INFORME DE DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO

PROYECTO:

MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA MALLA VIAL A TRAVES DEL PROGRAMA "TRANSFORMANDO MI BARRIO" GRUPO VIII, DEL DISTRITO DE SANTA MARTA

ALCALDIA DISTRITAL, TURISTICA, CULTURAL E HISTORICA DE SANTA MARTA

DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

MAYO DE 2025

GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Calle 15 No. 3 - 67, Comuna 2, Oficina 303
Infraestructura@santamarta.gov.co
(+57) 3127012961

1. INTRODUCCION

En el presente documento se reportan los resultados obtenidos del diseño de pavimento rígido, mediante el método PCA, para el proyecto de vías urbanas en diversos puntos del Distrito de Santa Marta. En este trabajo se abordarán los principio y metodología aplicadas en el diseño de pavimento de concreto hidráulico, con un enfoque de normativas y cálculos estructurales necesarios para asegurar la durabilidad y desempeño optimo de la estructura de pavimento

El diseño de pavimento tiene en cuenta factores como la calidad del suelo de apoyo de la estructura y posibles mejoras al mismo (estos componentes se determinaron en estudios de suelos realizados con anterioridad en las vías en estudio), el estudio de tránsito se realiza con la finalidad de conocer las condiciones actuales de operación y demanda de tráfico, para lo cual se hace necesaria la toma de información de campo mediante aforos vehiculares. Con esta información se realizaron proyecciones de tránsito de acuerdo al método de diseño de pavimento rígido de la PCA, se determinan las dimensiones y todos los componentes del pavimento.

2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1 OBJETIVO

Realizar la valoración de la estructura de pavimento dentro del objeto del proyecto “MEJORAMIENTO MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA MALLA VIAL A TRAVES DEL PROGRAMA "TRANSFORMANDO MI BARRIO" GRUPO VIII SANTA MARTA”, definiendo las actividades constructivas necesarias y los diferentes componentes, para su adecuada construcción y puesta en operación.

2.2 ALCANCE

Mejorar la calidad de vida de los habitantes del área urbana del Distrito de Santa Marta y dejar sus vías en optimas condiciones de transitabilidad. Además, disminuir los tiempos de viajes, la accidentalidad y enfermedades respiratorias por el polvo en tiempo de verano y la proliferación de mosquitos por los encharcamientos en época de invierno

3. INFORMACION INICIAL

Los estudios e información por recopilar para poder desarrollar los diseños de la estructura de pavimento son los siguientes:

- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se deberá realizar el levantamiento topográfico para la localización y determinación de la pendiente de la vía. Consiste en determinar la localización general, ubicar el tramo de vía para la intervención, determinar la pendiente longitudinal y dimensionamiento de las áreas de intervención.

- ESTUDIO DE TRÁNSITO

Se debe realizar el estudio de tránsito el cual influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen el daño a la estructura.

En este sentido es necesario determinar los siguientes parámetros:

✓ Tránsito Promedio Diario Semanal

El TPD se determina contabilizando, durante un periodo de tiempo determinado, todos los vehículos que pasan por una sección de la vía (todos los carriles y ambas direcciones).

El periodo más utilizado es el TPDs en cuyo caso se refiere a que el conteo se hizo durante una semana.

✓ Número de repeticiones

Para diseñar con el método PCA del 84 es necesario determinar el número de repeticiones para cada uno de los ejes de diseño (ejes simples, tándem y tridem de diferente magnitud de carga, esperados durante el periodo de diseño).

Los parámetros de diseño en este método son los siguientes:

- Tipo de juntas y berma.
- Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.
- Valor k de la subrasante o del conjunto subrasante subbase.
- Distribución de cargas por eje.
- Número esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Para facilitar el procedimiento de diseño se utilizó el software PCAcalculo de la Universidad del Valle.

- SUELO

A continuación, se detallan los ensayos que se deben realizar para identificar las características de resistencia del suelo de la subrasante y establecer si cumple con los criterios de diseño.

✓ Ensayo de CBR

Para determinar la resistencia de los suelos, se debe realizar la prueba de CBR (California Bearing Ratio) o valor relativo de soporte, desarrollado por la División de Carreteras de California. La prueba del CBR es un ensayo normalizado (Norma INV-E 148-13).

Para subrasantes con CBR menores que 3, el especialista en suelos recomendará tratamientos especiales como la sustitución de los materiales inadecuados (remoción parcial o total del material inaceptable) o la modificación de sus características con base en mejoramientos mecánicos que doten a la subrasante de mejores características mecánicas.

4. LOCALIZACION Y DESCRIPCION

La ubicación objeto del presente estudio, se localizan en el Departamento del Magdalena, el cual es uno de los 32 departamentos que conforman la Republica de Colombia. Su capital es Santa Marta. Es un departamento de la Región Caribe colombiana, con una extensión de 23.188 km2. Se encuentra en las regiones naturales de la Sierra Nevada de Santa Marta y Valle del Bajo Magdalena Está ubicado al Norte del País, limita por el Norte con el mar Caribe, al Este con los departamentos de La Guajira y Cesar, al Sur y Oeste con el río Magdalena, que lo separa de los departamentos de Bolívar y Atlántico. La ciudad de Santa Marta se encuentra ubicada a orillas de la bahía del mismo nombre sobre el Mar Caribe, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta en el departamento del Magdalena. Sus coordenadas geográficas son: 11º 14' 50" de latitud norte y 74º 12' 06" de latitud oeste.

En los siguientes esquemas se presenta la localización de cada una de las calles por intervenir:

1. BARRIO LA PAZ

# Vía	Tramo	Inicio (coordenadas)		Final (coordenadas)	
		Norte	Este	Norte	Este
1	Cra 10ª A entre Calle 116 y cancha la Paz	1232484.12	585319.22	1232369.81	585354.27
2	Carrera entre cancha La Paz y calle 108B	1232393.43	585363.02	1232780.49	585517.61

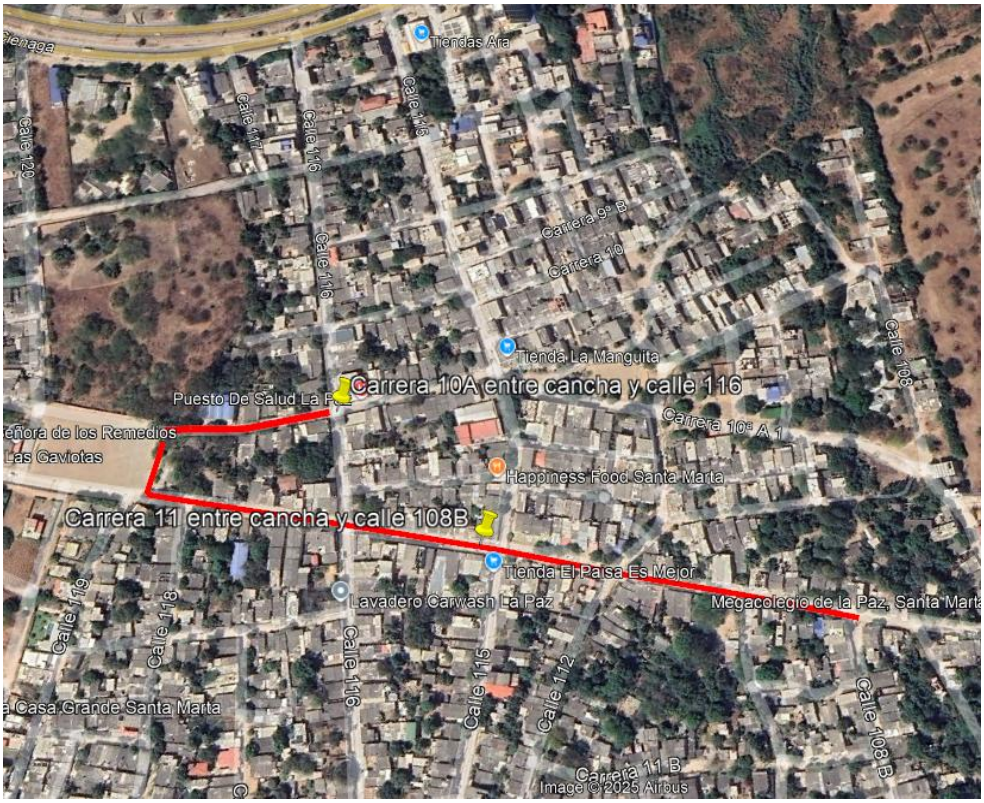


Ilustración 1. Localización especifica tramo vial Barrio La Paz

2. BARRIO SANTA CLARA

# Vía	Tramo	Inicio (coordenadas)		Final (coordenadas)	
		Norte	Este	Norte	Este
1	Cra 33 A entre calle 17 y 19	1242523.91	589736.36	1242423.70	589760.90



