INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Carrera 15 entre Calles 15 y 18A, del barrio Belén en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En la Carrera 15 entre Calles 15 y 18A del barrio Belén y Popular, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 313.00 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Central del Municipio, en el barrio Belén y Popular, con nomenclatura Carrera 15 entre Calles 15 y 18A.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (...)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 3.40 m, longitud de 313.00 m, con superficie de rodadura en material asfaltico en deficientes condiciones.

CARRERA 15 ENTRE CALLES 15 Y 18A– B/ BELÉN Y POPULAR



Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron (4) apiques alcanzando una profundidad de 1.00 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la sub-rasante actual de la vía fueron realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

3.1. Resultados de Laboratorio.

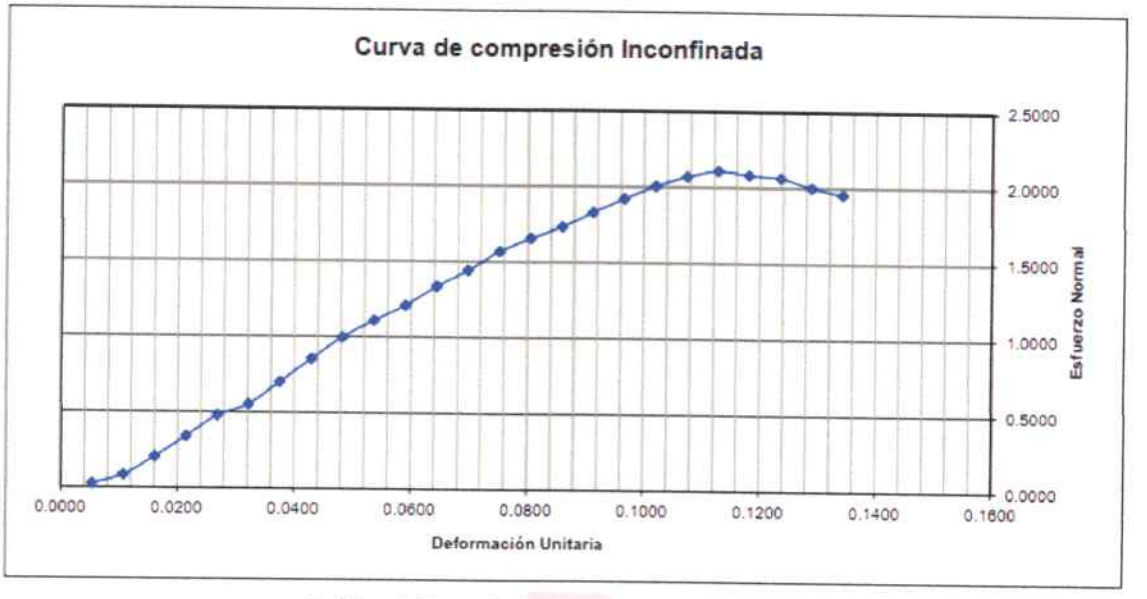
Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S44 Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.00 0.05 0.10 0.55	0.05 0.15 0.55 1.00	Placa Sucio de rio Afirmado Arcillo - arenoso, [25YR 7/1]
S45 Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.00 0.05 0.15 0.25	0.05 0.15 0.25 1.00	Placa Sucio de rio Afirmado Arcillo - arenoso, [25YR 7/1]
S48 Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.00 0.05 0.15 0.45	0.05 0.15 0.45 1.00	Placa Sucio de rio Afirmado Lleno, [25YR 8/1]
S51 Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.00 0.10 0.40	0.10 0.40 1.00	Placa Limo vegetal Arcillo - arenoso, [10YR 8/2]

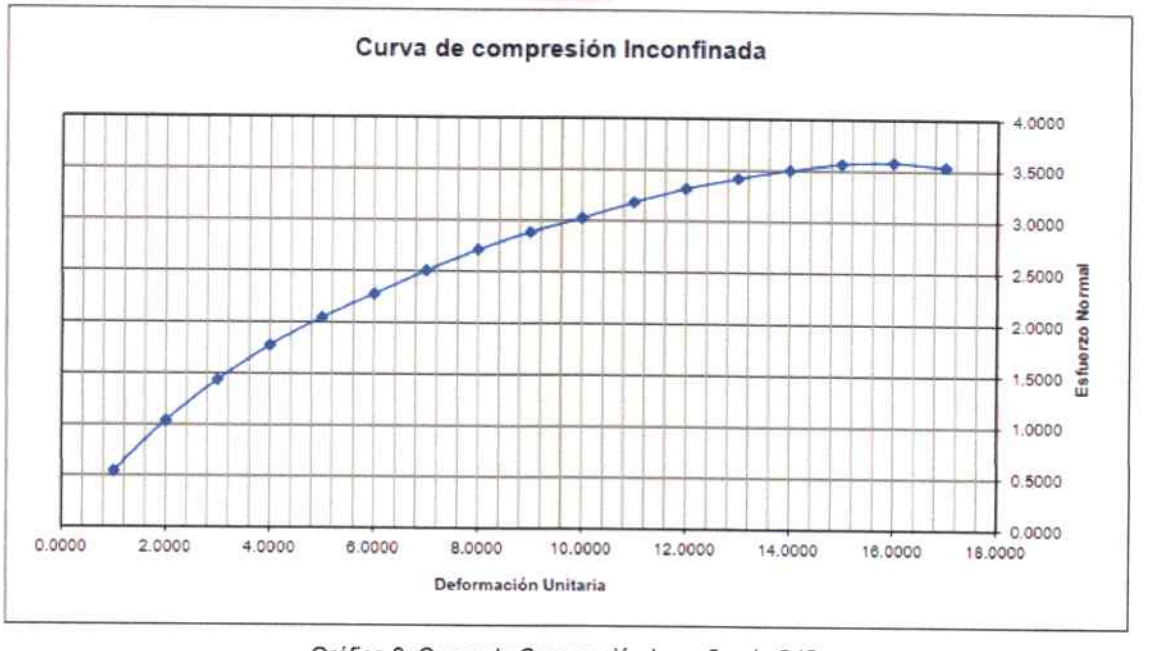
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S44	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	1.00	2.1091	1.782	1.482	11.28%
S45	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	1.00	3.5771	1.904	1.533	17.07%
S48	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	1.00	0.6001	2.041	1.773	6.91%
S51	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	1.00	2.4496	1.937	1.590	8.49%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

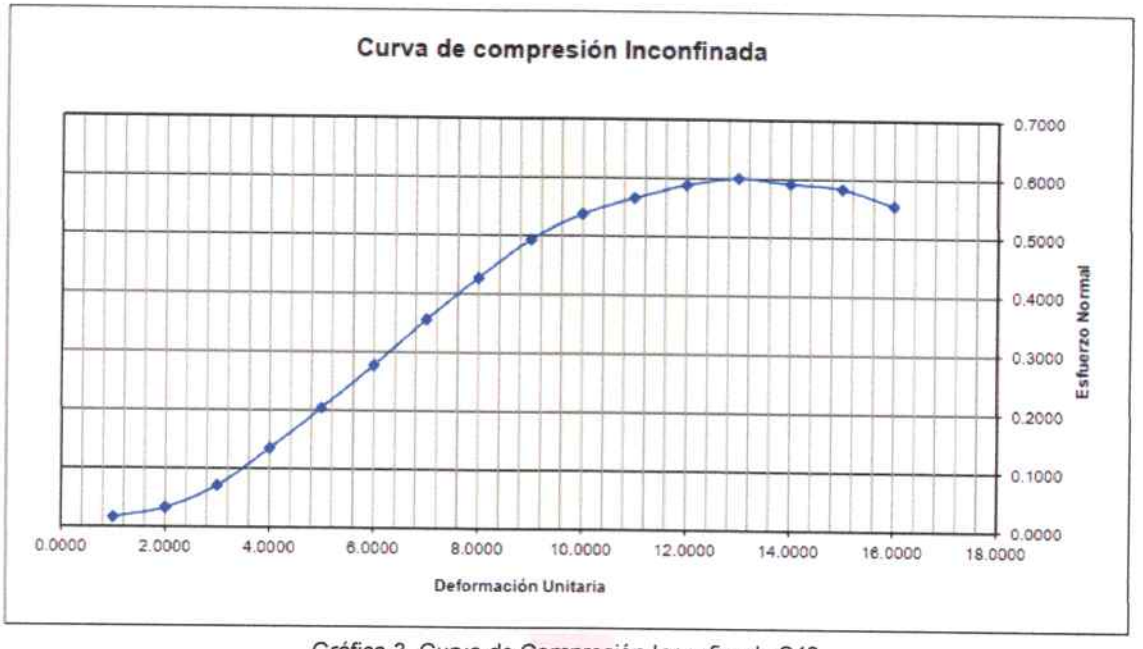


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S44
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

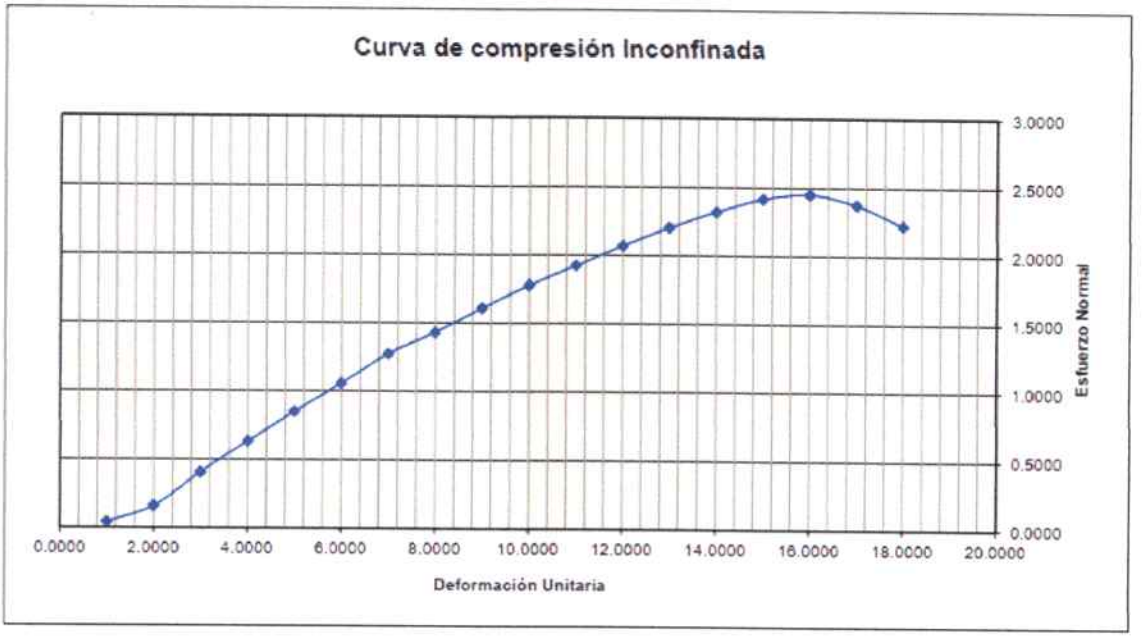


Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S45
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Curva de Compresión Inconfinada S48
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

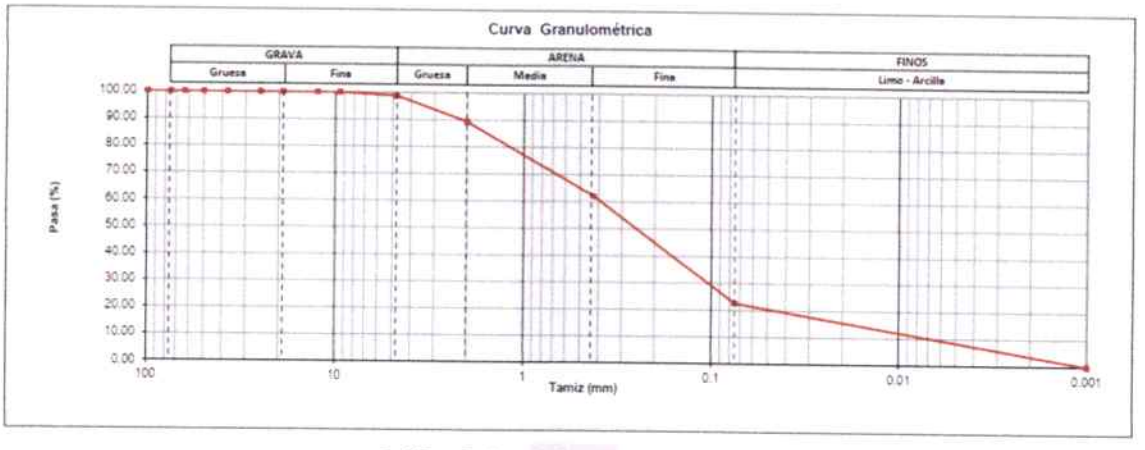


Gráfica 4. Curva de Compresión Inconfinada S51
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

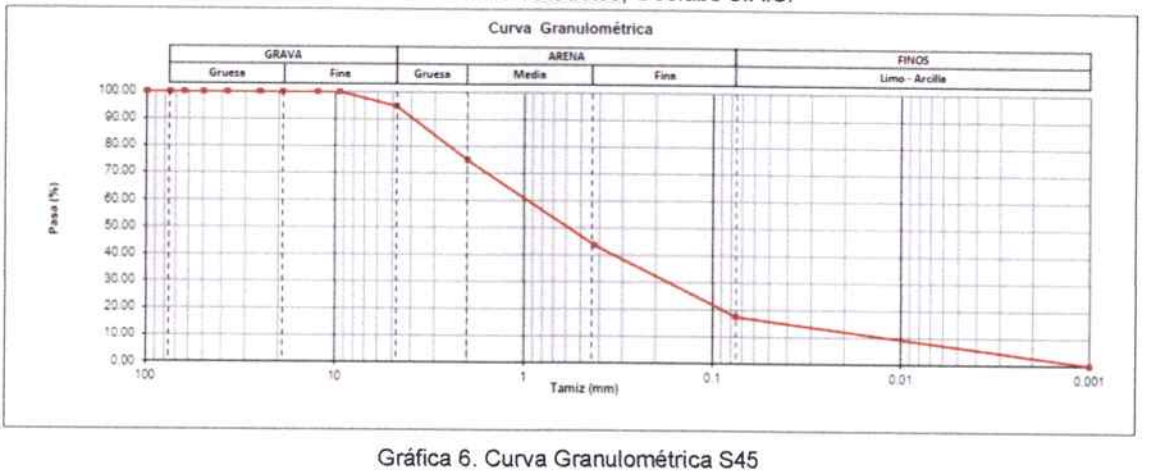
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S44	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	31.64	23.76	7.89	1.22	76.12	22.66	SC – SM
S45	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	44.92	26.15	18.76	5.30	77.25	17.45	SC
S48	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	21.33	15.25	6.07	2.80	73.84	23.36	SC – SM
S51	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	31.49	22.04	9.45	0.25	63.95	35.80	SC

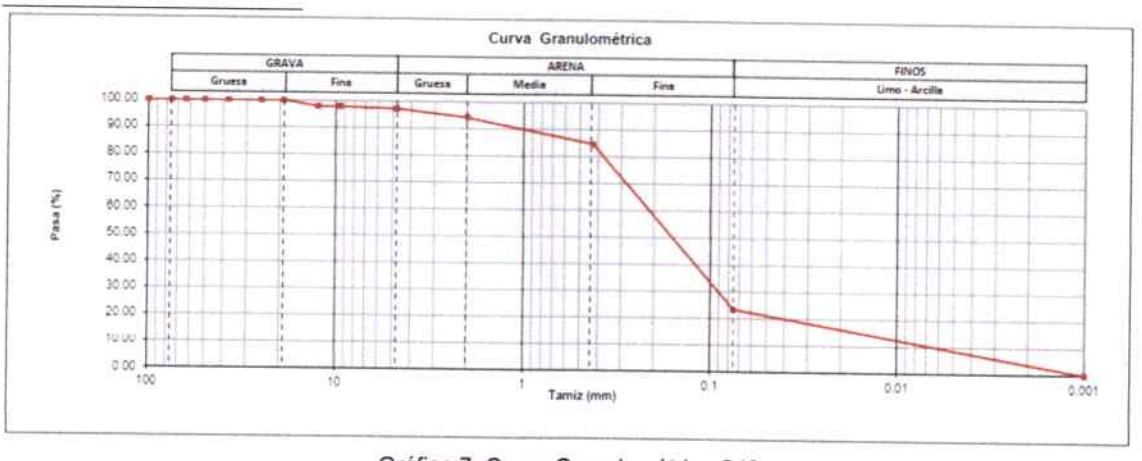


Gráfica 5. Curva Granulométrica S44
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

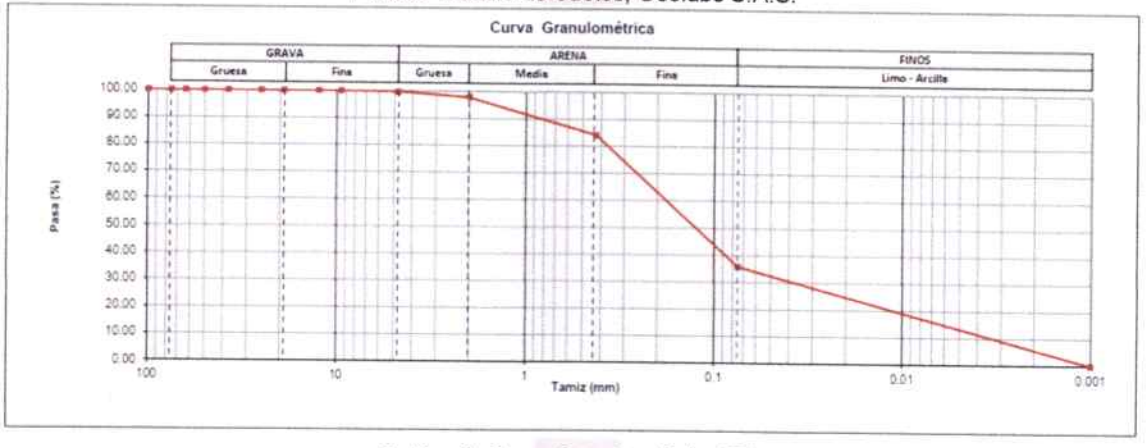


Gráfica 6. Curva Granulométrica S45
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 7. Curva Granulométrica S48
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.



