

INFORME

DISEÑO DE PAVIMENTOS

**CONTRATAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LLEVAR A CABO LA
REPOSICIÓN DEL ALCANTARILLADO Y LA PAVIMENTACION EN
CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS UBICADAS EN LA ZONA URBANA
DEL MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.**

**Elaboro: BRAHAYAN MAURICIO BOHORQUEZ GUTIERREZ
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS
MT. 70202-386010 TLM**

RIOBLANCO, TOLIMA DICIEMBRE DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	5
4. RESULTADOS ESTUDIO DE SUELOS	7
5. RESUMEN ESTUDIO DE TRANSITO.....	14
6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	17
7. JUNTAS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO	32
8. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS	33
9. ACERO DE REFUERZO	35
10. MATERIALES PARA PAVIMENTO DE VÍA	42
11. FUENTES DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN	45
12. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS	46
13. CONCLUSIONES.....	49

1. INTRODUCCIÓN

El propósito del presente diseño de pavimento es suministrar una estructura de pavimento rígido que contenga los espesores mínimos de las capas que lo conforman y que cumpla con los factores de diseño requeridos para el proyecto, lo cual se traduce en los menores costos anuales de mantenimiento. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentará buen comportamiento con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será muy elevado. Ahora, si por el contrario, el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por lo tanto, un criterio sano de ingeniería implica la elección de espesores de diseño que equilibre adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el diseño en pavimento rígido para el proyecto *“CONTRATAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LLEVAR A CABO LA REPOSICIÓN DEL ALCANTARILLADO Y LA PAVIMENTACION EN CONCRETO RÍGIDO DE LAS VÍAS UBICADAS EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”*, teniendo en cuenta el tránsito vehicular, las características del suelo de soporte y el periodo de diseño.

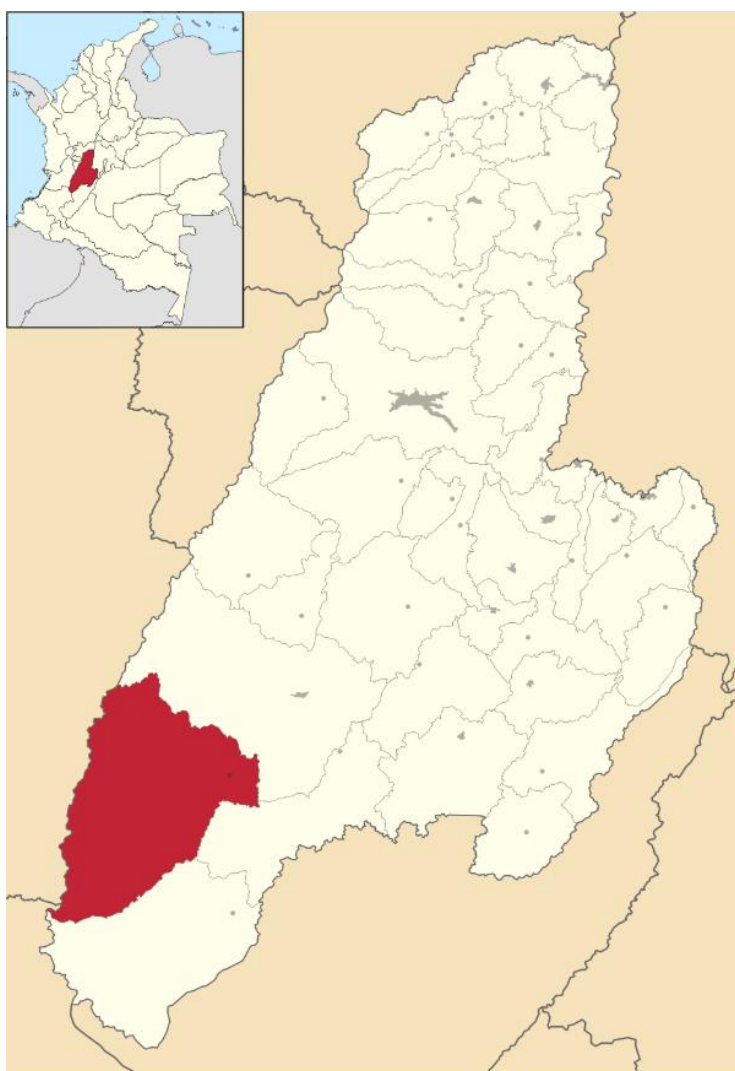
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar dimensiones específicas y parámetros técnicos de la estructura del pavimento.
- Calcular el acero de refuerzo y de transferencia de cargas.
- Presentar conclusiones y recomendaciones propias para la ejecución del proyecto.

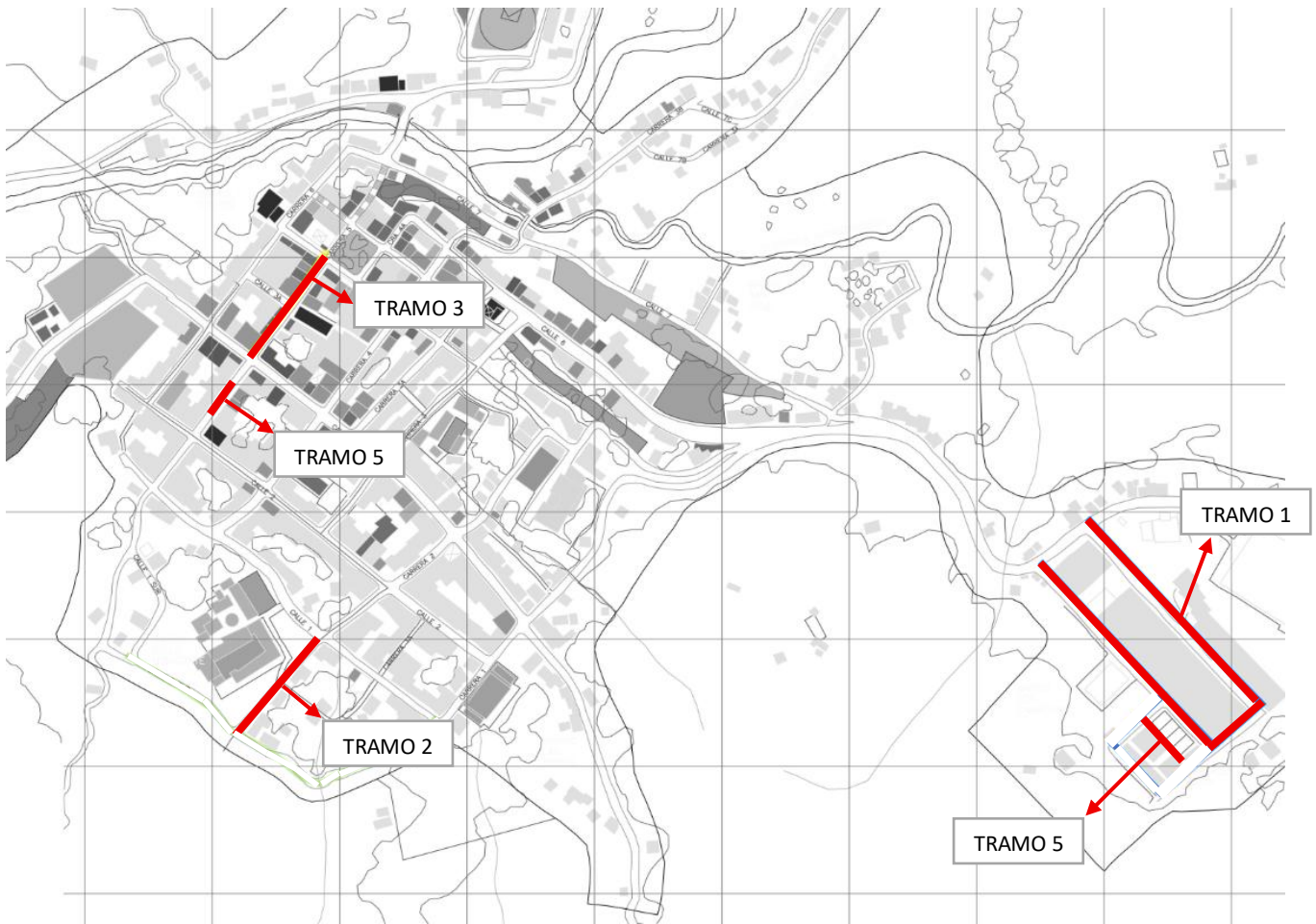
3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Los tramos de vía estudio se encuentra ubicados en el casco urbano del municipio de Rioblanco, como se describe en la siguiente tabla:

TRAMO	DIRECCION
1	Calles barrio Cámbulos
2	Carrera 2 entre calle 1 y calle 2 sur
3	Carrera 5 entre calle 3 y calle 4
4	Carrera 5 entre calle 2 y calle 3
5	Calle Villa Capri



Localización del municipio en el departamento.



Localización del proyecto en el municipio.

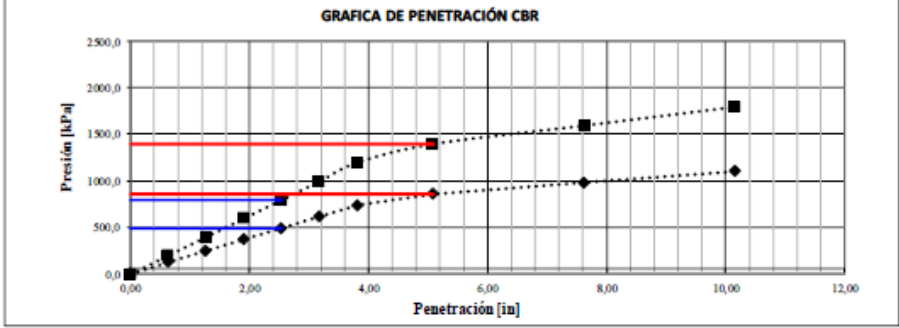
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Se presenta el diseño del pavimento a partir de la metodología **PORTLAND CEMENT ASSOCIATION – PCA**, en el diseño del pavimento se realiza el análisis por fatiga y análisis por erosión de la estructura, con el fin de verificar que esta satisfaga las solicitudes de tránsito en el periodo de diseño.

La estructura de un pavimento está constituida por un conjunto de varias capas superpuestas con diferentes características que varían de acuerdo con sus propiedades geomecánicas. El número y espesor de las capas estructurales de un pavimento varía según la calidad que tenga la subrasante en su valor de soporte CBR.

4. RESULTADOS ESTUDIO DE SUELOS

 INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8				CODIGO		C.S.P - ING - 026							
				VERSION		01							
				FECHA		8-nov.-2018							
				PAGINA		1 DE 30							
ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07													
CLIENTE :				REGISTRO : S009-0521									
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA				FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025									
DESCRIPCION: Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro				PR APIQUE:									
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA				LADO:									
Peso Martillo: 10 Lbs.		Diametro del molde		6"		Área del Pistón [m2]: 0.00196							
						Apique # 1							
MUESTRA				INMERSION									
DESCRIPCION	CBR SIN SUMERG-UIR	CBR SUMERG-IDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]								
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0								
Molde No.	2	2	Lectura Dia 1	-	-								
Molde + Muestra Humeda [g]	9000	9000	Lectura Dia 2	-	-								
Peso del Molde [g]	4250	4250	Lectura Dia 3	-	-								
Volumen del molde [Pie3]	0.074	0.074	Lectura Dia 4	-	-								
Volumen del molde [cm3]	2104.9	2104.9	Humedades	Sin sumer.	sumergido								
Peso Muestra Humeda [gms]	4750	4750	Recipiente No.	1	2								
Peso muestra seca [g]	3930	3832	Masa molde + m. humeda [g]	650.89	990.9								
Densidad Seca [Kg/M3]	1.867	1.821	Masa molde + m. seca [g]	550.85	800.6								
Humedad [%]	20.9	24.0	Peso de Recipiente [g]	71.40	6.5								
Densidad Seca [Lbs/pie3]	116.5	113.6	Humedad [%]	20.9	24.0								
PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERG-IR		RESULTADOS CBR SUMERG-IDO						
0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	CBR CORREGIDO 0.1"	11,5	CBR CORREGIDO 0.1" 7,1						
0.63	0.39	198,6	0.34	122,2	CBR CORREGIDO 0.2"	13,4	CBR CORREGIDO 0.2" 8,3						
1.27	0.78	397,3	0.48	244,5	HUMEDAD DE PENETRACION %	20,9	HUMEDAD DE PENETRACION % 24,0						
1.91	1.17	595,9	0.72	366,7	CLASIFICACIÓN <table border="1"> <tr> <td>U.S.C.S.</td> <td>CL</td> <td>A.A.S.R.T.O.</td> <td>A - 7 - 6</td> <td>Indice grupo</td> <td>15</td> </tr> </table>			U.S.C.S.	CL	A.A.S.R.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo	15
U.S.C.S.	CL	A.A.S.R.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo				15					
2.54	1.56	794,5	0.96	488,9									
3.18	1.95	993,1	1.20	611,2									
3.81	2.34	1191,8	1.44	733,4									
5.08	2.73	1390,4	1.68	855,6									
7.63	3.12	1589,0	1.92	977,8									
10.16	3.51	1787,6	2.16	1100,1									



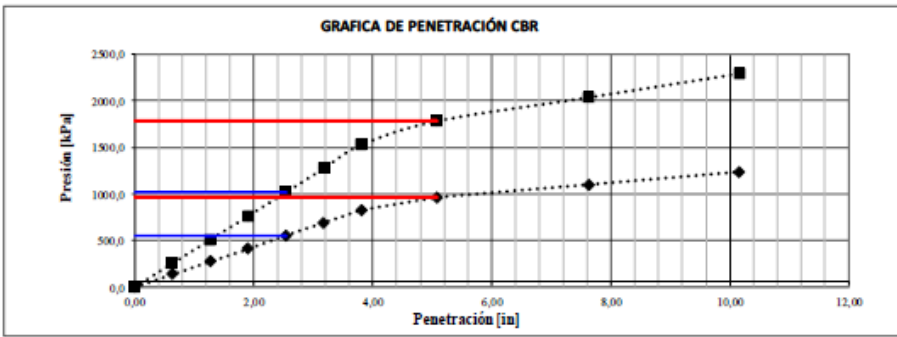
GRAFICA DE PENETRACIÓN CBR

OBSERVACION: _____



APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ

Ensayo de laboratorio CBR apique N°1.

 INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8		CODIGO	KA - ING - 026																																																																															
		VERSION	01																																																																															
		FECHA	8-nov.-2018																																																																															
		PAGINA	1 DE 30																																																																															
ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07																																																																																		
CLIENTE :		REGISTRO : <u>S009-0521</u>																																																																																
PROYECTO: <u>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA</u>		FECHA: <u>SEPTIEMBRE DE 2025</u>																																																																																
DESCRIPCÓN: <u>Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro</u>		PR APIQUE:																																																																																
UBICACIÓN: <u>MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA</u>		LADO:																																																																																
Peso Martillo: 10 Lbs.		Diametro del molde		6"																																																																														
		Área del Pistón [m2]:		0,00196																																																																														
		Apique #		2																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">MUESTRA</th> <th colspan="3">INMERSION</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>CBR SIN SUMERGIR</th> <th>CBR SUMERGIDO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>LECTURA DIAL [MM]</th> <th>Expansión [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No. De Golpes por capa</td> <td>IN-SITU</td> <td>IN-SITU</td> <td>Lectura Inicial</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Molde No.</td> <td>11</td> <td>11</td> <td>Lectura Dia 1</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Molde + Muestra Humeda [g]</td> <td>6900</td> <td>6900</td> <td>Lectura Dia 2</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso del Molde [g]</td> <td>2551</td> <td>2551</td> <td>Lectura Dia 3</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde [Pie3]</td> <td>0,074</td> <td>0,074</td> <td>Lectura Dia 4</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde [cm3]</td> <td>2104,9</td> <td>2123</td> <td>Humedades</td> <td>Sin sumer.</td> <td>sumergido</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Humeda [gms]</td> <td>4349</td> <td>4349</td> <td>Recipiente No.</td> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca [g]</td> <td>3577</td> <td>3349</td> <td>Masa molde + m. humeda [g]</td> <td>733,00</td> <td>440,0</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca [Kg/M3]</td> <td>1,699</td> <td>1,578</td> <td>Masa molde + m. seca [g]</td> <td>615,00</td> <td>355,0</td> </tr> <tr> <td>Humedad [%]</td> <td>21,6</td> <td>29,8</td> <td>Peso de Recipiente [g]</td> <td>68,19</td> <td>70,2</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca [Lbs/pie3]</td> <td>106,0</td> <td>98,4</td> <td>Humedad [%]</td> <td>21,6</td> <td>29,8</td> </tr> </tbody> </table>					MUESTRA			INMERSION			DESCRIPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]	No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0	Molde No.	11	11	Lectura Dia 1	-	-	Molde + Muestra Humeda [g]	6900	6900	Lectura Dia 2	-	-	Peso del Molde [g]	2551	2551	Lectura Dia 3	-	-	Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-	Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer.	sumergido	Peso Muestra Humeda [gms]	4349	4349	Recipiente No.	3	4	Peso muestra seca [g]	3577	3349	Masa molde + m. humeda [g]	733,00	440,0	Densidad Seca [Kg/M3]	1,699	1,578	Masa molde + m. seca [g]	615,00	355,0	Humedad [%]	21,6	29,8	Peso de Recipiente [g]	68,19	70,2	Densidad Seca [Lbs/pie3]	106,0	98,4	Humedad [%]	21,6	29,8
MUESTRA			INMERSION																																																																															
DESCRIPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]																																																																													
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0																																																																													
Molde No.	11	11	Lectura Dia 1	-	-																																																																													
Molde + Muestra Humeda [g]	6900	6900	Lectura Dia 2	-	-																																																																													
Peso del Molde [g]	2551	2551	Lectura Dia 3	-	-																																																																													
Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-																																																																													
Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer.	sumergido																																																																													
Peso Muestra Humeda [gms]	4349	4349	Recipiente No.	3	4																																																																													
Peso muestra seca [g]	3577	3349	Masa molde + m. humeda [g]	733,00	440,0																																																																													
Densidad Seca [Kg/M3]	1,699	1,578	Masa molde + m. seca [g]	615,00	355,0																																																																													
Humedad [%]	21,6	29,8	Peso de Recipiente [g]	68,19	70,2																																																																													
Densidad Seca [Lbs/pie3]	106,0	98,4	Humedad [%]	21,6	29,8																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PENETRACION (mm)</th> <th>Lectura [kN]</th> <th>Presión [kPa]</th> <th>Lectura [kN]</th> <th>Presión [kPa]</th> <th>RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR</th> <th>RESULTADOS CBR SUMERGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>CBR CORREGIDO 0.1"</td> <td>14,8</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>0,50</td> <td>254,6</td> <td>0,27</td> <td>137,5</td> <td>CBR CORREGIDO 0.1"</td> <td>8,0</td> </tr> <tr> <td>1,27</td> <td>1,00</td> <td>509,3</td> <td>0,54</td> <td>275,0</td> <td>CBR CORREGIDO 0.2"</td> <td>17,2</td> </tr> <tr> <td>1,91</td> <td>1,50</td> <td>763,9</td> <td>0,81</td> <td>412,5</td> <td>CBR CORREGIDO 0.2"</td> <td>9,3</td> </tr> <tr> <td>2,54</td> <td>2,00</td> <td>1018,6</td> <td>1,08</td> <td>550,0</td> <td>HUMEDAD DE PENETRACION %</td> <td>21,6</td> </tr> <tr> <td>3,18</td> <td>2,50</td> <td>1273,2</td> <td>1,35</td> <td>687,5</td> <td>HUMEDAD DE PENETRACION %</td> <td>29,8</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>3,00</td> <td>1527,9</td> <td>1,62</td> <td>825,1</td> <td colspan="2">CLASIFICACIÓN</td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>3,50</td> <td>1782,5</td> <td>1,89</td> <td>962,6</td> <td>U.S.C.S.</td> <td>CL</td> </tr> <tr> <td>7,63</td> <td>4,00</td> <td>2037,2</td> <td>2,16</td> <td>1100,1</td> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td>A - 7 - 6</td> </tr> <tr> <td>10,16</td> <td>4,50</td> <td>2291,8</td> <td>2,43</td> <td>1237,6</td> <td>Indice grupo</td> <td>18</td> </tr> </tbody> </table>					PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR	RESULTADOS CBR SUMERGIDO	0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	CBR CORREGIDO 0.1"	14,8	0,63	0,50	254,6	0,27	137,5	CBR CORREGIDO 0.1"	8,0	1,27	1,00	509,3	0,54	275,0	CBR CORREGIDO 0.2"	17,2	1,91	1,50	763,9	0,81	412,5	CBR CORREGIDO 0.2"	9,3	2,54	2,00	1018,6	1,08	550,0	HUMEDAD DE PENETRACION %	21,6	3,18	2,50	1273,2	1,35	687,5	HUMEDAD DE PENETRACION %	29,8	3,81	3,00	1527,9	1,62	825,1	CLASIFICACIÓN		5,08	3,50	1782,5	1,89	962,6	U.S.C.S.	CL	7,63	4,00	2037,2	2,16	1100,1	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6	10,16	4,50	2291,8	2,43	1237,6	Indice grupo	18	
PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR	RESULTADOS CBR SUMERGIDO																																																																												
0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	CBR CORREGIDO 0.1"	14,8																																																																												
0,63	0,50	254,6	0,27	137,5	CBR CORREGIDO 0.1"	8,0																																																																												
1,27	1,00	509,3	0,54	275,0	CBR CORREGIDO 0.2"	17,2																																																																												
1,91	1,50	763,9	0,81	412,5	CBR CORREGIDO 0.2"	9,3																																																																												
2,54	2,00	1018,6	1,08	550,0	HUMEDAD DE PENETRACION %	21,6																																																																												
3,18	2,50	1273,2	1,35	687,5	HUMEDAD DE PENETRACION %	29,8																																																																												
3,81	3,00	1527,9	1,62	825,1	CLASIFICACIÓN																																																																													
5,08	3,50	1782,5	1,89	962,6	U.S.C.S.	CL																																																																												
7,63	4,00	2037,2	2,16	1100,1	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6																																																																												
10,16	4,50	2291,8	2,43	1237,6	Indice grupo	18																																																																												
 GRAFICA DE PENETRACIÓN CBR																																																																																		
OBSERVACION: _____ _____ _____																																																																																		
																																																																																		
APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ																																																																																		

Ensayo de laboratorio CBR apique N°2.

 INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8	CODIGO	KA - ING - 026	
	VERSION	01	
	FECHA	8-nov-2018	
	PAGINA	1 DE 30	

ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07											
CLIENTE :					REGISTRO : S009-0521						
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA					FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025						
DESCRIPCION: Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro					PR APIQUE:						
UBICACION: MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA					LADO:						
Peso Martillo: 10 Lbs.		Diametro del molde		6"		Área del Pistón [m2]:		0,00196		Apique # 3	

MUESTRA				INMERSION			
DESCRPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]		
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0		
Molde No.	17	17	Lectura Dia 1	-	-		
Molde + Muestra Humeda [g]	6800	6800	Lectura Dia 2	-	-		
Peso del Molde [g]	2585	2585	Lectura Dia 3	-	-		
Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-		
Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades		Sin sumer.	sumergido	
Peso Muestra Humeda [gms]	4215	4215	Recipiente No.		5	6	
Peso muestra seca [g]	3498	3212	Masa molde + m. humeda [g]		915,00	740,0	
Densidad Seca [Kg/M3]	1,662	1,513	Masa molde + m. seca [g]		770,96	580,9	
Humedad [%]	20,5	31,2	Peso de Recipiente [g]		68,12	70,9	
Densidad Seca [Lbs/pie3]	103,7	94,4	Humedad [%]		20,5	31,2	

PENETRACION (mm)		Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR		RESULTADOS CBR SUMERGIDO	
0,00		0,00	0,0	0,00	0,0	C.B.R. CORREGIDO 0.1"	14,8	C.B.R. CORREGIDO 0.1"	8,3
0,63		0,50	254,6	0,28	142,6	C.B.R. CORREGIDO 0.2"	17,2	C.B.R. CORREGIDO 0.2"	9,6
1,27		1,00	509,3	0,56	285,2	HUMEDAD DE PENETRACION %		20,5	HUMEDAD DE PENETRACION %
1,91		1,50	763,9	0,84	427,8				31,2
2,54		2,00	1018,6	1,12	570,4				
3,18		2,50	1273,2	1,40	713,0				
3,81		3,00	1527,9	1,68	855,6				
5,08		3,50	1782,5	1,96	998,2				
7,63		4,00	2037,2	2,24	1140,8				
10,16		4,50	2291,8	2,52	1283,4				

CLASIFICACIÓN					
U.S.C.S.	CL	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo	10

GRAFICA DE PENETRACIÓN CBR

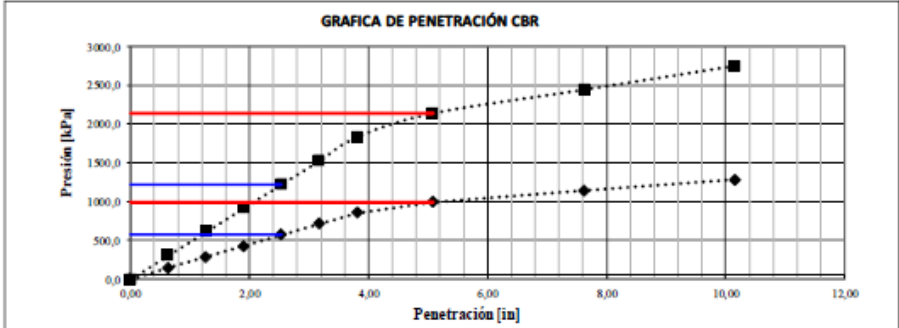
OBSERVACION:

APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ

LABORATORISTA

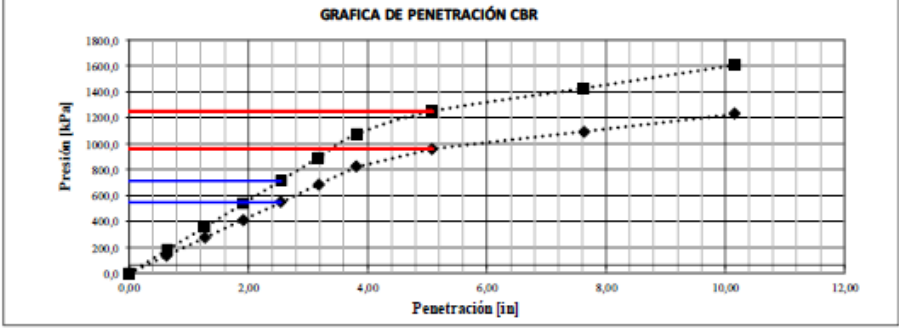
JEFE DE LABORATORIO

Ensayo de laboratorio CBR apique N°3.

 INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8		CODIGO	C.S.P - ING - 026																																																																															
		VERSION	01																																																																															
		FECHA	8-nov.-2018																																																																															
		PAGINA	1 DE 30																																																																															
ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07																																																																																		
CLIENTE :		REGISTRO : <u>S009-0521</u>																																																																																
PROYECTO: <u>ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA</u>		FECHA: <u>SEPTIEMBRE DE 2025</u>																																																																																
DESCRIPCÓN: <u>Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro</u>		PR APIQUE:																																																																																
UBICACIÓN: <u>MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA</u>		LADO:																																																																																
Peso Martillo: 10 Lbs.		Diametro del molde		6"																																																																														
		Área del Pistón [m2]:		0,00196																																																																														
		Apique #		4																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">MUESTRA</th> <th colspan="3">INMERSION</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>CBR SIN SUMERGIR</th> <th>CBR SUMERGIDO</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>LECTURA DIAL [MM]</th> <th>Expansión [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No. De Golpes por capa</td> <td>IN-SITU</td> <td>IN-SITU</td> <td>Lectura Inicial</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Molde No.</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>Lectura Dia 1</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Molde + Muestra Humeda [g]</td> <td>7500</td> <td>7500</td> <td>Lectura Dia 2</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso del Molde [g]</td> <td>2634</td> <td>2634</td> <td>Lectura Dia 3</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde [Pie3]</td> <td>0,074</td> <td>0,074</td> <td>Lectura Dia 4</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde [cm3]</td> <td>2104,9</td> <td>2123</td> <td>Humedades</td> <td>Sin sumer.</td> <td>sumergido</td> </tr> <tr> <td>Peso Muestra Humeda [gms]</td> <td>4866</td> <td>4866</td> <td>Recipiente No.</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Peso muestra seca [g]</td> <td>3985</td> <td>3851</td> <td>Masa molde + m. humeda [g]</td> <td>512,96</td> <td>190,4</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca [Kg/M3]</td> <td>1,893</td> <td>1,814</td> <td>Masa molde + m. seca [g]</td> <td>433,25</td> <td>165,4</td> </tr> <tr> <td>Humedad [%]</td> <td>22,1</td> <td>26,4</td> <td>Peso de Recipiente [g]</td> <td>72,50</td> <td>70,5</td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca [Lbs/pie3]</td> <td>118,1</td> <td>113,2</td> <td>Humedad [%]</td> <td>22,1</td> <td>26,4</td> </tr> </tbody> </table>					MUESTRA			INMERSION			DESCRIPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]	No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0	Molde No.	15	15	Lectura Dia 1	-	-	Molde + Muestra Humeda [g]	7500	7500	Lectura Dia 2	-	-	Peso del Molde [g]	2634	2634	Lectura Dia 3	-	-	Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-	Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer.	sumergido	Peso Muestra Humeda [gms]	4866	4866	Recipiente No.	7	8	Peso muestra seca [g]	3985	3851	Masa molde + m. humeda [g]	512,96	190,4	Densidad Seca [Kg/M3]	1,893	1,814	Masa molde + m. seca [g]	433,25	165,4	Humedad [%]	22,1	26,4	Peso de Recipiente [g]	72,50	70,5	Densidad Seca [Lbs/pie3]	118,1	113,2	Humedad [%]	22,1	26,4
MUESTRA			INMERSION																																																																															
DESCRIPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]																																																																													
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0																																																																													
Molde No.	15	15	Lectura Dia 1	-	-																																																																													
Molde + Muestra Humeda [g]	7500	7500	Lectura Dia 2	-	-																																																																													
Peso del Molde [g]	2634	2634	Lectura Dia 3	-	-																																																																													
Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-																																																																													
Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer.	sumergido																																																																													
Peso Muestra Humeda [gms]	4866	4866	Recipiente No.	7	8																																																																													
Peso muestra seca [g]	3985	3851	Masa molde + m. humeda [g]	512,96	190,4																																																																													
Densidad Seca [Kg/M3]	1,893	1,814	Masa molde + m. seca [g]	433,25	165,4																																																																													
Humedad [%]	22,1	26,4	Peso de Recipiente [g]	72,50	70,5																																																																													
Densidad Seca [Lbs/pie3]	118,1	113,2	Humedad [%]	22,1	26,4																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PENETRACION (mm)</th> <th>Lectura [kN]</th> <th>Presión [kPa]</th> <th>Lectura [kN]</th> <th>Presión [kPa]</th> <th>RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR</th> <th>RESULTADOS CBR SUMERGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td rowspan="2">C.B.R. CORREGIDO 0.1"</td> <td rowspan="2">C.B.R. CORREGIDO 0.1"</td> </tr> <tr> <td>0,63</td> <td>0,60</td> <td>305,6</td> <td>0,28</td> <td>142,1</td> </tr> <tr> <td>1,27</td> <td>1,20</td> <td>611,2</td> <td>0,56</td> <td>284,1</td> <td rowspan="2">C.B.R. CORREGIDO 0.2"</td> <td rowspan="2">C.B.R. CORREGIDO 0.2"</td> </tr> <tr> <td>1,91</td> <td>1,80</td> <td>916,7</td> <td>0,84</td> <td>426,2</td> </tr> <tr> <td>2,54</td> <td>2,40</td> <td>1222,3</td> <td>1,12</td> <td>568,3</td> <td rowspan="2">HUMEDAD DE PENETRACION %</td> <td rowspan="2">HUMEDAD DE PENETRACION %</td> </tr> <tr> <td>3,18</td> <td>3,00</td> <td>1527,9</td> <td>1,39</td> <td>710,4</td> </tr> <tr> <td>3,81</td> <td>3,60</td> <td>1833,5</td> <td>1,67</td> <td>852,4</td> <td colspan="2" rowspan="4"> CLASIFICACIÓN <table border="1"> <tr> <td>U.S.C.S.</td> <td>CL</td> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td>A - 7 - 6</td> <td>Indice grupo</td> <td>15</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>5,08</td> <td>4,20</td> <td>2139,0</td> <td>1,95</td> <td>994,5</td> </tr> <tr> <td>7,63</td> <td>4,80</td> <td>2444,6</td> <td>2,23</td> <td>1136,6</td> </tr> <tr> <td>10,16</td> <td>5,40</td> <td>2750,2</td> <td>2,51</td> <td>1278,7</td> </tr> </tbody> </table>					PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR	RESULTADOS CBR SUMERGIDO	0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	C.B.R. CORREGIDO 0.1"	C.B.R. CORREGIDO 0.1"	0,63	0,60	305,6	0,28	142,1	1,27	1,20	611,2	0,56	284,1	C.B.R. CORREGIDO 0.2"	C.B.R. CORREGIDO 0.2"	1,91	1,80	916,7	0,84	426,2	2,54	2,40	1222,3	1,12	568,3	HUMEDAD DE PENETRACION %	HUMEDAD DE PENETRACION %	3,18	3,00	1527,9	1,39	710,4	3,81	3,60	1833,5	1,67	852,4	CLASIFICACIÓN <table border="1"> <tr> <td>U.S.C.S.</td> <td>CL</td> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td>A - 7 - 6</td> <td>Indice grupo</td> <td>15</td> </tr> </table>		U.S.C.S.	CL	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo	15	5,08	4,20	2139,0	1,95	994,5	7,63	4,80	2444,6	2,23	1136,6	10,16	5,40	2750,2	2,51	1278,7							
PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR	RESULTADOS CBR SUMERGIDO																																																																												
0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	C.B.R. CORREGIDO 0.1"	C.B.R. CORREGIDO 0.1"																																																																												
0,63	0,60	305,6	0,28	142,1																																																																														
1,27	1,20	611,2	0,56	284,1	C.B.R. CORREGIDO 0.2"	C.B.R. CORREGIDO 0.2"																																																																												
1,91	1,80	916,7	0,84	426,2																																																																														
2,54	2,40	1222,3	1,12	568,3	HUMEDAD DE PENETRACION %	HUMEDAD DE PENETRACION %																																																																												
3,18	3,00	1527,9	1,39	710,4																																																																														
3,81	3,60	1833,5	1,67	852,4	CLASIFICACIÓN <table border="1"> <tr> <td>U.S.C.S.</td> <td>CL</td> <td>A.A.S.H.T.O.</td> <td>A - 7 - 6</td> <td>Indice grupo</td> <td>15</td> </tr> </table>		U.S.C.S.	CL	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo	15																																																																						
U.S.C.S.	CL	A.A.S.H.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo			15																																																																											
5,08	4,20	2139,0	1,95	994,5																																																																														
7,63	4,80	2444,6	2,23	1136,6																																																																														
10,16	5,40	2750,2	2,51	1278,7																																																																														
 GRAFICA DE PENETRACIÓN CBR																																																																																		
OBSERVACION: _____ _____ _____																																																																																		
																																																																																		
APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ																																																																																		

Ensayo de laboratorio CBR apique N°4.

 CMK INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8		CODIGO	C.S.P - ING - 026	
		VERSION	01	
		FECHA	8-nov-2018	
		PAGINA	1 DE 30	
ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07				
CLIENTE :		REGISTRO : S009-0521		
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025		
DESCRIPCIÓN: Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro		PRAPIQUE:		
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA		LADO:		
Peso Martillo: 10 Lbs.	Diametro del molde	6"	Área del Pistón [m2]:	0,00196
			Apique #	5
MUESTRA			INMERSION	
DESCRIPCION	CBR SIN SUMERGIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0
Molde No.	9	9	Lectura Dia 1	-
Molde + Muestra Humeda [g]	7500	7500	Lectura Dia 2	-
Peso del Molde [g]	2558	2558	Lectura Dia 3	-
Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-
Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer. sumergido
Peso Muestra Humeda [gms]	4942	4942	Recipiente No.	9 10
Peso muestra seca [g]	3931	3737	Masa molde + m. humeda [g]	485,85 560,4
Densidad Seca [Kg/M3]	1,867	1,760	Masa molde + m. seca [g]	400,96 441,0
Humedad [%]	25,7	32,2	Peso de Recipiente [g]	70,98 70,5
Densidad Seca [Lbs/pie3]	116,5	109,8	Humedad [%]	25,7 32,2
PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]
0,00	0,00	0,0	0,00	0,0
0,63	0,35	178,3	0,27	136,6
1,27	0,70	356,5	0,54	273,2
1,91	1,05	534,8	0,80	409,8
2,54	1,40	713,0	1,07	546,4
3,18	1,75	891,3	1,34	683,0
3,81	2,10	1069,5	1,61	819,6
5,08	2,45	1247,8	1,88	956,2
7,63	2,80	1426,0	2,15	1092,8
10,16	3,15	1604,3	2,41	1229,4
		RESULTADOS CBR SIN SUMERGIR		
		C.B.R. CORREGIDO 0.1"		
		10,3		
		C.B.R. CORREGIDO 0.2"		
		12,1		
		HUMEDAD DE PENETRACION %		
		25,7		
		HUMEDAD DE PENETRACION %		
		32,2		
CLASIFICACIÓN				
U.S.C.S.	CL	A.A.S.R.T.O.	A - 7 - 6	Indice grupo
				15



GRAFICA DE PENETRACIÓN CBR

OBSERVACION:



APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ

Ensayo de laboratorio CBR apique N°5.

 INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.S NIT. 901500884-8				CODIGO		KA - ING - 026	
				VERSIÓN		01	
				FECHA		8-nov-2018	
				PAGINA		1 DE 30	
ENSAYO C.B.R. IN-SITU INV. E - 148 - 07							
CLIENTE :				REGISTRO : S009-0521			
PROYECTO: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN LA ZONA URBANA MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA				FECHA: SEPTIEMBRE DE 2025			
DESCRIPCION: Arcilla (CL) Baja Plasticidad color Café Claro				PR APIQUE:			
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE RIOBLANCO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA				LADO:			
Peso Martillo: 10 Lbs.		Diametro del molde		6"		Área del Pistón [m2]: 0,00196	
						Apique # 6	
MUESTRA				INMERSION			
DESCRIPCION	CBR SIN SUMERG-UIR	CBR SUMERGIDO	DESCRIPCION	LECTURA DIAL [MM]	Expansión [%]		
No. De Golpes por capa	IN-SITU	IN-SITU	Lectura Inicial	0	0		
Molde No.	21	21	Lectura Dia 1	-	-		
Molde + Muestra Humeda [g]	8900	8900	Lectura Dia 2	-	-		
Peso del Molde [g]	4237	4237	Lectura Dia 3	-	-		
Volumen del molde [Pie3]	0,074	0,074	Lectura Dia 4	-	-		
Volumen del molde [cm3]	2104,9	2123	Humedades	Sin sumer.	sumergido		
Peso Muestra Humeda [gms]	4663	4663	Recipiente No.	11	12		
Peso muestra seca [g]	3833	3696	Masa molde + m. humeda [g]	850,96	615,1		
Densidad Seca [Kg/M3]	1,821	1,741	Masa molde + m. seca [g]	711,96	502,4		
Humedad [%]	21,6	26,2	Peso de Recipiente [g]	69,74	71,5		
Densidad Seca [Lbs/pie3]	113,6	108,6	Humedad [%]	21,6	26,2		
PENETRACION (mm)	Lectura [kN]	Presión [kPa]	Lectura [kN]	Presión [kPa]	RESULTADOS CBR SIN SUMERG-IR		RESULTADOS CBR SUMERGIDO
0,00	0,00	0,0	0,00	0,0	CBR CORREGIDO 0.1"	11,8	CBR CORREGIDO 0.1"
0,63	0,40	203,7	0,32	162,8	CBR CORREGIDO 0.2"	13,8	CBR CORREGIDO 0.2"
1,27	0,80	407,4	0,64	325,6			
1,91	1,20	611,2	0,96	488,4			
2,54	1,60	814,9	1,28	651,2	HUMEDAD DE PENETRACION %	21,6	HUMEDAD DE PENETRACION %
3,18	2,00	1018,6	1,60	813,9			
3,81	2,40	1222,3	1,92	976,7	CLASIFICACIÓN		
5,08	2,80	1426,0	2,24	1139,5	U.S.C.S.	CL	A.A.S.R.T.O.
7,63	3,20	1629,7	2,56	1302,3			A - 6
10,16	3,60	1833,5	2,88	1465,1			Indice grupo
							9
OBSERVACION: _____ _____ _____ 							
APROBÓ. ING. CARLOS ANDRES BAEZ BAEZ							

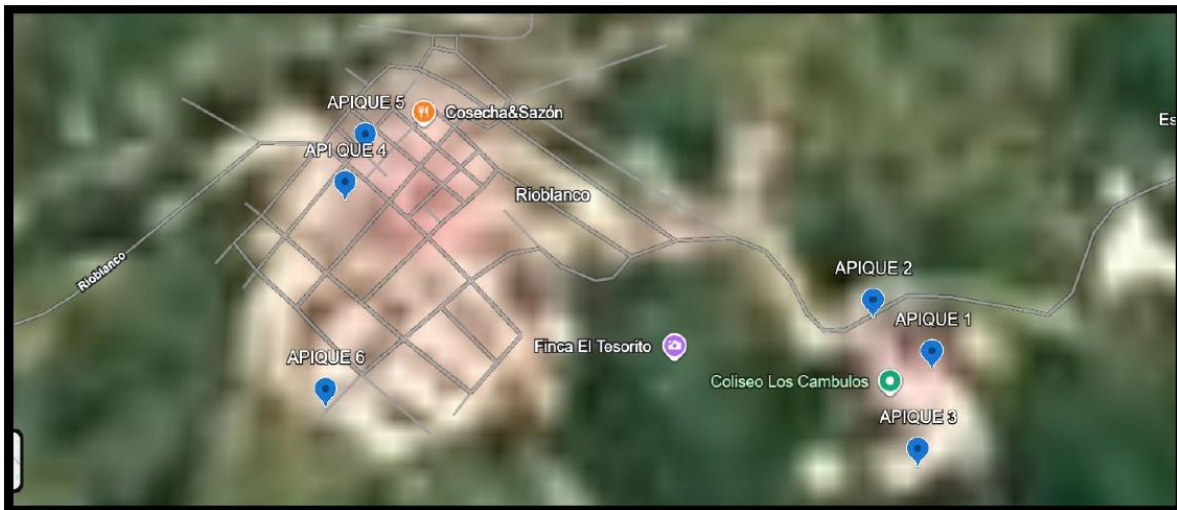
Ensayo de laboratorio CBR apique N°6.

Los resultados de las pruebas inalteradas indica el CBR del suelo con la humedad natural y los resultados realizadas al suelo sumergido muestra el CBR del suelo saturado (en sus peores condiciones), para el calculo del CBR de diseño de toma el CBR sumergido.

Se recomienda que durante la etapa constructiva se tomen las medidas preventivas para evitar que la subrasante se sature y llegue a sus peores condiciones, como lo son una buena compactación de la subrasante, una vez realizada la excavación y cajeo instalar la capa de material granular lo más pronto posible, proteger con plástico la subrasante para evitar que las lluvias la saturen.

SELECCIÓN CBR DE DISEÑO

Se evidencia que cada uno de los tramos de vía en estudio se encuentran ubicados en diferentes sectores del casco urbano del municipio, alejados el uno del otro y para cada tramo se realizo el estudio de suelos con su respectivo ensaño de CBR, para el diseño de la estructura de pavimento se toma el valor obtenido en cada uno los respectivos ensayos de laboratorio.



5. RESUMEN ESTUDIO DE TRANSITO

En el estudio de tránsito se muestra el cálculo de eje equivalentes de 8,2Ton y el espectro de carga para el tramo de vía en estudio, en el presente informe se realizará el diseño de la estructura de pavimento mediante el método de PCA 84 por lo que se hace necesario los espectros de carga para el cálculo de la fatiga y la erosión, a continuación, se muestran los espectros de carga:

- Estación de aforo vehicular N°1

Distribución de ejes equivalentes para el eje sencillo			
EJE SENCILLO (TN)	EJE SENCILLO (KN)	0-500	EJE SENCILLO
			959260
2	19.6	3.29%	31560
3	29.4	19.64%	188399
4	39.2	21.86%	209694
5	49	10.25%	98324
6	58.8	9.90%	94967
7	68.6	7.70%	73863
8	78.4	9.95%	95446
9	88.2	7.24%	69450
10	98	5.12%	49114
11	107.8	4.00%	38370
12	117.6	1.05%	10072

Espectro de carga para eje simple estación de aforo N°1.

Distribución de ejes equivalentes para el eje tandem			
EJE TANDEM (TN)	EJE TANDEM (KN)	0-500	EJE TANDEM
			87205
6	58.8	2.89%	2520
8	78.4	8.51%	7421
10	98	6.63%	5782
14	137.2	7.68%	6697
16	156.8	7.48%	6523
18	176.4	9.33%	8136
20	196	13.96%	12174
22	215.6	25.00%	21801
24	235.2	18.52%	16150

Espectro de carga para eje Tandem estación de aforo N°1.

- Estación de aforo vehicular N°2

Distribución de ejes equivalentes para el eje sencillo			
EJE SENCILLO (TN)	EJE SENCILLO (KN)	0-500	EJE SENCILLO
			106060
2	19.6	3.29%	3489
3	29.4	19.64%	20830
4	39.2	21.86%	23185
5	49	10.25%	10871
6	58.8	9.90%	10500
7	68.6	7.70%	8167
8	78.4	9.95%	10553
9	88.2	7.24%	7679
10	98	5.12%	5430
11	107.8	4.00%	4242
12	117.6	1.05%	1114

Espectro de carga para eje simple estación de aforo N°2.

- Transito proyectado

Distribución de ejes equivalentes para el eje sencillo			
EJE SENCILLO (TN)	EJE SENCILLO (KN)	0-500	EJE SENCILLO
			141413
2	19.6	3.29%	4652
3	29.4	19.64%	27774
4	39.2	21.86%	30913
5	49	10.25%	14495
6	58.8	9.90%	14000
7	68.6	7.70%	10889
8	78.4	9.95%	14071
9	88.2	7.24%	10238
10	98	5.12%	7240
11	107.8	4.00%	5657
12	117.6	1.05%	1485

Espectro de carga para eje simple transito proyectado.

6. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

El cálculo de la estructura de pavimento se realizó mediante el método PCA 84, Para el cálculo de los espesores de estructura se usó el programa BS-PCA de la universidad del Cauca considerando los dos tipos de análisis del método; el de fatiga (para controlar el agrietamiento por fatiga) y el de erosión (para controlar la erosión de la fundación y las bermas, el bombeo y el desnivel entre losas).

MÓDULO DE ROTURA (MR)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ($S'c$) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

Para la selección del módulo de rotura del presente diseño de pavimento se usó la Tabla 3-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto del MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO del INVIAS, de acuerdo con el número de camiones que pasan por las vías de diseño durante el día se selecciona el módulo de rotura del pavimento, de acuerdo con el informe de tránsito se evidencia que para el tramo de vía en estudio pasan un promedio de 125 camiones al día, se adjuntan resultados de TPDS del estudio de tránsito:

ESTACION DE AFORO VEHICULAR N°1							
	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C2P 	C2G 	C3-C4 	C5 
15-dic	280	38	12	14	10	7	0
16-dic	300	43	13	15	9	8	0
17-dic	272	46	14	13	12	6	0
18-dic	283	50	13	12	10	9	0
19-dic	320	63	15	19	9	7	0
TPD POR TIPO	291	48	13	14	10	7	0
TPDS	92						

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	%A	%B	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	52.17%	14.13%	15.22%	10.87%	8.04%	0.00%
			%C			
			34.1%			

COMPOSICIÓN DEL LOS CAMIONES			%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
			44.6%	31.8%	23.6%	0.0%

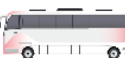
Tabla de resumen TPDS estación aforo vehicular N°1.

ESTACION DE AFORO VEHICULAR N°2							
	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C2P 	C2G 	C3-C4 	C5 
15-dic	203	29	0	5	6	0	0
16-dic	180	23	0	7	4	0	0
17-dic	212	32	0	4	5	0	0
18-dic	220	27	0	6	4	0	0
19-dic	230	25	0	4	3	0	0
TPD POR TIPO	209	27	0	5	4	0	0
TPDS	36						

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	%A	%B	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	75.00%	0.00%	13.89%	11.11%	0.00%	0.00%
			%C 25.0%			

COMPOSICIÓN DEL LOS CAMIONES	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	55.6%	44.4%	0.0%	0.0%

Tabla de resumen TPDS estación aforo vehicular N°2.

PROYECCION DE TRANSITO							
	MOTOS 	AUTOS 	BUSES 	C2P 	C2G 	C3-C4 	C5 
TPD POR TIPO	50	12	0	3	3	0	0
TPDS	18						

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO	%A	%B	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	66.67%	0.00%	16.67%	16.67%	0.00%	0.00%
			%C 33.3%			

COMPOSICIÓN DEL LOS CAMIONES	%C2P	%C2G	%C3-C4	%C5
	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%

Tabla de resumen TPDS transito proyectado.

La tabla de resumen de tránsito promedio diario semanal TPDS para tramo 3 y tramo 4 muestra que tiene un numero de camiones promedio al día de 37 camiones, para estos tramos se recomienda un concreto con modulo de rotura MR 4,0Mpa.

Los tramos faltantes, tramo 1, tramos 2 y tramo 5 se evidencia que al día pasa en promedio menos de 25 camiones, para estos tres tramos se recomienda un concreto con modulo de rotura MR 3,8Mpa.

