMA
TPD	137	9	11	5	3	0	0	165
% VEHICULO	83.19%	5.20%	11.61%					100%
			57.46 %	26.87%	16%	0%	0%	100%

5.2 Periodo de Diseño

Según el manual de Invías “se considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección”, para este proyecto se considera un periodo de diseño de 20 años como recomienda el manual de diseño de Invías.

Tabla 8. Periodo de diseño

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

5.3 Cálculo del espectro de carga.

Para este proyecto no se cuentan con series historias de conteo vehicular, por lo cual se estimará el volumen vehicular mediante una ecuación de crecimiento exponencial, presentada en el manual de diseño de pavimentos con medios y altos volúmenes de tránsito.

$$N = (No) * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

N= Es el número de vehículos que circulan durante el periodo de diseño:

No= Es el número de vehículos en el año 0 de puesta de servicio la vía.

r= Es la tasa de crecimiento anual de vehículos.

n= Número de años del periodo de diseño.

Tabla 9. Tasa de crecimiento.

TPDs	Tasa de crecimiento (%)				# Estaciones analizadas
	Total vehículos		vehículos comerciales		
	Rango	Promedio	Rango	Promedio	
> 500	2.0 - 4.0%	3.60%	2.0 - 4.0%	2.9%	28
500 - 1000	3.0 - 6.0%	3.40%	2.0 - 4.0%	2.6%	49
1000 - 2500	3.0 - 6.0%	4.30%	2.0 - 5.0%	3.3%	134
2500 - 5000	3.0 - 6.0%	4.30%	3.0 - 5.0%	3.4%	144
5000 - 10000	3.0 - 6.0%	4.50%	3.0 - 5.0%	3.8%	146
>10000	3.0 - 6.0%	4.50%	3.0 - 6.0%	3.8%	89

La tasa de crecimiento vehicular para este proyecto se estimará en 2% anual. Un rango aceptable para vías de bajo volúmenes de tráfico, como se muestra en la tabla 9. Los cálculos de los vehículos totales para el periodo de diseño.

Tabla 10. Número de vehículos totales para el periodo de diseño.

Número de vehículos totales para el periodo de diseño de 20 años.		
Tipo de vehiculos	**No**	**N(20 años)**
Buses	9	76016
C2	16	143164
C3	3	26606
C3S3	0	0

Tabla 11. Composición vehicular por pesos máximo.

Eje / Vehiculo	Simple (Ton)	Simple doble (Ton)	Tamden (Ton)	Tridem (Ton)	Peso Total (Ton)
Buses	4	6			10
C2	6	10			16
C3	6		22		28
C3S3	6		22	24	52

A continuación, se procede a calcular los espectros de cargas como se muestra en la siguiente tabla 10.

Tabla 12. Espectro de carga.

Espectro de carga.				
Tipo de eje	**Peso max**	**N° de Repeticiones**	**Factor carril**	**N° Total**
Secillo	**6**	**245785**	**0.5**	**122893**
Sensillo Dual	**10**	**152033**		**76016**
tandem	**22**	**26606**		**13303**
trindem	**24**	**0**		**0**

6.0 PARAMETRO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO

6.1 Modulo de rotura del concreto

El manual de diseño de pavimentos de concretos de bajo, medios y altos volúmenes de tráfico, recomienda utilizar valores entre el rango de 3.8 a 4.5 Mpa, para este proyecto se determinó utilizará un valor modular mayor o igual a 4.1 MPa, es el parámetro fundamental para prevenir el criterio de falla por fatiga.

6.2 Factores de ajuste

La metodología PCA-84 considera entre sus parámetros dos factores de ajustes, el factor de ajuste por carga y el factor de ajuste por tránsito como se presentan a continuación.

6.2.1 Factor de seguridad carga.

Este proyecto se considera que el tráfico es de bajo volumen, lo cual el factor de será de 1.0, el cual afecta la carga del espectro de carga.

Tabla 13. Factor de carga.

