"PAVIMENTACIÓN Y REHABILITACIÓN VIAL EN LAS CALLES 23A y 23; EN EL BARRIO ALTOS DEL PIENTA DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHARALÁ, SANTANDER"

ESTUDIO DE DISEÑO ESTRUCTIRAL

Elaboro

JHONN ERICK F. SÁCHICA SANTANA
INGENIERO CIVIL - ESP. ESTRUCTURAS
CC: 1.098.408.055 de Charalá
T.P.: 68202-348697 STD

septiembre de 2025 Municipio de Charalá, Santander

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 5
2. OBJETIVOS 6
2.1 OBJETIVO GENERAL 6
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 6
3. LOCALIZACION Y DESCRIPCIÒN DEL SECTOR 7
4. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMATICA Y ALCANCE DEL DISEÑO 8
5. DESCRIPCIÒN Y ASPECTOS TECNICOS DE PAVIMENTOS RÌGIDOS 8
6. DEFINICIÒN DE VARIABLES 9
6.1 TRÀNSITO Y PERIODO DE DISEÑO 10
6.2 SUBRASANTE 11
6.3 MATERIAL GRANULAR DE SOPORTE PARA PAVIMENTO RÌGIDO 11
6.4 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO 11
6.5 JUNTAS 12
6.6 TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL 12
6.7 VARIABLES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO 13
7. METODOLOGÌA DEL DISEÑO 14
8. DESARROLLO DEL DISEÑO 18
8.1 DESCRIPCIÒN GEOMÈTRICA DEL SECTOR A INTERVENIR. 18
8.2 CARACTERIZACIÒN DEL SECTOR 20
8.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYO A SUBRASANTE. 20
8.4 ANALISIS DE TRÁNSITO. 21
8.5 PROPIEDADES DEL MATERIAL GRANULAR. 22
8.6 PROPIEDADES DEL CONCRETO. 22
8.7 MODULACIÒN DE JUNTAS. 23

8.8 ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN LOSAS Y CONFINAMIENTO. 23

9. CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÌGIDO CON COMBINACIÒN DE VARIABLES 24

9.1 CALCULO DE ESPESOR DE CAPAS DEL PAVIMENTO RÌGIDO. 25

10. CONCLUSIONES 28

11. RECOMENDACIONES 30

12. OBSERVACIONES 31

13. BIBLIOGRAFIA 31

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización Municipio Charalá. Santander 7

Ilustración 2 Esquema representativo de un pavimento rígido. Fuente INVIAS1 14

Ilustración 3 Descripción de tramos. Fuente propia. 19

Ilustración 4 Detalle de canastilla para soporte de dovelas. Fuente: dowel baskets de México 24

Ilustración 5 Detalle de Diseño de pavimento Rígido. Municipio Charalá Fuente: PROPIA 27

Ilustración 6 Planta de diseño pavimentación. 28

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías de Tránsito para selección de espesores. Fuente INVIAS1 10

Tabla 2 Clasificación de Subrasante de acuerdo a capacidad portante. Fuente INVIAS1 11

Tabla 3 Clasificación de material de soporte para pavimento rígido. Fuente INVIAS1 11

Tabla 4 Resistencias a flexotracciòn de concreto (Modulo de rotura). Fuente INVIAS1 ... 12

Tabla 5 Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral Fuente INVIAS1 13

Tabla 6 Variables consideradas en el análisis de diseño de pavimentos rígidos. Fuente INVIAS1 13

Tabla 7 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T0 como factor principal. Fuente INVIAS1 15

Tabla 8 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T1 como factor principal. Fuente INVIAS1 15

Tabla 9 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T2 como factor principal. Fuente INVIAS1 16

Tabla 10 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T3 como factor principal. Fuente INVIAS1 16

Tabla 11 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T4 como factor principal. Fuente INVIAS1 17

Tabla 12 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T5 como factor principal. Fuente INVIAS1 17

Tabla 13 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T6 como factor principal. Fuente INVIAS1 18

Tabla 14 Dimensiones de tramos 20

Tabla 15 Resultados de ensayo CBR. Municipio Charalá. 20

Tabla 16 Clasificación de subrasante según CBR. Municipio Charalá. 21

Tabla 17 Clasificación de subrasante según módulo resiliente. Municipio Charalá Fuente: INVIAS1 21

Tabla 18 Distancia de juntas transversales. Municipio de Charalá. 23

Tabla 19 Especificación de acero para dovelas. Municipio Charalá. 24

Tabla 20 Resumen de variables para diseño. Municipio de Charalá 25

Tabla 21 (Tabla 7.2) 26

Tabla 22 Dimensionamiento y localización de elementos. Municipio Charalá. 27

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento de diseño contiene indicaciones técnicas contenidas en el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías INVIAS, y soportado por ensayos con aplicación de normativa referentes a las propiedades mecánicas de subrasante que soporta el tránsito vehicular actual en el sector urbano del municipio de Charalá, soportado por un estudio de tránsito que determina la composición del volumen vehicular de esta localidad.

Este documento refiere a los cálculos aplicados para determinar la estructura de un pavimento rígido adecuado para las exigencias del tránsito vehicular en el sector urbano del municipio de Charalá.

Inicialmente, es importante presentar una descripción del pavimento de concreto o rígido, definiendo con brevedad sus características funcionales y ventajas como superficie de rodadura para tránsito vehicular, así como también la evolución en procesos constructivos y durabilidad o periodo de vida útil, factores que influyen en la movilidad de los usuarios de los derechos viales urbanos y rurales. Posteriormente, es presentado el proceso de diseño necesario para determinar espesor de capas del pavimento rígido, compuesto de subbase y losa de concreto. Este espesor depende del estudio de tránsito del municipio que define el número de ejes equivalentes NESE de 8,2Tn.

El presente documento contiene una descripción del estado actual de las calles del sector urbano del municipio de Charalá, para soportar la necesidad de la construcción de un pavimento que mejore las condiciones de movilidad de sus usuarios, aumentando el nivel de servicio de estas vías.

La finalidad del diseño de pavimento rígido en las calles de este municipio es la de proporcionar información técnica que indique los procesos constructivos necesarios para la correcta instalación de este pavimento, brindando mayores garantías en la calidad del producto final durante su periodo de diseño.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estructura de un pavimento rígido o de concreto en el sector urbano del municipio Charalá, aplicando los conceptos contenidos en el Manual de diseño de pavimentos de concreto en vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, con el fin de soportar técnicamente la ejecución de un proyecto que mejore la movilidad de los usuarios del derecho vial.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Identificar la configuración geométrica de los sectores a intervenir, por medio de tomas de medidas de pendientes, anchos de calle y longitud, siendo estas las tres componentes más representativas de este estudio y obtenidas en un levantamiento topográfico.

Determinar el estado de la subrasante, superficie de rodadura existente, urbanismo, por medio de una caracterización del estado de la capa de rodadura, cunetas y obras complementarias, en los tramos afectados, determinando el sector con necesidad de pavimento nuevo.