Ilustración 2. Localización especifica tramo vial Santa Clara

3. BARRIO EL PANTANO

# Vía	Tramo	Inicio (coordenadas)		Final (coordenadas)	
		Norte	Este	Norte	Este
1	Cra 49 A entre calle 11 y Calle 23	1242711.64	590514.99	1242480.69	590424.34

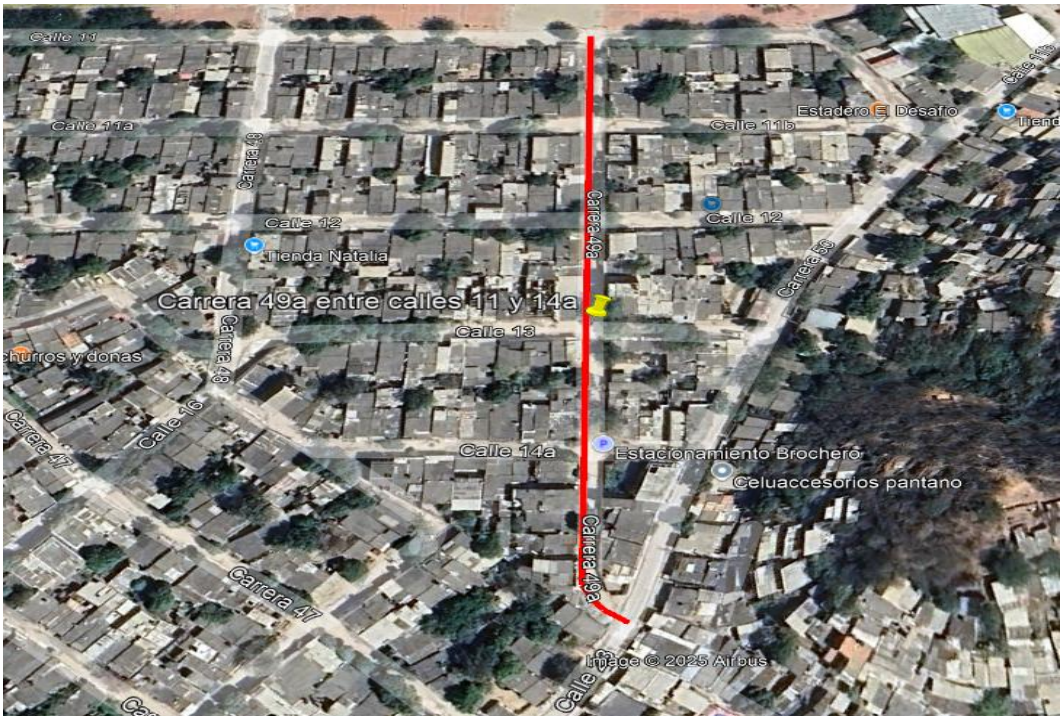


Ilustración 3. Localización especifica tramo vial el pantano

4. BARRIO 20 DE JULIO

# Vía	Tramo	Inicio (coordenadas)		Final (coordenadas)	
		Norte	Este	Norte	Este
1	Cra 16 entre calle 6 y 7	1243773.55	587453.69	1243674.75	587456.51

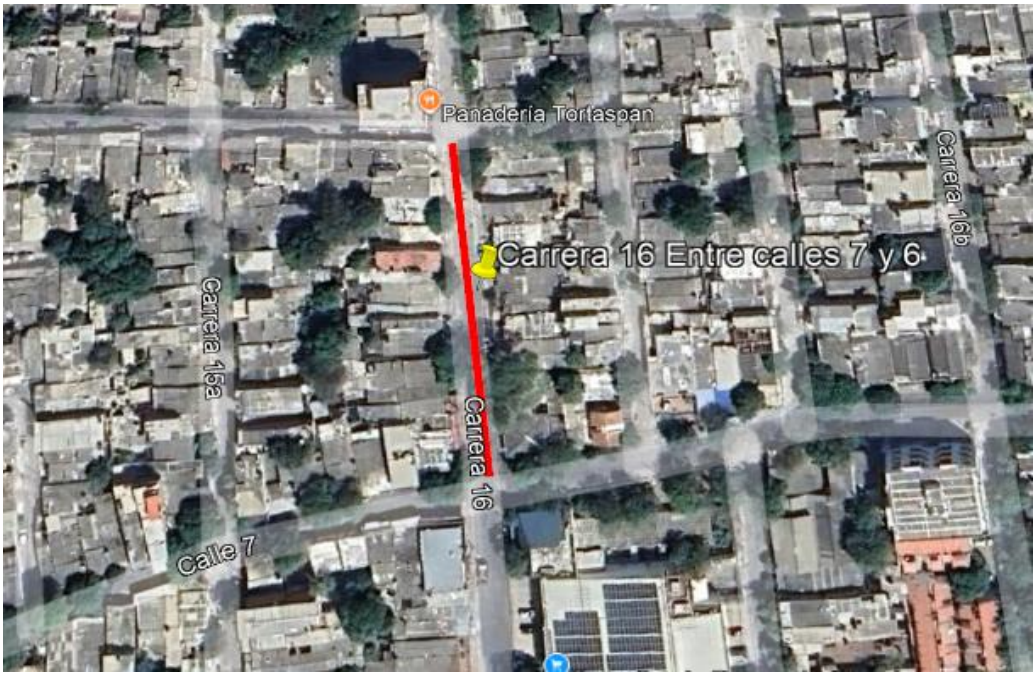


Ilustración 4. Localización especifica tramo vial 20 de julio

5. BARRIO GALICIA

# Vía	Tramo	Inicio (coordenadas)		Final (coordenadas)	
		Norte	Este	Norte	Este
1	Calle 14 entre carrera 33 y 33A	1242744.00	589761.06	1242735.78	589680.96



Ilustración 5. Localización especifica tramo vial GALICIA

6. METODOLOGIA DE DISEÑO

Para el diseño de la estructura se plantea la metodología de la PCA para pavimentos rígidos con la cual se define el espesor de la losa de concreto y de la subbase tomando información sobre el tipo y cantidad de vehículos que circulan por la vía detallando las cargas de cada uno, la capacidad de soporte de la subrasante, la calidad de los materiales a utilizar y la opción de utilización de otros componentes como sistema de transferencia de carga y una capa de subbase granular.

Mediante este método se controlan dos criterios de diseño: el responsable de controlar el agrietamiento de la losa (fatiga), y el responsable de controlar el desgaste del suelo de soporte (erosión), el espesor de la losa seleccionado se considera inadecuado si el alguno de los valores calculados supera el 100%. La evaluación de las estructuras analizadas se realizó mediante el software PCAcalculo de la Universidad del Valle. Cada uno de los componentes del diseño se especifican en los siguientes numerales.

6.1 Periodo de Diseño

Para pavimentos rígidos el periodo de diseño que se usa comúnmente es de 20 años que puede variar primordialmente por justificaciones económicas.

6.2 Módulo de Rotura del Concreto

La resistencia a la flexión del concreto a los 28 días que se utilizará será 4.2 MPa.

6.3 Módulo de reacción de la subrasante

Este se calculará mediante correlación con el CBR (será mínimo de 3%)

Con esto concluye que el CBR de laboratorio para el tramo a intervenir sea inferior al 3%, son suelos de comportamiento complejo que requieren de un mejoramiento de la subrasante. Lo anterior con el fin de soportar de manera adecuada dichas capas durante el proceso de construcción de la estructura, debido a que, en vías terciarias con subrasantes de baja capacidad portante, se dificultan los procesos de compactación de las capas granulares de subbase y base y se pueden generar fallos estructurales tanto en la fase constructiva, como en el corto plazo de la fase de operación.

Por lo tanto, cuando en el estudio de suelos se reporte un valor de CBR menor a 3%, se recomienda mejorar parte de la subrasante.

6.4 Subbase

La Subbase granular a manejar será sin tratar y debe cumplir las especificaciones técnicas del INVIAS.

6.5 Transito de Diseño

Determinación de las cargas producidas por el transito de diseño en el periodo de diseño, en base al conteo vehicular. Para el presente diseño se adoptará los valores de TPDs (transito promedio diario semanal) más crítico, es decir, aquel tramo vial que tenga mayor número de vehículos reportados durante el día.