FSC	
Tránsito	**Factor**
Bajo	1.0
Medio	1.1
Alto	1.2
Especial	1.3

6.2.2 Factor de mayoración de repeticiones

Para el proyecto se tomó una tasa de crecimiento anual del 2% y un periodo de diseño de 20 años lo cual establece un factor de 1.2, el cual afecta las repeticiones esperadas para dar un margen de seguridad por motivos

Tabla 14. factor de mayoración de repeticiones.

Tasas anuales de crecimiento de tránsito y sus correspondientes factores de proyección		
Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3.5	1.4	2
4	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6	1.8	3.2

7.0 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

7.1 METODO PCA 84

Este método utiliza los modelos de falla por fatiga y de fallas por erosión de la cimentación del pavimento permitiendo evaluar los esfuerzos del suelo versus la resistencia del concreto a la rotura obteniendo el número de repeticiones admisibles para una carga o rango de cargas lo cual se confronta con el número de repeticiones esperadas. La sumatoria de los consumos de fatiga y erosión deberán ser inferiores al 100%.

Para el dimensionamiento de la estructura utilizaremos el software BS-PCAA desarrollado en la Universidad del Cauca, por los ingenieros Efraín de Jesús Solano Fajardo y Carlos Alberto Benavides Bastida, esta herramienta de licencia gratuita, se soporta en el método de PCA-84 para pavimentos rígidos, este software permite la interacción rápida, evitando los monogramas del método.



Figura 4. software BS-PCAA

Datos:

Módulo de Rotura de la Losa (Mr) = 4.1 Mpa

Juntas con dovelas: Si

Bermas en Concreto: No (Condición más crítica)

Factor de seguridad de carga FSC = 1,0

Factor de mayoración de repeticiones FMR =1.20

Periodo de diseño T = 20 años

$K_{comb.}$ = 47.26 MPa/m

Cálculo de la estructura de pavimento-método PCA e=20cm



Figura 5. Cálculo de espesor. Programa PCA 1984

Con el fin de ofrecer alternativas para el espesor de la placa de concreto se efectúa la sensibilización o interacciones con varios espesores y módulo de rotura del concreto, para poder elegir con criterio nuestro espesor de diseño final del pavimento.