Conocer el volumen de tránsito vehicular y peatonal del sector afectado, determinando el número de usuarios con necesidad de mejora de las calles, además del NESE de 8,2Tn para espesores de capas

Establecer los procesos necesarios para la construcción de pavimento de concreto, mediante el uso de las indicaciones de INVIAS, realización de ensayos de materiales obtenidos en campo y resultados del análisis de las componentes geométrica, caracterización y tránsito del sector.

3. LOCALIZACION Y DESCRIPCIÒN DEL SECTOR

El municipio de Charalá está situado en la provincia de Guanentá al sur del departamento de Santander en las coordenadas 6°17′15″N 73°08′48″O .Fundado el 23 de julio de 1540, este municipio posee una población de 10540 habitantes y se localiza a una altura promedio de 1290msnm.

La cabecera municipal de Charalá dista 135 kilómetros de Bucaramanga, la capital del departamento. Territorio ondulado y fértil, situado a 1290 metros de altitud, es avenado por los ríos Táquiza, Pienta, Cañaverales, Riachuelito y Virolín.

Registra una temperatura media anual de 21 grados Celsius. En este municipio se encuentra parte del santuario de fauna y flora Guanentá Alto Río Fonce., este municipio cuenta con 10211habitantes total y 5791 habitantes en sector urbano y 4420 habitantes en sector rural según censo anterior, tiene una extensión de 411 Km². Este municipio posee una economía basada en agricultura (café, caña de azúcar, maíz), la ganadería y la explotación de minas de mármol

En Charalá, las principales las actividades económicas principales son la agricultura (café, caña de azúcar, maíz) y la ganadería.



Ilustración 1 Localización Municipio Charalá. Santander

4. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMATICA Y ALCANCE DEL DISEÑO

El municipio de Charalá presenta deterioro en la superficie de rodadura para tránsito vehicular en calles del sector urbano. Actualmente el deterioro de esta superficie ha generado reducción en el nivel de servicio del derecho vial en estos sectores, y está influyendo en la movilidad de sus usuarios.

El presente documento está basado en la realización de un diseño estructural de pavimento rígido o de concreto para construirlo dentro del sector urbano del municipio de Charalá. El diseño está basado en parámetros establecidos por INVIAS en el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medio y altos volúmenes de tránsito, además del soporte de ensayos de laboratorio a material extraído a subrasante, levantamiento topográfico y estudio de tránsito en el sector.

5. DESCRIPCIÒN Y ASPECTOS TECNICOS DE PAVIMENTOS RÌGIDOS

El pavimento de concreto, como cualquier otra solución, tiene su justificación cuando la suma de los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo, son inferiores a los de otras aplicaciones. Está demostrado que el costo de operación de los vehículos circulando sobre pavimentos de concreto es menor que el que tienen cuando circulan sobre pavimentos flexibles, existen estudios en los que se muestra que el consumo de combustibles es menor en los pavimentos de concreto, las distancias de frenado son más cortas y con ello los accidentes de tránsito son menos graves. También está demostrado que el consumo de energía para iluminar los pavimentos de concreto es menores, lo cual a largo plazo genera ahorros que pueden ser muy importantes cuando se trata de áreas urbanas.[1]

La característica que identifica los pavimentos de concreto y de la cual derivan buena parte de sus propiedades y ventajas es su alta rigidez, por la cual le trasmiten al suelo, las cargas y esfuerzos en áreas muy grandes. Esta característica hace que con frecuencia los costos de construcción compitan con los de otras alternativas cuando el suelo tiene baja capacidad de soporte o cuando se trata de vías con tráfico pesado o intenso, además de carreteras con tráfico muy bajo, en las cuales el pavimento de concreto se puede construir sobre el suelo sin interposición de una capa de material de soporte. [1]

Los pavimentos de concreto ofrecen una alta resistencia al desgaste, no se ahuellan en ninguna dirección, y cuando las losas tienen menos de 5 m de longitud el efecto de la temperatura en los esfuerzos es despreciables. [1]

En su contra está que la presencia de juntas y la alta rigidez hacen que cuando se construyen sobre materiales erosionables se del fenómeno del bombeo que ocurre por la acción conjunta del paso de los vehículos y del agua, sobre todo, cuando las vías están destinadas a tránsitos medios y altos. El deterioro se puede atenuar y aun controlar cambiando el material de soporte de las losas, con una buena concepción de juntas y dotándolas de barras de transferencia de carga de acero liso (dovelas) e implementando un buen sistema de drenaje. [1]

Es necesario en este punto advertir que los pavimentos de concreto son muy sensibles al subdiseño, o a la presencia de sobrecargas no contempladas en el estudio del tránsito. Por el contrario, un aumento en el espesor de diseño, de uno o dos centímetros proporciona una buena protección con relación a eventuales sobrecargas y pueden llegar a duplicar la vida útil del pavimento. [1]

Una característica de las estructuras de los pavimentos de concreto es que se construyen en una sola etapa, lo cual hace que no exista incertidumbre sobre su comportamiento a largo plazo, pues no necesita sobrecapas rutinarias, para mantener un adecuado nivel de servicio. [1]

Los pavimentos de concreto son menos sensibles a la capacidad de soporte del suelo y a las condiciones climáticas que otros tipos de pavimentos; donde son más competitivos los pavimentos de concreto es sobre los suelos con baja capacidad de soporte debido a que los esfuerzos los distribuye en áreas muy grandes con lo que las solicitaciones que llegan al suelo son bajas. [1]

Cuando el pavimento está destinado a zonas en las que la temperatura es alta, los pavimentos de concreto tienen la ventaja de que no se deforman bajo la circulación de las cargas pesadas y si las dimensiones de las losas están dentro de unos límites razonables, los movimientos de las juntas son de poco representativos. [1]

6. DEFINICIÒN DE VARIABLES

Los pavimentos son diseñados y construidos con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios. [1]

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta algunos factores, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá. [1]

El presente documento describe cada uno de los factores que influyen dentro del diseño de la estructura de pavimento rígido, para brindar calidad en el producto final, provisto de características mecánicas suficientes para satisfacer la demanda vehicular en el derecho vial que lo requiera, durante la vida útil o periodo de diseño de este tipo de pavimento.

6.1 TRÀNSITO Y PERIODO DE DISEÑO

Las categorías de tránsito que se tuvieron en cuenta para los diseños de los pavimentos se indican en la Tabla 3-1, la cual se obtuvo a partir de los espectros de carga obtenidos con la distribución de pesos para los diferentes tipos de eje por cada 1.000 camiones, en diferentes estaciones de peaje en el país (Ref. 7.6), afectados por los respectivos factores de equivalencia establecidos por la AASHTO. [1]

El Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, 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. [1]

Tabla 1 Categorías de Tránsito para selección de espesores. Fuente INVIAS1

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

Vt: Vía terciaria	**M:** Medias
Vs: Vía secundaria	**A:** Anchas
Vp: Vía principal	**CC:** Carreteras de 2 direcciones
E: Estrechas	**MC:** Carreteras multicarriles
	AP: Autopistas

6.2 SUBRASANTE

Para el diseño del pavimento de concreto, están establecidos cinco clases, la clasificación es realizada con base en la Relación de Soporte de California del suelo –CBR evaluada según la Norma INVE-148-07, estos valores se correlacionaron con el Módulo de Reacción de la subrasante -k- que es el parámetro usado en las ecuaciones de diseño.