Calidad del Concreto	Número de camiones por día			
	> 300	150 –300	25 – 150	< 25
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8

Tabla 3-1. Resistencia que debe alcanzar el concreto

Resistencia que debe de alcanzar el concreto en relación al número de camiones que pasa por día

$$\text{MR} = 3,8 \text{ Mpa y } 4,0 \text{ Mpa}$$

FORMULAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE FATIGA

Para el análisis de fatiga, se utilizó la siguiente formula recomendada por la PCA 84:

$$\begin{aligned} \log N_f &= 11.737 - 12.077 \left(\frac{\sigma}{S_c} \right) & \text{para } \frac{\sigma}{S_c} \geq 0.55 \\ N_f &= \left(\frac{4.2577}{\frac{\sigma}{S_c} - 0.4325} \right)^{3.268} & \text{para } 0.45 < \frac{\sigma}{S_c} < 0.55 \\ N_f &= \text{Ilimitado} & \text{para } \frac{\sigma}{S_c} \leq 0.45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_f &= \text{Número de repeticiones} \\ \sigma &= \text{Esfuerzo de tensión aplicado} \\ S_c &= \text{Módulo de rotura del concreto} \\ \frac{\sigma}{S_c} &= \text{Relación de esfuerzo} \end{aligned}$$

FORMULAS EMPLEADAS PARA EL CÁLCULO DE EROSION

$$\log N = 14.524 - 6.777(C_1 P - 9.0)^{0.103}$$

$$P = 268.7 \frac{p^2}{hk^{0.73}}$$

$$\text{Daño por erosión (\%)} = \sum \frac{C_2 \cdot n_i}{N_i} < 100 \%$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Relación de trabajo o potencia} \\ p &= \text{Presión en la interface losa - soporte} \\ h &= \text{Espesor de la losa} \\ k &= \text{Módulo de reacción de la subrasante} \\ C_1 &= \text{Factor de ajuste (1 subbase no tratada, 0.9 subbase tratada)} \\ C_2 &= \text{Factor de ajuste (0.06 sin berma de concreto, 0.94 con berma de concreto)} \end{aligned}$$

Para el diseño de pavimento de las vías en estudio se realizan el análisis de erosión y fatiga que dependen del tránsito vehicular y la capacidad de soporte de los tramos.

A continuación, se muestra el cálculo de la estructura de pavimento para los tramos de vía en estudio:

TRAMO 1

Calles barrio Cámbulos

DATOS DE ENTRADA:

CBR: 7,10%.

Periodo de diseño: 20 años.

Factor de seguridad de carga: $F_{sc}=1,0$

Juntas con dovelas: si

Bermas en concreto o bordillos: si

MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)

Este factor establece cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci) o Megapascal por metro (Mpa/m).

$$K = 46 + 9.08 [\text{Log}(\text{CBR})]^4.34 \quad \text{para } \text{CBR} > 10\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{Log}(\text{CBR}), \quad \text{para } \text{CBR} \leq 10\%$$

K subrasante: 47.24Mpa/m

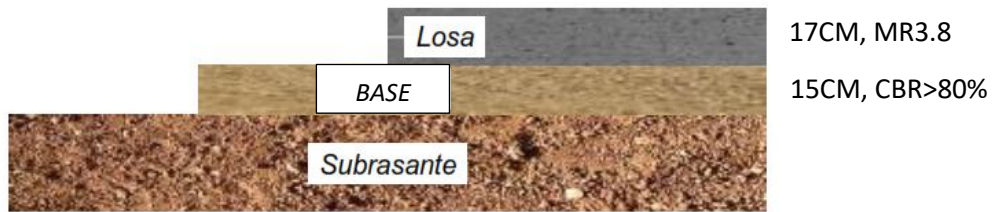
Tabla No. 7-21
Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	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

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

K combinado: 55.15Mpa/m

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 1:



Estructura de pavimento diseño 1.

Se realizó la revisión para el análisis de fátiga y erosión el cual para las condiciones planteadas cumple con lo estipulado en el método.

Total consumo Fatiga = 43,54% < 100%

Total consumo Erosión = 0,55% < 100%

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

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 55.15 Mpa/m
Espesor Losa : 170 mm
Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.7 Factor Esfuerzo: 0.4550 Factor Erosion: 2.5748

2.00	19.60	3 489	Inf	0.00	Inf	0.00
3.00	29.40	20 830	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	23 185	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	10 871	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	10 500	Inf	0.00	Inf	0.00
7.00	68.60	8 167	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	10 553	45 855 805	0.02	Inf	0.00
9.00	88.20	7 679	612 718	1.25	19 830 305	0.04
10.00	98.00	5 430	101 793	5.33	4 349 475	0.12
11.00	107.80	4 242	23 823	17.81	1 698 336	0.25
12.00	117.60	1 114	5 825	19.13	835 431	0.13

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3813 Factor Erosion: 2.6045

6.00	58.80	0	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	0	Inf	0.00	Inf	0.00
10.00	98.00	0	Inf	0.00	Inf	0.00
14.00	137.20	0	Inf	0.00	Inf	0.00
16.00	156.80	0	Inf	0.00	356 617 931	0.00
18.00	176.40	0	Inf	0.00	10 515 917	0.00
20.00	196.00	0	6 609 992	0.00	2 930 444	0.00
22.00	215.60	0	462 301	0.00	1 238 880	0.00
24.00	235.20	0	112 382	0.00	633 559	0.00

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.2 Factor Esfuerzo: 0.3045 Factor Erosion: 2.6418



Total :	43.54	0.55
---------	-------	------

TRAMO 2

Carrera 2 entre calle 1 y calle 2 sur

DATOS DE ENTRADA:

CBR: 9,40%.

Periodo de diseño: 20 años.

Factor de seguridad de carga: $F_{sc}=1,0$

Juntas con dovelas: si

Bermas en concreto o bordillos: si

MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)

Este factor establece cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci) o Megapascal por metro (Mpa/m).

$$K = 46 + 9.08 [\text{Log}(\text{CBR})]^4.34 \quad \text{para } \text{CBR} > 10\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{Log}(\text{CBR}), \quad \text{para } \text{CBR} \leq 10\%$$

K subrasante: 53.64Mpa/m

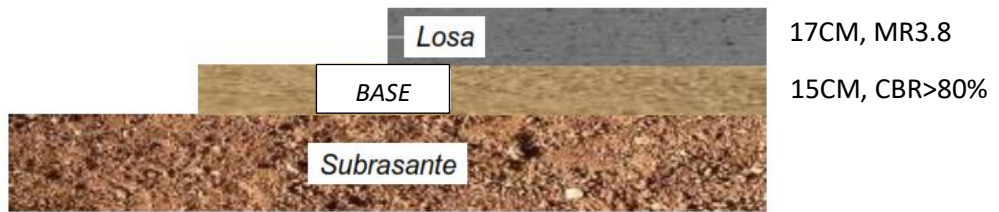
Tabla No. 7-21
Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	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

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

K combinado: 60.59Mpa/m

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 2:



Estructura de pavimento diseño 2.

Se realizó la revisión para el análisis de fátiga y erosión el cual para las condiciones planteadas cumple con lo estipulado en el método.

Total consumo Fatiga = 51,88% < 100%

Total consumo Erosión = 0,71% < 100%

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

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 60.59 Mpa/m
Espesor Losa : 170 mm
Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.7 Factor Esfuerzo: 0.4467 Factor Erosion: 2.5694

2.00	19.60	4 652	Inf	0.00	Inf	0.00
3.00	29.40	27 774	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	30 913	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	14 495	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	14 000	Inf	0.00	Inf	0.00
7.00	68.60	10 889	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	14 071	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	10 238	906 467	1.13	22 721 793	0.05
10.00	98.00	7 240	130 970	5.53	4 699 915	0.15
11.00	107.80	5 657	31 322	18.06	1 803 712	0.31
12.00	117.60	1 485	7 834	18.96	880 091	0.17

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3731 Factor Erosion: 2.5888

6.00	58.80	0	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	0	Inf	0.00	Inf	0.00
10.00	98.00	0	Inf	0.00	Inf	0.00
14.00	137.20	0	Inf	0.00	Inf	0.00
16.00	156.80	0	Inf	0.00	Inf	0.00
18.00	176.40	0	Inf	0.00	13 802 259	0.00
20.00	196.00	0	15 602 962	0.00	3 494 155	0.00
22.00	215.60	0	681 577	0.00	1 428 284	0.00
24.00	235.20	0	147 368	0.00	718 269	0.00

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2997 Factor Erosion: 2.6185



Total :	43.67	0.68
---------	-------	------

Cálculo de erosión y fatiga diseño de pavimentos 1, con el software BS-PAC.

TRAMO 3

Carrera 5 entre calle 3 y calle 4

TRAMO 4

Carrera 5 entre calle 2 y calle 3

DATOS DE ENTRADA:

CBR: 7,9%.

Periodo de diseño: 20 años.

Factor de seguridad de carga: $F_{sc}=1,0$

Juntas con dovelas: si

Bermas en concreto o bordillos: si

MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)

Este factor establece cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci) o Megapascal por metro (Mpa/m).

$$K = 46 + 9.08 [\text{Log}(\text{CBR})]^4.34 \quad \text{para } \text{CBR} > 10\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{Log}(\text{CBR}), \quad \text{para } \text{CBR} \leq 10\%$$

K subrasante: 49.68Mpa/m

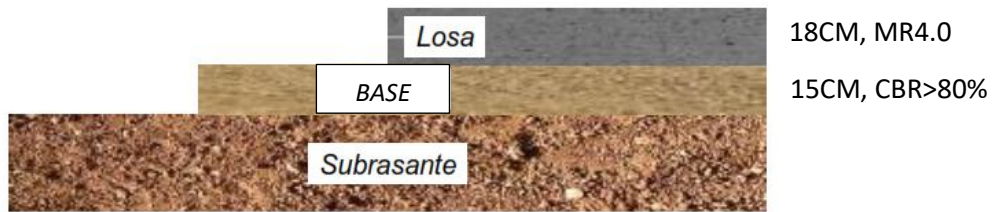
Tabla No. 7-21
Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	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

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

K combinado: 57.22Mpa/m

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 3:



Estructura de pavimento diseño 3.

Se realizó la revisión para el análisis de fátiga y erosión el cual para las condiciones planteadas cumple con lo estipulado en el método.

Total consumo Fatiga = 40,53% < 100%

Total consumo Erosión = 4,78% < 100%

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

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 57.22 Mpa/m
Espesor Losa : 180 mm
Modulo de Rotura : 4 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.6 Factor Esfuerzo: 0.3967 Factor Erosion: 2.5028

2.00	19.60	31 560	Inf	0.00	Inf	0.00
3.00	29.40	188 399	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	209 694	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	98 324	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	94 967	Inf	0.00	Inf	0.00
7.00	68.60	73 863	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	95 446	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	69 450	Inf	0.00	392 515 744	0.02
10.00	98.00	49 114	1 472 644	3.34	13 008 017	0.38
11.00	107.80	38 370	204 946	18.72	3 744 265	1.02
12.00	117.60	10 072	57 531	17.51	1 621 331	0.62

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.3 Factor Esfuerzo: 0.3338 Factor Erosion: 2.5483

6.00	58.80	2 520	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	7 421	Inf	0.00	Inf	0.00
10.00	98.00	5 782	Inf	0.00	Inf	0.00
14.00	137.20	6 697	Inf	0.00	Inf	0.00
16.00	156.80	6 523	Inf	0.00	Inf	0.00
18.00	176.40	8 136	Inf	0.00	38 509 585	0.02
20.00	196.00	12 174	Inf	0.00	6 186 970	0.20
22.00	215.60	21 801	Inf	0.00	2 222 268	0.98
24.00	235.20	16 150	1 664 587	0.97	1 052 229	1.53

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.2649 Factor Erosion: 2.5925



Total :	40.53	4.78
---------	-------	------

Cálculo de erosión y fatiga diseño de pavimentos 1, con el software BS-PAC.

TRAMO 5

Calle Villa Capri

DATOS DE ENTRADA:

CBR: 8,30%.

Periodo de diseño: 20 años.