- **Análisis de sensibilidad**

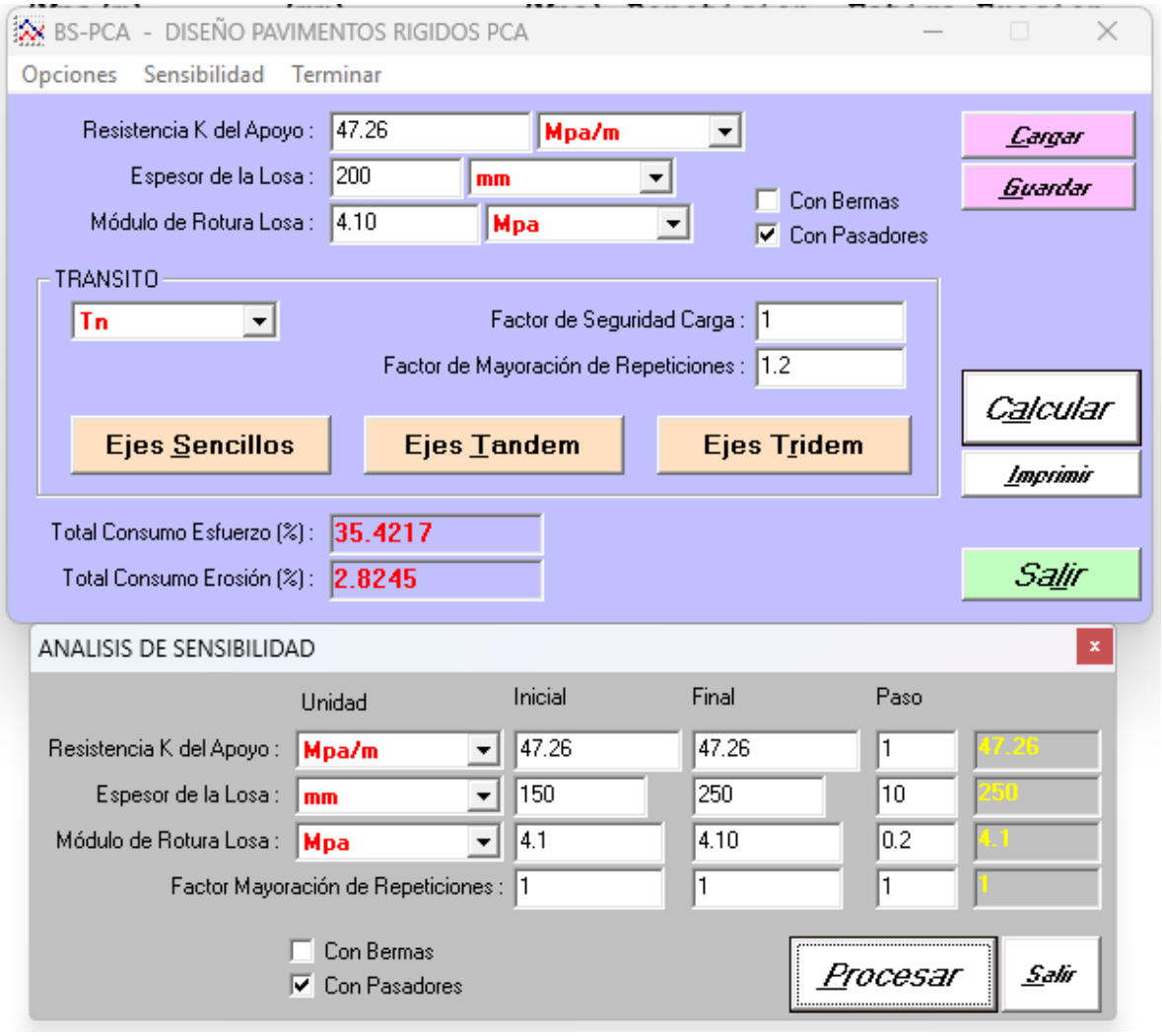


Figura 6. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Conforme al resultado obtenido se tiene;

DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS – METODO PCA
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Software : BS-PCA

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

K_Subrasante (Mpa/m)	Espesor (mm)	Modulo_Rotura (Mpa)	Factor May Repeticion	Consumo Fatiga	Consumo Erosion
47.3	180.00	4.1	1.0	327.59	5.96
47.3	190.00	4.1	1.0	96.25	3.71
47.3	200.00	4.1	1.0	29.52	2.35
47.3	210.00	4.1	1.0	6.27	1.51
47.3	220.00	4.1	1.0	0.50	0.97
47.3	230.00	4.1	1.0	0.00	0.62
47.3	240.00	4.1	1.0	0.00	0.40
47.3	250.00	4.1	1.0	0.00	0.25

De acuerdo con los datos arrojados por el programa BS- PCA de la universidad del Cauca, se puede observar que la estructura diseñada con 16cm de espesor Cumple los criterios generales de diseño del método, dado que los consumos de fatiga y erosión son menores del valor admisible de 100%, podemos decir que el pavimento en 20 años de servicio está consumiendo 29.52% por fatiga y 2.35 por erosión de un 100%.

Por lo tanto, la estructura del pavimento de la vía estará conformada de la siguiente manera:

Losa de pavimento 20cm

Módulo de Rotura de la Losa (Mr) = 4,0 MPa

Subbase granular de 20 cm

Mejoramiento de la Subrasante de 15 cm piedra rajón o material seleccionado (geotecnista)