Para subrasantes con CBR menores que 2, en la mayoría de los casos y cuando el diseñador lo considere conveniente, se requieren 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 o con la adición de productos como la cal, el cemento u otros que doten a la subrasante de mejores características mecánicas. (Artículo INV-230-07). [1]

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm^2)
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 2 Clasificación de Subrasante de acuerdo a capacidad portante. Fuente INVIAS1

6.3 MATERIAL GRANULAR DE SOPORTE PARA PAVIMENTO RÌGIDO

En este manual se tendrán en cuenta tres tipos de soporte para el pavimento, como se indica en la Tabla 6-3, el suelo natural, las bases granulares (Artículo INV330-07) y las bases estabilizadas con cemento (Artículo INV-341-07), de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de la estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de subrasante. [1]

Tabla 3 Clasificación de material de soporte para pavimento rígido. Fuente INVIAS1

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

6.4 CARACTERISTICAS DEL CONCRETO

Para los diseños de los pavimentos se escogieron 4 calidades de concreto según lo indicado en la Tabla 6-4, las resistencias a la flexotracción se evalúan a los 28 días y se miden con base en el ensayo Resistencia a la flexión del concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz (Norma INV E414-07). [1]

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm^2)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Tabla 4 Resistencias a flexotracciòn de concreto (Modulo de rotura). Fuente INVIAS1

6.5 JUNTAS

Las juntas son parte importante de los pavimentos de concreto y se hacen con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y a los cambios de temperatura y humedad, entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto. [1]

En principio las losas tendrán el ancho del carril y su longitud debe estar comprendida entre 3,60 y 5,0 m y la relación entre el largo y ancho de las losas debe oscilar entre 1 y 1,3. Se ha observado que losas cuadradas tienen un mejor comportamiento estructural. [1]

6.6 TRANSFERENCIA DE CARGAS ENTRE LOSAS Y CONFINAMIENTO LATERAL

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concreto y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes, en el manual se identificaran con las siglas indicadas en la Tabla 6-6. [1]

En el diseño es omitido el uso de acero para reforzar las losas, solo se tendrá acero en las dovelas y en las barras de anclaje. El acero de las dovelas en las juntas transversales es liso y con diámetros de más de 15 mm y el de las barras de anclajes es corrugado y con diámetros menores a los 15 mm. [1]

Tabla 5 Denominación del sistema de transferencia de cargas y confinamiento lateral Fuente

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

INVIAS1

6.7 VARIABLES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO

En resumen, las variables con las que se realizaron los diferentes diseños se indican en la Tabla 6-7. En la tabla la abreviatura EALS se refiere a la abreviatura de Equivalent Axels Load System o, el número de cargas ejercidas por ejes equivalentes de 8,2 toneladas en el periodo de diseño. [1]

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	**T0** (EALS <1x10^6)	**D y B** (Dovelas y Bermas)	**SN** (Subrasante)	**MR1**=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	**T1** (1x10^6≤EALS <1,5x10^6)	**D y No B** (Dovelas y No Bermas)	**BG** (15 cm BG)	**MR2**=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	**T2** (1,5x10^6≤EALS <5x10^6)	**No D y B** (No Dovelas y Bermas)	**BEC** (15 cm BEC)	**MR3**=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	**T3** (5x10^6≤EALS <9x10^6)	**No D y No B** (No Dovelas y No Bermas)		**MR4**=45 Mpa
S5 (CBR>20)	**T4** (9x10^6≤EALS <17x10^6)			
	T5 (17x10^6≤EALS <25x10^6)			
	T6 (25x10^6≤EALS <100x10^6)			

En donde:	
Si: "Clase de suelo con i variando desde 1 hasta 5"	**BG**: "Base granular"
Ti: "Clase de tránsito con i variando desde 0 hasta 6	**BEC**: "Base estabilizada con cemento"
D: "Dovelas"	**CBR**: "Relación de soporte de California"
B: "Bermas"	**EALS**: Ejes equivalentes definidos con el procedimiento "Equivalent Axels Load System"
SN: "Suelo natural o subrasante"	

Tabla 6 Variables consideradas en el análisis de diseño de pavimentos rígidos. Fuente INVIAS1

7. METODOLOGÌA DEL DISEÑO

En Colombia los métodos de diseño para los pavimentos de concreto más utilizados son los propuestos por la AASHTO en 1993 y la PCA en 1984. Ambos métodos tienen características distintas y los espesores calculados con ellos, para condiciones similares, pueden ser diferentes, pese a lo anterior, se siguieron las recomendaciones de los dos métodos para la elaboración de las cartas de diseño que se proponen en el catálogo de estructuras. [1]

Los espesores registrados en las Tablas 7-1 a la Tabla 7-7 son el resultado del análisis de más de 70.000 diseños, obtenidos a partir de las metodologías presentadas por la PCA´84 y la AASHTO´93 los cuales se analizaron para seleccionar el abanico de 1.680 estructuras que conforman este manual y que se esquematizan acorde a la figura 7.1.

Las dimensiones de las estructuras propuestas se obtuvieron al analizar el espectro gráfico de los resultados comparativos entre las metodologías de diseño. Durante el análisis estructural, además de sus resultados, se tuvo en cuenta la tradición nacional, se desecharon aquellos que tenían espesores muy reducidos por considerarlos frágiles y por el otro lado se desecharon los que mostraban valores superiores a 30 cm, dejando para estos casos que el diseñador de los pavimentos recurra a otras fuentes de información. [1]

Dado que los parámetros de calificación del estado superficial del pavimento no se contemplan específicamente en las metodologías de diseño, se espera que al final de su construcción se cumpla con todos los requerimientos exigidos para el recibo de las obras contemplados en los términos de referencia de los contratos [1]

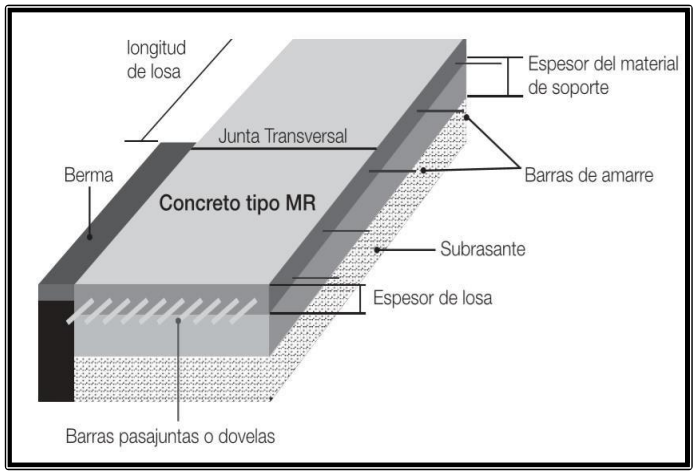


Ilustración 2 Esquema representativo de un pavimento rígido. Fuente INVIAS1

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

Tabla 7 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T0 como factor principal. Fuente INVIAS1