Factor de seguridad de carga: $F_{sc}=1,0$

Juntas con dovelas: si

Bermas en concreto o bordillos: si

MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE (K)

Este factor establece cuánto se asienta la subrasante cuando se le aplica un esfuerzo de compresión. Numéricamente, es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada sobre un área de carga, dividido por la deflexión en pulgadas para esa carga. Los valores de k son expresados como libras por pulgada cuadrada por pulgada (pci) o Megapascal por metro (Mpa/m).

$$K = 46 + 9.08 [\text{Log}(\text{CBR})]^4.34 \quad \text{para } \text{CBR} > 10\%$$

$$K = 2.55 + 52.5 \text{Log}(\text{CBR}), \quad \text{para } \text{CBR} \leq 10\%$$

K subrasante: 52.30Mpa/m

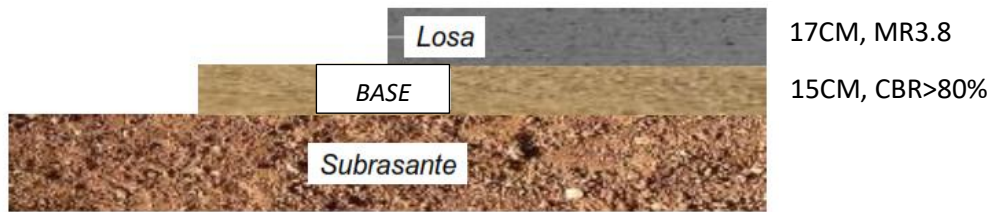
Tabla No. 7-21
Efecto de la Subbase granular sobre los valores de k

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	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

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993

K combinado: 58.18Mpa/m

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 4:



Estructura de pavimento diseño 2.

Se realizó la revisión para el análisis de fátiga y erosión el cual para las condiciones planteadas cumple con lo estipulado en el método.

Total consumo Fatiga = 49,34% < 100%

Total consumo Erosión = 0,70% < 100%

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

Datos :

Resistencia K del Apoyo : 58.18 Mpa/m
Espesor Losa : 170 mm
Modulo de Rotura : 3.8 Mpa
Bermas : SI
Pasadores : SI
Factor de Seguridad Cargas : 1
Factor de Mayoración Repeticiones : 1

Resultados :

Carga Tn	Carga FS kN	Repeticiones Esperadas	Repeticiones Admisib_Fatiga	Consumo Fatiga %	Repeticiones Admisi_Erosion	Consumo Erosion %
-------------	-------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------	-------------------------

EJES SIMPLES

Esfuerzo Equivalente: 1.7 Factor Esfuerzo: 0.4502 Factor Erosion: 2.5718

2.00	19.60	4 652	Inf	0.00	Inf	0.00
3.00	29.40	27 774	Inf	0.00	Inf	0.00
4.00	39.20	30 913	Inf	0.00	Inf	0.00
5.00	49.00	14 495	Inf	0.00	Inf	0.00
6.00	58.80	14 000	Inf	0.00	Inf	0.00
7.00	68.60	10 889	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	14 071	Inf	0.00	Inf	0.00
9.00	88.20	10 238	761 937	1.34	21 407 638	0.05
10.00	98.00	7 240	117 435	6.17	4 544 660	0.16
11.00	107.80	5 657	27 855	20.31	1 757 379	0.32
12.00	117.60	1 485	6 899	21.52	860 523	0.17

EJES TANDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.4 Factor Esfuerzo: 0.3766 Factor Erosion: 2.5955

6.00	58.80	0	Inf	0.00	Inf	0.00
8.00	78.40	0	Inf	0.00	Inf	0.00
10.00	98.00	0	Inf	0.00	Inf	0.00
14.00	137.20	0	Inf	0.00	Inf	0.00
16.00	156.80	0	Inf	0.00	1 183 531 716	0.00
18.00	176.40	0	Inf	0.00	12 236 145	0.00
20.00	196.00	0	10 524 826	0.00	3 236 092	0.00
22.00	215.60	0	574 436	0.00	1 342 807	0.00
24.00	235.20	0	131 110	0.00	680 315	0.00

EJES TRIDEM

Esfuerzo Equivalente: 1.1 Factor Esfuerzo: 0.3017 Factor Erosion: 2.6282



Total :	49.34	0.70
---------	-------	------

Cálculo de erosión y fatiga diseño de pavimentos 1, con el software BS-PAC.

7. JUNTAS EN EL PAVIMENTO RÍGIDO

En las losas de un pavimento rígido se presentan diversas clases de esfuerzos. Los más elevados son los generados por la circulación de los vehículos sobre ellas, los cuales se controlan con el correcto diseño del espesor de las losas, con la selección adecuada de la resistencia del concreto y con una calidad en la construcción tal que las propiedades determinadas durante el diseño se cumplan.

Otros esfuerzos generados en el pavimento se deben a los movimientos de contracción o expansión del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la superficie y el apoyo de la losa. Estos esfuerzos se controlan con una adecuada elección de las dimensiones superficiales de las losas, en otras palabras, diseñando las juntas del pavimento.

Además, los análisis de los esfuerzos generados en las losas, por cargas colocadas en diferentes posiciones, han demostrado que estos son mayores en las cercanías de los bordes de las losas y, aún más, en sus esquinas, de lo cual se concluye que las juntas inducen en el pavimento rígido unas zonas de debilidad relativa, por lo que en su concepción se deben diseñar los mecanismos o tomar las precauciones necesarias para mantener su integridad estructural.

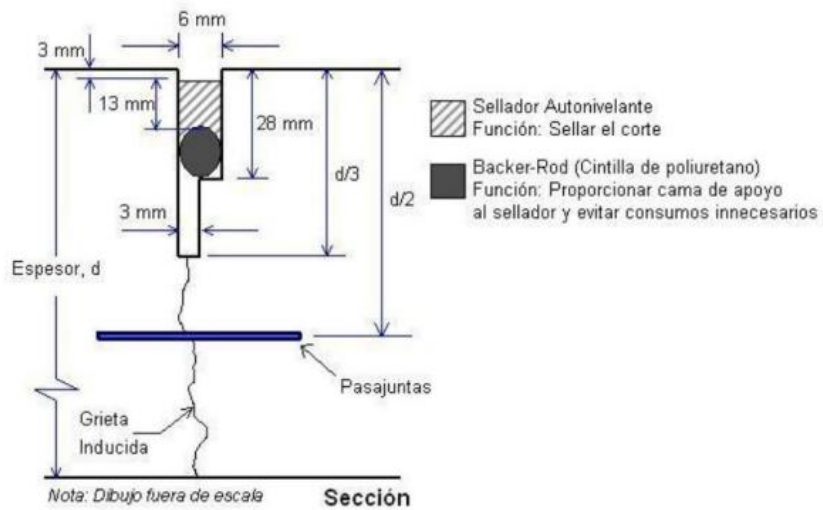
Las juntas en los pavimentos de concreto hidráulico son necesarias por:

- Requisitos de construcción.
- Retracción de concreto.
- Dilatación térmica.
- Aparición de fisuras.

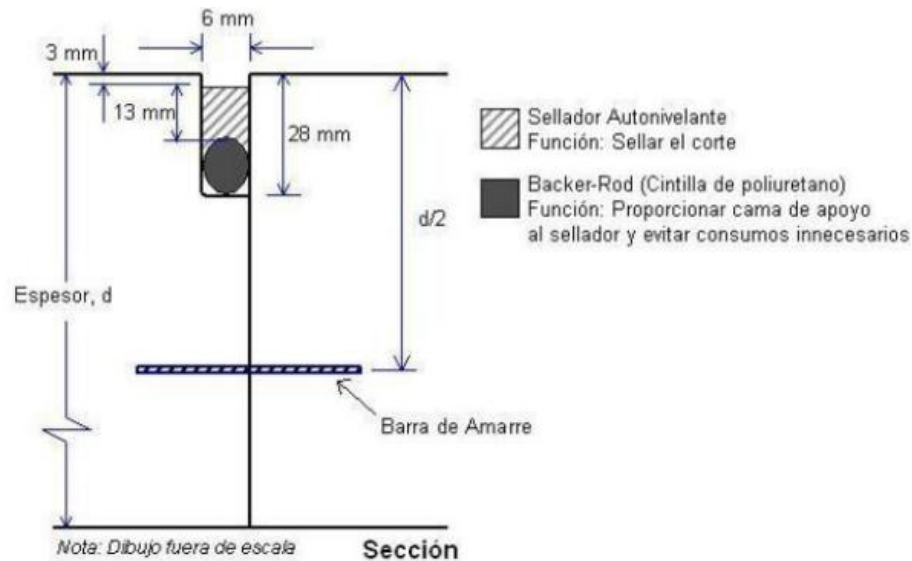
Para el caso de este diseño se tuvieron en cuenta juntas transversales y longitudinales, para lograr un mecanismo de transmisión de carga adecuado (Pasadores) y para evitar las fisuras generadas por la fuerza de tracción generada por la fricción entre la losa del pavimento y la subrasante (barras de anclaje).

SELLADO DE JUNTAS

Detalle de junta de contracción transversal aserrada con disco de diamante de 1/8" de espesor



Detalle junta transversal.



Detalle junta longitudinal.

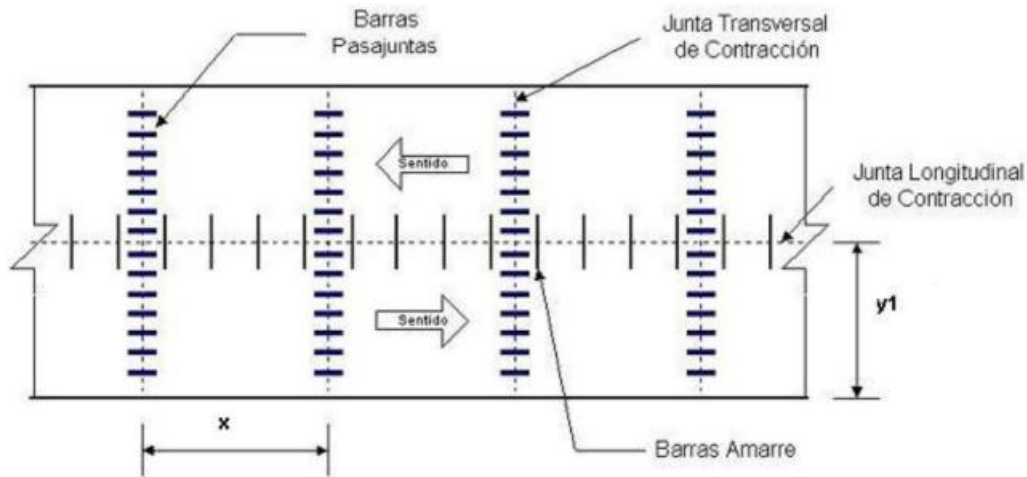
8. DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS

Teniendo en cuenta el espesor obtenido en el Diseño del Pavimento Rígido, es de 0,20m se hace necesario cumplir con el criterio de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras del INVIAS 2022, en el Capítulo 5, para losas no reforzadas:

- Es necesario cumplir con la relación largo/ancho, la cual debe estar entre 1 y 1,25.

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

- La longitud de la losa no puede ser mayor a 24 veces el espesor de esta.



Detalle ubicación aceros.

Para el diseño de juntas se tiene en cuenta las recomendaciones del manual de diseño de pavimentos rígido del INVIAS.

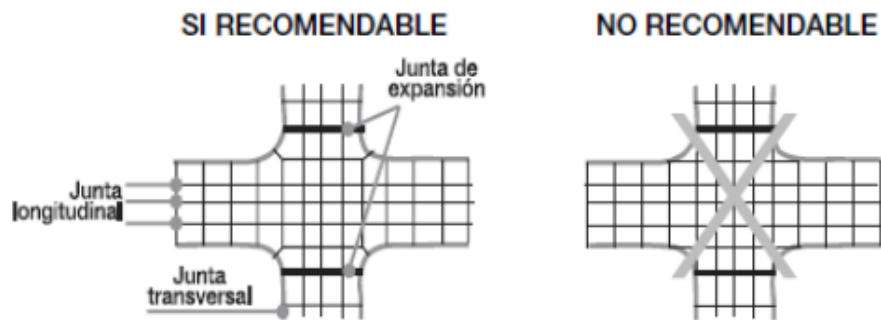


Imagen 1 Detalle juntas en los cruces de vía.

Se adjunta plano de modelación de losas.

ANEXO 1: PLANO_MODULACION_LOSAS_VIAS_RIOBLANCO.dwg

ANEXO2: PLANO_MODULACION_LOSAS_VIAS_RIOBLANCO.pdf

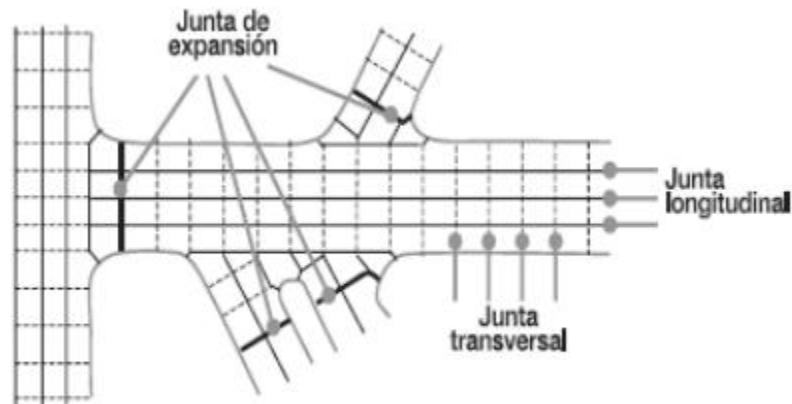


Imagen 2 Ejemplo diseño de juntas.