Juntas con dovelas: Si

Bermas en Concreto: SI

Factor de seguridad de carga FSC = 1,0

Periodo de diseño T = 20 años

$K_{comb.}$ = 47.30 MPa/m

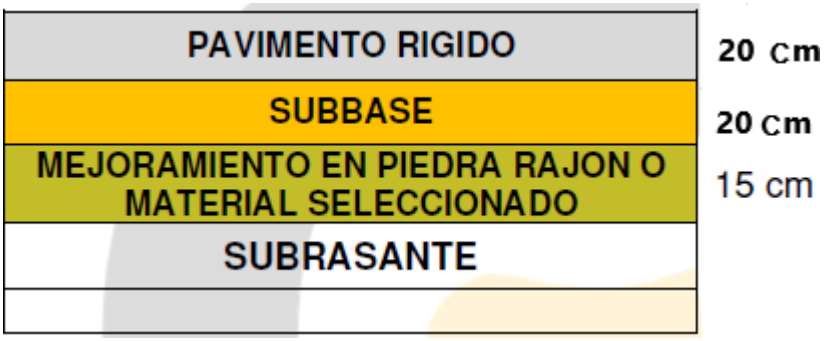


Figura 7. Estructura de pavimento recomendada

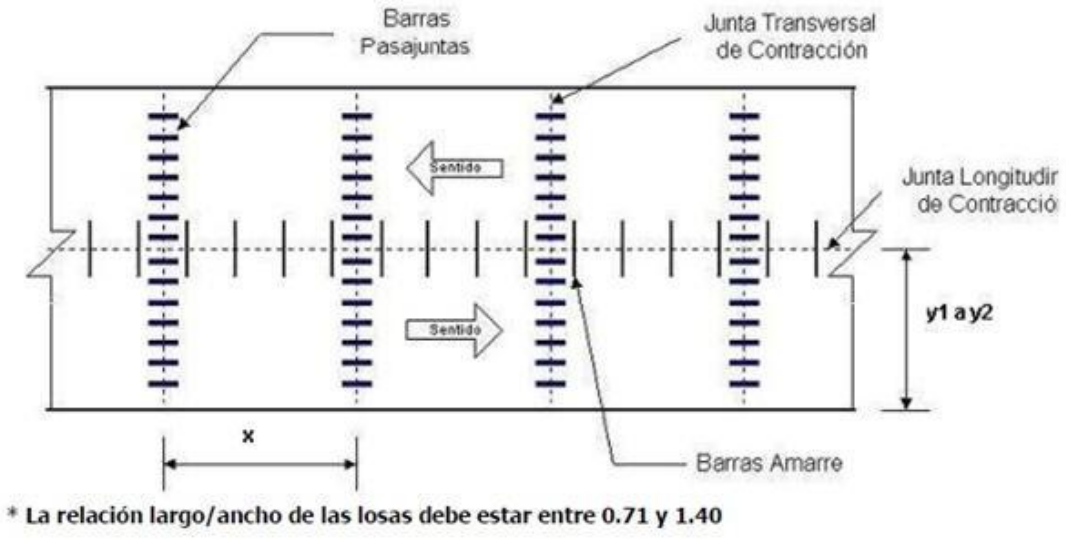
7.2 Diseño de juntas

Además de los esfuerzos generados por el tráfico, el pavimento debe controlar esfuerzos causados por los movimientos de contracción o expansión del concreto y los gradientes por temperatura y humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa.

Dichos esfuerzos se controlan con un dimensionamiento correcto de las losas, o sea, diseñando las juntas del pavimento.

Todas estas juntas pueden estar atravesadas con barras de acero, llamadas pasadores o dovelas y que tienen por objeto transferir cargas de una losa a otra, en cuyo caso se denominan pasadores de transferencia, o mantener fija una losa con otra, tomando el nombre de pasadores de anclaje.

Figura 8. Distribución de juntas en las losas de pavimento



Como conclusión, las juntas transversales y longitudinales se elaboran para impedir una fisuración aleatoria y nada estética, que hace muy difícil su sellado y mantenimiento.

Por lo tanto, el ingeniero de pavimentos lo que hace es anticiparse a la formación de las grietas disponiendo juntas en aquellos sitios críticos donde se espera fisuramiento o se induce para poder controlarlo.