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																				
Tránsito T1																				
		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	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR3			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BEC	MR1			20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20
	MR2			19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19
	MR3			19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19
	MR4			19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18

Tabla 8 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T1 como factor principal. Fuente INVIAS1

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

Tránsito T2

		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	25	29	25	29	24	28	24	28	22	26	22	26	22	25	22	25	21	25	22	25
	MR2	24	28	25	28	24	27	24	27	22	25	22	25	21	24	22	24	21	24	22	24
	MR3	24	27	25	27	24	28	26	28	21	24	22	24	20	23	22	23	20	23	22	23
	MR4	22	26	25	26	23	27	26	27	20	23	22	24	19	22	22	23	19	22	22	23
BG	MR1	24	28	24	28	23	27	23	27	22	25	22	25	21	25	22	25	21	24	21	24
	MR2	23	27	23	27	23	26	23	26	21	24	22	24	21	24	22	24	20	23	21	23
	MR3	22	26	23	26	23	27	25	27	20	24	22	24	20	23	22	23	20	23	21	23
	MR4	21	25	23	25	22	26	25	26	19	23	22	23	19	22	22	23	19	22	21	23
BEC	MR1	21	24	21	24	21	24	21	24	19	22	21	22	19	22	20	22	19	21	20	22
	MR2	20	23	21	23	20	23	21	23	19	21	21	22	18	21	20	22	18	20	20	22
	MR3	19	23	21	23	20	23	23	24	18	21	21	22	18	20	20	22	17	20	20	22
	MR4	18	22	21	23	19	22	23	24	17	20	21	22	17	19	20	22	17	19	20	22

Tabla 9 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T2 como factor principal. Fuente INVIAS1

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

Tránsito T3

		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	29	34	31		28	32	30		26	30	27	30	25	29	26	29	24	28	26	28
	MR2	28	32	31		27	31	30		25	29	27	29	24	28	26	28	24	27	26	27
	MR3	27	31	31		26	30	30		24	28	27	28	23	27	26	28	23	26	26	27
	MR4	26	30	31		25	29	30		23	26	27	28	22	25	26	28	22	25	26	27
BG	MR1	27	32	29		27	31	28		25	29	26	29	24	28	26	27	24	28	25	28
	MR2	26	31	29		26	30	28		24	28	26	28	24	27	26	27	23	27	25	27
	MR3	26	30	29		25	29	28		23	27	26	28	23	26	26	27	22	26	25	27
	MR4	24	28	29		24	27	28		22	26	26	28	22	25	26	27	21	25	25	27
BEC	MR1	24	28	25	28	24	27	25	27	22	25	24	26	22	25	24	25	21	24	23	25
	MR2	23	27	25	27	23	26	25	26	21	24	24	26	21	24	24	25	21	23	23	25
	MR3	22	26	25	27	22	25	25	26	21	24	24	26	20	23	24	25	20	23	23	25
	MR4	21	24	25	27	21	24	25	26	20	22	24	26	20	22	24	25	19	22	23	25

Tabla 10 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T3 como factor principal. Fuente INVIAS1

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

Tránsito T4

		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	30				29				26	30	29		26	29	28	30	25	29	27	30
	MR2	29				28				25	29	29		25	28	28	30	24	28	27	30
	MR3	28				27				25	28	29		24	27	28	30	23	27	27	30
	MR4	26	30			25	29			23	27	29		23	26	28	30	22	26	27	30
BG	MR1	28				28				26	30	28	30	25	29	28	30	25	28	27	29
	MR2	27				27				25	29	28	30	24	28	28	30	24	27	27	29
	MR3	26				26	30			24	28	28	30	23	27	28	30	23	26	27	29
	MR4	25	29			24	28			23	26	28	30	22	26	28	30	22	25	27	29
BEC	MR1	25	28			24	28	27	29	23	26	26	28	22	25	25	27	22	25	25	27
	MR2	24	27			23	27	27	29	22	25	26	28	21	24	25	27	21	24	25	27
	MR3	23	26			22	26	27	29	21	24	26	28	21	24	25	27	21	23	25	27
	MR4	22	25			22	25	27	29	21	24	26	28	21	24	25	27	21	23	25	27

Tabla 11 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T4 como factor principal. Fuente INVIAS1

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

Tránsito T5

		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	30				29				27		30		26	30	29		25	29	29	
	MR2	29				28				26	30	30		25	29	29		24	28	29	
	MR3	28				27				25	29	30		24	28	29		24	27	29	
	MR4	27				26	30			24	27	30		23	26	29		23	26	29	
BG	MR1	29				28				26	30	29		25	29	29		25	29	28	
	MR2	28				27				25	29	29		25	28	29		24	28	28	
	MR3	27				26				24	28	29		24	27	29		23	27	28	
	MR4	25	29			25	29			24	27	29		23	26	29		23	26	28	
BEC	MR1	25	29	28		25	28	28	30	23	26	27	29	23	26	26	29	22	25	26	28
	MR2	24	28	28		24	27	28	30	22	25	27	29	22	25	26	29	21	24	26	28
	MR3	23	27	28		23	26	28	30	22	25	27	29	21	25	26	29	21	24	26	28
	MR4	23	25	28		23	25	28	30	22	25	27	29	21	25	26	29	21	24	26	28

Tabla 12 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T5 como factor principal. Fuente INVIAS1

ESPESORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																				
Tránsito T6																				
		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	32								28				27				27	30		
	MR2	30				29				27				26	30			26	30		
	MR3	30				29				27	30			26	30			26	30		
	MR4	30				29				27	30			26	30			26	30		
BG	MR1	30				29				27				27				26	30		
	MR2	29				28				26	30			26	30			25	29		
	MR3	29				28				26	30			26	30			25	29		
	MR4	29				28				26	30			26	30			25	29		
BEC	MR1	26	30			26	29			24	29			24		29		24	28	29	
	MR2	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	
	MR3	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	
	MR4	25	29			25	29			24	29			24	28	29		24	28	29	

Tabla 13 Espesores de losa de concreto (cm) con combinación de variables y T6 como factor principal. Fuente INVIAS1

8. DESARROLLO DEL DISEÑO

El desarrollo del presente diseño fue basado en cuatro factores determinantes para la estructura del pavimento rígido. Inicialmente fue extraído material de subrasante para realizar el ensayo de capacidad portante CBR, seguido por un levantamiento topográfico que determina la geometría de las calles del sector a intervenir, simultáneamente fue realizado un estudio de tránsito para obtener la composición vehicular del municipio y obtener las variables exigidas por el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, además de una caracterización de las calles en sector urbano, analizando la presencia de pozos de alcantarillado y obras complementarias.

8.1 DESCRIPCIÒN GEOMÈTRICA DEL SECTOR A INTERVENIR.

El presente diseño de pavimento rígido se aplica a dieciséis (16) derechos viales dentro del ámbito urbano del municipio de Charalá. La configuración geométrica es determinada con la toma de medidas de las calles, en sus componentes de planta con ancho y longitud y de perfil con determinación de la pendiente, obtenidas mediante la realización de un levantamiento topográfico que representa con más exactitud las dimensiones de estas calles, en calzada y senderos peatonales. Esta información es básica para la modulación de juntas de las placas de concreto.