6.6 Denominación del sistema de transferencia de carga y confinamiento lateral

Dovelas=SI

Bermas=NO

7. DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO (METODO PCA)

7.1 Transito de Diseño

Para la determinación de los ejes de carga de diseño, se tomo como base el conteo realizado en los estudios de transito en los diversos sectores por intervenir, midiendo el transito en día típico a típico. El aforo se realizo durante un período comprendido entre las 7:00 am y las 6:00 pm.

- Aforo vehicular.

Se hizo el conteo en base a la siguiente clasificación vehicular.

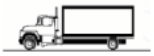
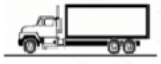
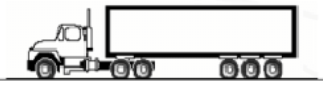
TIPO DE VEHÍCULOS		DESCRIPCIÓN
AUTOMÓVILES Y MICROBUSES		
BUSES		
CAMIONES	C2P	
	C2G	
	C3	
	C4	
	C5	
	>C5	

Ilustración 6. Clasificación vehicular en Colombia.

Composición vehicular, de acuerdo a los valores obtenido en los aforos de día típico y atípico.

1.1 Distribución vehicular									
	Autos	Microbuses	Buses transporte Público	C-2P	C-2G	C3 - C4	C5	>C5	Total
Dia típico	385	5	19	31	15	2	1	0	458
Dia atípico	432	10	24	19	22	1	0	0	508

Para la obtención del TPDs se hizo la expansión del día típico a 5 días de la semana y el día atípico a 2 días.

TPDs	398	6	20	28	17	2	1	0	472
Composición	84.4%	1.4%	4.3%	5.8%	3.6%	0.4%	0.2%	0.0%	

GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Calle 15 No. 3 - 67, Comuna 2, Oficina 303
Infraestructura@santamarta.gov.co
(+57) 3127012961

	Autos	Buses	Camiones	
Composición vehicular	84.4%	5.7%	10.0%	**100.0%** OK

De acuerdo a los parámetros anteriores se realizó el proceso de calculo descrito a continuación para obtener el transito discriminado por carga de eje de las configuraciones de cada vehículo.

Composición de camiones

C-2P	58.7%
C-2G	36.2%
C3 - C4	3.6%
C5	1.5%
>C5	0.0%

Ilustración 7. Composición vehicular

- Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño.

Este se determina teniendo en cuenta la composición de los vehículos comerciales, la distribución direccional de los vehículos: Fd=0.5, debido a que se asume que las cargas y volúmenes de los vehículos pesados se distribuyen equitativamente en cada dirección. El factor de distribución por carril: Fca=1.0, considerando que hay un carril por sentido.

Tipo de vehículo	TPDo	Porcentaje vehículo	Numero de ejes comerciales por dia por carril
Bus	472	5.7%	13
C-2P		5.8%	14
C-2G		3.6%	9
C3 - C4		0.4%	1
C5		0.2%	0
>C5		0.0%	0
		Total	37

Ilustración 8. Número de vehículos comerciales diarios en el carril de diseño

- Proyección del tránsito de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el período de diseño

Esta proyección se realiza según la tasa de crecimiento del tránsito (r) que de acuerdo al Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito del INVIAS, en el cual para estos tipos de volúmenes se manejan tasas de crecimiento del 3%, el porcentaje de vehículos comerciales, el factor

de distribución direccional, el factor de distribución por carril y el periodo de diseño, mediante la siguiente ecuación.

$$NVC = 365xTPDox\%VcxFdxFcaxFp \qquad \text{Ecuación 130}$$

Donde:

NVC: Número de vehículos comerciales en el carril de diseño durante el periodo de diseño
TPDo: Tránsito promedio diario
%Vc: Porcentaje de vehículos comerciales
Fd: Factor de distribución por sentido
Fca: Factor de distribución por carril
Fp: Factor de proyección

$$Fp = \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Fd	0.5
Fca	1
R	3%
N	20

$$NVC = 365 \times 472 \times (10\% + 5.7\%) \times 0.5 \times 1 \times \frac{(1+0.03)^{20} - 1}{\ln(1+0.03)}$$
$$= \mathbf{367589.85}$$

- Distribución de los vehículos comerciales por día/carril de diseño y por cada 1000 vehículos comerciales

Se determina la cantidad de cada tipo de vehículo para una muestra de 1000 vehículos comerciales

Tipo de vehículo	Numero de ejes comerciales por día por carril	Numero de ejes comerciales por dia por carril por cada 1000 VC
Bus	13	364
C-2P	14	373
C-2G	9	230
C3 - C4	1	23
C5	0	10
>C5	0	0
Total	37	1000

Ilustración 9. Distribución de los vehículos comerciales por día y carril de diseño, por cada 1000 vehículos comerciales

- Distribución del número de ejes por cada 1000 vehículos comerciales por carga y tipo de eje

$$Ejes_{\text{período de diseño/carril de diseño}} = \frac{NVC \times Ejes\ por\ cada\ 1{,}000VC}{1{,}000}$$

Se determina el número de ejes esperados en el carril de diseño en el periodo de diseño y se distribuyen los ejes por cada 1000 vehículos comerciales de acuerdo al siguiente cuadro de configuraciones de carga.

CONFIGURACIÓN DE LA CARGA POR EJE EN TONELADAS (kN)					
Tipo de vehículo	Carga total toneladas (kN)	Eje simple direccional (SD)	Eje simple doble (SD)	Eje tándem (TAN)	Eje tridem (TRID)
Bus, B	10.0 (98.1)	4.0 (39.5)	6.0 (58.9)	–	–
Camión C2P	8.0 (78.5)	2.8 (27.5)	5.2 (51.0)	–	–
Camión C2G	14.0 (137.3)	4.9 (48.1)	9.1 (89.3)	–	–
Camión C3–C4	28.0 (274.7)	8.4 (82.4)	–	19.6 (192.3)	–
Camión C5	48.0 (470.9)	6.0 (58.9)	–	20.0 (196.2) / 22.0 (215.8)	–
Camión C6	52.0 (510.1)	7.8 (76.5)	–	18.2 (178.5)	26.0 (255.1)

Configuración de las cargas de los vehículos comerciales

Cargas		Ejes p/c 1000 vc	Numero de ejes en carril de diseño/periodo de diseño
Ton	KN		
Ejes simples			
9.1	89.3	230	84610
8.4	82.4	23	8532
6	58.9	373	137224
5.2	51.0	373	137224
4.9	48.1	230	84610
4	39.5	364	133669
2.8	27.5	373	137224
Ejes tándem			
19.6	192.3	23	8532
20	197.0	10	3555
22	216.0	10	3555
18.2	178.5	0	0
Ejes Tridem			
26	255.1	0	0

6.2 Sistemas de transferencia de carga

6.2.1 Pasadores de Carga

Para una losa de 0.20m de espesor, segunda las recomendaciones presentadas en la siguiente tabla, se seleccionan las siguientes características de pasadores.

ESPESOR DE LA LOSA, (mm)	DIÁMETRO DEL PASADOR		LONGITUD TOTAL, (mm)	SEPARACIÓN ENTRE CENTROS, (mm)
	mm	pulgadas		
0 – 100	13	½	250	300
110 – 130	16	5/8	300	300
140 – 150	19	¾	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 ¼	450	300
260 – 280	35	1 3/8	450	300
290 – 300	38	1 ½	500	300

Diámetro del pasador, ϕ= 25mm (1”).
Longitud del pasador = 0.35 m.
Separación entre centros = 0.30 m.

6.2.2 Barras de anclaje

ESPESOR DE LA Llosa, cm	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, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m			Longitud, mm	Separación entre barras, m		
		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m		Carril de 3.05 m	Carril de 3.35 m	Carril de 3.65 m
Acero de fy = 187.5 MPa (40,000 lb/pulg^2)												
15.0	450	0.80	0.75	0.65	600	1.20	1.20	1.20	700	1.20	1.20	1.20
17.5		0.70	0.60	0.55		1.20	1.10	1.00		1.20	1.20	1.20
20.0		0.60	0.55	0.50		1.05	1.00	0.90		1.20	1.20	1.20
22.5		0.55	0.50	0.45		0.95	0.85	0.80		1.20	1.20	1.20
25.0		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 lb/pulg^2)												
15.0	650	1.20	1.10	1.00	850	1.20	1.20	1.20	1000	1.20	1.20	1.20
17.5		1.05	0.95	0.85		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
20.0		0.90	0.80	0.75		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
22.5		0.80	0.75	0.65		1.20	1.20	1.20		1.20	1.20	1.20
25.0		0.70	0.65	0.60		1.20	1.15	1.10		1.20	1.20	1.20

Diámetro de la barra, ϕ = 12.7 mm (½").
Ancho del carril = 3.65 m.
Acero de fy = 280 MPa (60,000 lb/pulg2).
Longitud de la barra = 0.85 m.
Separación entre centros = 1.20 m.