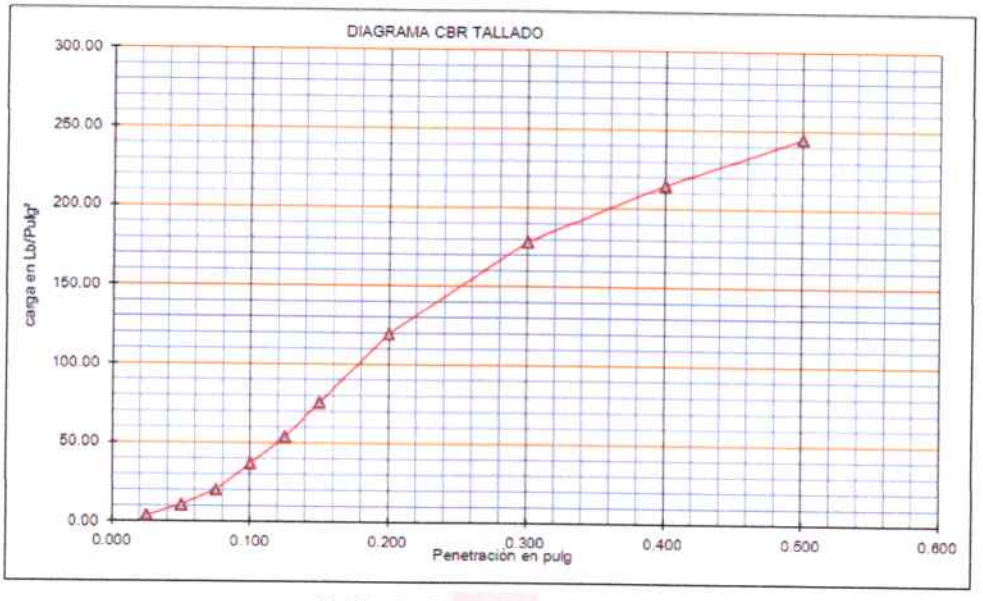
Gráfica 8. Curva Granulométrica S51
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

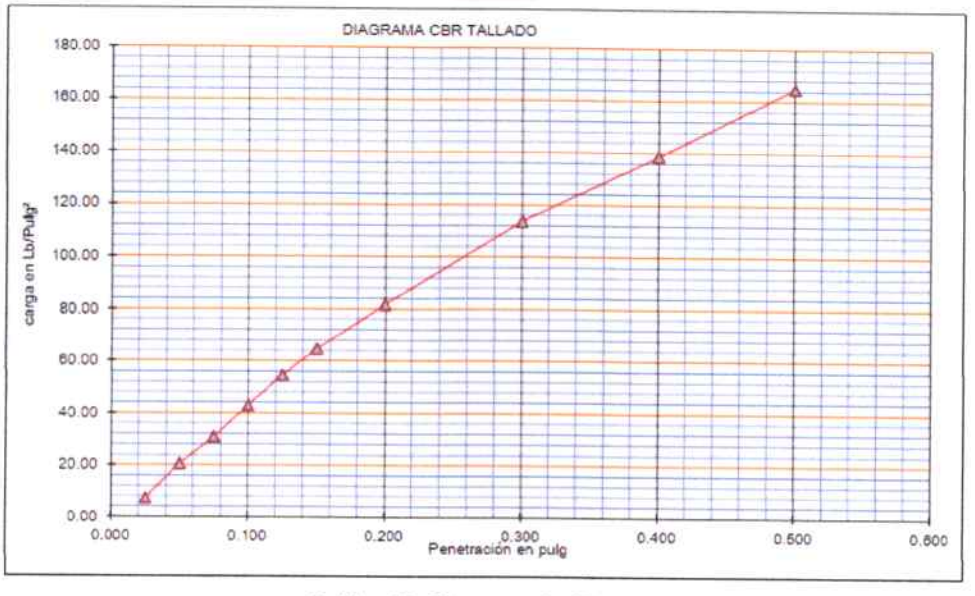
N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S44	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.60	3.66%	7.96%
S45	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.30	4.29%	5.44%
S48	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.50	2.78%	4.52%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

S51	Carrera 15 entre Calles 14 y 19	0.40	7.06%	8.07%

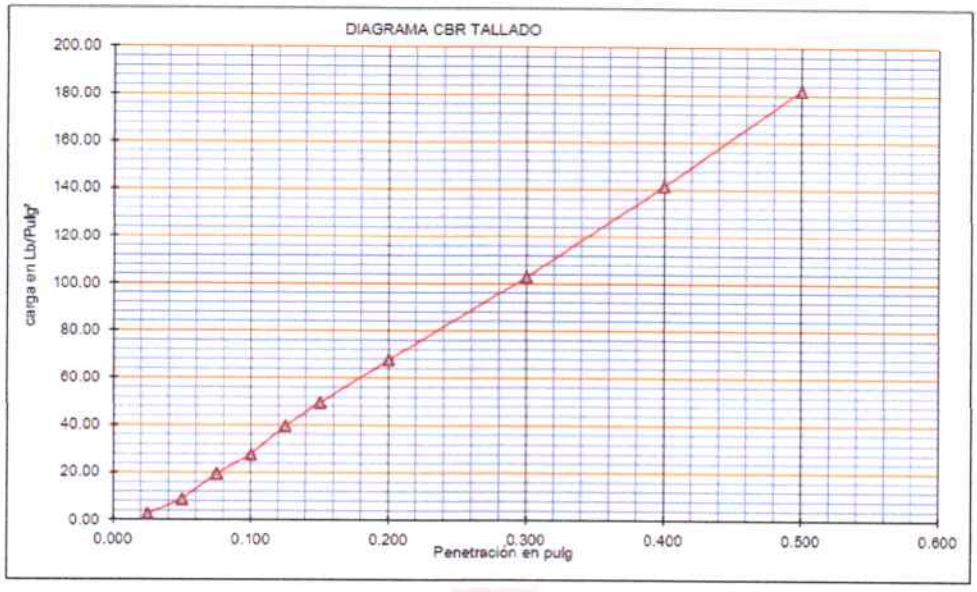


Gráfica 9. Diagrama de CBR S44
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

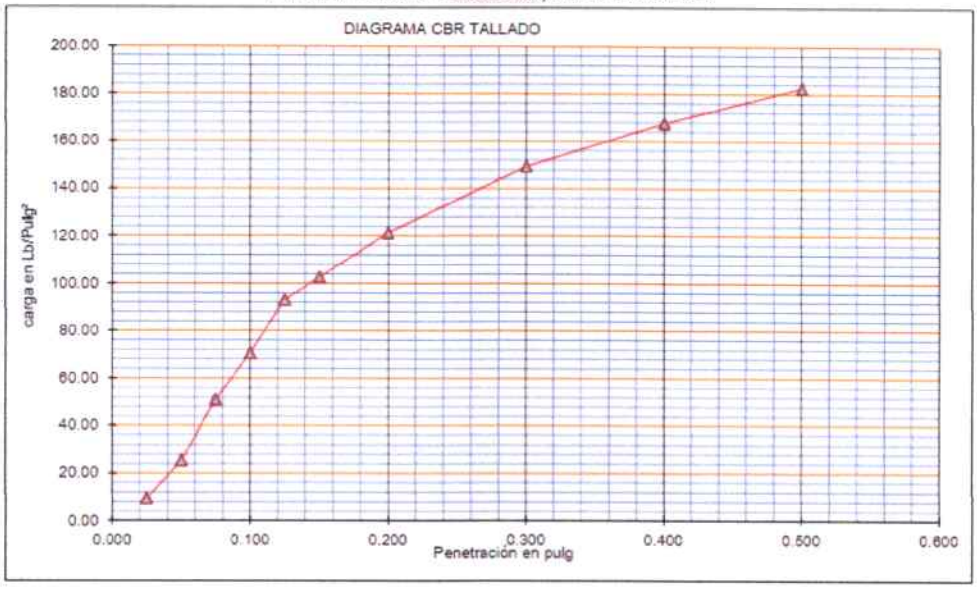


Gráfica 10. Diagrama de CBR S45
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 11. Diagrama de CBR S48
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.



Gráfica 12. Diagrama de CBR S51
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 25, 26, 27 y 28 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

1812

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	35	3	130	2	0	0	0	0	170
7:30-8:00	33	3	204	4	0	0	0	0	244
8:00-8:30	41	3	216	3	0	0	0	0	263
8:30-9:00	54	3	246	4	0	0	0	0	307
9:00-9:30	64	5	240	4	0	0	0	0	313
9:30-10:00	48	1	234	3	1	1	0	0	288
10:00-10:30	62	3	258	6	2	0	0	0	331
10:30-11:00	54	2	258	4	0	0	0	0	318
11:00-11:30	66	0	240	0	2	0	0	0	308
11:30-12:00	74	0	240	1	0	0	0	0	315
12:00-12:30	36	2	240	0	1	0	0	0	279
12:30-13:00	40	3	312	0	1	0	0	0	356
13:00-13:30	72	3	270	0	2	1	0	0	348
13:30-14:00	48	2	186	0	0	0	0	0	236
14:00-14:30	45	2	216	3	3	0	0	0	269
14:30-15:00	55	3	192	1	2	0	0	0	253
15:00-15:30	45	1	180	0	1	0	0	0	227
15:30-16:00	38	0	204	0	2	0	0	0	244
16:00-16:30	66	0	198	0	1	0	0	0	265
16:30-17:00	54	0	185	0	3	0	0	0	242
17:00-17:30	42	0	182	0	2	0	0	0	226
17:30-18:00	39	0	173	0	0	0	0	0	212
TOTAL	1111	39	4804	35	23	2	0	0	6014
COMPOSICION VEHICULAR	18,47%	0,65%	79,88%	0,58%	0,38%	0,03%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	29	0	122	0	0	0	0	0	151
7:30-8:00	27	0	243	3	0	0	0	0	273
8:00-8:30	24	3	236	3	0	0	0	0	266
8:30-9:00	31	2	325	2	2	0	0	0	362
9:00-9:30	33	2	268	4	1	0	0	0	308
9:30-10:00	36	3	378	1	2	0	0	0	420
10:00-10:30	38	0	326	2	3	0	0	0	369
10:30-11:00	39	0	386	0	0	0	0	0	425
11:00-11:30	41	0	276	0	0	0	0	0	317
11:30-12:00	44	0	296	0	0	0	0	0	340
12:00-12:30	47	3	245	0	2	0	0	0	297
12:30-13:00	38	2	196	1	1	0	0	0	238
13:00-13:30	33	1	274	1	2	0	0	0	311
13:30-14:00	29	1	296	2	1	0	0	0	329
14:00-14:30	28	1	273	2	0	0	0	0	304
14:30-15:00	41	0	284	1	0	0	0	0	326
15:00-15:30	48	4	386	2	0	0	0	0	440
15:30-16:00	52	2	231	0	0	1	0	0	286
16:00-16:30	62	3	174	3	0	0	0	0	242
16:30-17:00	56	0	133	1	0	0	0	0	190
17:00-17:30	44	0	213	2	0	0	0	0	259
17:30-18:00	32	0	251	1	0	0	0	0	284
TOTAL	852	27	5812	31	14	1	0	0	6737
COMPOSICION VEHICULAR	12,65%	0,40%	86,27%	0,46%	0,21%	0,01%	0,00%	0,00%	100,00%



INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca



INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 27/02/22

27 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	22	2	276	0	0	0	0	0	300
7:30-8:00	32	1	386	0	1	0	0	0	420
8:00-8:30	34	0	186	0	1	0	0	0	221
8:30-9:00	37	0	386	0	1	0	0	0	424
9:00-9:30	47	0	385	3	1	0	0	0	436
9:30-10:00	39	0	285	2	2	0	0	0	328
10:00-10:30	36	2	394	1	2	1	0	0	436
10:30-11:00	41	2	327	0	2	0	0	0	372
11:00-11:30	45	3	284	0	3	0	0	0	335
11:30-12:00	29	2	235	1	2	0	0	0	269
12:00-12:30	37	2	291	1	1	0	0	0	332
12:30-13:00	48	3	236	2	2	0	0	0	291
13:00-13:30	53	4	193	2	0	0	0	0	252
13:30-14:00	59	1	169	0	0	0	0	0	229
14:00-14:30	61	1	258	0	0	0	0	0	320
14:30-15:00	49	2	295	0	0	1	0	0	347
15:00-15:30	45	3	317	1	1	0	0	0	367
15:30-16:00	37	2	271	2	1	0	0	0	313
16:00-16:30	31	4	251	0	1	0	0	0	287
16:30-17:00	47	2	237	0	2	0	0	0	288
17:00-17:30	52	1	174	1	1	0	0	0	229
17:30-18:00	42	1	149	2	0	0	0	0	194
TOTAL	923	38	5985	18	24	2	0	0	6990
COMPOSICION VEHICULAR	13,20%	0,54%	85,62%	0,26%	0,34%	0,03%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	47	2	215	0	0	0	0	0	264
7:30-8:00	30	1	264	0	1	0	0	0	296
8:00-8:30	33	0	212	0	1	0	0	0	246
8:30-9:00	30	0	224	0	1	0	0	0	255
9:00-9:30	24	0	231	3	1	0	0	0	259
9:30-10:00	37	0	207	2	2	0	0	0	248
10:00-10:30	31	2	254	1	2	1	0	0	291
10:30-11:00	32	2	260	0	2	0	0	0	296
11:00-11:30	48	3	216	0	3	0	0	0	270
11:30-12:00	28	2	285	1	2	0	0	0	318
12:00-12:30	31	2	229	1	1	0	0	0	264
12:30-13:00	30	3	247	2	2	0	0	0	284
13:00-13:30	42	4	216	2	0	0	0	0	264
13:30-14:00	27	1	220	0	0	0	0	0	248
14:00-14:30	48	1	246	0	0	0	0	0	295
14:30-15:00	25	2	225	0	0	1	0	0	253
15:00-15:30	35	3	275	1	1	0	0	0	315
15:30-16:00	23	2	261	2	1	0	0	0	289
16:00-16:30	45	4	262	0	1	0	0	0	312
16:30-17:00	24	2	267	0	2	0	0	0	295
17:00-17:30	39	1	242	1	1	0	0	0	284
17:30-18:00	35	1	219	2	0	0	0	0	257
TOTAL	744	38	5277	18	24	2	0	0	6103
COMPOSICION VEHICULAR	12,19%	0,62%	86,47%	0,29%	0,39%	0,03%	0,00%	0,00%	100,00%