- El tramo 1 de análisis es la calle 23 con longitud de intervención de 24.5 m y el ancho promedio de calzada actual de 6.00 m. Este derecho vial tiene pendiente media del 2.12%.
- El tramo 2 de análisis es la calle 23A con longitud de intervención de 46.00 m y el ancho promedio de calzada actual de 6.10 m. Este derecho vial tiene pendiente media del 19.80%.

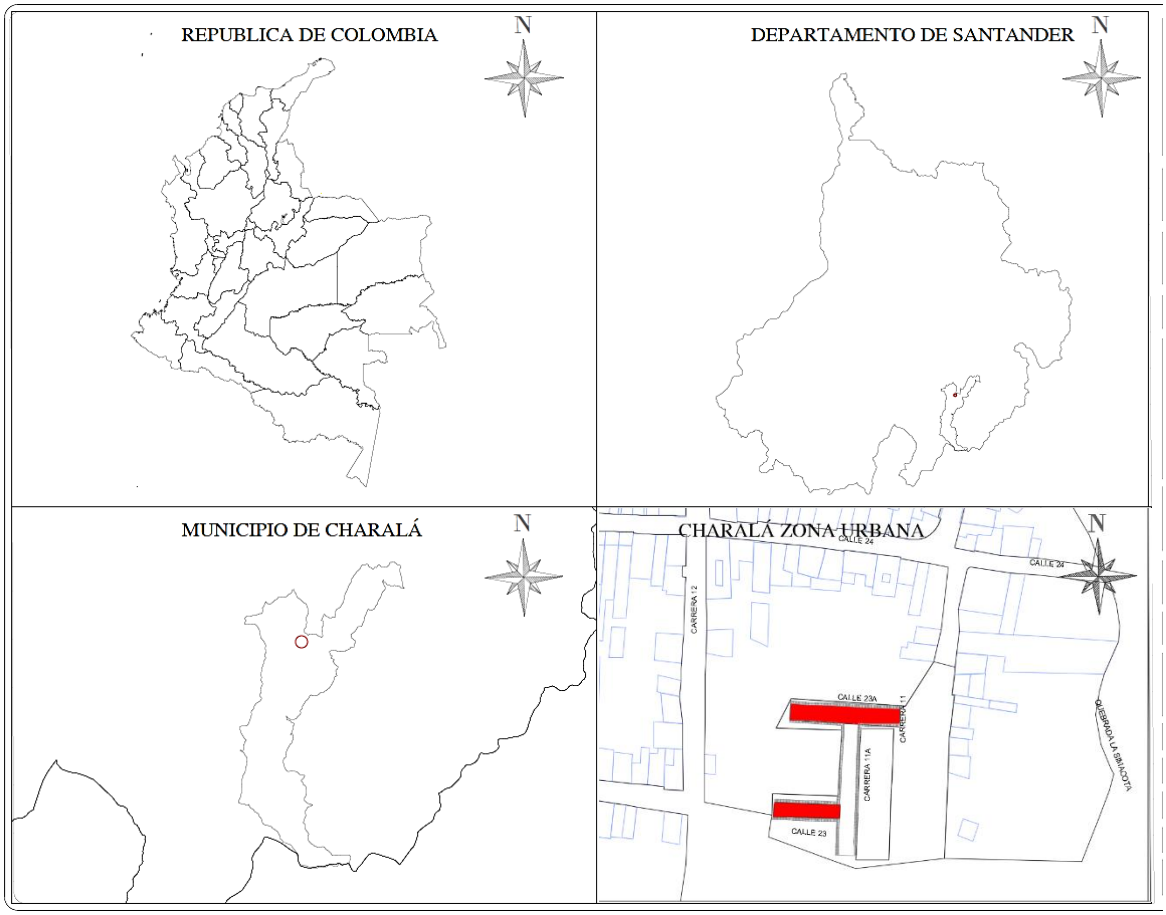


Ilustración 3 Descripción de tramos. Fuente propia.

Tramo	Sector	Longitud (m)	Pendiente Media (%)	Ancho Calzada (m)	Área Calzada (m²)
1	Calle 23	24.5	2.12	6.00	147.00
2	Call23A	46.00	19.80	6.10	280.60

Tabla 14 Dimensiones de tramos

8.2 CARACTERIZACIÒN DEL SECTOR.

El presente diseño, ha incluido una caracterización del estado actual de la superficie de rodadura para tránsito vehicular y los senderos peatonales, además de localizar sectores con sumideros que evacuen la escorrentía superficial y abatirla al sistema de alcantarillado pluvial. Esta valoración sirve de apoyo en el diseño geométrico y a la evaluación económica del proyecto de construcción del pavimento rígido es este municipio.

8.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE ENSAYO A SUBRASANTE.

El análisis de las características mecánicas de subrasante o suelo de fundación está basado en los resultados del ensayo CBR. Los resultados son utilizados como variable relacionada con los otros resultados para obtener el espesor de la losa de concreto, importante para el presente diseño.

Fueron realizados ensayos en los 16 derechos viales donde el valor más alto de CBR fue de 8.8% y el valor más bajo fue de 3.4%. Esto indica que existen diferencias en las características mecánicas de la subrasante, dentro de la zona urbana del municipio de Charalá.

Definidos los valores de CBR, determinados mediante correlaciones con el PDC, se tomará el menor valor más bajo de los ensayos, que corresponde al valor de 3.5%. Esto con el fin de unificar el criterio de diseño de espesor de losa en todo el proyecto de construcción de pavimento rígido en zona urbana del municipio de Charalá.

La capacidad de soporte con la que se hará el diseño para la pavimentación sobre la sub- rasante es de 7.30 P.S.I. El material en la clasificación es de mala calidad.

SONDEO	CBR (%)	CAPACIDAD PORTANTE (PSI)	MODULO RESILIENTE (Kg/cm³)	MODULO RESILIENTE (Mp/m)
3 y 11	3.5	7,30	350	35,0

Tabla 15 Resultados de ensayo CBR. Municipio Charalá.

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub-rasante
20 - 30	Excelente	Sub-rasante
30 - 60	Buena	Sub-base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Tabla 16 Clasificación de subrasante según CBR. Municipio Charalá.

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm^2)
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 17 Clasificación de subrasante según módulo resiliente. Municipio Charalá Fuente: INVIAS1

8.4 ANALISIS DE TRÁNSITO.

El análisis del tránsito del municipio fue realizado basado en la cantidad de vehículos observados en los derechos viales a intervenir, además de los datos de estudio de tránsito realizado en puntos de acceso y salida del casco urbano de Charalá.

En esta fase del estudio de tránsito el resultado obtenido en vehículos pesados mayores a C3 es bajo, puesto que en su mayoría está compuesto por motos y vehículos ligeros tipo campero, camiones menores a C3 y autobuses, que para efectos del cálculo de espesor de losa de concreto y capa subbase, es tenido en cuenta vehículos ligeros, buses y camiones, y omitido el número de motos. Es objetivo decir según conteo realizado en el área urbana del municipio, el tránsito promedio diario (TPD) es de 221 vehículos diarios que transitan por zona urbana para continuar hacia municipios cercanos.