9. ACERO DE REFUERZO

PASADORES O DOVELAS

Como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de la carga entre las losas adyacentes, en las juntas transversales, es necesario utilizar barras de acero redondo y liso, las cuales deben poseer un límite de influencia (f_y) mínimo de 280MPa. Teniendo en cuenta la dimensión del espesor de la losa de concreto, se mostrará a continuación las dimensiones de las barras de transferencia recomendadas, utilizando la Tabla 6.2 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga (Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, página 96):

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
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

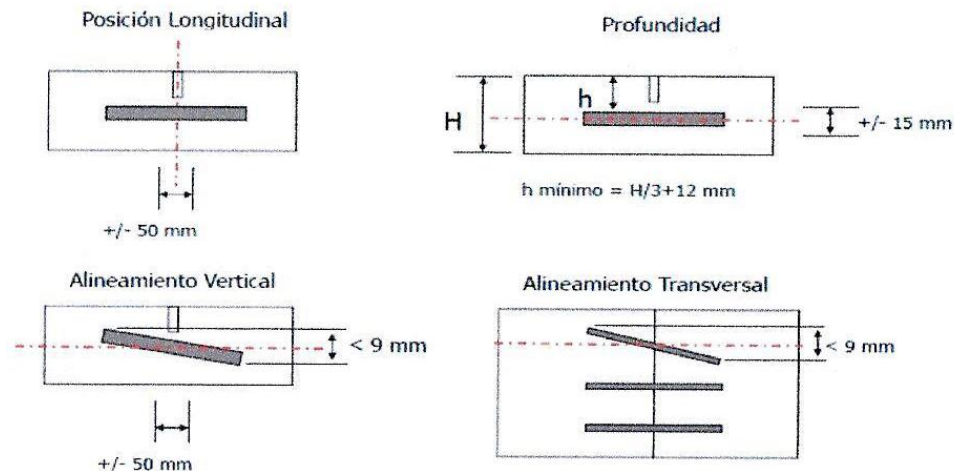
Tabla 1 Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga.

Para los diseños de pavimento con espesor de losa de concreto de 17cm y 18cm, se recomiendan las siguientes dimensiones:

DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Acero	60.000 psi
Longitud	0.35 m
Separación	0.30 m
Diámetro de la barra	7/8"
Tipo de barra	Lisa

Acero para los pasadores

Se recomienda realizar el engrase de uno de los extremos de las dovelas, así como garantizar la alineación horizontal y vertical de las mismas, para la adecuada transferencia de carga, entre las losas. A continuación, las tolerancias a tener en cuenta en la colocación de los pasadores.



BARRAS DE AMARRE

Con el fin de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas, se colocará acero longitudinalmente. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa.

A continuación, con ayuda de la tabla 6.1 (Recomendaciones para las barras de anclaje, (Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, página 95). Se seleccionarán las condiciones de las barras de anclaje a utilizar.

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

Recomendaciones para las barras de anclaje.

Para la selección de las barras de anclaje, debe tenerse en cuenta el espesor del diseño de pavimento de 17cm y 18cm obtenido de la losa y el ancho del carril de la vía en construcción. Es decir que existen dos opciones para acero de fluencia de 40.000 y 60.000PSI, y para cada una de las opciones de acero, existen además tres opciones dependiendo del tipo de barra que se desee utilizar, como se muestra en la tabla 6.22.

Para los diseños de pavimento se recomienda el uso del siguiente acero de amarre:

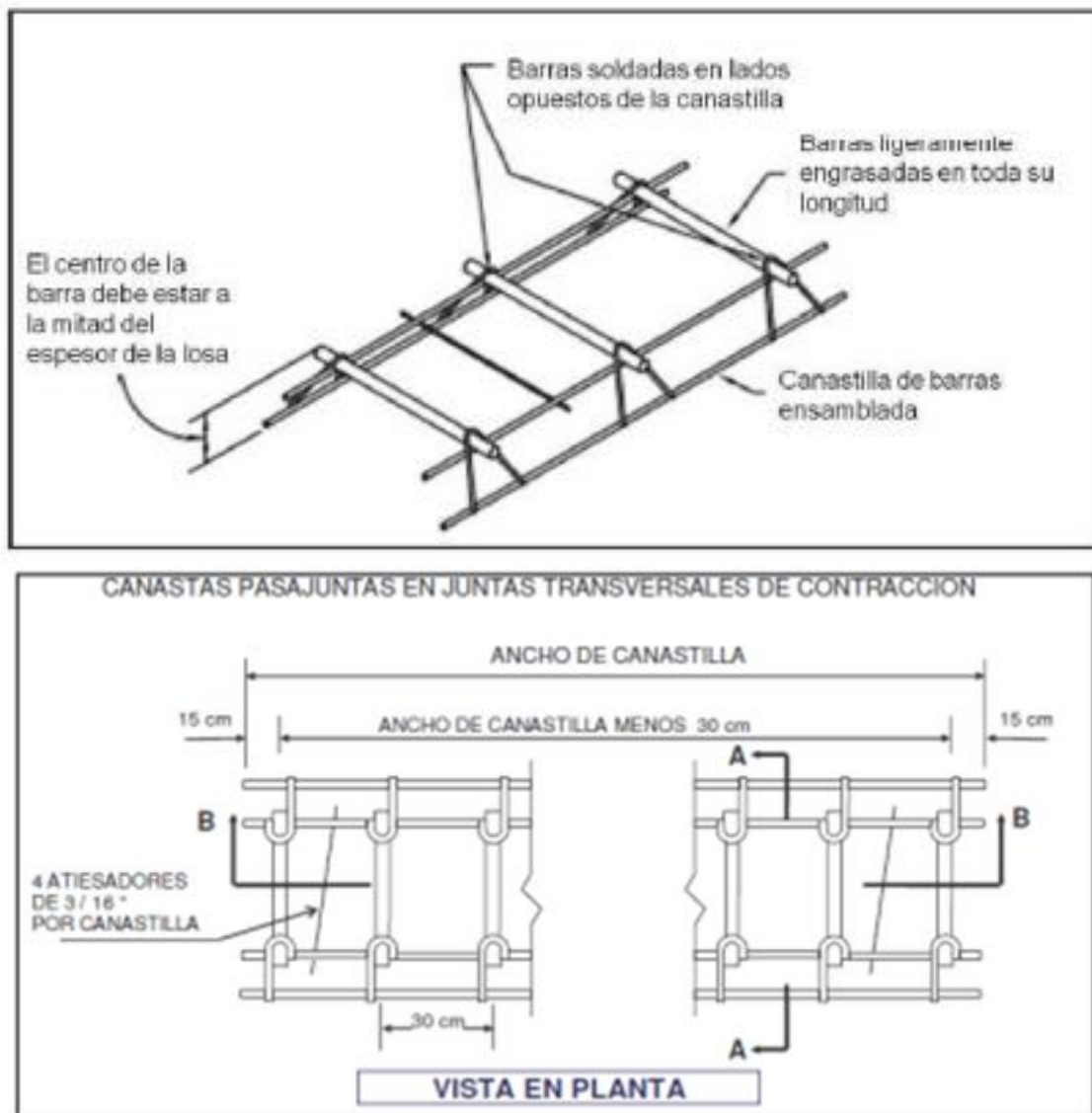
DESCRIPCIÓN	DIMENSIÓN
Acero	60.000 psi
Longitud	0.85 m

Separación	1.20 m
Diámetro de la barra	1/2"
Tipo de barra	Corrugada

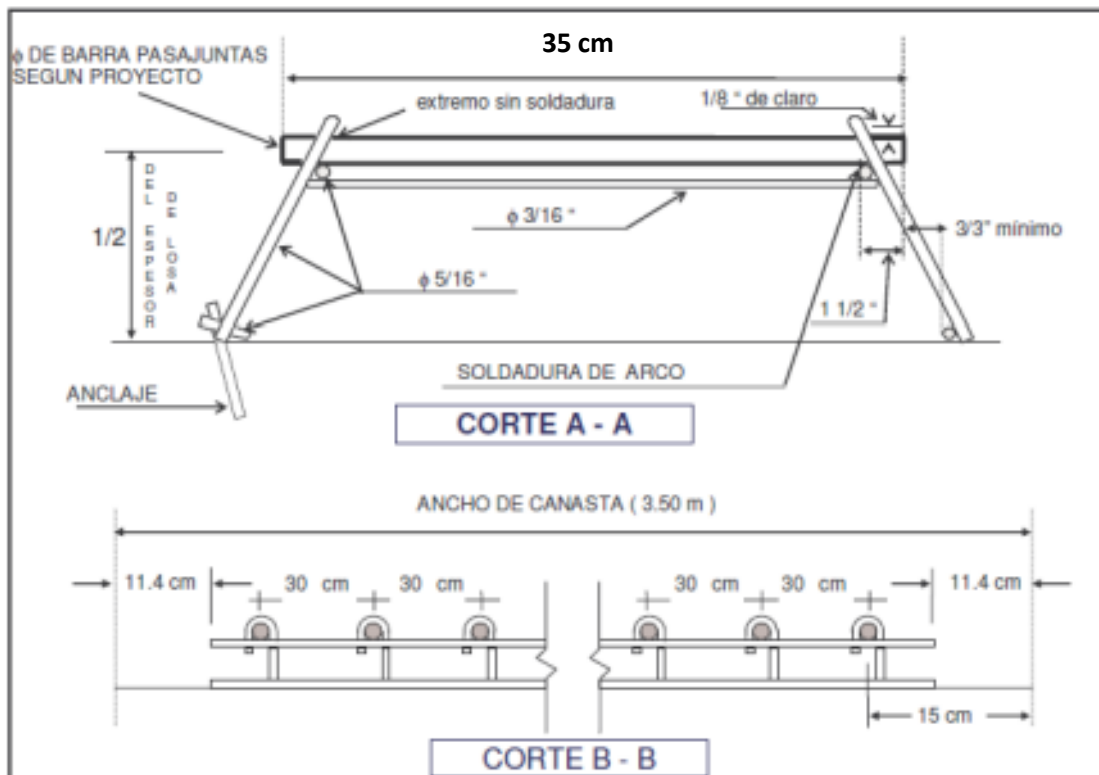
Acero para las barras de anclaje

ESQUEMA GENERAL DE LAS CANASTILLAS PARA REFUERZO DE TRANSFERENCIA

Las canastillas proporcionan y garantizan la ubicación exacta a $\frac{1}{2}$ del espesor de la losa y del espaciamiento de las mismas, como la sujeción que deben mantener los pasadores durante la colocación y acabado del concreto, se debe garantizar la correcta ubicación de las barras pasa juntas en las juntas del pavimento construido.



Esquema canastillas pasajuntas.

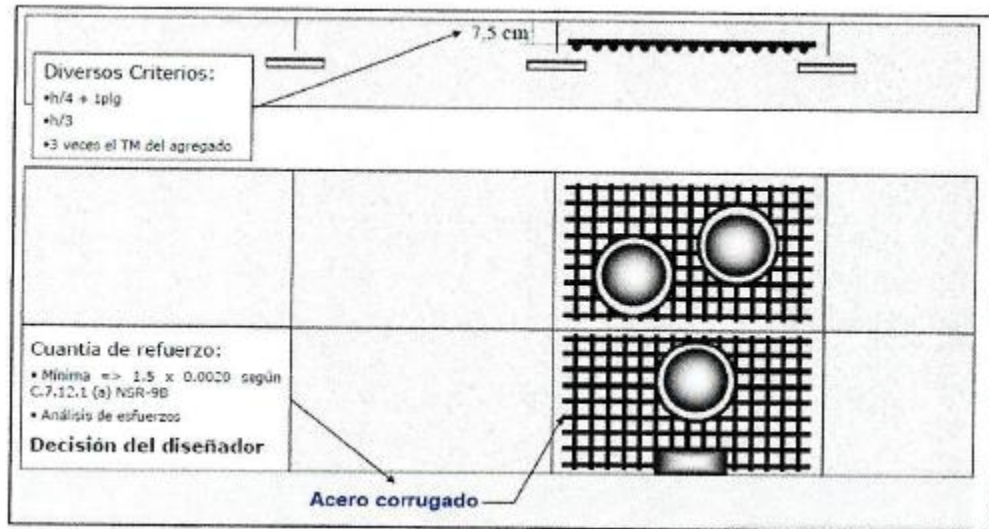


Corte transversal canastillas pasajuntas.