1814

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{99 + 73 + 82 + 82 * 7}{7} = 84\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en un sentido. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bus	37	43,53%
C2P	23	27,06%
C2G	23	27,06%
C3-4	2	2,35%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 84 * [0.4353 * 1 + 0.2706 * 1.01 + 0.2706 * 2.72 + 0235 * 3.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	84,00
NESE80KNañobase	46975,00
NESEacumulado	1281077
NESE 90	1484484
NESEdiseño	2214851

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x1^{7}}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*(D^{0.075}-1.132)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **2214851**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**

i. El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

j. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

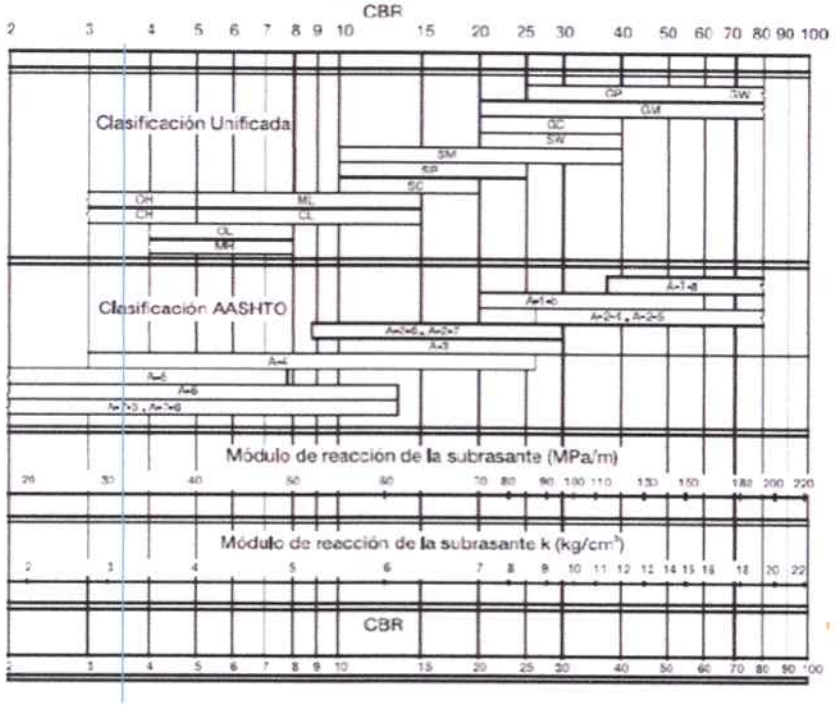
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (3.66%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **32,13Mpa/m – 117.27 pci**



Gráfica 13. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

1820

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 3.66 = \mathbf{32,13} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizara una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

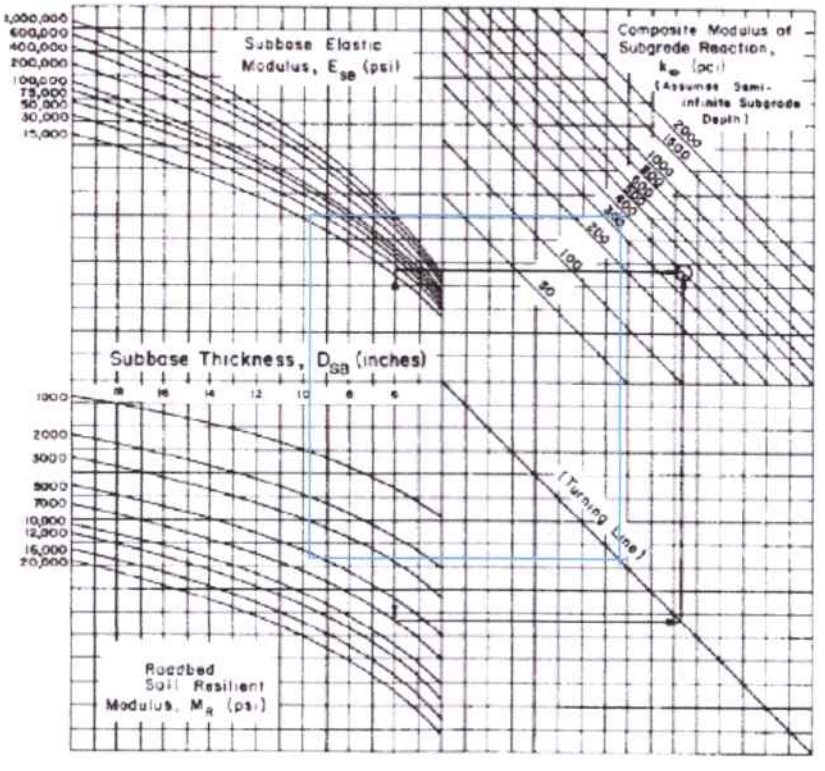
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 3.66\% = 366 \frac{kg}{cm^2} = 5206\ psi$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (3.66%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **32,13Mpa/m – 117.27 pci.**

La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.

AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (5206 psi)

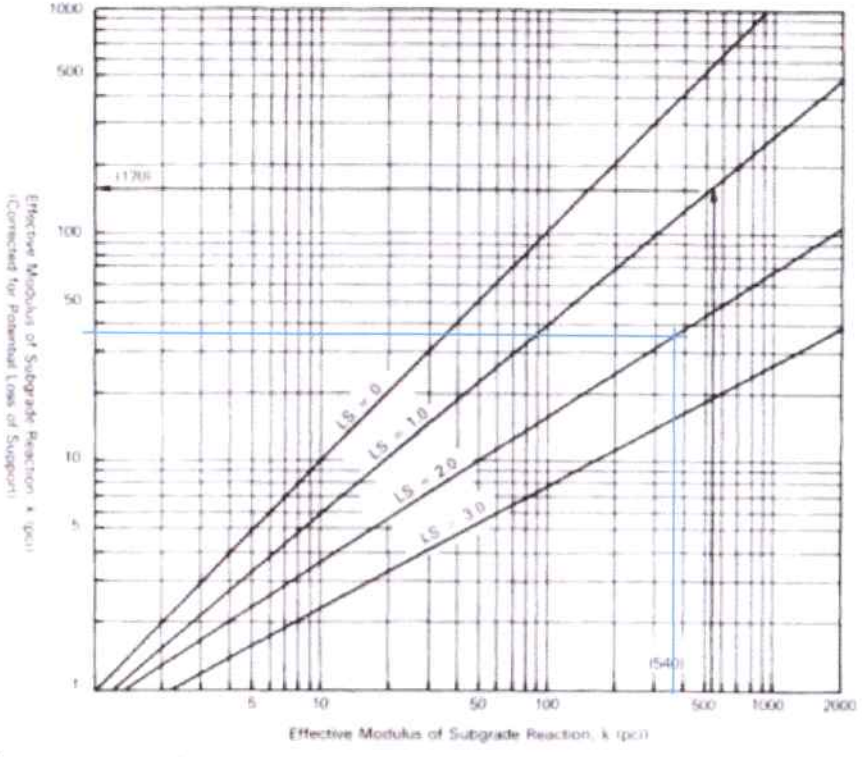


Gráfica 14. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

1822

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **380 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 15. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **37.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	2214851	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	117,27	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	30	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(2214851) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{540 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.10 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{3070948}{30}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 8,66" =22,00cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 8.66", equivalentes a 22,00cm.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=3,66%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 3.66 = \mathbf{32,13}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para carreteras y vías arterias urbanas en las que se espere un volumen de transito moderado de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.10**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.35

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

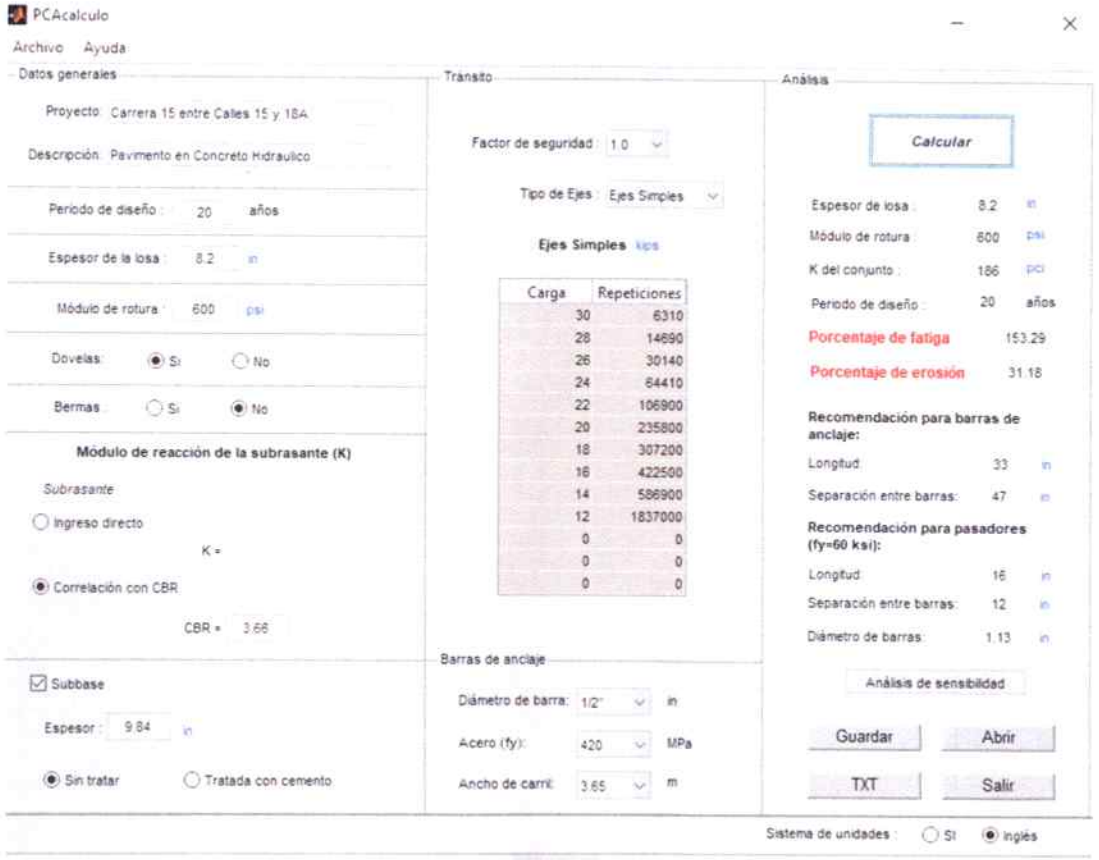


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 15 ENTRE CALLES 15 Y 18A, BARRIO BELEN Y POPULAR

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 220 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar.
- Realizar la reposición de 200mm del terreno existente por afirmado, por recomendación del especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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		0,95	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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600 PSI: 220 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400
- Reposición en afirmado con espesor de 200 mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1 1/8" con longitud de 0.40m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.



Figura 5. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





1827

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 4.60 m, se realizarán carriles de 2.30 m y el largo de las losas de 2.80 m.

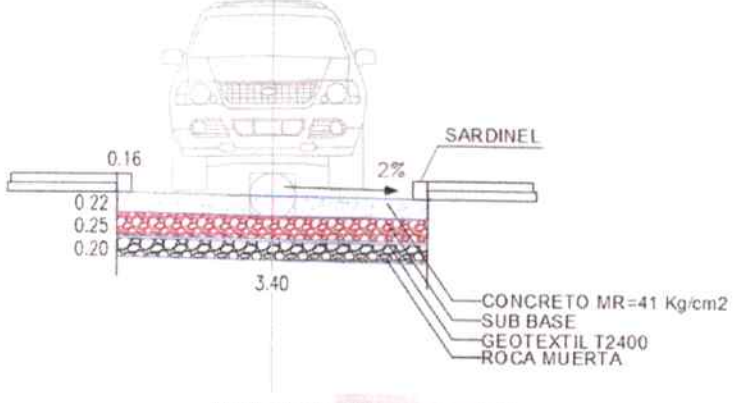


Figura 6. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:



Figura 7. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1829

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

ANEXOS





INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En Calle 14 entre Carreras 14 y 12– Barrio Belén .



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 14 entre Carreras 14 y 12, del barrio Belén en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En la Calle 14 entre Carreras 14 y 12 del barrio El Belén, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 186.00 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Sur occidental del Municipio, en el barrio Belén, con nomenclatura Calle 14 entre Carreras 14 y 12.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo concreto asfaltico en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*

(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 6.00 m, longitud de 186.00 m, con superficie de rodadura en concreto asfaltico en deficientes condiciones.

CALLE 14 ENTRE CARRERAS 14 Y 12– B/ BELÉN

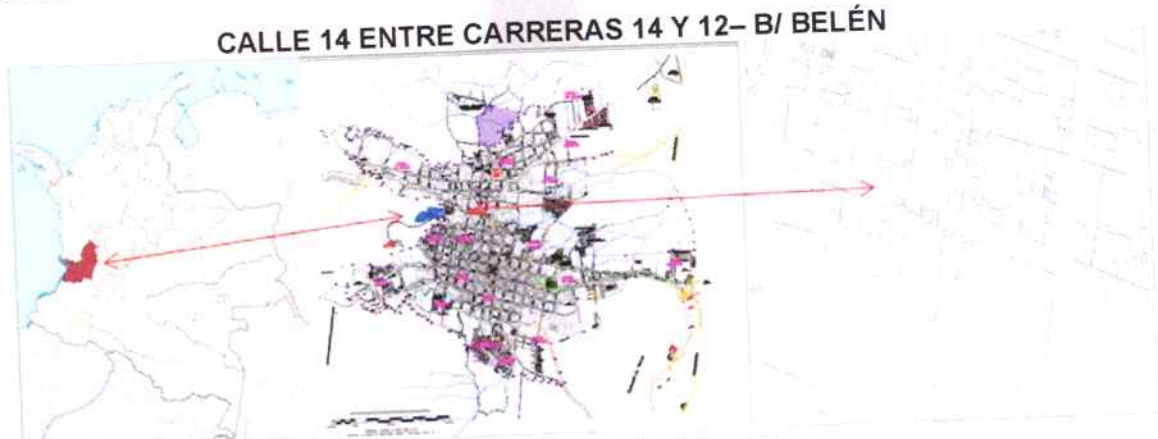


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuaron dos (2) apiques, alcanzando profundidades de 1.00 y 1.20 metros bajo la superficie cada uno, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S50 Calle 14 entre Carreras 14 y 12	0.00 0.05 0.15 0.50	0.05 0.15 0.50 1.00	Placa Sucio de rio Afirmado Arcillo - arenoso, [10YR 8/2]
S52 Calle 14 entre Carreras 14 y 12	0.00 0.05 0.15 0.80	0.05 0.15 0.80 1.20	Placa Sucio de rio Afirmado Arcillo - arenoso, [10YR 8/2]