- Las motos son el medio de transporte más utilizado en el municipio de Charalá, pero son omitidas para efectos de cálculo de espesores de capa de un pavimento rígido, aunque si son tenidas en cuenta para el nivel de servicio de las vías.
- Los camiones inferiores o iguales a C3 son el tercer medio de transporte de más trascendencia en el sector, debido a que el municipio es productor agrícola, y a pesar de que su porcentaje es bajo dentro del tránsito local, este influye, junto a los autobuses de transporte intermunicipal en el cálculo del número de ejes equivalentes.
- Los vehículos ligeros con peso menor a 5Tn, son un medio de transporte intermitente, con algunas camionetas, y otros vehículos tipo sedán que realizan labores de transporte expreso intermunicipal de cargas mínimas.
- La población del municipio de Charalá es de 8124 habitantes en zona urbana, con bajo índice de natalidad, que influyen mínimamente en el crecimiento de la población, por lo tanto, puede ser omitido como factor del crecimiento del parque automotor del municipio, aunque para efectos del presente análisis de tránsito, es tenido en cuenta un 2% de crecimiento anual.
- El resultado obtenido en el estudio de tránsito realizado durante siete días en el municipio es de 221 Vehículos (TPDs), que, en relación con las indicaciones de INVIAS, este valor obtiene la categoría T1 que contempla de 1’000.000 a 1’500.000 de Ejes acumulados de 8,2Tn. (Tabla 6.1).
- El valor de la variable del tránsito local según indicaciones del manual de Diseño de pavimentos rígidos para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS será relacionado en el cuadro general con otras variables.

8.5 PROPIEDADES DEL MATERIAL GRANULAR.

El material granular de soporte de la losa de concreto requiere de un espesor de 0,20m para reforzar la calidad de regular buena del suelo de subrasante y es de clasificación BG Base Granular (Tabla 6.3)

El valor de esta variable según indicaciones del manual de Diseño de pavimentos rígidos para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS será relacionado en el cuadro general con otras variables.

8.6 PROPIEDADES DEL CONCRETO.

El concreto requiere de propiedades resistentes a flexo compresión mayores a 5000PSI y obtiene la clasificación MR2 equivalente a 40Mpa.

Este valor de resistencia debe ser verificado con ensayos a los 28 días con el método de la viga de concreto sin refuerzo en el tercio medio del elemento. (Tabla 6.4).

8.7 MODULACIÒN DE JUNTAS.

El presente diseño establece que la distancia entre juntas transversales excederá solo el 20% (1,2) del ancho del carril para evitar rupturas de losas por esbeltez y teniendo en cuenta que el manual permite la relación 1 a 1,3 de la distancia entre juntas y el ancho de carril.

Este diseño contempla anchos que varían dependiendo de la geometría de la vía, puesto que es necesario realizar una redistribución de espacios para calzada y para zona peatonal.

El ancho máximo de un carril será de 3,10 m en los sectores que permitan ceder espacio a la zona peatonal o aumentar el existente en ambas márgenes, y en sectores más estrechos, cada carril queda ajustado teniendo en cuenta el sentido de circulación de la vía.

DIRECCIÓN	Ancho carril (m)	Distancia Juntas (m)
CALLE 23	3,00	3,00
CALLE 23A	3,05	3,00

Tabla 18 Distancia de juntas transversales. Municipio de Charalá.

8.8 ELEMENTOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA EN LOSAS Y CONFINAMIENTO.

Los elementos de transferencia (Dovelas) son necesarias para complementar el diseño, puesto que el concreto elegido es MR2 40Mpa, y deben ser de acero liso para Dovelas instaladas en juntas transversales con diámetros mayores a 15mm y las dovelas de anclaje longitudinal deben ser corrugadas y con diámetro menor a 15mm, ambas de resistencia a tracción de 60.000PSI (60KSI), según indicaciones del manual de Diseño de pavimentos rígidos para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS.

En cuanto a bermas, en este caso son omitidas puesto que el pavimento será construido en sector urbano y utilizará bordillos para su confinamiento.

Para efectos de este diseño son establecidas las siguientes características del acero y distancias.

Junta	Superficie del Acero	Diámetro (N)	Distancia (m)	Altura (m)
Longitudinal	Corrugada	3	1	h/2
Transversal	Lisa	8	0.5	h/2

Tabla 19 Especificación de acero para dovelas. Municipio Charalá.

La instalación de dovelas requiere de un aseguramiento de estos elementos en el lugar de las juntas, por lo tanto, es necesario construir una canastilla que evite el desplazamiento de estos elementos en el momento del vaciado o instalación de concreto.

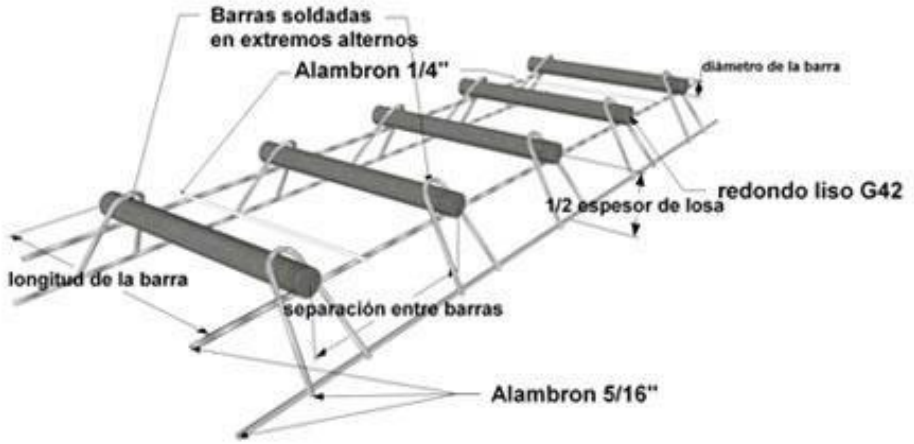


Ilustración 4 Detalle de canastilla para soporte de dovelas. Fuente: dowel baskets de México

9. CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÌGIDO CON COMBINACIÒN DE VARIABLES

Una vez obtenidas las variables del tránsito, calidad del suelo de subrasante, topografía, caracterización de las calles e hidrología en el municipio de Charalá, es

realizado el cálculo de espesor de losa de concreto, capa subbase, modulación de losas para localización de juntas o dilataciones y localización de elementos de drenaje o abatimiento de nivel freático y escorrentía.

Cada componente vial es reflejada en este documento con descripción escrita y gráfica, que es complementada por los planos del proyecto, en representación de planta, perfil y secciones transversales, además de algunos detalles estructurales de las capas que componen el pavimento rígido.