6.3 Dimensiones de la losa de concreto

El criterio para definir la longitud de losas rectangulares utilizado es mediante la relación de esbeltez con la siguiente expresión:

$$RE = \frac{Largo}{Ancho} \quad Donde\ RE\ debe\ ser < a\ 1.25$$

La configuración de losa que cumple con ese criterio es:

Espesor	0.2	m
Largo	4.5	m
Ancho	3.65	m

6.4 Condiciones Geotécnicas de los tramos

Para la caracterización del suelo se hicieron 5 apiques, lo cual permitió conseguir la siguiente información, correspondiente a las propiedades de la subrasante existente:

TABLA DE RESUMEN APIQUES
PAVIMENTO RIGIDO MALLA VIAL DE SANTA MARTA (GRUPO VIII)

Apique No.	Sin Sumergir % CBR	Sumergido % CBR	Descripcion Suelo Simbolos	Humedad % (W)	Coordenadas	Localizacion	Densidad Seca gr/cm3	Densidad Humeda gr/cm3	Tipo Pavimento
SECTOR DE LA PAZ									
1	26,8	10,7	SM	4,5	N 11° 08' 56,2" - W 74° 13' 03,6"	Cr 11 entre Cancha y Cll 108B (Barrio La Paz)	1,89	1,98	Rigido
2	27,4	12,1	SM	4,8	N 11° 08' 53,7" - W 74° 13' 07,1"	Cr 10A entre Cancha y Cll 115 (Barrio La Paz)	1,87	1,95	Rigido
SECTOR DE PANTANO									
4	10,3	4,5	SM	5,9	N 11° 14' 22,1" - W 74° 10' 16,3"	Cra 49A entre Cll 11 y 14A (Barrio Pantano)	1,57	1,66	Rigido
SECTOR DE SANTA CLARA									
5	15,0	6,0	ML	8,8	N 11° 14' 18,6" - W 74° 10' 40,1"	Cra 33A entre Cll 17 y 19 (Barrio Santa Clara)	1,59	1,73	Rigido
SECTOR DE 20 DE JULIO									
6	7,8	3,2	SM	8,5	N 11° 14' 59,5" - W 74° 11' 55,5"	Cra 16 entre Cll 6 y 7 (Barrio 20 De Julio)	1,65	1,79	Rigido
SECTOR DE GALICIA									
7	16,5	5,9	SM	5,6	N 11° 14' 27.2" - W 74° 10' 40.9"	Calle 14 entre Cr 33 y 33A (Barrio Galicia)	1,72	1,82	Rigido

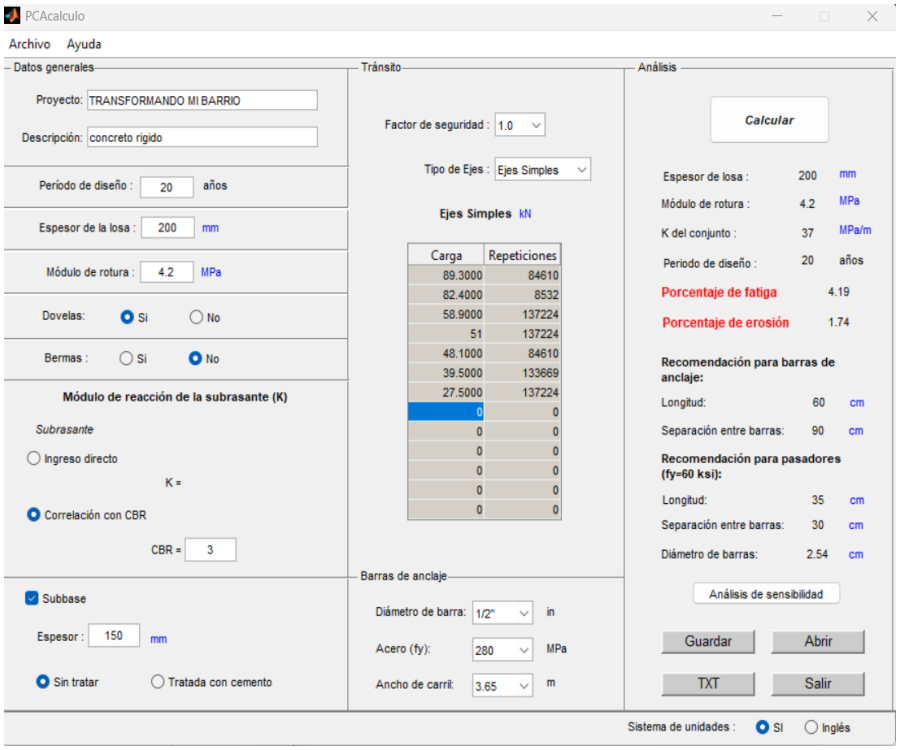
Para el cálculo del módulo de reacción de la subrasante, se correlaciono por medio del CBR, calculo que arroja el software PCAcalculo de manera automática. El CBR promedio del tramo de estudio se determino en base a los resultados suministrado y con el condicionante de que el CBR mínimo para garantizar una óptima condición de soporte de la subrasante es de 3%, por lo tanto, aquellos sitios que tengan valores inferiores deben realizar mejoramientos que garanticen este CBR.

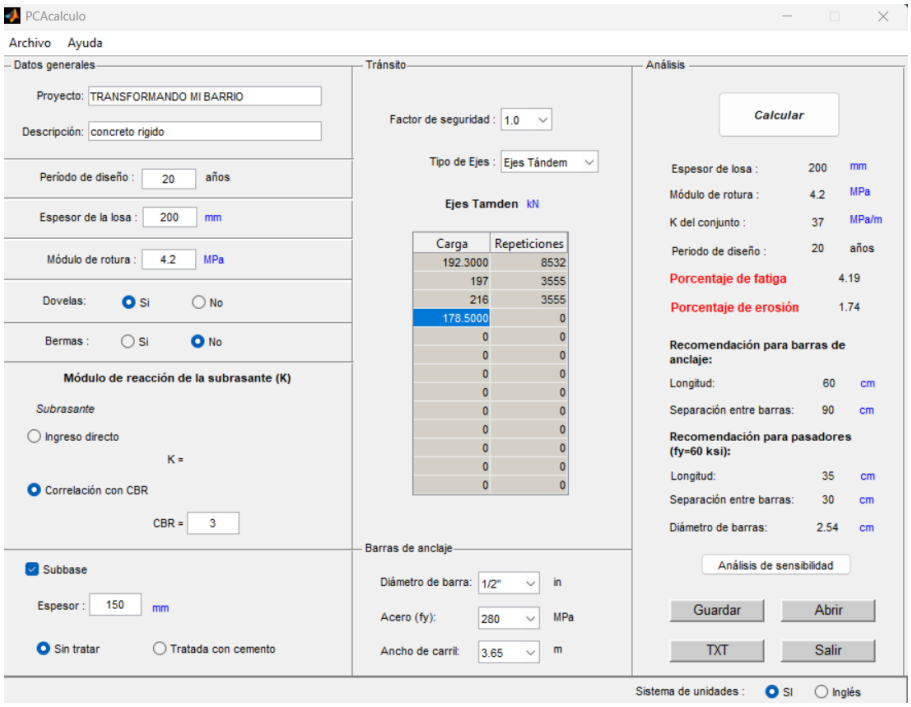
BARRIOS	CBR DISEÑO (%)	CBR final (%)
LA PAZ Cra 11…	10.7	10.7
LA PAZ Cra 10 A…	12.1	12.1
SANTA CLARA	4.5	4.5
PANTANO	6	6
GALICIA	5.9	5.9
20 DE JULIO	3.2	3.2

Se adopto un **CBR de Diseño del 3.0%,** teniendo en cuenta que es la condición mas crítica que presenta en todos los tramos evaluados, como se puede observar en los resultados del CBR del Barrio 20 de julio.

6.4 Estimación del espesor de la losa de concreto

De acuerdo a los anteriores criterios y modelando en software PCA con un espesor de la losa de 0.20m y de la subbase de 0.15m se obtienen porcentajes de fatiga y de erosión admisibles, por lo que los espesores adoptados son los adecuados de acuerdo al tránsito considerado y resistencia de la capa de apoyo.





GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA
Calle 15 No. 3 - 67, Comuna 2, Oficina 303
Infraestructura@santamarta.gov.co
(+57) 3127012961

8. ESFUERZOS Y DEFLEXIONES EN LA LOSA DE CONCRETO

Se calculan los esfuerzos y las deflexiones en el borde, en el interior y en la esquina de la losa, considerando para el análisis un semieje de la carga de referencia de 80 KN (8.2 toneladas) y utilizando las ecuaciones de WETERGAARD. Hace referencia a los esfuerzos producidos por la carga del tránsito, en base a la localización de la carga crítica como lo es el interior que ocurre cuando la carga es aplicada en el interior de la superficie de la losa, lejana a los bordes. El borde que ocurre cuando la carga es aplicada en el borde de la superficie de la losa, lejana a las esquinas y esquina que ocurre cuando el centro de la carga esta en la bisectriz del ángulo de la esquina.

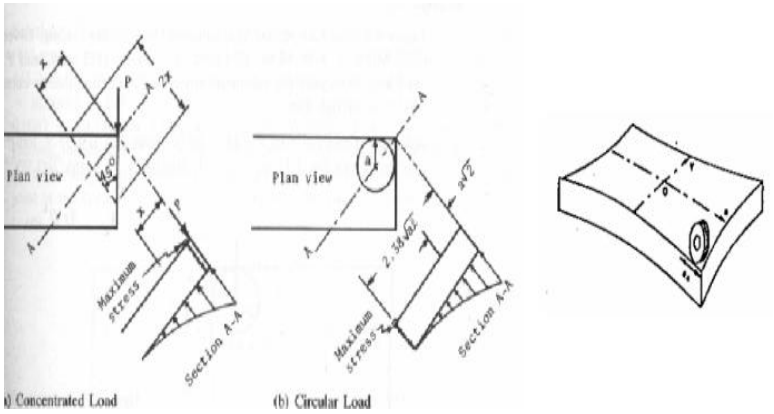


Ilustración 10. Losa sujeta a una carga en la esquina

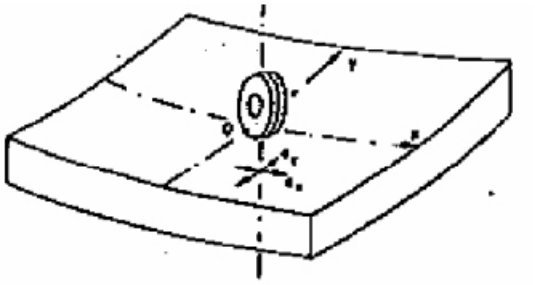


Ilustración 11. Losa sujeta a una carga en el interior

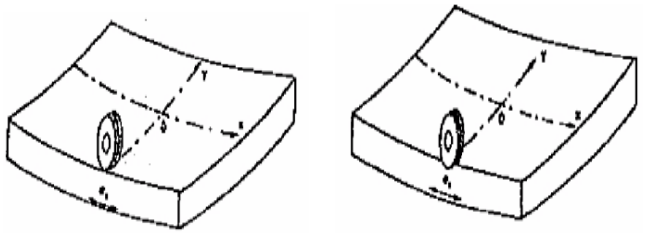
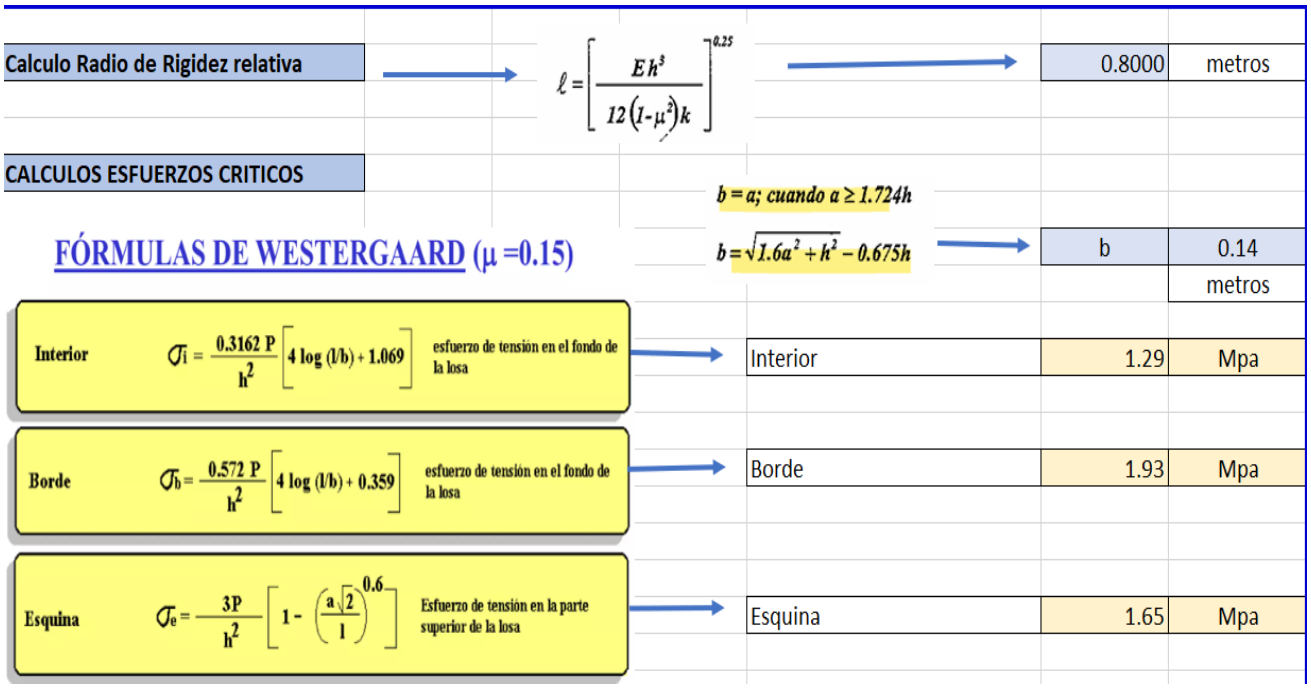


Ilustración 12. Losa sujeta a una carga en el borde

Los parámetros para calcular los esfuerzos y deflexiones del pavimento rígido son:

Carga aplicada en el semieje	40	KN
Espesor de la losa de concreto	0.2	M
Radicado de carga	0.15	M
Modulo reacción efectiva de la subrasante	41.42	Mpa/m
Relación Poisson del concreto	0.15	
Modulo elasticidad concreto	24870	Mpa

- Determinación de los esfuerzos de tensión presentes en la losa de concreto



En resumen, del cálculo de los esfuerzos de tensión presentes en la losa de concreto, se aprecia en que los esfuerzos actuantes de tensión en la losa son menores al esfuerzo a la flexo-tracción del concreto (relación porcentual esfuerzo tensión/modulo rotura concreto), menor al 100%, por lo tanto, la losa está diseñada adecuadamente:

Posición carga losa	Esfuerzo de tensión (MPa)	Modulo rotura concreto diseño (MPa)	Relación esfuerzo tensión/Modulo rotura concreto (%)
Esquina	1.65	4.2	39.22
Interior	1.29		30.78
Borde	1.93		46.01

- Calculo de las deflexiones en la losa de concreto.

CALCULO DEFLEXIONES EN LA LOSA DE CONCRETO

$$\Delta_e = \frac{P}{k\ell^2}\left[1.1 - 0.88\left(\frac{a\sqrt{2}}{\ell}\right)\right]$$

ESQUINA	1.30772	→	DELEXION EN mm

$$\Delta_i = \frac{P}{8\,k\ell^2}\left\{1 + \frac{1}{2\pi}\left[ln\left(\frac{a}{2\ell}\right) - 0.673\right]\left(\frac{a}{\ell}\right)^2\right\}$$

INTERIOR	0.16328	→	DELEXION EN mm

$$\Delta_{b\,(círculo)} = \frac{0.431\,P}{k\ell^2}\left[1 - 0.82\frac{a}{\ell}\right]$$

BORDE	0.55036	→	DELEXION EN mm

$$\Delta_{b\,(semicírculo)} = \frac{0.431\,P}{k\ell^2}\left[1 - 0.349\frac{a}{\ell}\right]$$

BORDE	0.60779	→	DELEXION EN mm

Página 2

Se puede inferir que el punto más débil de la losa son las esquinas, por la magnitud de la deflexión, lo que se puede traducir en fracturas si los esfuerzos actuantes son mayores a los admisibles, situación que ya fue verificada.

9. RECOMENDACIONES JUNTAS Y MODULACION

- JUNTAS LONGITUDINALES

Son las que separan los carriles adyacentes, su objetivo principal es controlar las fisuras. Puede ser con o sin barras de anclaje o machiembradas. Para este caso, se utiliza por el proceso constructivo que es carril por carril para unir las losas.