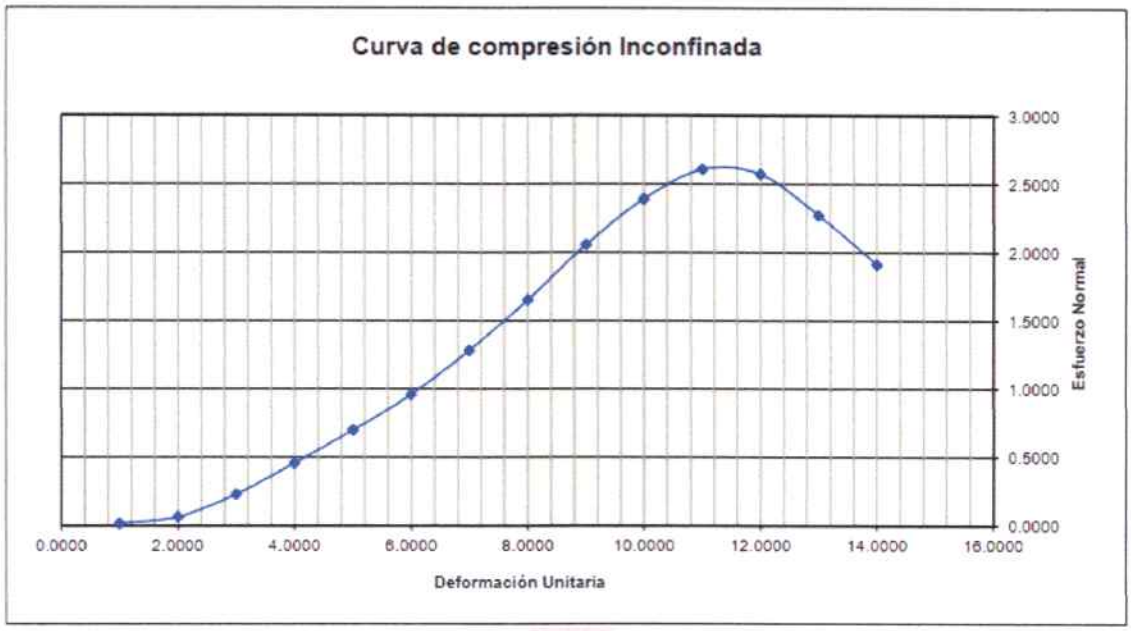
Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S50	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	1.00	2.6054	1.940	1.591	5,81%
S52	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	1.00	2.2616	1.935	1.588	5.83%

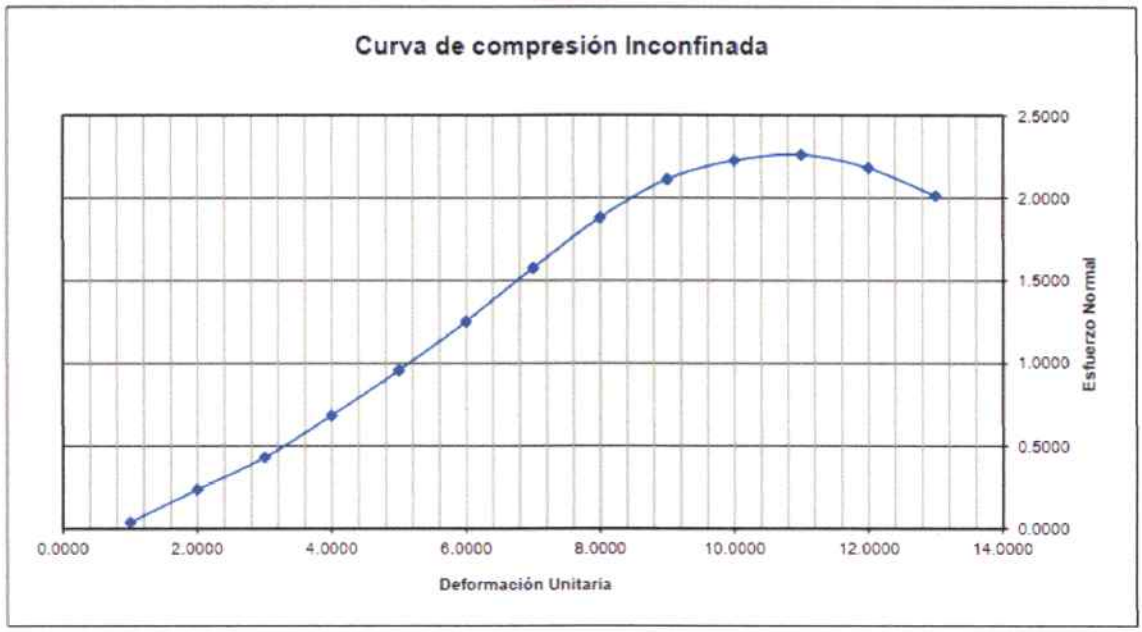




INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada S50
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

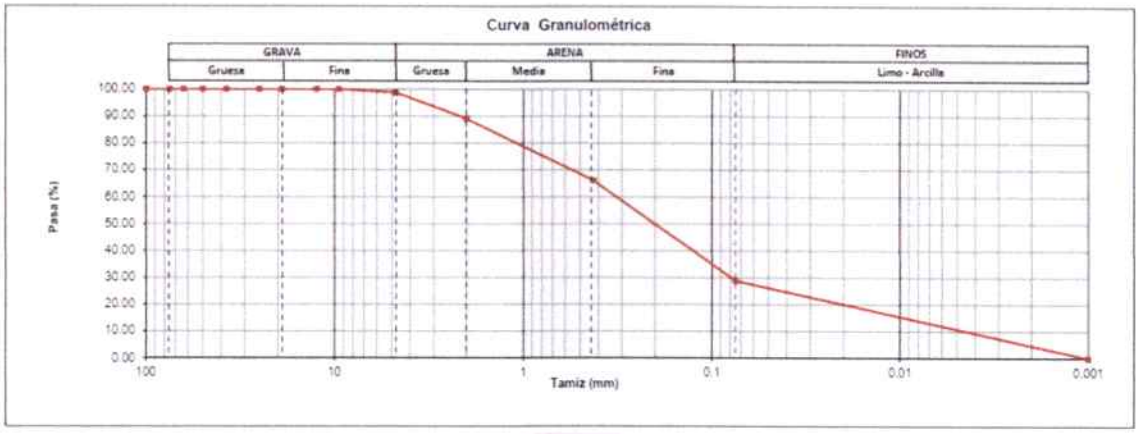


Gráfica 2. Curva de Compresión Inconfinada S52
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

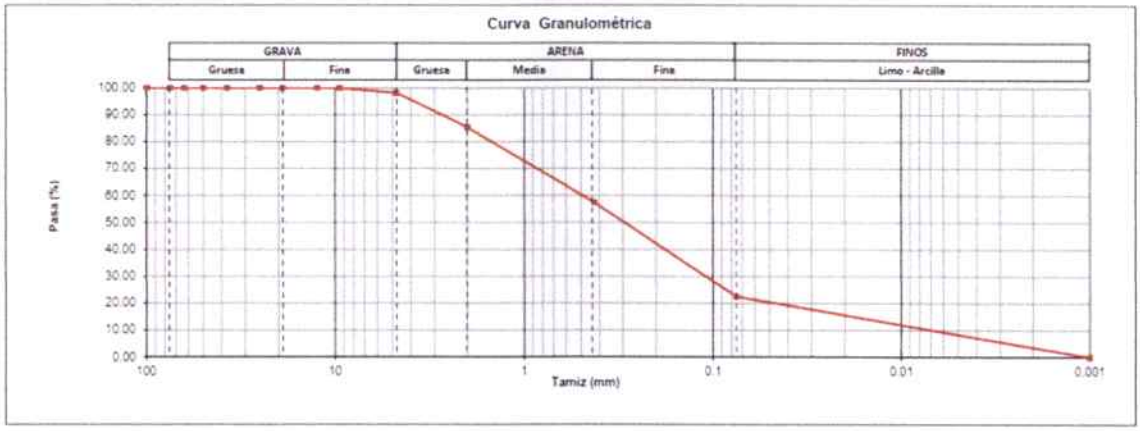
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S50	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	28.32	22.77	5.55	1.26	69.79	28.95	SC – SM
S52	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	33.37	21.72	11.65	1.87	75.62	22.51	SC



Gráfica 3. Curva Granulométrica S50
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

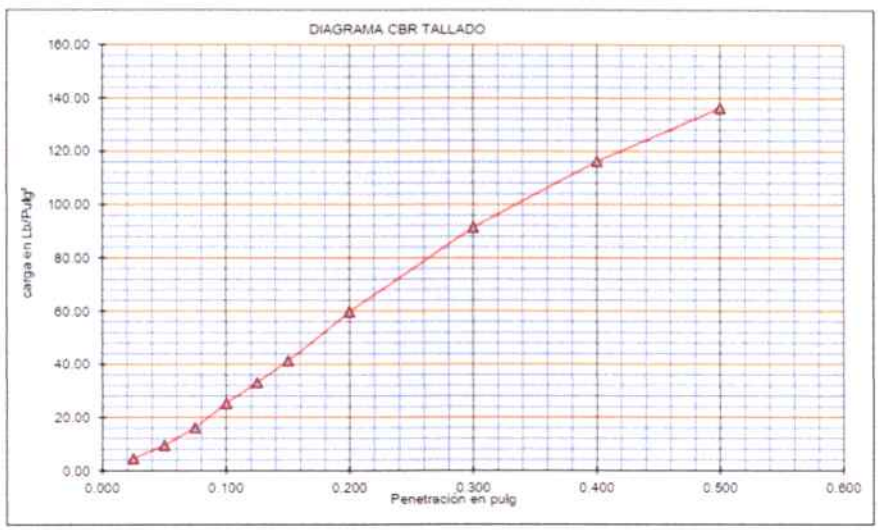


Gráfica 4. Curva Granulométrica S52
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

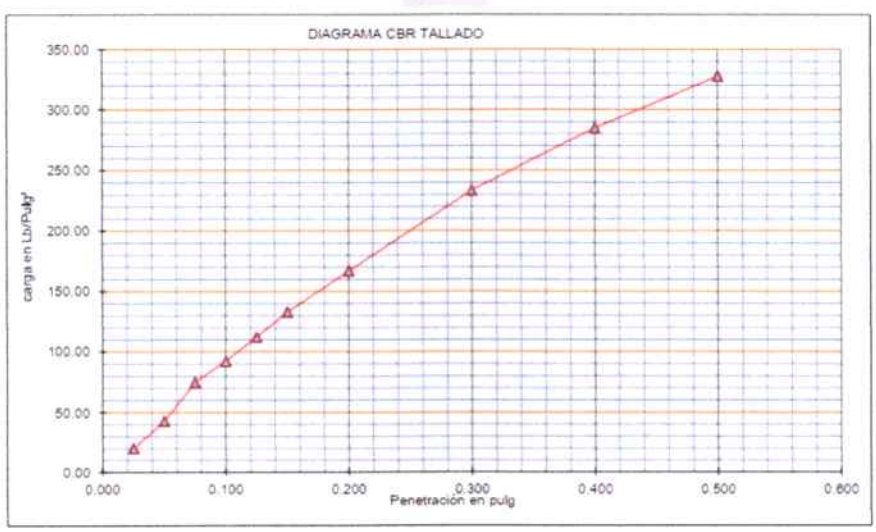
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S50	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	0.50	2.53%	3.98%
S52	Calle 14 entre Carreras 14 y 12	0.80	9.22%	11.13%



Gráfica 5. Diagrama de CBR S50
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.



Gráfica 6. Diagrama de CBR S52
Fuente: Estudio de Suelos Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

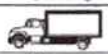
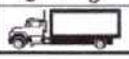
4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 25, 26, 27 Y 28 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

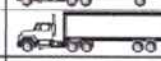
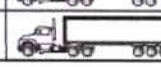
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	106	11	157	5	0	0	0	0	279
7:30-8:00	89	9	282	15	5	0	0	0	400
8:00-8:30	75	12	168	6	4	0	0	0	265
8:30-9:00	107	12	374	4	1	0	0	0	498
9:00-9:30	120	10	223	11	0	0	0	0	364
9:30-10:00	111	2	185	2	3	0	0	0	303
10:00-10:30	71	9	305	8	5	0	0	0	398
10:30-11:00	93	11	334	1	2	0	0	0	441
11:00-11:30	79	13	210	15	1	0	0	0	318
11:30-12:00	71	11	165	8	2	0	0	0	257
12:00-12:30	89	8	379	12	1	0	0	0	489
12:30-13:00	107	6	329	3	2	0	0	0	447
13:00-13:30	71	10	258	12	1	0	0	0	352
13:30-14:00	79	2	261	6	1	0	0	0	349
14:00-14:30	107	6	324	9	1	0	0	0	447
14:30-15:00	105	4	164	1	4	0	0	0	278
15:00-15:30	95	3	212	8	1	0	0	0	319
15:30-16:00	118	9	278	10	5	0	0	0	420
16:00-16:30	95	6	154	15	5	0	0	0	275
16:30-17:00	82	12	233	3	2	0	0	0	332
17:00-17:30	105	13	171	14	1	0	0	0	304
17:30-18:00	81	5	183	6	0	0	0	0	275
TOTAL	2056	184	5349	174	47	0	0	0	7810
COMPOSICION VEHICULAR	26,33%	2,36%	68,49%	2,23%	0,60%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	145	8	206	3	5	0	0	0	367
7:30-8:00	59	6	223	3	1	0	0	0	292
8:00-8:30	90	5	221	3	1	0	0	0	320
8:30-9:00	73	4	281	13	0	0	0	0	371
9:00-9:30	75	6	260	8	0	0	0	0	349
9:30-10:00	71	10	324	7	0	0	0	0	412
10:00-10:30	95	7	286	7	0	0	0	0	395
10:30-11:00	80	5	310	7	0	0	0	0	402
11:00-11:30	110	3	296	8	0	0	0	0	417
11:30-12:00	99	5	300	2	1	0	0	0	407
12:00-12:30	85	7	281	6	3	0	0	0	382
12:30-13:00	75	1	263	2	1	0	0	0	342
13:00-13:30	66	8	272	9	0	0	0	0	355
13:30-14:00	63	13	265	1	0	0	0	0	342
14:00-14:30	72	15	210	2	0	0	0	0	299
14:30-15:00	79	11	155	0	1	0	0	0	246
15:00-15:30	81	7	294	6	0	0	0	0	388
15:30-16:00	84	5	155	10	0	0	0	0	254
16:00-16:30	91	5	267	8	0	0	0	0	371
16:30-17:00	86	9	204	9	0	0	0	0	308
17:00-17:30	72	16	190	11	0	0	0	0	289
17:30-18:00	61	8	268	13	6	0	0	0	356
TOTAL	1812	164	5531	138	19	0	0	0	7664
COMPOSICION VEHICULAR	23,64%	2,14%	72,17%	1,80%	0,25%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 27/02/22

27 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	108	12	255	9	2	0	0	0	386
7:30-8:00	75	4	162	6	0	0	0	0	247
8:00-8:30	90	7	369	11	1	0	0	0	478
8:30-9:00	115	9	274	12	2	0	0	0	412
9:00-9:30	92	9	221	11	1	0	0	0	334
9:30-10:00	84	4	322	1	2	0	0	0	413
10:00-10:30	73	10	168	12	1	0	0	0	264
10:30-11:00	91	14	157	14	1	0	0	0	277
11:00-11:30	77	10	195	12	2	0	0	0	296
11:30-12:00	118	5	185	10	0	0	0	0	318
12:00-12:30	72	13	203	11	3	0	0	0	302
12:30-13:00	93	6	382	6	2	0	0	0	489
13:00-13:30	80	13	152	10	0	0	0	0	255
13:30-14:00	93	12	328	6	3	0	0	0	442
14:00-14:30	100	6	165	9	1	0	0	0	281
14:30-15:00	84	13	196	8	1	0	0	0	302
15:00-15:30	74	1	180	6	0	0	0	0	261
15:30-16:00	101	2	308	10	1	0	0	0	422
16:00-16:30	96	2	201	14	2	0	0	0	315
16:30-17:00	112	5	163	2	0	0	0	0	282
17:00-17:30	108	14	204	2	5	0	0	0	333
17:30-18:00	84	14	317	1	2	0	0	0	418
TOTAL	2020	185	5107	183	32	0	0	0	7527
COMPOSICION VEHICULAR	26,84%	2,46%	67,85%	2,43%	0,43%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	91	13	338	9	4	0	0	0	455
7:30-8:00	86	4	352	6	0	0	0	0	448
8:00-8:30	81	7	220	11	3	0	0	0	322
8:30-9:00	79	9	248	12	2	0	0	0	350
9:00-9:30	78	9	258	11	2	0	0	0	358
9:30-10:00	86	4	178	1	2	0	0	0	271
10:00-10:30	82	10	276	12	1	0	0	0	381
10:30-11:00	94	14	288	14	1	0	0	0	411
11:00-11:30	81	10	310	12	2	0	0	0	415
11:30-12:00	77	5	276	10	0	0	0	0	368
12:00-12:30	98	13	203	11	5	0	0	0	330
12:30-13:00	102	6	300	6	2	0	0	0	416
13:00-13:30	84	13	197	10	0	0	0	0	304
13:30-14:00	81	12	327	6	3	0	0	0	429
14:00-14:30	94	6	174	9	4	0	0	0	287
14:30-15:00	97	13	162	8	3	0	0	0	283
15:00-15:30	97	1	243	6	0	0	0	0	347
15:30-16:00	82	2	273	10	1	0	0	0	368
16:00-16:30	79	2	293	14	2	0	0	0	390
16:30-17:00	89	5	297	2	0	0	0	0	393
17:00-17:30	87	14	334	2	5	0	0	0	442
17:30-18:00	99	14	176	1	2	0	0	0	292
TOTAL	1924	186	5723	183	44	0	0	0	8060
COMPOSICION VEHICULAR	23,87%	2,31%	71,00%	2,27%	0,55%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{405 + 321 + 400 + 413 * 4}{7} = 397\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en un sentido. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.





Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	183	45,86%
C2P	176	44,11%
C2G	40	10,03%
C3-4	0	0,00%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 497 * [0.4586 * 1 + 0.4411 * 1.01 + 0.1003 * 2.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	397,00
NESE80KNañobase	170531,00
NESEacumulado	4650627
NESE 90	5389042
NESEdiseño	8040451

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **8040451**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 MPa**
El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

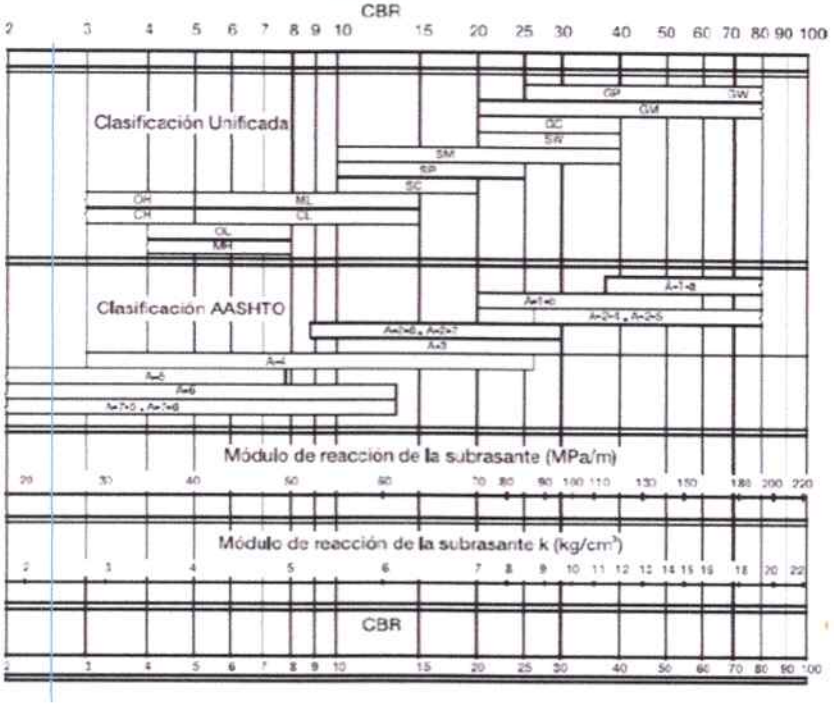
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.53%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **23.71Mpa/m – 86.54 pci**



Gráfica 7. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.53 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{23.71} \ \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizara una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

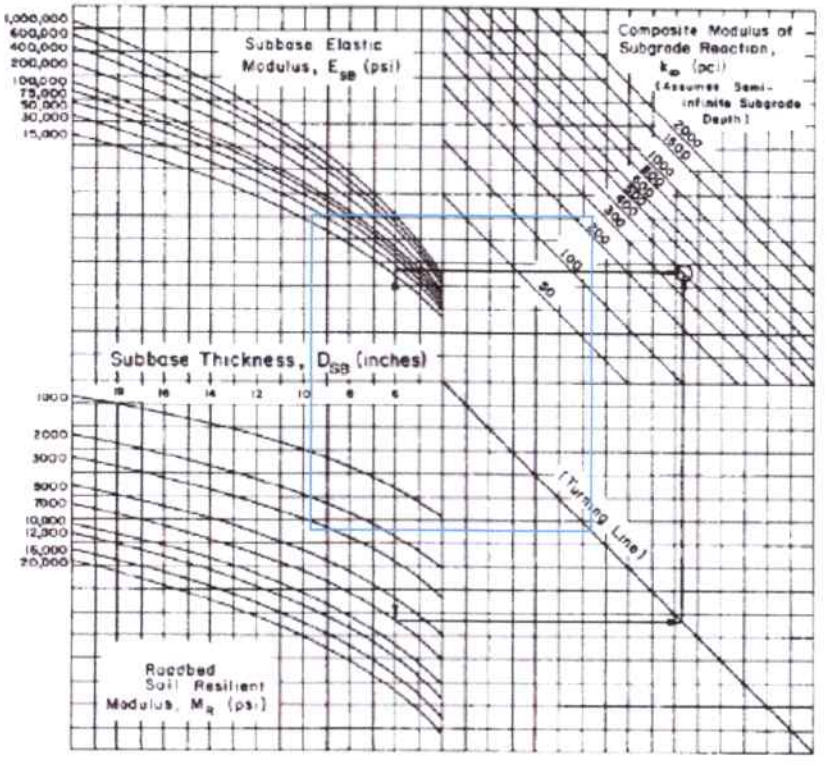
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.53\% = 253\frac{kg}{cm^2} = \mathbf{3598\ psi}$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.53%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **23.71Mpa/m – 86.54pci** La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (3598 psi)

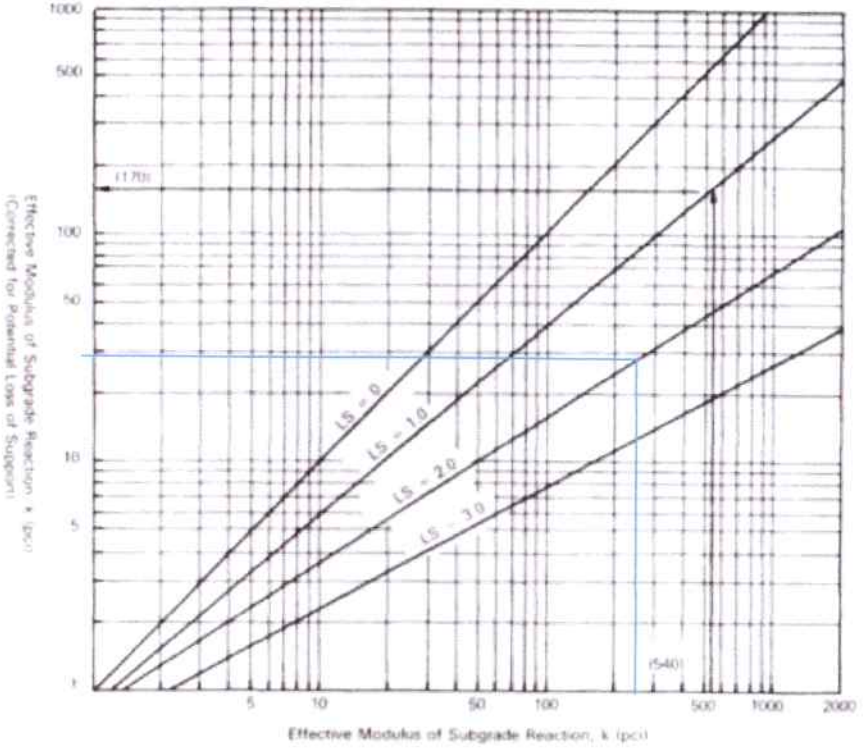


Gráfica 8. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **250 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 9. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **29.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	8040451	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	86,54	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	29	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(8382898) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{29}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 10,57" =26,85cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 10.57", equivalentes a 26,85cm, sin embargo, por practicidad en obra, se aplicara un espesor de 27,00cm por practicidad de obra

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=2.53%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.53 \; {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{23.71} \;\; {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05

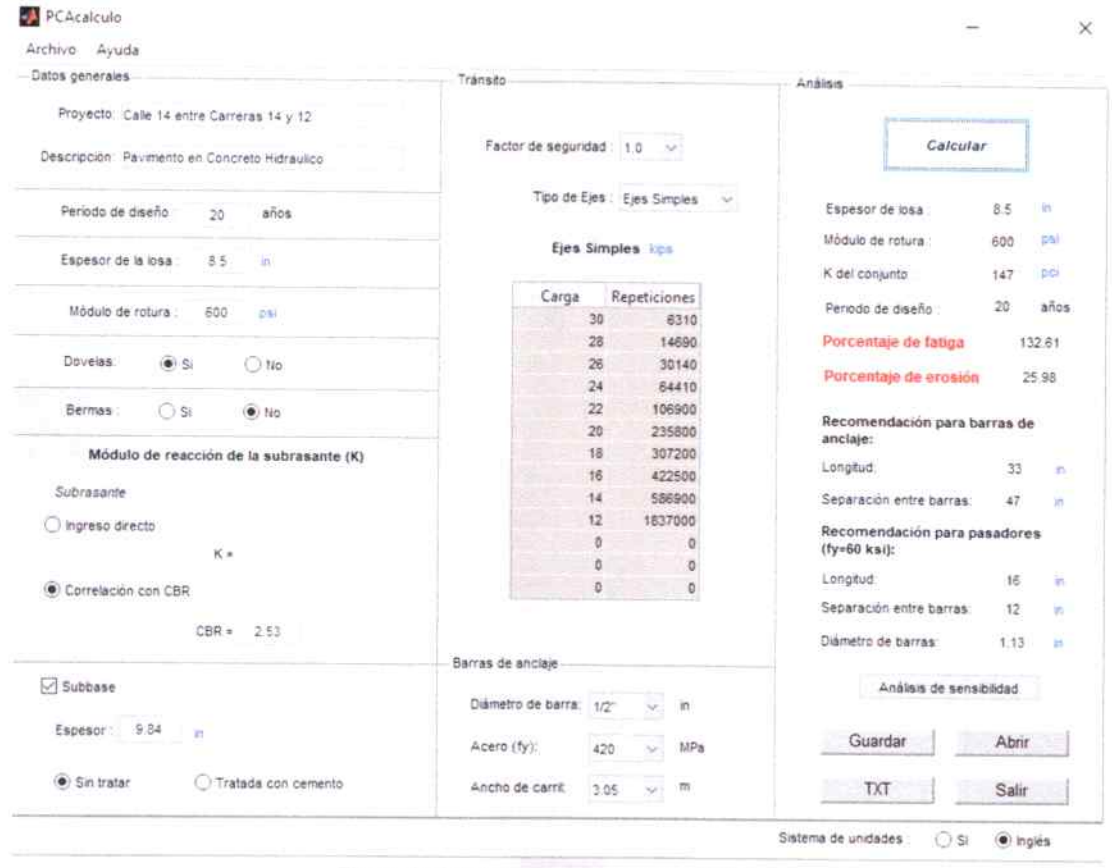


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 14 ENTRE CARRERAS 12 Y 14, B. BELEN

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 270 mm de espesor.
- Sub-base granular: 250 mm de espesor.
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar
- Reposición de terreno por material afirmado con espesor de 200mm, por recomendación del especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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	0,50	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,95	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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 240	29	1 1/8	400	300
240 - 270	32	1 1/4	450	300
280 - 290	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de 600psi: 270 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Roca Muerta Mejorada: 200 mm de espesor
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1 3/8" con longitud de 0.45m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

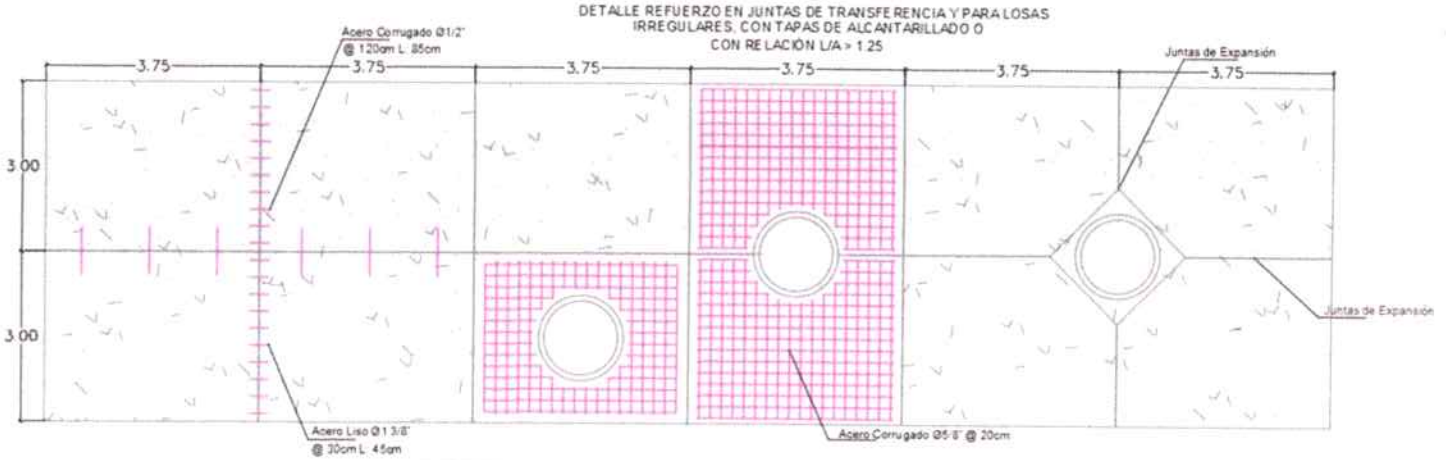


Figura 5. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





1852

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 4.60 m, se realizarán carriles de 2.30 m y el largo de las losas de 2.80 m.