9.1 CALCULO DE ESPESOR DE CAPAS DEL PAVIMENTO RÌGIDO.

El cálculo de espesores de capas del pavimento rígido está basado en las indicaciones del Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, en el cual están establecidas unas tablas que relacionan el volumen del tránsito obtenido en un estudio realizado en el lugar y las propiedades del suelo obtenidas con el CBR, además de las propiedades del concreto y material granular de Subbase. (Tabla 6.7) (Tabla 7.2)

Tránsito	Propiedades de Concreto	Material base de losa	Elementos de transferencia	Tipo de suelo (CBR y K)
T1	MR2	BG	D y no B	S3

Tabla 20 Resumen de variables para diseño. Municipio de Charalá

Tabla 21 (Tabla 7.2)

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

Tránsito T1

		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	25	21	25	21	24	21	24	20	23	20	23
	MR2			23	27	22	26	22	26	21	24	21	24	20	23	20	23	20	23	20	23
	MR3			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	25	21	24	21	24	19	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BG	MR1			23	26	22	26	22	26	21	24	21	24	20	24	20	24	20	23	20	23
	MR2			22	26	22	25	22	25	20	23	20	23	20	23	20	23	19	22	19	22
	MR3			21	25	21	24	21	24	19	23	19	23	19	22	19	22	19	22	19	22
	MR4			20	24	20	23	20	23	18	22	19	22	18	21	19	21	18	21	19	21
BEC	MR1			20	23	20	23	20	23	18	21	18	21	18	21	18	21	18	20	18	20
	MR2			19	22	19	22	19	22	18	20	18	20	17	20	18	20	17	20	18	19
	MR3			19	22	18	21	19	21	17	20	18	20	17	19	18	19	16	19	18	19
	MR4			19	21	17	20	19	20	16	19	18	19	16	18	18	19	15	18	18	18

El resultado de la combinación de variables, siguiendo las indicaciones de INVIAS en el Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías de bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, de losa de concreto de h: 0,25m, que resistirá las cargas del tránsito del sector durante el periodo de diseño de 20 años para este pavimento.

Los detalles estructurales, distribución de juntas (Modulación) y localización de dovelas están contenidos en los planos anexos a este diseño.

Elemento	Denominación	Propiedades de resistencia (Kg/cm²)	Dimensiones (m)	Altura de Instalación (m)	Separación (m)
Losa	MR2	40	h:0,18	N.A	N.A
Subbase	BG	Normal	h:0,20	N.A	N.A
Dovela s Juntas Transv	N 8	4200	L:0,30	h/2: 0,09	0,50
Dovela s Juntas Longitudinales	N 3	4200	L:0,30	h/2: 0,09	1,0

Tabla 22 Dimensionamiento y localización de elementos. Municipio Charalá.

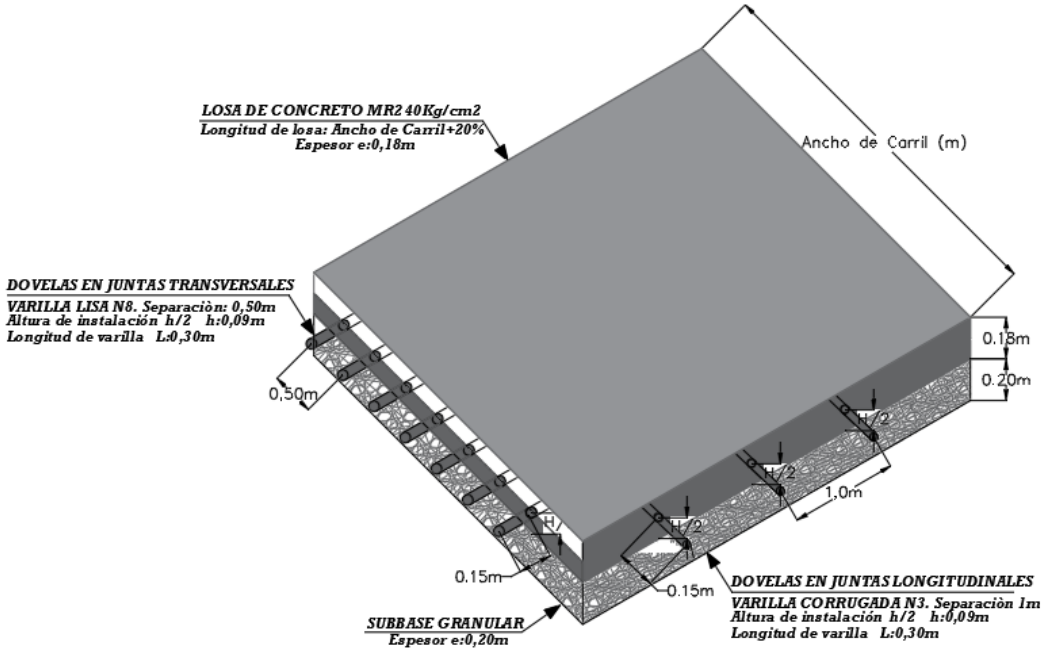


Ilustración 5 Detalle de Diseño de pavimento Rígido. Municipio Charalá Fuente: PROPIA