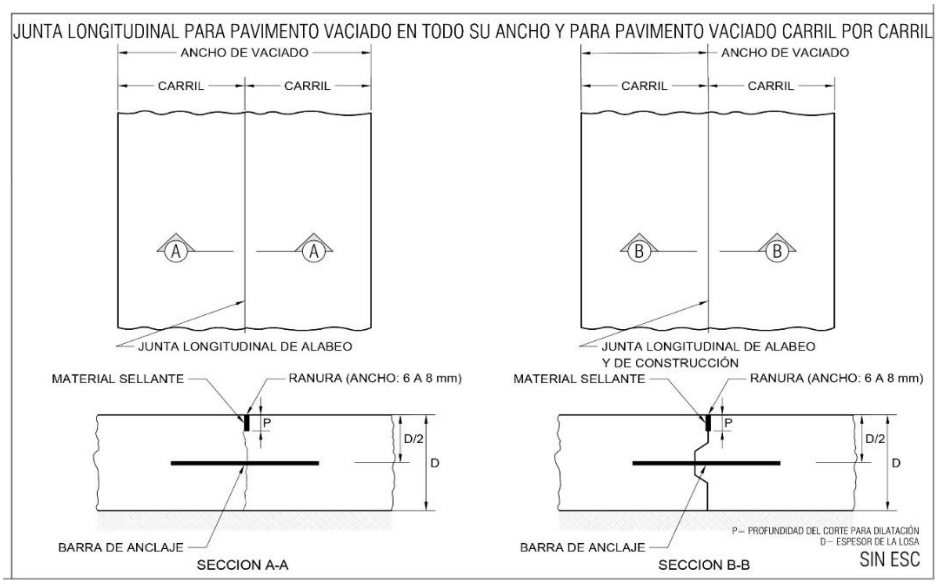


Ilustración 13. Esquema Junta Longitudinal

- JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION Y EXPANSION

Controlan la fisuración por contracción y alabeo, además de controlar las grietas causadas por la retracción del fraguado de concreto.

Las juntas de expansión se recomiendan solamente contra construcciones fijas y en intersecciones asimétricas. En la transferencia de carga se usan varillas lisas lubricadas en una de sus mitades.

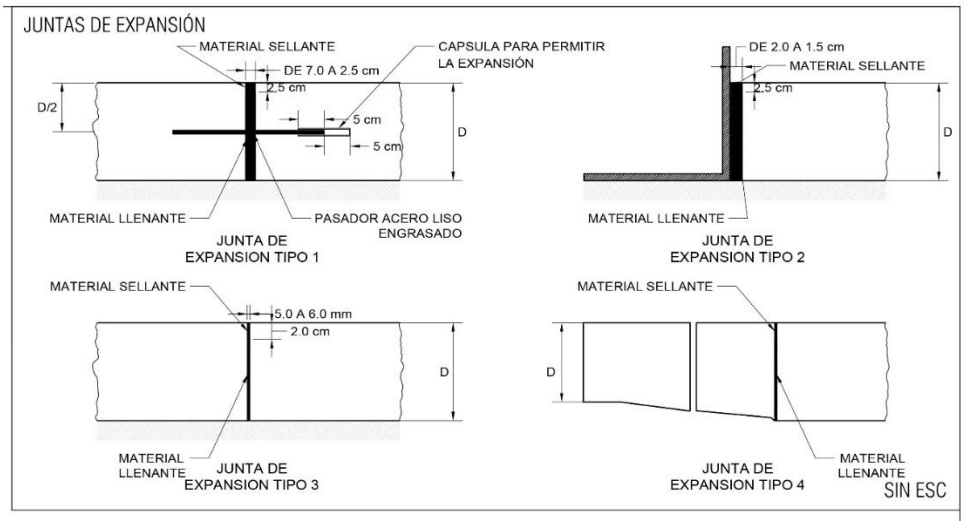


Ilustración 14. Esquemas juntas de expansión.

- JUNTAS DE CONSTRUCCION

Son aquellas que se dan de manera imprevista o emergencia. Su principal causa se da por suspensión imprevista en la pavimentación, sin que se pueda construir la totalidad de la longitud prevista para una losa. Se realiza con varillas corrugadas

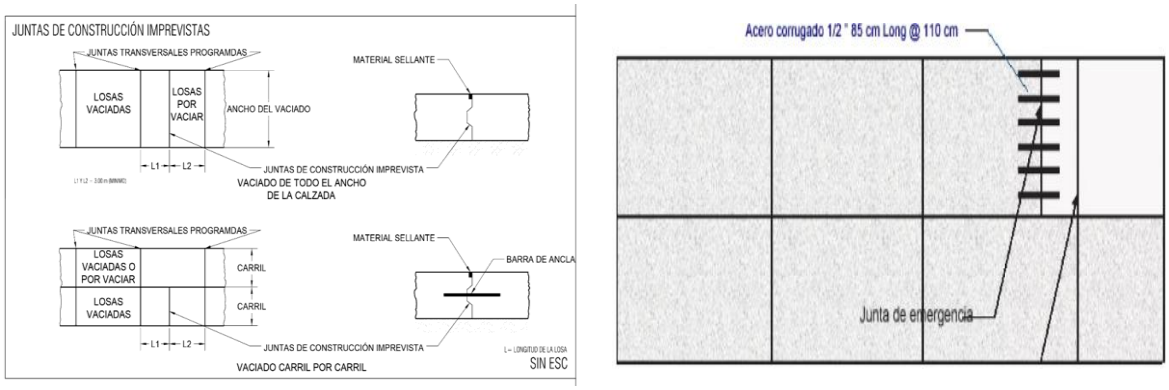


Ilustración 15. Esquema junta construcción imprevista

- JUNTAS DE EXPANSION Y CONSTRUCCION ALREDEDOR DE ELEMENTOS INCORPORADOS DENTRO DEL PAVIMENTO

Son aquellas realizadas en la losa de pavimento que interfiere con elementos como los sumideros, cajas de inspección, etc. Deben estar como mínimo a 300 mm de los bordes de dichos elementos y su forma debe ser poligonal, circular o semicircular.

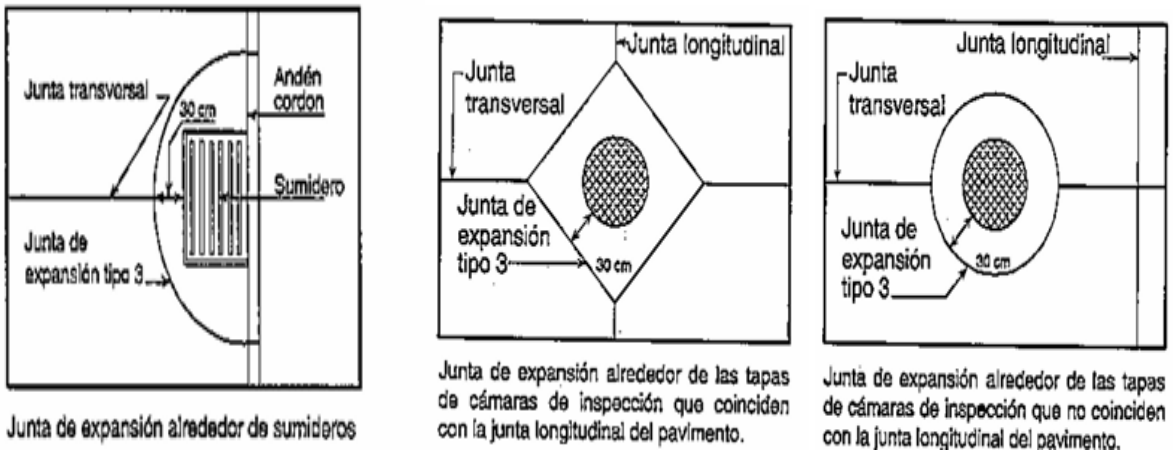


Ilustración 16. Juntas en elementos.

- LOSAS REFORZADAS

Todas aquellas losas cuya forma sea irregular (ángulos diferentes a 90°) o que contengan tapas de pozos, sumideros, etc.) y las losas de concreto que no cumplan con la relación de esbeltez permitida, deberá ser de tipo reforzado. El refuerzo de las losas mencionadas se constituirá mediante la colocación de parrilla, al tercio e inferior de la losa, conformada con barras de acero corrugado, diámetro ½" pulgada, con separación de 0.25m en sentido transversal y longitudinal.