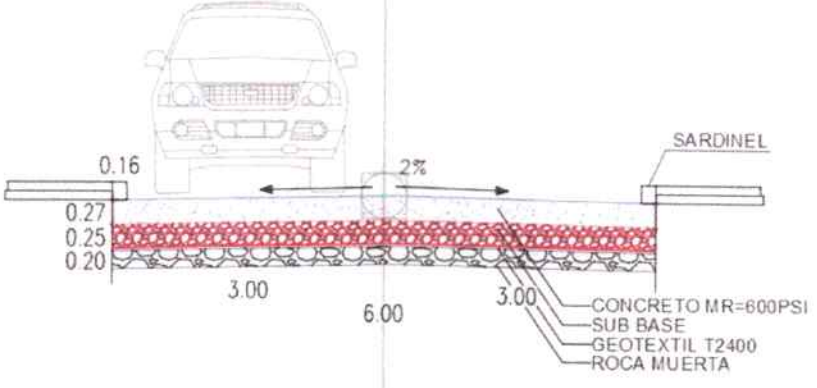


Figura 6. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:



Figura 7. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia

1859

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

ANEXOS





INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

1862

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En Carrera 13 entre Calles 7B y Quebrada el Lucero– Barrio la Ciudadela Grajales.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Carrera 13 entre Calles 7B y Quebrada El Lucero, del barrio la Ciudadela Grajales en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En la Carrera 13 entre Calles 7B y Quebrada El Lucero del barrio la Ciudadela Grajales, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 60.80 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Suroccidente del Municipio, en el barrio Ciudad Grajales, con nomenclatura Carrera 13 entre Calles 7B y Quebrada El Lucero.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 4.40 m, longitud de 60.80 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CARRERA 13 ENTRE CALLES 7B Y QUEBRADA EL LUCERO – B/ LA CIUDADELA GRAJALES



Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó (1) apique con 1.00 metros de profundidad bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

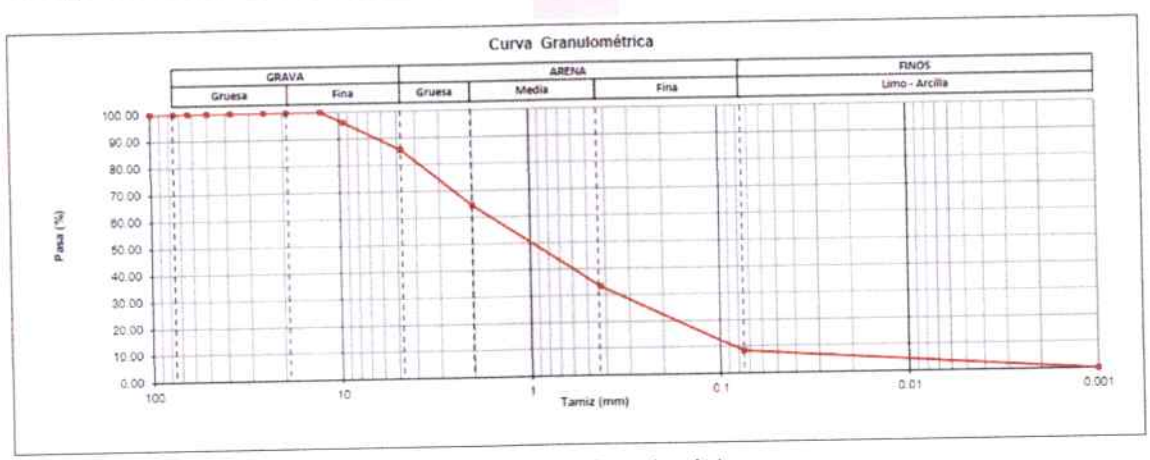
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S43 Carrera 13 entre Calle 7B y Q. El Lucero	0.00 0.30	0.30 1.00	Afirmado Arcillo - arenoso, [25YR 8/4]

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S43	Carrera 13 entre Calle 7B y Q. El Lucero	21.96	15.08	6.88	14.48	77.21	8.30	SP – SC – SM

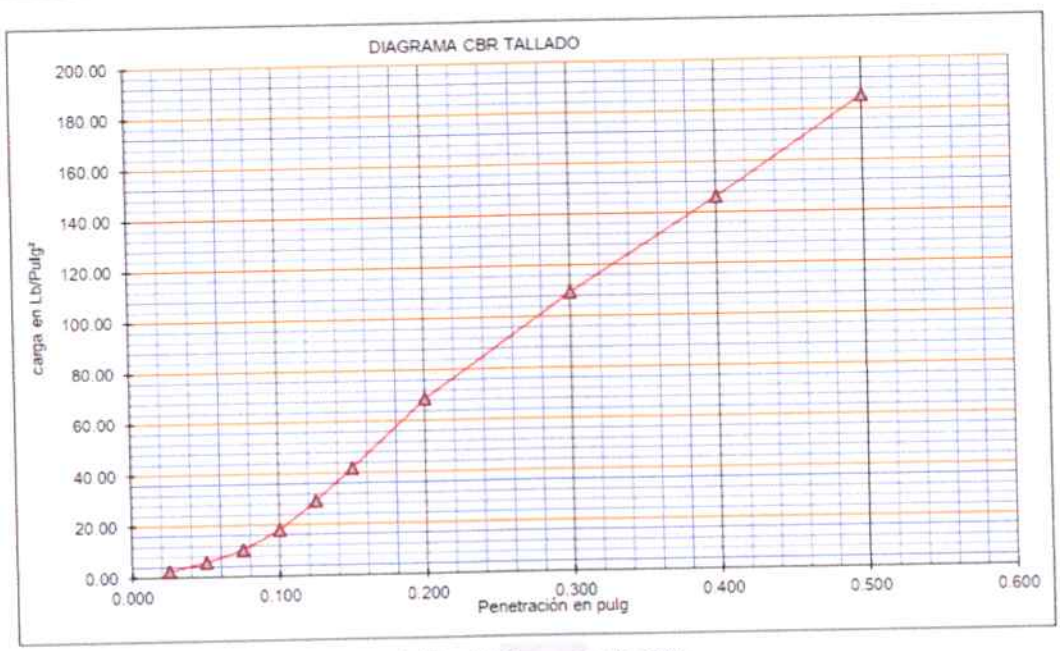


Gráfica 1. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S43	Carrera 13 entre Calle 7B y Q. El Lucero	0.40	1.79%	4.57%



Gráfica 2. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 25, 26, 27 y 28 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUENO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	18	0	0	0	0	0	18
7:30-8:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
8:00-8:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
8:30-9:00	1	2	31	0	0	0	0	0	34
9:00-9:30	2	0	29	1	0	0	0	0	32
9:30-10:00	2	0	27	0	0	0	0	0	29
10:00-10:30	1	0	22	0	1	0	0	0	24
10:30-11:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
11:00-11:30	2	0	16	0	0	0	0	0	18
11:30-12:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
12:00-12:30	1	0	11	0	0	0	0	0	12
12:30-13:00	1	0	13	0	0	0	0	0	14
13:00-13:30	0	0	9	0	0	0	0	0	9
13:30-14:00	0	0	8	0	0	0	0	0	8
14:00-14:30	1	1	5	0	0	0	0	0	7
14:30-15:00	1	0	11	0	0	0	0	0	12
15:00-15:30	2	0	13	0	1	0	0	0	16
15:30-16:00	2	0	18	1	0	0	0	0	21
16:00-16:30	1	0	22	0	0	0	0	0	23
16:30-17:00	1	0	17	0	0	0	0	0	18
17:00-17:30	2	0	14	0	0	0	0	0	16
17:30-18:00	2	0	9	0	0	0	0	0	11
TOTAL	26	3	371	2	2	0	0	0	404
COMPOSICION VEHICULAR	6.44%	0.74%	91.83%	0.50%	0.50%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	1	0	15	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	1	0	24	0	0	0	0	0	25
8:00-8:30	1	1	19	1	0	0	0	0	22
8:30-9:00	2	1	24	1	0	0	0	0	28
9:00-9:30	2	0	29	0	0	0	0	0	31
9:30-10:00	3	0	17	0	0	0	0	0	20
10:00-10:30	3	0	19	0	0	0	0	0	22
10:30-11:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
11:00-11:30	2	0	25	0	0	0	0	0	27
11:30-12:00	4	0	19	0	0	0	0	0	23
12:00-12:30	5	1	21	0	2	0	0	0	29
12:30-13:00	10	0	16	1	0	0	0	0	27
13:00-13:30	9	0	14	0	0	0	0	0	23
13:30-14:00	2	0	25	0	0	0	0	0	27
14:00-14:30	1	0	29	0	0	0	0	0	30
14:30-15:00	2	0	19	0	0	0	0	0	21
15:00-15:30	2	0	21	0	0	0	0	0	23
15:30-16:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
16:00-16:30	1	1	16	0	0	0	0	0	18
16:30-17:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
17:00-17:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
17:30-18:00	1	0	5	0	0	0	0	0	6
TOTAL	58	4	419	3	2	0	0	0	486
COMPOSICION VEHICULAR	11.93%	0.82%	86.21%	0.62%	0.41%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%



INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca



INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 27/02/22

27 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	23	0	0	0	0	0	23
7:30-8:00	3	0	21	1	0	0	0	0	25
8:00-8:30	2	0	14	0	1	0	0	0	17
8:30-9:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
9:00-9:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	2	21	1	0	0	0	0	24
10:00-10:30	2	0	21	1	0	0	0	0	24
10:30-11:00	6	0	20	0	0	0	0	0	26
11:00-11:30	3	0	13	0	1	0	0	0	17
11:30-12:00	3	0	23	0	0	0	0	0	26
12:00-12:30	2	0	26	1	0	0	0	0	29
12:30-13:00	1	0	16	0	0	0	0	0	17
13:00-13:30	2	0	36	1	0	0	0	0	39
13:30-14:00	3	1	24	0	0	0	0	0	28
14:00-14:30	2	0	28	0	0	0	0	0	30
14:30-15:00	6	0	25	1	1	0	0	0	33
15:00-15:30	1	0	24	0	2	0	0	0	27
15:30-16:00	1	0	24	1	0	0	0	0	26
16:00-16:30	7	0	22	0	0	0	0	0	29
16:30-17:00	5	0	23	0	0	0	0	0	28
17:00-17:30	4	0	24	0	0	0	0	0	28
17:30-18:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
TOTAL	56	3	463	8	5	0	0	0	535
COMPOSICION VEHICULAR	10.47%	0.56%	86.54%	1.50%	0.93%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	23	0	0	0	0	0	23
7:30-8:00	3	0	21	1	0	0	0	0	25
8:00-8:30	2	0	14	0	1	0	0	0	17
8:30-9:00	1	0	19	1	0	0	0	0	21
9:00-9:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	2	21	1	0	0	0	0	24
10:00-10:30	2	0	21	1	0	0	0	0	24
10:30-11:00	6	0	20	0	0	0	0	0	26
11:00-11:30	3	0	13	0	1	0	0	0	17
11:30-12:00	3	0	24	0	0	0	0	0	27
12:00-12:30	2	0	26	1	0	0	0	0	29
12:30-13:00	2	0	16	0	0	0	0	0	18
13:00-13:30	1	0	36	1	0	0	0	0	38
13:30-14:00	3	1	34	0	0	0	0	0	38
14:00-14:30	4	0	28	0	0	0	0	0	32
14:30-15:00	7	0	25	1	1	0	0	0	34
15:00-15:30	8	0	24	0	2	0	0	0	34
15:30-16:00	2	0	24	1	0	0	0	0	27
16:00-16:30	7	0	22	0	0	0	0	0	29
16:30-17:00	5	0	23	0	0	0	0	0	28
17:00-17:30	4	0	24	0	0	0	0	0	28
17:30-18:00	1	0	7	0	0	0	0	0	8
TOTAL	67	3	478	8	5	0	0	0	561
COMPOSICION VEHICULAR	11.94%	0.53%	85.20%	1.43%	0.89%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{7 + 9 + 16 + 16 * 4}{7} = 14\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	4	25.00%
C2P	7	43.75%
C2G	5	31.25%
C3-4	0	0.00%
C5	0	0.00%
>C6	0	0.00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 14 * [0.25 * 1 + 0.4475 * 1.01 + 0.3125 * 2.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	14.00
NESE80KNañobase	7879.00
NESEacumulado	214872
NESE 90	248989
NESEdiseño	371492

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*(D^{0.075}-1.132)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **371492**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**
El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rigido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$\mathrm{F'c} = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.79%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **15.82Mpa/m – 57.74 pci**

La ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34}\ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.79 = \mathbf{15.82}\ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizara una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

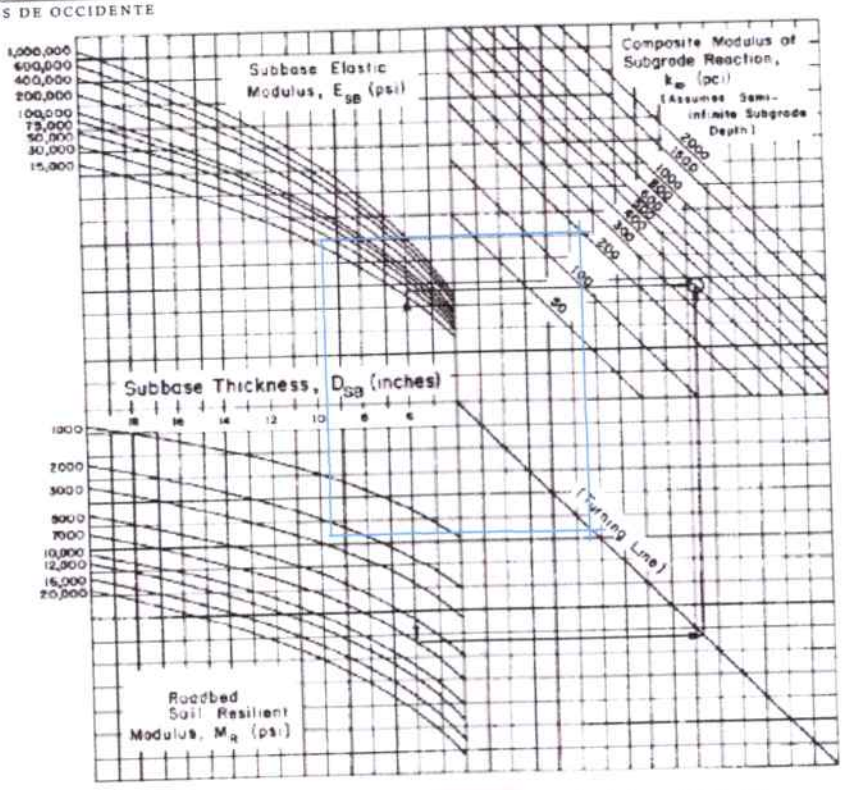
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 1.79\% = 179 \frac{kg}{cm^2} = \mathbf{2546\ psi}$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (1.79%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **15.82Mpa/m – 57.74 pci.**
La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (2546 psi)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

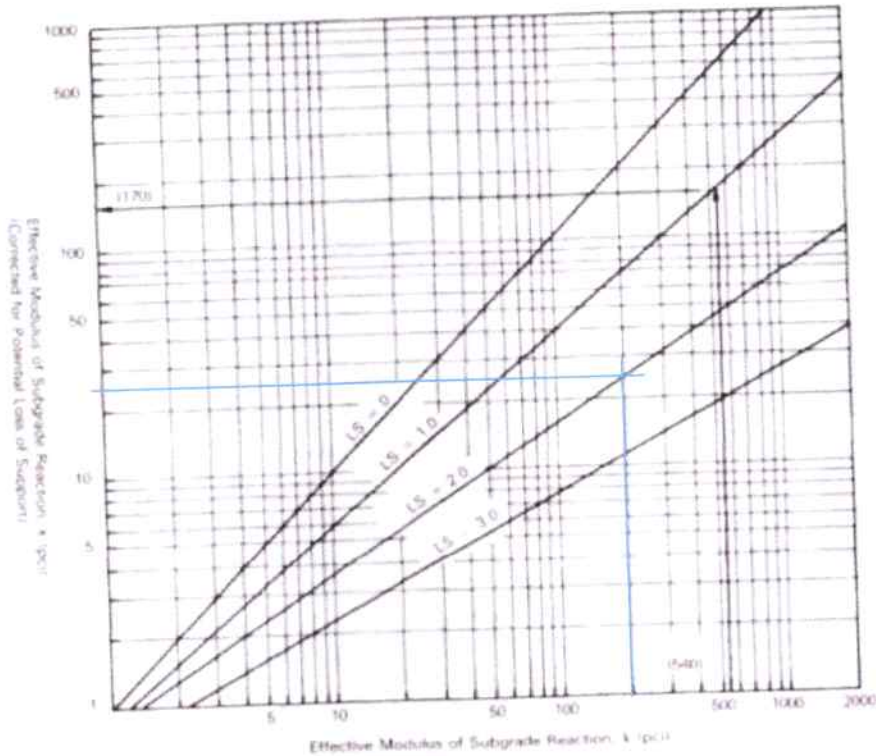


Gráfica 3. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **200 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 4. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **25.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	371492	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	57,74	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	25	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(371492) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{25}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,77" = 17,20cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.77", equivalentes a 17,20cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 170 mm.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

CBR=1.79%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 1.79 = \mathbf{15.82}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de transito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