REFUERZO DE LOSAS

De acuerdo con el dimensionamiento y modulación de las losas que se realizó de acuerdo al punto anterior es necesario realizar un refuerzo en las losas de forma irregular (no rectangular) para así controlar la aparición de grietas, con acero de refuerzo corrugado $\phi 1/2"$ cada 25 cms en ambas direcciones y se ubicara a 7.5 cm de la superficie de la placa, por encima del acero de transferencia. La parrilla de refuerzo se aplicará en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de esta.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1.25.
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.



Detalle refuerzo losas especiales.

La ubicación de las parrillas a la altura del espesor de placa, debe cumplir con los criterios recomendados en la figura anterior. (* $h/4 + 1"$, * $h/3$ y 3 veces el tamaño máximo del agregado).



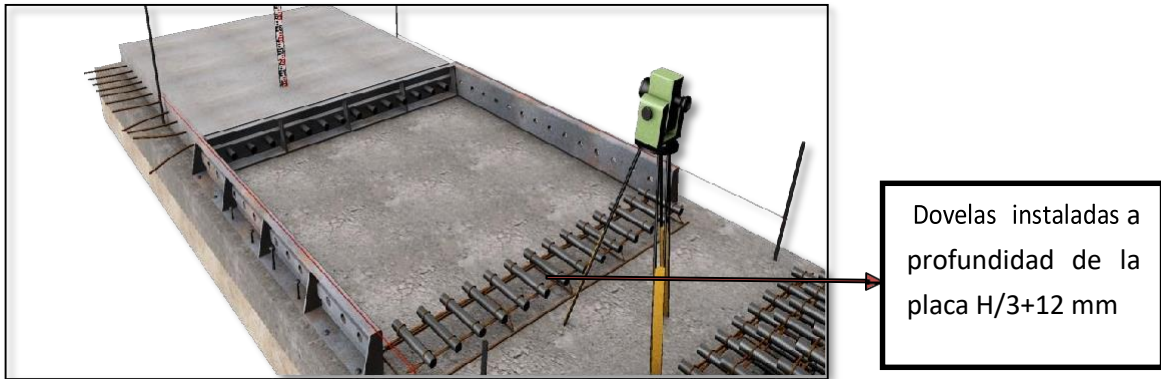
Detalle Losa irregular con refuerzo continuo.



Detalle de refuerzo en losa con elemento fijo.



Ejemplo construcción canastillas e instalación dovelas.



Ejemplo instalación formaleta, dovelas y barras de anclaje.

10.MATERIALES PARA PAVIMENTO DE VÍA

La capa de Concreto Hidráulico a emplearse en la construcción de la estructura del pavimento deberá cumplir con los requisitos establecidos en los protocolos y requerimientos mínimos establecidos para la ejecución del presente diseño. Ver Capítulo 5 **Artículo 500 – 22** de INVIAS.

MATERIAL GRANULAR DE APOYO

Para la selección del material de apoyo se toma como referencia el título **500.4.6.1.1 Requisitos para la superficie base**, de las ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION DE CARRETERAS 2022 del INVIAS capítulo 5, donde se menciona: *“La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; el artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica o el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.”*

El número de ejes equivalentes en el carril de diseño calculado en el informe de tránsito es de 224891, menor a 500000, por tanto para las vías en estudio se tiene un nivel de tránsito NT1.

Tabla 100 – 1. Niveles de Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño (N_{80kN}) (millones)
NT1	$N_{80kN} \leq 0,5$
NT2	$0,5 < N_{80kN} \leq 5,0$
NT3	$N_{80kN} > 5,0$

Con el nivel de transito se entra a la tabla 330-1 y se tiene que como material granular de apoyo se puede usar una Base granular Clase C.

Tabla 330 — 1. Uso típico de las diferentes clases de base granular

Clase de base granular	Nivel de tránsito
Clase A	NT3
Clase B	NT2
Clase C	NT1

A continuación, en la table 330-2 se describen los requisitos que debe de cumplir el material granular para ser usado como Base granular clase C.

Tabla 330 — 2. Requisitos de los agregados para bases granulares

Característica	Norma de ensayo INV	Base granular		
		Clase A	Clase B	Clase C
Dureza (O)				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles (Granulometría A), máximo (%): - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	35 7	40 8	40 8
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%).	E-238	25	30	-
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos: - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	90 75	70 75	- -
Durabilidad (O)				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%). (Nota 1): - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
Limpieza (F)				
Límite líquido, máximo (%).	E-125	-	-	25
Índice de Plasticidad, máximo (%).	E-125 y E-126	0	0	3
Equivalente de arena, mínimo (%).	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 2).	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%).	E-211	2	2	2
Geometría de las Partículas (F)				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%).	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%). (Nota 3): - Una cara - Dos caras	E-227	90 85	70 50	50 -
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%).	E-239	35	35	-
Resistencia de material (F)				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se debe medir sobre muestras sometidas previamente a cuatro días (4 d) de inmersión.	E-148	≥ 95	≥ 80	≥ 80

En la table 330-3 se muestra la franja granulométrica para el material granular, se propone para el diseño una BG-40.

Tabla 330 — 3. Franjas granulométricas del material de base granular

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)							
	37,5	25,0	19,0	9,5	4,75	2,00	0,425	0,075
	1½ Pulgadas	1 Pulgada	¾ Pulgada	3/8 Pulgada	Nro. 4	Nro. 10	Nro. 40	Nro. 200
Pasa tamiz (%)								
Bases granulares de gradación gruesa								
BG-40	100	75 — 100	65 — 90	45 — 68	30 — 50	15 — 32	7 — 20	0 — 9
BG-27	-	100	75 — 100	52 — 78	35 — 59	20 — 40	8 — 22	0 — 9
Bases granulares de gradación fina								
BG-38	100	70 — 100	60 — 90	45 — 75	30 — 60	20 — 45	10 — 30	5 — 15
BG-25	-	100	70 — 100	50 — 80	35 — 65	20 — 45	10 — 30	5 — 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Para las capas de apoyo, se utilizará material granular BG-40 tipo Base Clase B que cumplan con los requerimientos mínimos establecidos en las especificaciones del INVIAS-2022, Capítulo 3 **Artículo 330 – 22**.

11.FUENTES DE MATERIALES Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Dentro de las fuentes de materiales que se encuentran en el área de influencia del proyecto en canteras aledañas, deben escogerse aquellas que garanticen la producción de los materiales recomendados para la construcción de la estructura del pavimento.

Una vez definidas las fuentes de materiales o plantas a utilizar, se debe remitir muestras de agregados para efectuar los ensayos que garanticen la calidad de los materiales de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.

La calidad de los materiales a utilizarse en la construcción del proyecto, deben acogerse a los parámetros que se relacionan a continuación. En todo caso, se debe tener en cuenta que sobre las especificaciones del proyecto que no cuenten con requerimientos establecidos, la totalidad de procesos constructivos y materiales de construcción se regirá bajo los parámetros establecidos en las especificaciones recomendadas por la Alcaldía Municipal del Carmen de Apicalá, en cuanto a canteras y fuentes de materiales autorizadas y por las “Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS-2022”.

12. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- Proteger la subrasante de las lluvias y de posibles inundaciones por daños en las redes hidrosanitarias para evitar que esta se sature y que su capacidad de soporte llegue al punto crítico.
- Se conformará la capa de base granular en capas no mayores a 0,15 m, compactándola mínimo al 98% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo de Proctor modificado.
- Habiendo verificado la uniformidad y óptima compactación de la capa de apoyo, se procederá con la conformación del concreto hidráulico. Incluyendo el respectivo refuerzo.
- Se debe tener especial cuidado con la colocación de los aceros como en barras de amarre y barras de transferencia, con los dimensionamientos planteados en el presente estudio utilizando las canastillas para asegurar la ubicación y nivelación de los pasadores.
- La resistencia de la mezcla se evalúa en términos de su resistencia a la flexión, siguiendo los lineamientos de la NTC 2871/INV E-414. De manera excepcional, se puede evaluar la resistencia a la compresión según la NTC 673/INV E-410, siempre y cuando se haya construido una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla por utilizar. La correlación debe cumplir lo establecido en el numeral 500.4.5.3.2.1.
- La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se deben corregir de acuerdo con lo establecido en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.
- La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.

- El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de que transcurran noventa minutos (90 min) desde el momento de su mezclado, o lo que se defina en el tramo de prueba. Sin embargo, el interventor puede autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.
- Después de extendido y compactado, el concreto debe ser sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, entro de las tolerancias permitidas.
- Una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a fraguar el concreto, se le debe dar a la capa de rodadura una textura transversal y longitudinal homogénea, según se establezca en el diseño, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en la Tabla 500 – 7, en forma sensiblemente perpendicular y longitudinal, según corresponda, al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada. Este sistema permite la rápida evacuación del agua de la superficie, reduciendo la ocurrencia de hidroplaneo. Debe contar con una profundidad de entre tres milímetros (3 mm) y seis milímetros (6 mm), teniendo especial cuidado de que el agregado no se perturbe en exceso.
- Durante el tiempo de fraguado, el concreto debe ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El constructor tiene la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores indique que la velocidad de evaporación excede quinientos gramos por metro cuadrado por hora (500 g/m²/h), debe tomar precauciones adicionales para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, suspender las operaciones de pavimentación mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.
- Durante un periodo que, en general no debe ser inferior a tres días (3 d) a partir

de la colocación del concreto, está prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este periodo puede ser reducido por el interventor, cuando en la construcción de la capa de rodadura se aplique la técnica conocida como *fast track*.

- Posteriormente y con el cuidado y con un tiempo no superior a 12 horas del momento de instalación del concreto, se deberán generar el corte de las juntas de dilatación respectivas en el concreto.
- Se debe realizar curado del concreto que garantice el porcentaje de humedad óptimo para un fraguado correcto y la no aparición de fisuras en el concreto, éste se puede hacer con agua o con productos químicos.
- El sellado de juntas se debe realizar una vez realizadas las juntas de dilatación, las cuales deben de estar libres de partículas de polvo o de material. Para evitar fenómenos como el bombeo que pueden perjudicar drásticamente en la vida útil del pavimento.
- Se recomienda abrir el tráfico vehicular pasados 14 días después de la construcción de la última placa de concreto del tramo en construcción.
- Si en el momento de la ejecución de la obra se encuentran características diferentes en el suelo soporte – subrasante, a lo presentado por el estudio de suelos se deberá realizar un reajuste en el diseño de pavimentos.
- Se recomienda realizar mantenimiento rutinario y preventivo del pavimento para conservar la estructura hasta el periodo final del pavimento, tales como: sellos de juntas, limpieza, revisión de las obras de drenaje, etc.

13.CONCLUSIONES

- Para los tramos de vía en estudio se presentan los siguientes diseños de pavimento:

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 1:



Estructura de pavimento diseño 1.

ESTRUTURA DE PAVIMENTO DISEÑO 2:



Estructura de pavimento diseño 2.

TRAMO	DIRECCION	DISEÑO
1	Calles barrio Cámbulos	DISEÑO N°1
2	Carrera 2 entre calle 1 y calle 2 sur	DISEÑO N°1
3	Carrera 5 entre calle 3 y calle 4	DISEÑO N°2
4	Carrera 5 entre calle 2 y calle 3	DISEÑO N°2
5	Calle Villa Capri	DISEÑO N°1

- Se debe contemplar todas las especificaciones técnicas INVIAS – 2022.
- Se debe tener especial cuidado con la colocación de los aceros como en barras de amarre y barras de transferencia, con los dimensionamientos planteados en el presente estudio utilizando las canastillas para asegurar la ubicación y nivelación de los pasadores.
- Es de suma importancia la ejecución en obra de las juntas con su respectivo sello, para evitar fenómenos como el bombeo que pueden perjudicar drásticamente en la vida útil del pavimento.

- Si en el momento de la ejecución de la obra se encuentran características diferentes en el suelo soporte – subrasante, a lo presentado por el estudio de suelos se deberá realizar un reajuste en el diseño de pavimentos.
- Se recomienda no dar servicio al tránsito hasta que el concreto alcance la resistencia del diseño.
- Se recomienda realizar mantenimiento rutinario y preventivo del pavimento para conservar la estructura hasta el periodo final del pavimento, tales como: sellos de juntas, limpieza, revisión de las obras de drenaje, etc.

Diseño:



BRAHAYAN MAURICIO BOHORQUEZ GUTIERREZ
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS
MT. 70202-386010 TLM