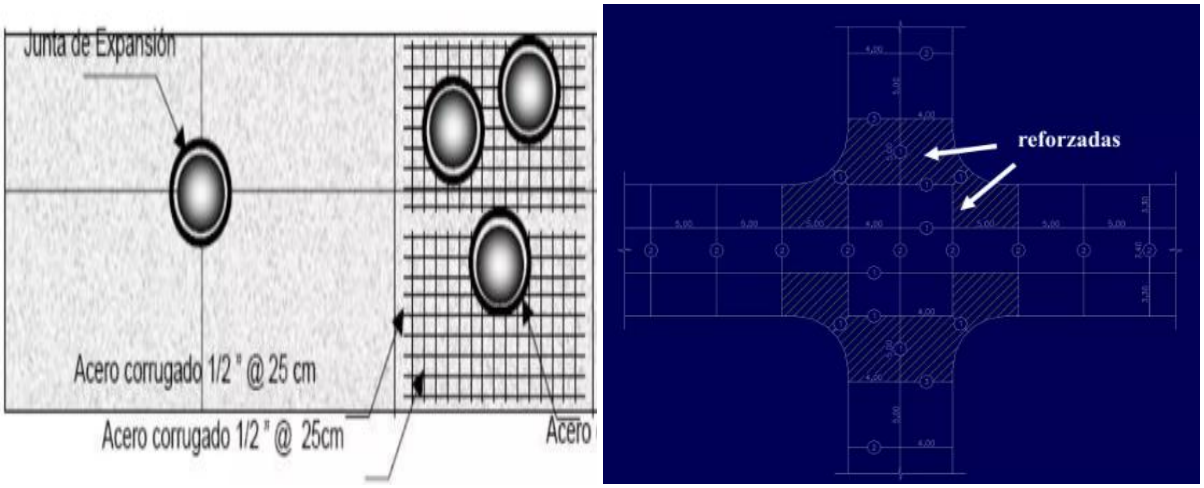


Ilustración 17. Esquema refuerzo de losas

- CONSTRUCCION DE JUNTAS

Los pasadores de carga deben ser lisos y engrasados en la mitad de su longitud, para que no se restrinja el movimiento de las placas adyacentes. En cuanto a su posición, será en la mitad del espesor de las losas, garantizando el paralelismo entre el eje longitudinal de la vía y el plano de base y de las barras, que a su vez serán paralelar entre sí. Para lograr esto se debe usar armazones o canastillas metálicas, bien afianzadas a la base e inmediatamente antes del vaciado se colocará concreto encima para evitar su desplazamiento, tal como lo establece el siguiente esquema.

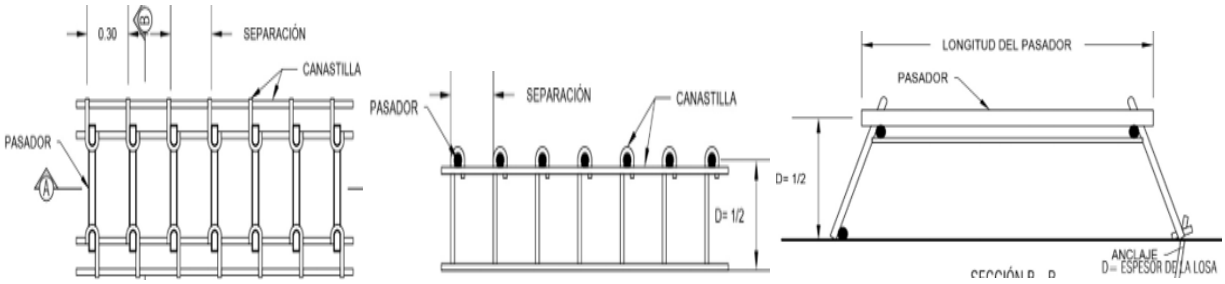


Ilustración 18. Colocación pasadores de carga

- DISPOSICION DE JUNTAS

Tanto en las juntas longitudinales como transversales realizadas sobre carriles contiguos, es indispensable que las juntas estén bien alineadas en la prolongación de una con las otras, incluso si se trata de un pavimento nuevo en contacto con uno antiguo.

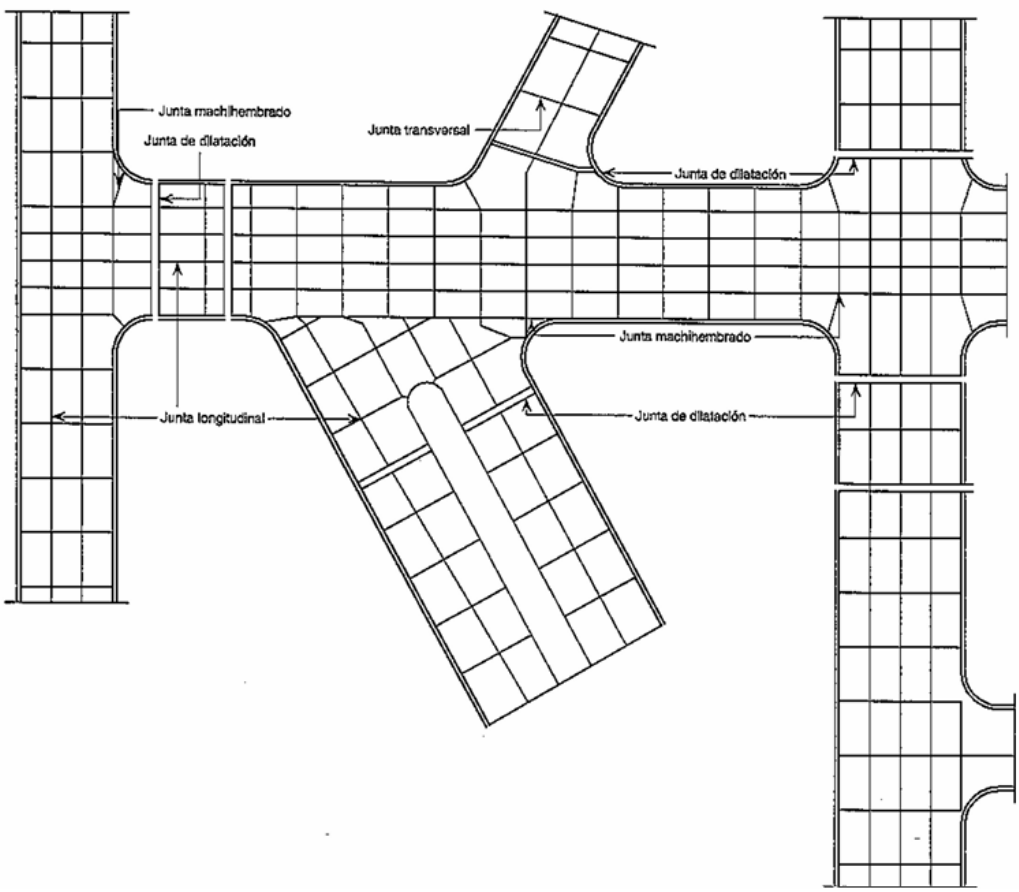


Ilustración 19. Esquema correcta disposición de juntas.

- CORTE Y SELLO DE JUNTAS

Realizar un corte equivalente a 1/3 del espesor de la losa con maquina de disco diamantado, el momento del corte lo dan las características del concreto y las condiciones atmosféricas. Se realiza un corte inicial con un ancho de 3mm para inducir la falla controlada, Posteriormente se realiza un ensanchamiento del corte para alojar el material de sello, este ultimo debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, resistencia a la fatiga, resistencia acción del agua- rayos ultravioletas- calor y acción del agua.