7.2.1 Juntas longitudinales

Las juntas longitudinales de construcción, tienen como objetivo básico controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 m, para este caso de 5.0 m y es común en nuestro medio construir los pavimentos por carriles, que para el caso serían de 2.5 m.

Las juntas longitudinales ayudan a impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros deben cumplir con el Artículo INV 500-07,

se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi).

Espesor de losa (mm)	Barras de ϕ 9,5 mm (3/8")				Barras de ϕ 12,7 mm (1/2")				Barras de ϕ 15,9 mm (5/8")			
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

Tabla 6-1. Recomendación para las barras de anclaje

Para la selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje se ha tomado la Tabla 6-1 del manual de diseño de pavimentos de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.

Así entonces se recomiendan barras 0,85 m de longitud en acero de 1/2" y con Fy=280 MPa, separados a una distancia de 1,20 m. Esta configuración de acero sigue siendo adecuada para el espesor de placa de 20 cm.

7.2.2 Juntas transversales

El diseño de las juntas transversales se realiza, con el fin de controlar las fisuras del concreto por contracción y alabeo; por lo tanto, el espaciamiento entre ellas, debe ser menor que seis metros.

Entonces, de acuerdo a la Tabla 6.2 del manual de diseño de pavimentos de concreto se tiene que las dovelas o pasa juntas para un pavimento de 20 cm de Espesor deben ser de diámetro 1” (25 mm), con una longitud de 350 mm y con separación entre centros de 300mm.

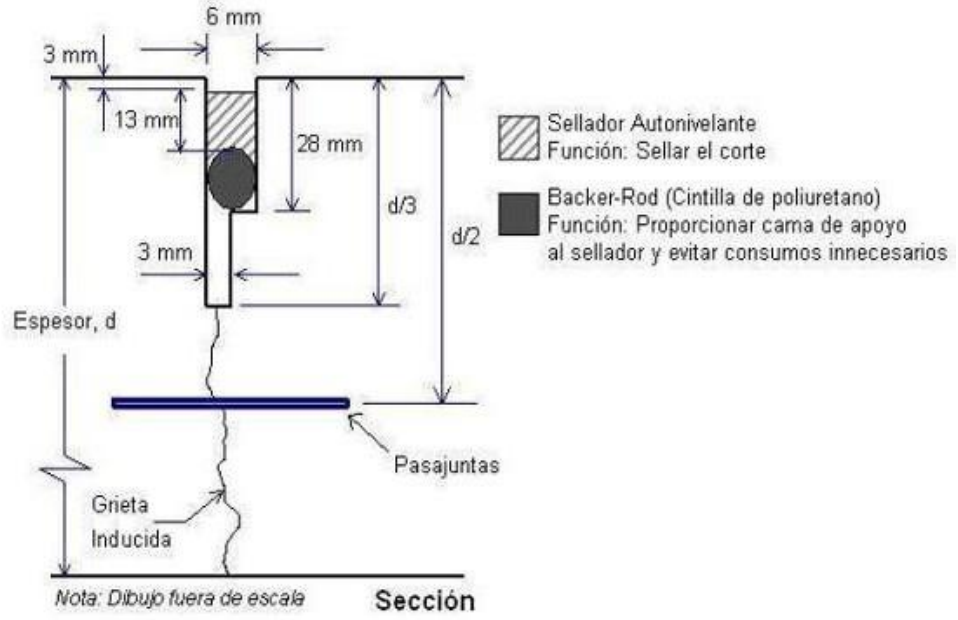
Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
210 – 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Tabla 6-2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