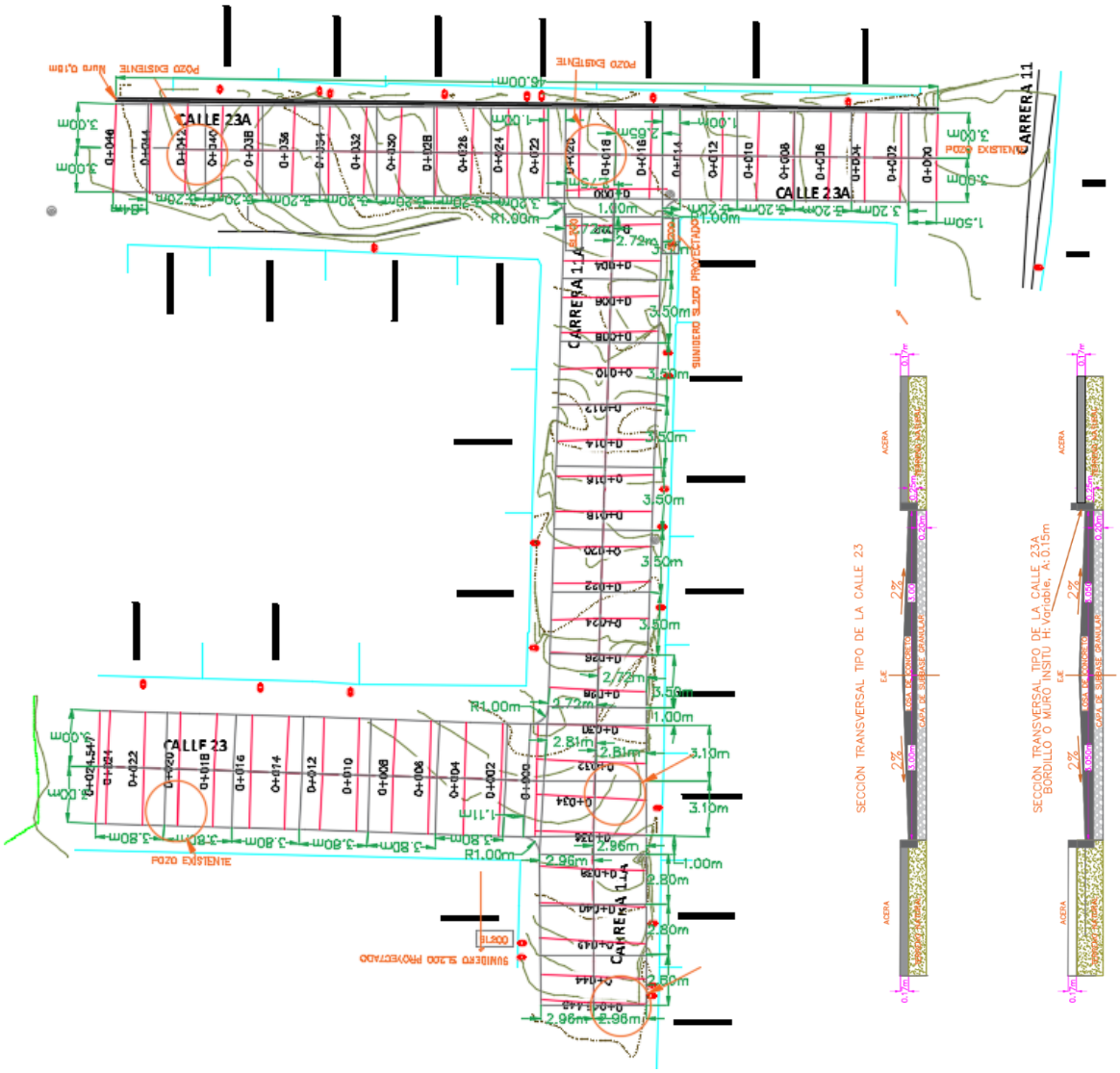


Ilustración 6 Planta de diseño pavimentación.

10. CONCLUSIONES

- Una vez Identificada la configuración geométrica de los 2 sectores a intervenir, por medio de tomas de medidas de pendientes, anchos de calle y longitud, siendo estas las tres componentes más representativas de este estudio y obtenidas en el levantamiento topográfico realizado en el municipio de Charalá, resulta necesaria la distribución de las franjas vehiculares y peatonales. Las franjas peatonales

carecen de espacio suficiente para el tránsito peatonal, sobre todo para personas con movilidad reducida, y en la mayoría de las calles es posible ceder espacio para acondicionar senderos peatonales con dimensiones adecuadas para mejorar la movilidad.

- Determinar el estado del pavimento existente y urbanismo, por medio de una caracterización de superficie de rodadura, identificación de cunetas, acera y obras complementarias como sumideros y pozos, en los tramos objeto de estudio, fue fundamental para valorar el deterioro de pavimento rígido que está comprendido entre el 40% y 80% del área correspondiente a calzada. Además, es perceptible el deterioro de aceras, que requieren mejoramiento en superficie y ajuste de dimensiones para mejorar la movilidad peatonal.
- El tránsito vehicular del sector es un factor influyente en el cálculo estructural del pavimento de concreto, puesto que es el principal generador de cargas, en sus cambios de dirección con giros, en frenados y en el reinicio de la marcha, y teniendo en cuenta que el municipio de Charalá tiene como actividad económica la producción agrícola y otras que requieren de medios de transporte como camiones de tres ejes C3, este diseño requiere de espesores de losa de concreto, subbase, elementos de transferencia con capacidad de soportar las cargas de tránsito durante el periodo de diseño de 20 años. El análisis del tránsito peatonal indica que es necesaria la ampliación de aceras para mejorar la movilidad y muro bordillo como elemento de protección de escorrentías.
- Una vez obtenidos los resultados de los ensayos CBR del material extraído de los tramos de vía objeto de estudio, indica que el suelo es S2 de mala calidad. Estos datos soportan la idea de que la subrasante posee propiedades mecánicas desfavorables que ofrecen poca resistencia a las cargas del tránsito, que serán reforzadas con la construcción del pavimento rígido de h: 0,18 m y subbase h: 0,20 m, con posibilidad de mejoramiento con cemento o Pedraplén en los sectores que presenten asentamientos.
- Establecer los procesos necesarios para la construcción de pavimento de concreto, mediante el uso de las indicaciones de INVIAS, realización de ensayos de materiales obtenidos en campo y resultados del análisis de las componentes geométrica, caracterización y tránsito del sector.

11. RECOMENDACIONES

- La recomendación principal de este diseño es la construcción del pavimento rígido cumpliendo con los datos inscritos en este documento orientado por el Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, para evitar reducir la calidad del producto final durante su periodo de diseño contemplado en 20 años, para el municipio de Charalá con una estructura que soporte las cargas generadas por el tránsito del municipio
- El fraguado de concreto genera retracción y este efecto puede ser reducido con la hidratación constante posteriormente a su instalación para evitar grietas, además de este proceso de curado, puede ser necesaria la utilización de malla electrosoldada a una altura h/2 del espesor de la placa, sobre todo en calles con pendientes mayores al 5%, en intersecciones y sectores de pozos. Con esto es posibles alcanzar mayor duración del pavimento rígido, aunque el manual omite la necesidad de esta instalación, este diseño lo recomienda.
- Una vez finalizada la construcción del pavimento con el vaciado de concreto es importante generar las líneas de adherencia, siendo estas transversales y brindan seguridad al tránsito vehicular, teniendo en cuenta que existen pendientes lineales de más del 5%, donde los vehículos requieren de más fricción en cambios de dirección y frenado.
- El suelo de subrasante es de mala calidad, por lo tanto, es necesario revisar las fases de cajeo y apisonado, para detectar asentamientos por presencia de nivel freático proveniente del alcantarillado o de viviendas contiguas. En el evento de localizar asentamientos es relevante instalar sistemas de estabilización con instalación de pedraplén (Bolo o rajón) hasta profundidad necesaria para mejorar la superficie de fundación, que va en relación del material contaminado encontrado, según Articulo 221 INVIAS, y como complemento puede ser necesaria la instalación de filtros (Subdrenes) según Manual de drenaje para carreteras de INVIAS. Otro sistema para utilizar como medio de estabilización es la aplicación de cemento o cal en sector con humedad, según ARTICULO 235 Estabilización de subrasante con cemento y ARTICULO 236 Estabilización de subrasante con cal de INVIAS.

12. OBSERVACIONES

- Un factor importante para el buen funcionamiento de una estructura de pavimento es la supervisión del proceso constructivo, determinante en el periodo de servicio, por lo tanto, las recomendaciones contenidas en el presente diseño serán efectivas cumpliendo con las indicaciones de INVIAS en sus manuales y normativas de ensayos de materiales.
- El presente documento contiene procesos con resultados reflejados en tablas que apoyan la información contenida en los planos planta, perfil, secciones tipo y modulación, para permitir la construcción de pavimento rígido en los sectores proyectados con alto grado de certeza, y lograr con ello eficiencia en el proceso constructivo.
- Este diseño ha seguido los parámetros del Manual de diseño de pavimentos en concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito de INVIAS, y está referenciado en la bibliografía e indicado en los párrafos propios del manual para evitar plagio de conceptos.

13. BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÌAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLUMENES DE TRÀNSITO. INVIAS

Elaboró:

JHONN ERICK F. SÁCHICA SANTANA
Ingeniero Civil
M.P 68202-348697 STD
CC 1.098.408.055 de Charalá