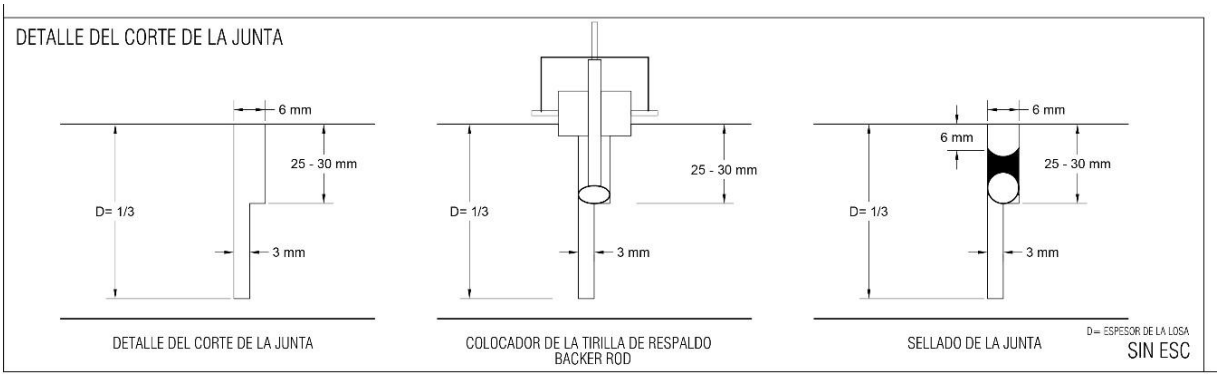


Ilustración 20. Detalle corte de junta

10. ALTERNATIVA PROPUESTA

Se considera una estructura de pavimento como se indica a continuación:

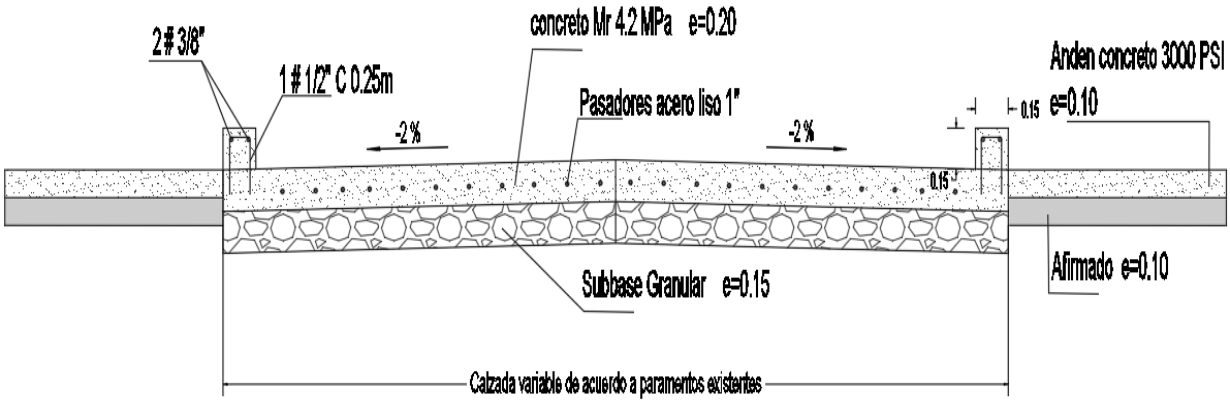


Ilustración 21. Sección transversal típica

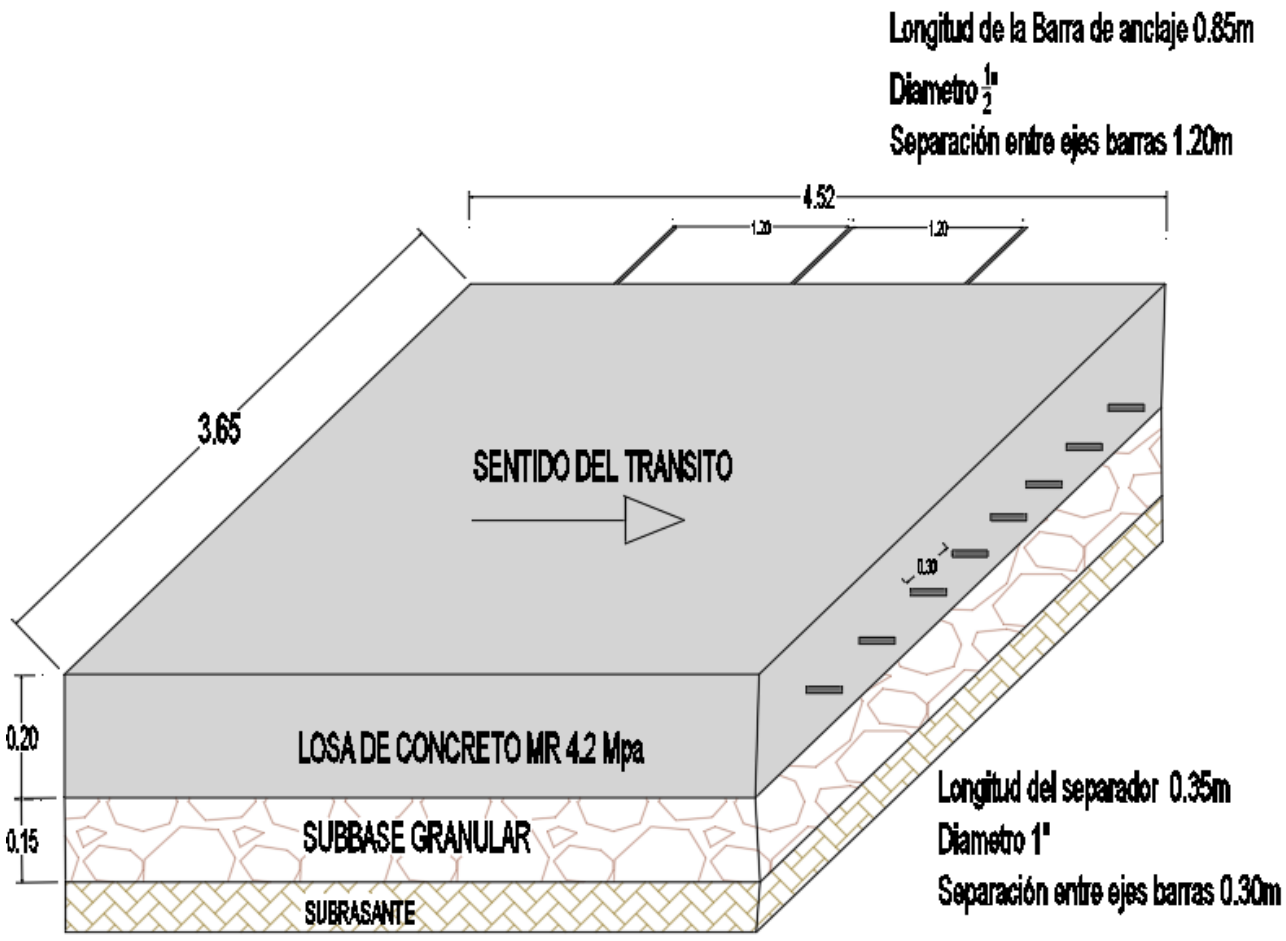


Ilustración 22. Modelo estructural del pavimento diseñado

11. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- Una vez se realice la excavación hasta el nivel de capa de subrasante se deberá evaluar la plataforma determinando si existe la presencia de zonas de acolchamiento, suelos blandos, fallos o presencia de materiales no idóneos donde se debe hacer el reemplazo de la zona afectada en un espesor de por lo menos 30 cm con material seleccionado y/o rajón garantizando. En caso de encontrar superficialmente tubería de alcantarillado se deberá hacer el reemplazo del material tipo subbase granular hasta el nivel de la estructura de pavimento.
- Se recomienda verificar sistemas de drenajes y subdrenaje que garanticen el manejo de agua entre la bocacalle y la vía existente.
- Los materiales y el proceso constructivo deben ir acorde a las especificas técnicas de construcción del INVIAS 2022.
- De llegar a encontrase en la etapa constructiva diferencias que ameriten revisión de lo aquí descrito se deberá informar a los especialistas con el fin de realizar los ajustes pertinentes.
- Se deberán proyectar barreras de viento perimetrales durante la construcción de las losas que eviten el flujo a las losas, así como carpas o techos móviles que minimicen el efecto directo del sol y pueda disminuir la temperatura ambiente en los primeros minutos en los que tienden a aparecer las grietas por contracción plástica.
- Se recomienda pavimentar la totalidad de las bocacalles o intersecciones al pavimento aquí diseñado o que se construya una losa de protección, como protección por erosión.
- Se debe evitar en el proceso contructivo losas de geometría largas y estrechas, debido a que tienden a agrietarse más que las losas aproximadamente cuadradas.
- Se recomienda un mantenimiento del pavimento con el fin de mantener las condiciones de transitabilidad y servicialidad de los tramos viales en estudio:

TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA
MANTENIMIENTO RUTINARIO	Mantenimiento y limpieza drenaje	Anual
	Sello de Juntas	Cada 2 años
	Reparaciones en profundidad parcial (cuando se presenten desportillamiento o descascaramientos en las juntas)	En el año 4 y en el año 12
MANTENIMIENTO PERIODICO	Reposición de placas	En el año 12 y en el año 20

- El control del tráfico debe ser controlado antes, durante y después de la intervención del tramo vial, garantizando la seguridad, calidad y movilidad de los usuarios.

Ing. JOSE LUIS AREVALO SIERRA
Ingeniero Civil
Especialista en Vías y Transporte
M.P. 08202137936