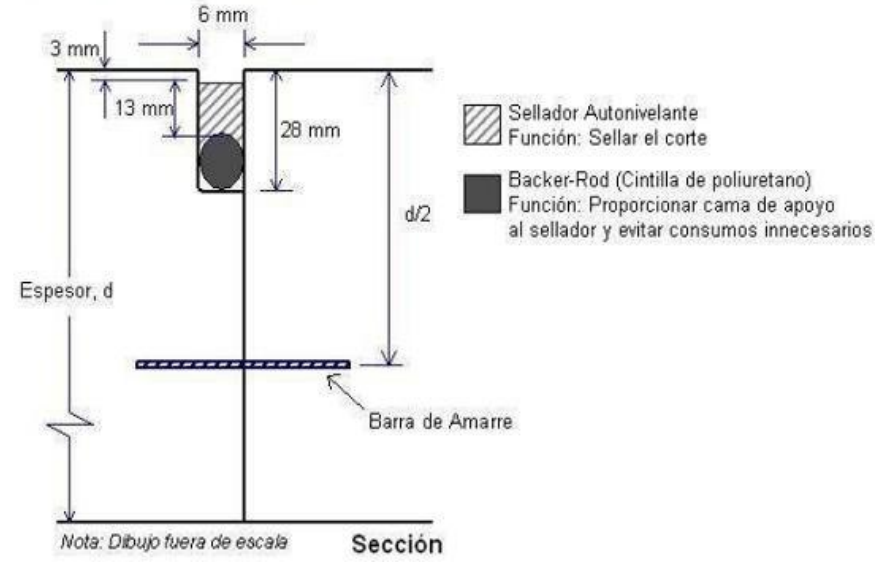
Figura 9. Detalles de juntas de construcción

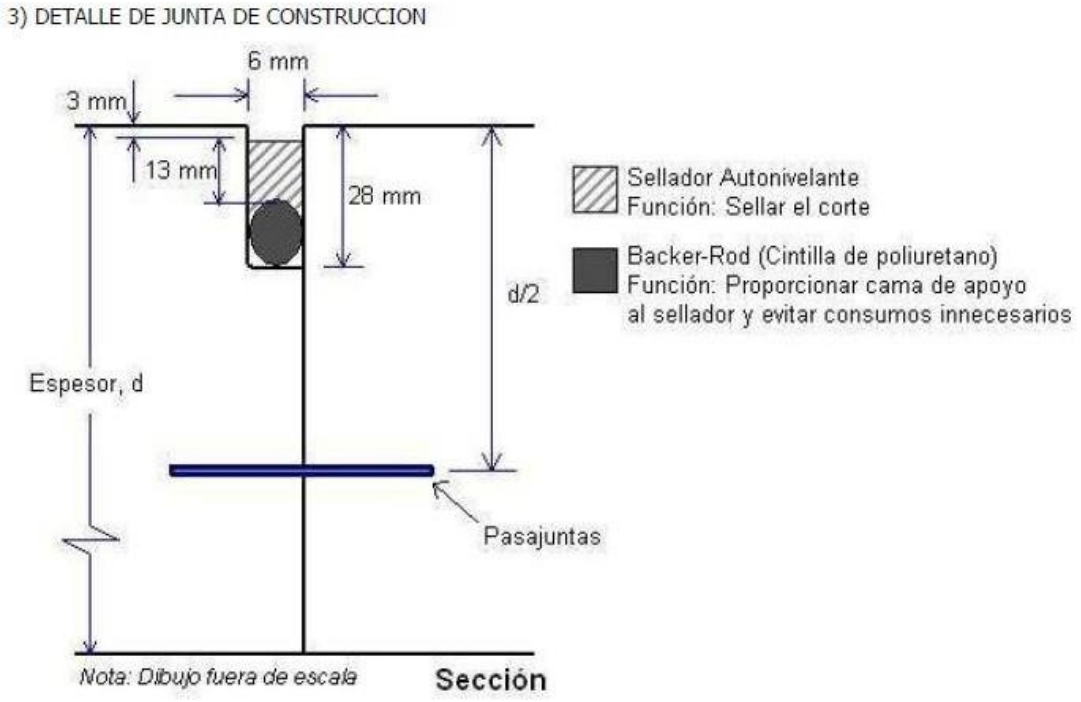
DETALLES DE JUNTAS:

1) DETALLE DE JUNTA DE CONTRACCION TRANSVERSAL ASERRADA CON DISCO DE DIAMANTE DE 1/8" DE ESPESOR



2) DETALLE DE JUNTA LONGITUDINAL





Fuente: CEMEX CONCRETOS DIVISION PAVIMENTOS

7.3 Sellado de juntas

Para el sellado de juntas se debe utilizar un material impermeable, adherente a las paredes de las juntas, resistente a la fatiga, a la cizalladura y a la tracción, resistente al envejecimiento y a agentes químicos, dadas estas características se puede utilizar un sellador vaciado en caliente a base de asfaltos poliméricos.

7.4 Drenaje y control de inundaciones

Acompañado del diseño geométrico de perfil se tiene la recomendación de mantener pendientes transversales o bombeo de 2% para evacuar las aguas lluvias y de escorrentía, así como la construcción de drenajes para canalizar las aguas, en los puntos de menor cota para lo cual se deben estudiar puntualmente.

7.5 Materiales de capas granulares

De acuerdo al diseño se debe colocar un material de subbase, estos materiales responden a especificaciones técnicas dadas por el Invias.

Los materiales granulares para base se rigen por el Artículo 330-07 y los materiales granulares para subbase se rigen por el Artículo 320-07 de las especificaciones del Instituto Nacional de Vías.

7.6 CHEQUEO METODOLOGÍA MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE INVIAS.

Con el CBR (4.07%) se selecciona el tipo de suelo.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 – 500
S3	5 - 10	500 – 1.000
S4	20 - 10	1.000 – 2.000
S5	> 20	> 2.000

Tabla 3-2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia.

7.6.1 TRANSITO

TPDS 165 VEHICULOS T0

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T o	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1´000.000
T 1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1´000.000 a 1´500.000
T 2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1´500.000 a 5´000.000
T 3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5´000.000 a 9´000.000
T 4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9´000.000 a 17´000.000
T 5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17´000.000 a 25´000.000
T 6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25´000.000 a 100´000.000

Tabla 3-1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

7.6.2 CAPA DE SOPORTE 20 CM DE SUBBASE GRANULAR

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Tabla 3-3. Clasificación de los materiales de soporte para el pavimento de concreto.

7.6.3 MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tabla 3-4. Valores de resistencias a la flexotracción del concreto (Módulo de rotura).

7.6.4 PLACA CONFINADA Y CON PASADORES

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Tabla 3-5. Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral

7.6.5 ESPESORES DE DISEÑO

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES

		Tránsito T0																			
		S1				S2				S3				S4				S5			
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B
SN	MR1			24	28	23	27	23	27	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	20	24	20	24	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			23	26	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			21	24	20	24	20	24	19	22	19	22	18	21	18	21	18	21	18	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR2			22	25	21	25	21	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR3			21	24	20	24	20	24	29	22	19	22	19	22	19	22	18	21	18	21
	MR4			20	23	19	23	19	23	28	21	18	21	18	21	18	21	17	20	18	20
BEC	MR1			20	23	19	22	19	22	18	21	18	21	18	20	18	20	17	20	17	20
	MR2			19	22	19	21	19	21	17	20	17	20	17	20	17	20	17	19	17	19
	MR3			18	21	18	21	18	21	17	19	17	19	16	19	17	19	16	19	17	19
	MR4			18	20	17	20	18	20	16	19	17	19	16	18	17	18	15	18	17	18

Podemos observar que el chequeo por el método INVIAS nos da un espesor de 20cm igual al calculado por el método PCA-84.

8.0 ANALISIS DE RESULTADO.

La Metodología PCA-84 es la alternativa de diseño seleccionada ya que el espesor de diseño está relacionado con los valores de fatiga, erosión y el volumen de tránsito real de la vía en estudio.

9.0 PLAN DE MANEJO DEL TRÁNSITO

Para realizar las obras, objeto del proyecto, se plantea que el tránsito de vehículos automotor debe someterse a las restricciones, información y restricciones pertinentes durante la etapa de intervención. El plan de manejo contempla básicamente los siguientes aspectos.

- Delimitación del área de trabajo mediante cintas de seguridad colocadas entre barricadas y canecas, a lo largo de la longitud paralela a la carretera donde se esté trabajando.

- El movimiento de tierras, desechos, escombros, materiales, equipos y herramientas tendrán un manejo de tal manera que en lo posible se aíslen las

- obras de construcción de la calzada y minimizar la incidencia sobre el tráfico vehicular.

- Durante la construcción se hace necesario la colocación de señales temporales, básicamente son señales verticales instaladas durante el tiempo de construcción, acompañadas de cintas reflectivas.

- Cuando el trabajo exija la presencia de obreros provistos de banderolas y señales manuales de pare y siga, estas trabajarán de manera coordinada para disminuir las detenciones, restricciones e incomodidades eventuales.

- Durante las horas nocturnas no se harán labores, sin embargo, se instalarán señales luminosas.

10 RECOMENDACIONES GENERALES

✓ Se recomienda la utilización de las Especificaciones de construcción definidas por el Instituto Nacional de Vías.

✓ La construcción de las losas se puede realizar por ancho carril o por ancho de calzada, solo depende del equipo de compactación y/o vibrado que se use, en todo caso las juntas serán acerradas a un ancho de 3 mm y una profundidad promedio de 1/3 del espesor de la losa con ampliación a 6mm en una profundidad de 25 mm, el sello de las juntas se hará con tirilla o cordón de respaldo y con silicona para la parte superior, para todo este procedimiento constructivo, deben remitirse a la norma INV Art 500-07.

✓ Se sugiere que se mantengan los controles en los materiales tanto de subrasante como se capas granulares y para la fabricación de concretos, puesto que si existen cambios en las condiciones en las cuales hayan sido definidos los ajustes granulométricos y el diseño de mezclas se deben hacer los ajustes correspondientes.

✓ Para la construcción de losas en terrenos con pendiente longitudinal se recomienda la fabricación de concretos con un excelente control de asentamiento para evitar mezclas muy fluidas que se escurren y producen fisuras tempranas indeseables en el pavimento.

✓ Para la compactación de capas máximo de 20 cm se debe utilizar un equipo que produzca la suficiente energía de compactación tal que se alcance el 95% del Proctor modificado de laboratorio.

✓ Por último, En el caso de encontrar condiciones diferentes a las definidas en este documento se recomienda hacer la consulta a los asesores para la correcta valoración de la situación particular.

Atentamente,



ING. ROBERTO REINO VARGAS
ESP. VIAS Y TRANSPORTE
MAESTRANTE EN INGENIERIA

UNIVERSIDAD DEL SINU
Elías Bechara Zainúm
Fundada en 1974

ACTA DE GRADO NUMERO 0211- EVT005

Resolución Rectoral No. 1841 de Noviembre 15 de 2016

CONSIDERANDO QUE

Roberto Ramón Reino Vargas
cc. 92.537.158 expedida en Sincelejo

Cumplió satisfactoriamente con los requisitos exigidos por los acuerdos y reglamentos de la Universidad, resuelve otorgarle el título de

ESPECIALISTA EN VIAS Y TRANSPORTES

En nombre y representación de la Universidad del Sinú -Elías Bechara Zainúm- y de la República de Colombia y previo al juramento de rigor, el Rector hizo entrega del Diploma No._____ registrado en el folio 577 del libro 4

En el testimonio de lo anterior se firma la presente acta de grado en la ciudad de Montería, a los veintiocho (24) días del mes de Noviembre de 2016.

Rectora

Secretario General

Decano Fac. Ciencias
E Ingenierías

0031915


UNIVERSIDAD DEL SINU
Elias Bechara Zainúm
ROBERTO RAMON
REINO VARGAS
C.C. 92537158
ESPECIALISTA EN VIAS Y
TRANSPORTE
Egresado 24/11/2016