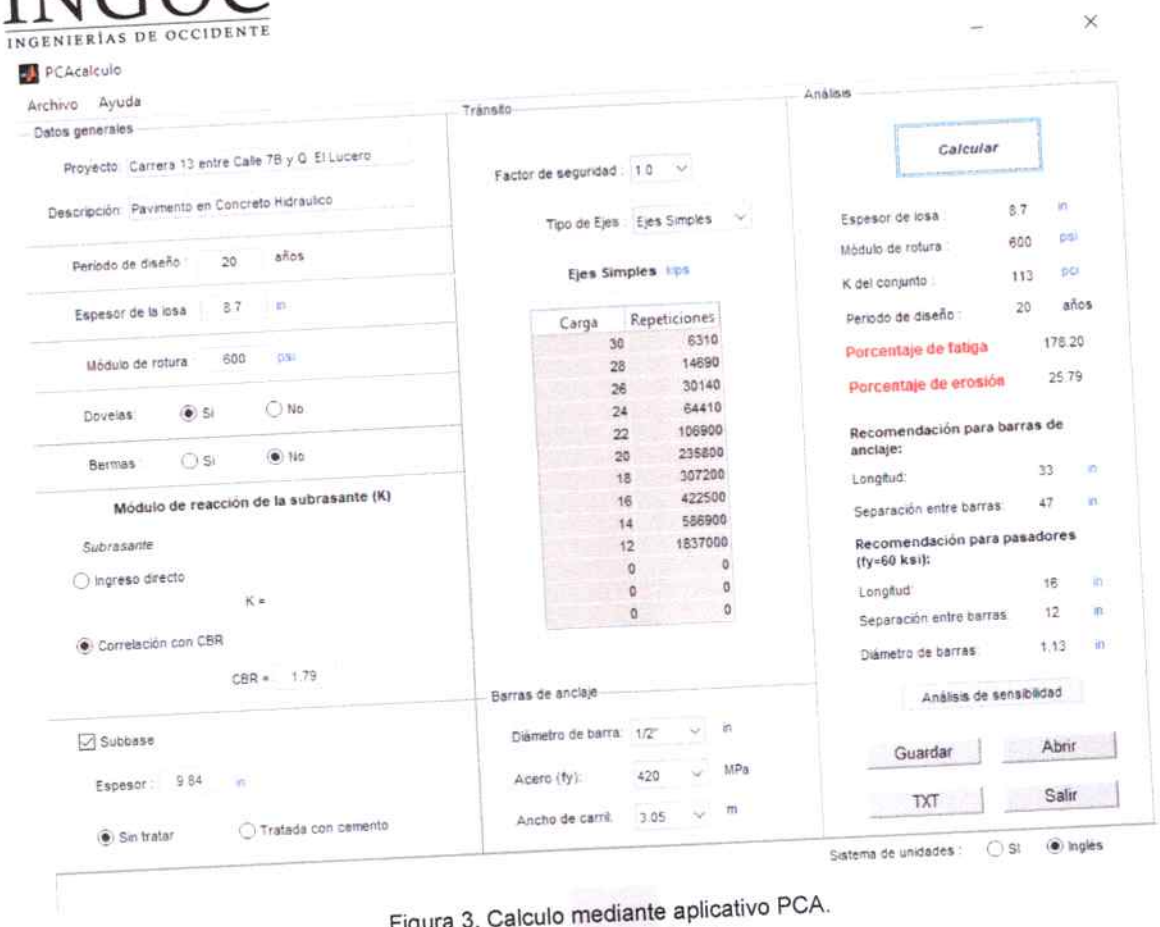


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DE LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 170 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar
- Realizar la reposición de 200mm del terreno existente por afirmado, por recomendación del especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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	3,35		3,05	3,35		3,05	3,35	3,65
		(10')	(11')		(10')	(11')		(10')	(11')	(12')
Acero de fy= 187,5 MPa (40.000 psi)										
150	0,45	0,80	0,75	0,60	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,65		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55		1,20	1,10		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50		1,05	1,00		1,20	1,20	1,20
250		0,50	0,45		0,95	0,90		1,20	1,20	1,20
		0,45	0,40		0,85	0,80		1,20	1,20	1,10
					0,75	0,70		1,20	1,20	1,00
Acero de fy= 280 MPa (60.000 psi)										
150	0,65	1,20	1,10	0,85	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,85		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,75	0,65		1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
		0,65	0,60		1,20	1,10		1,20	1,20	1,20

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
100 – 125	13	1/2	250	300
125 – 150	16	5/8	300	300
150 – 175	19	3/4	350	300
175 – 190	22	7/8	350	300
190 – 200	25	1	350	300
200 – 230	29	1 1/8	400	300
230 – 250	32	1 1/4	450	300
250 – 280	35	1 3/8	450	300
280 – 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de 600PSI: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Reposición en afirmado con espesor de 200 mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

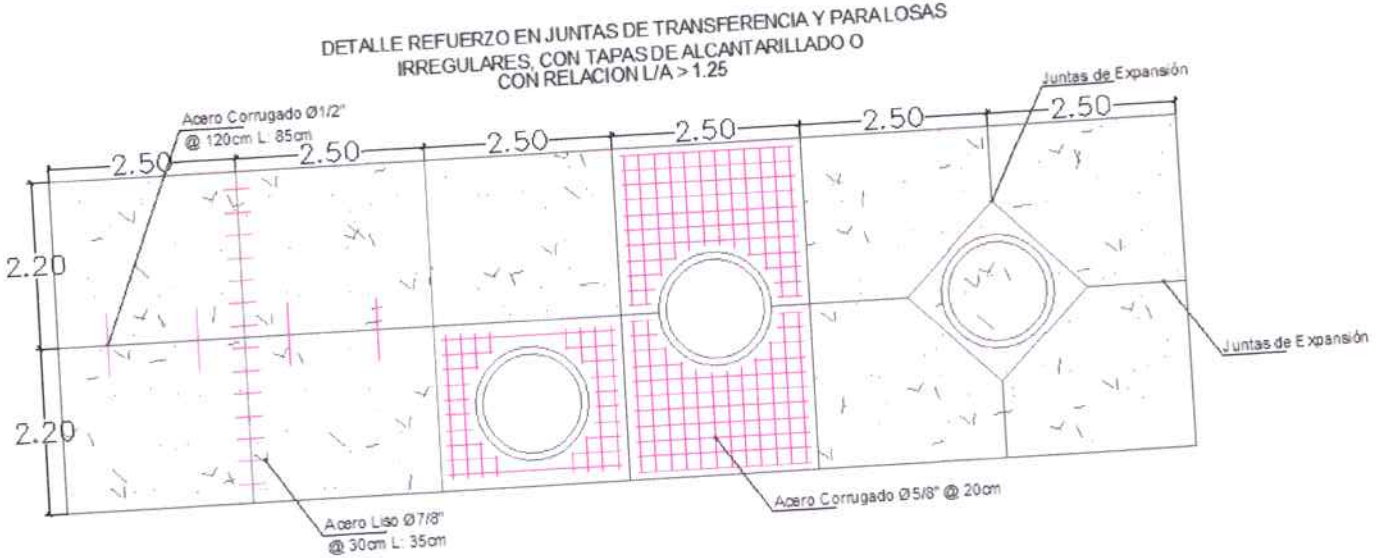


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





4884

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 4.40 m, se realizarán carriles de 2.20 m y el largo de las losas de 2.50 m.

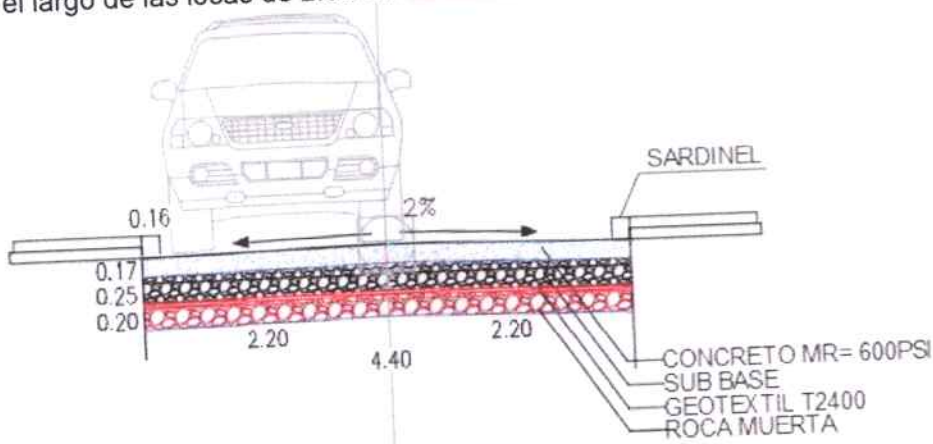


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

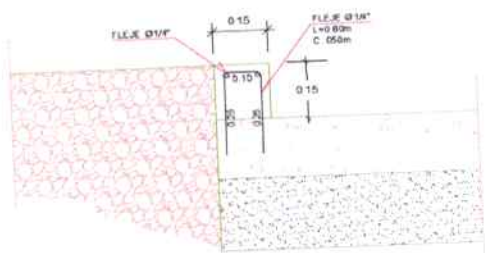


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En Calle 7A entre Carreras 13 y 13B– Barrio Ciudad Grajales.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B, del barrio la Ciudadela Grajales en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En la Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B del barrio La Ciudadela Grajales, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 55.10 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Suroccidente del Municipio, en el barrio Ciudad Grajales, con nomenclatura la Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(...)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 55.10 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CALLE 7ª ENTRE CARRERAS 13 Y 13B – B/ LA CIUDADELA GRAJALES



Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó (1) apique con 1.00 metros de profundidad bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la subrasante actual de la vía fueron realizados y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

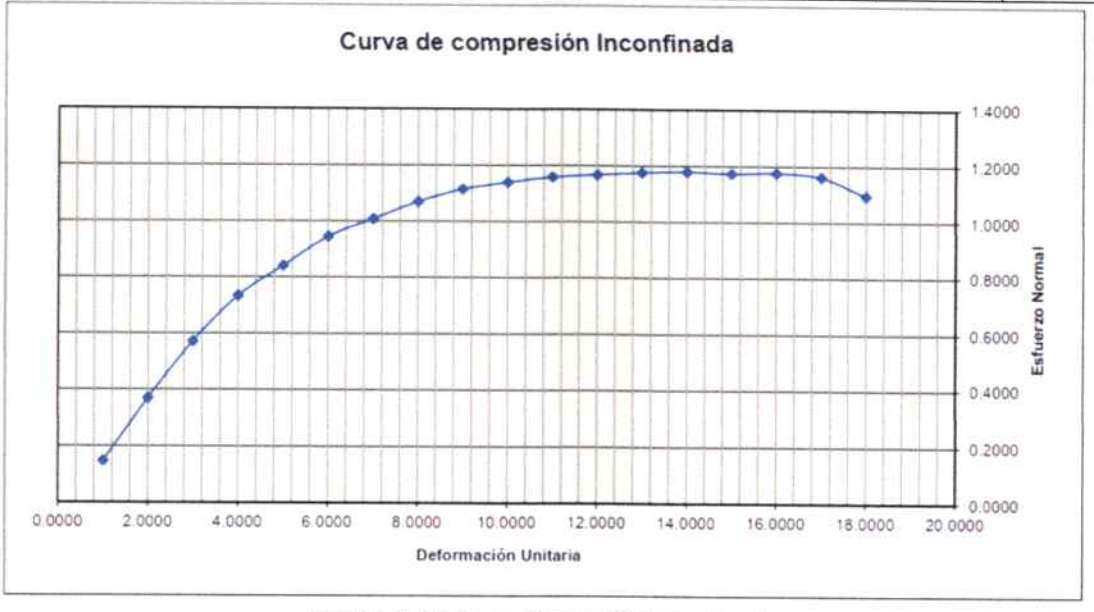
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S42 Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B	0.00	1.00	Lleno, [25YR 4/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S42	Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B	1.00	1.1793	2.017	1.681	15,00%

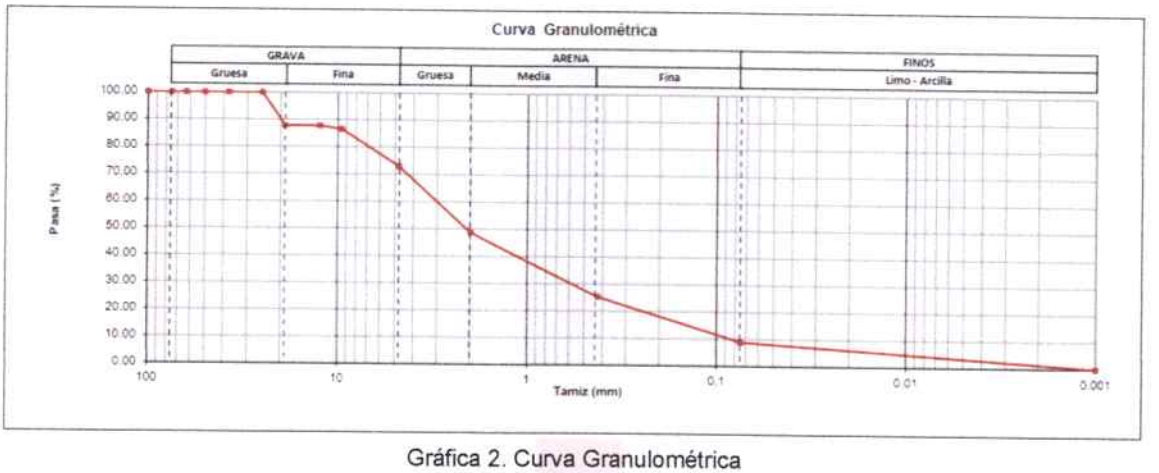


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S42	Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B	29.55	19.96	9.59	27.18	63.90	8.93	SW – SC



Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S42	Calle 7ª entre Carreras 13 y 13B	0.50	5.50%	5.99%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 25, 26, 27 y 28 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C2	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 1. Aforo vehicular 25/02/22

25 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	16	0	0	0	0	0	16
7:30-8:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
8:00-8:30	0	0	17	0	0	0	0	0	17
8:30-9:00	0	0	18	0	0	0	0	0	18
9:00-9:30	1	0	13	0	0	0	0	0	14
9:30-10:00	0	0	10	0	0	0	0	0	10
10:00-10:30	3	0	21	1	0	0	0	0	25
10:30-11:00	3	0	16	0	0	0	0	0	19
11:00-11:30	2	0	20	1	0	0	0	0	23
11:30-12:00	1	1	19	0	0	0	0	0	21
12:00-12:30	4	0	34	1	0	0	0	0	39
12:30-13:00	1	1	17	0	0	0	0	0	19
13:00-13:30	0	0	22	0	0	0	0	0	22
13:30-14:00	0	0	16	0	0	0	0	0	16
14:00-14:30	2	0	14	0	1	0	0	0	17
14:30-15:00	4	1	27	1	0	0	0	0	33
15:00-15:30	2	0	29	0	1	0	0	0	32
15:30-16:00	0	0	30	0	0	0	0	0	30
16:00-16:30	2	0	27	0	2	0	0	0	31
16:30-17:00	1	0	28	1	0	0	0	0	30
17:00-17:30	4	0	31	0	1	0	0	0	36
17:30-18:00	3	0	38	0	0	0	0	0	41
TOTAL	35	3	475	5	5	0	0	0	523
COMPOSICION VEHICULAR	6.69%	0.57%	90.82%	0.96%	0.96%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 2. Aforo vehicular 26/02/22

26 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	0	0	12	0	0	0	0	0	12
7:30-8:00	0	0	9	0	0	0	0	0	9
8:00-8:30	0	0	6	0	0	0	0	0	6
8:30-9:00	2	0	8	0	0	0	0	0	10
9:00-9:30	1	0	10	0	0	0	0	0	11
9:30-10:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
10:00-10:30	1	0	5	1	0	0	0	0	7
10:30-11:00	0	0	7	0	0	0	0	0	7
11:00-11:30	0	0	9	1	0	0	0	0	10
11:30-12:00	0	1	11	0	0	0	0	0	12
12:00-12:30	2	0	14	1	0	0	0	0	17
12:30-13:00	1	0	20	0	0	0	0	0	21
13:00-13:30	2	0	9	0	0	0	0	0	11
13:30-14:00	3	0	11	0	0	0	0	0	14
14:00-14:30	0	0	6	0	1	0	0	0	7
14:30-15:00	1	0	8	1	0	0	0	0	10
15:00-15:30	0	0	12	0	1	0	0	0	13
15:30-16:00	1	1	15	0	0	0	0	0	17
16:00-16:30	2	0	21	0	2	0	0	0	25
16:30-17:00	1	0	26	1	0	0	0	0	28
17:00-17:30	3	0	31	0	1	0	0	0	35
17:30-18:00	1	0	22	0	0	0	0	0	23
TOTAL	23	2	284	5	5	0	0	0	319
COMPOSICION VEHICULAR	7.21%	0.63%	89.03%	1.57%	1.57%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%



INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca



INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 27/02/22

27 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	3	0	9	0	0	0	0	0	12
7:30-8:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
8:00-8:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
8:30-9:00	2	1	22	0	2	0	0	0	27
9:00-9:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
10:00-10:30	0	0	19	0	0	0	0	0	19
10:30-11:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
11:00-11:30	2	0	12	0	0	0	0	0	14
11:30-12:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
12:00-12:30	1	0	6	0	0	0	0	0	7
12:30-13:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
13:00-13:30	0	0	26	0	1	0	0	0	27
13:30-14:00	0	0	21	0	0	0	0	0	21
14:00-14:30	1	0	26	0	0	0	0	0	27
14:30-15:00	0	0	31	0	1	0	0	0	32
15:00-15:30	0	0	25	0	1	0	0	0	26
15:30-16:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
16:00-16:30	1	0	25	2	0	0	0	0	28
16:30-17:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
17:00-17:30	1	0	16	0	0	0	0	0	17
17:30-18:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
TOTAL	20	1	416	3	5	0	0	0	445
COMPOSICION VEHICULAR	4.49%	0.22%	93.48%	0.67%	1.12%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 28/02/22

28 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	3	0	9	0	0	0	0	0	12
7:30-8:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
8:00-8:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
8:30-9:00	2	1	22	0	2	0	0	0	27
9:00-9:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
9:30-10:00	0	0	22	0	0	0	0	0	22
10:00-10:30	0	0	19	0	0	0	0	0	19
10:30-11:00	1	0	15	1	0	0	0	0	17
11:00-11:30	2	0	12	0	0	0	0	0	14
11:30-12:00	1	0	9	0	0	0	0	0	10
12:00-12:30	2	0	11	0	0	0	0	0	13
12:30-13:00	2	0	12	0	0	0	0	0	14
13:00-13:30	2	0	26	0	1	0	0	0	29
13:30-14:00	1	0	21	0	0	0	0	0	22
14:00-14:30	1	0	25	0	0	0	0	0	26
14:30-15:00	1	0	31	0	1	0	0	0	33
15:00-15:30	0	0	32	0	1	0	0	0	33
15:30-16:00	1	0	27	0	0	0	0	0	28
16:00-16:30	0	0	28	2	0	0	0	0	30
16:30-17:00	1	0	19	0	0	0	0	0	20
17:00-17:30	1	0	16	0	0	0	0	0	17
17:30-18:00	1	0	12	0	0	0	0	0	13
TOTAL	25	1	430	3	5	0	0	0	464
COMPOSICION VEHICULAR	5.39%	0.22%	92.67%	0.65%	1.08%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{13 + 12 + 9 + 9 * 4}{7} = 10\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	**CANTIDAD**	**PORCENTAJE**
Bus	2	18.18%
C2P	4	36.36%
C2G	5	45.45%
C3-4	0	0.00%
C5	0	0.00%
>C6	0	0.00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 10 * [0.18 * 1 + 0.36 * 1.01 + 0.45 * 2.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	10.00
NESE80KNañobase	6517.00
NESEacumulado	177729
NESE 90	205949
NESEdiseño	307276

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como alternativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **307276**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**
El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 dia
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rigido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

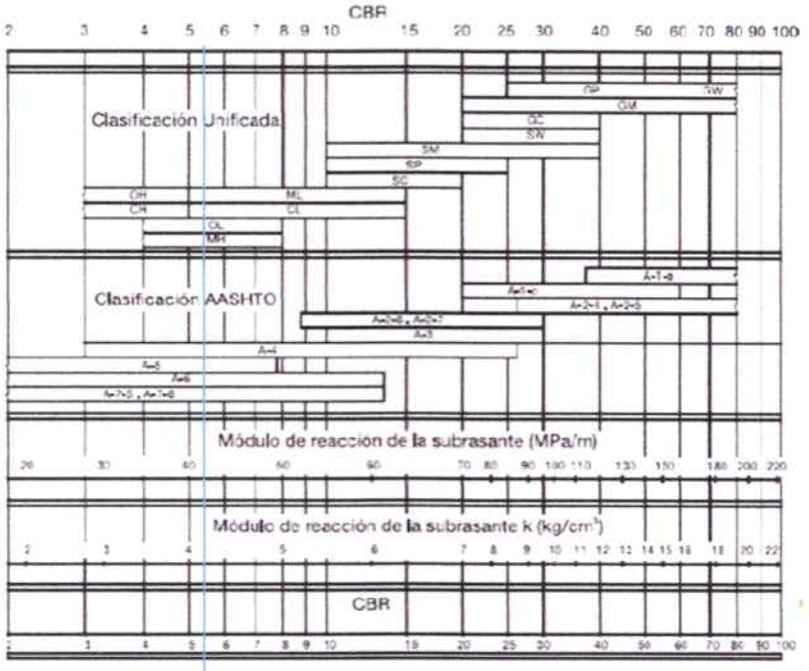
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (5.50%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **41.42Mpa/m – 151.18 pci**



Gráfica 3. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.50 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{41.42} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizara una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

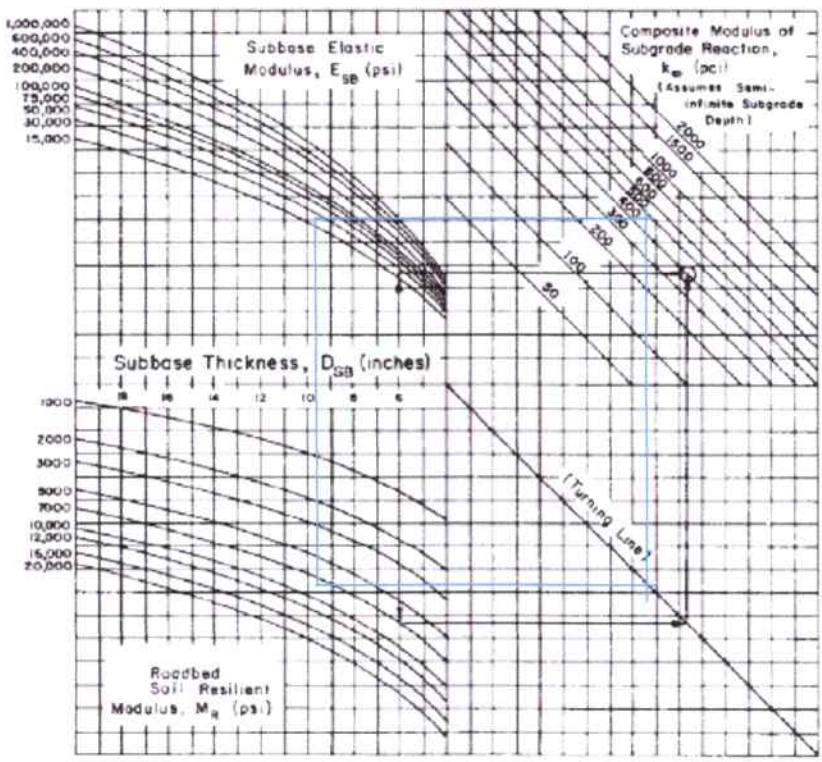
$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 5.60\% = 560 \frac{kg}{cm^2} = \mathbf{7965\ psi}$$

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (5.60%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **41.42Mpa/m – 151.183 pci**
La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia.
AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (7965 psi)

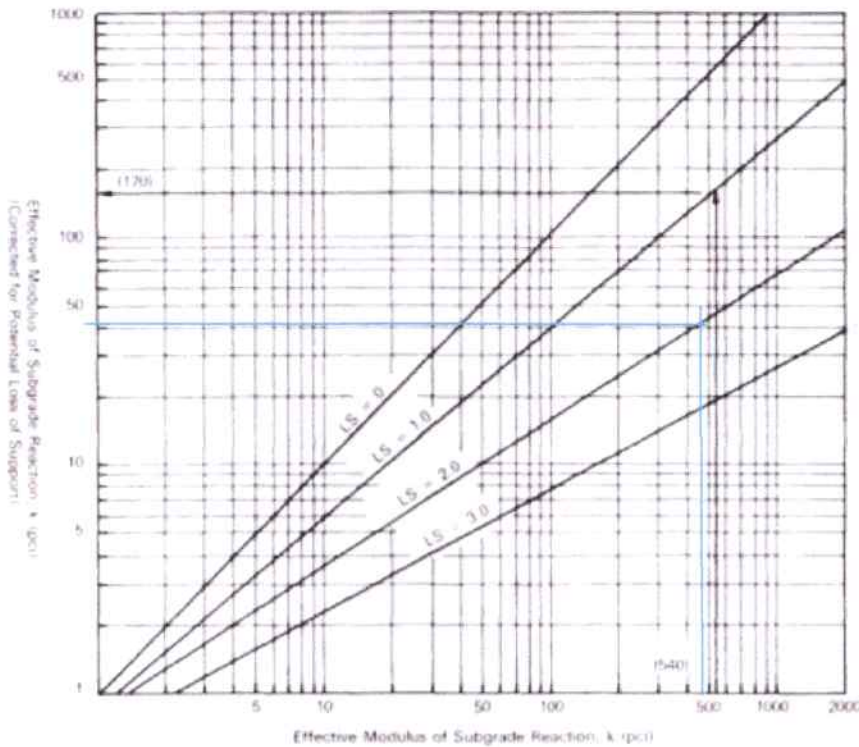


Gráfica 4. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **480 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 5. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **42.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	307276	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	151,18	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	42	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(307276) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{42}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 6,30" = 16,00cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 6.30", equivalentes a 16,00cm.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=5.60%

  $$K = 2.55 + 52.5 * \log 5.50 \ {}^{Mpa}/_{m} = \mathbf{41.42} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

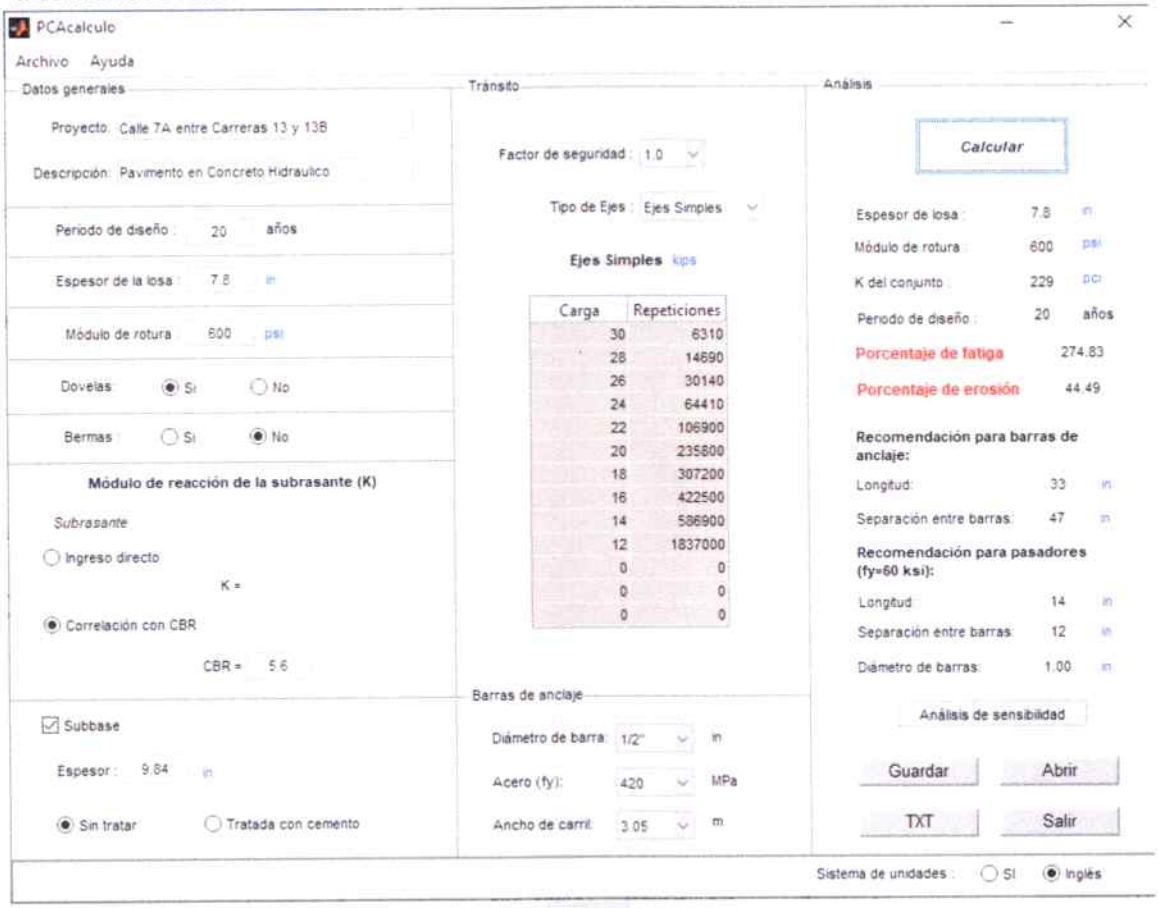


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CALLE 7A ENTRE CARRERAS 13 Y 13B, BARRIO CIUDAD GRAJALES

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 170 mm de espesor.
- Sub-base granular: 250 mm de espesor.
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura a instalar

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 41. Recomendaciones para barrar longitudinales

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	0,65	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		0,50	0,50	0,45		0,95	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	1,15
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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 52. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga,

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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600PSI: 170 mm de espesor
- Sub-base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ7/8" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

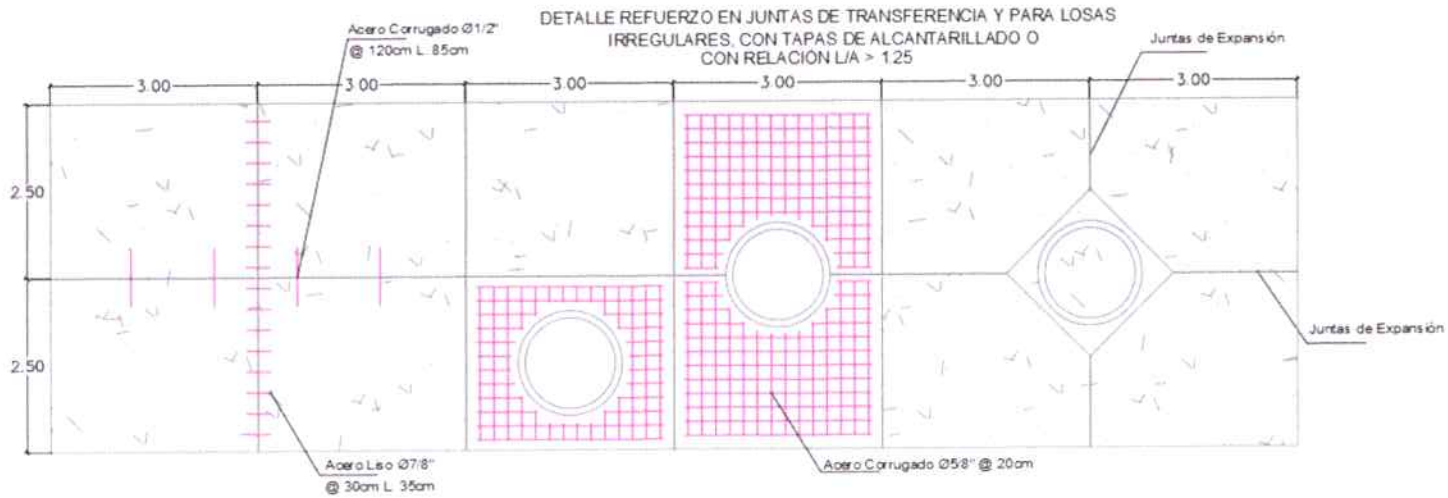


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.00 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

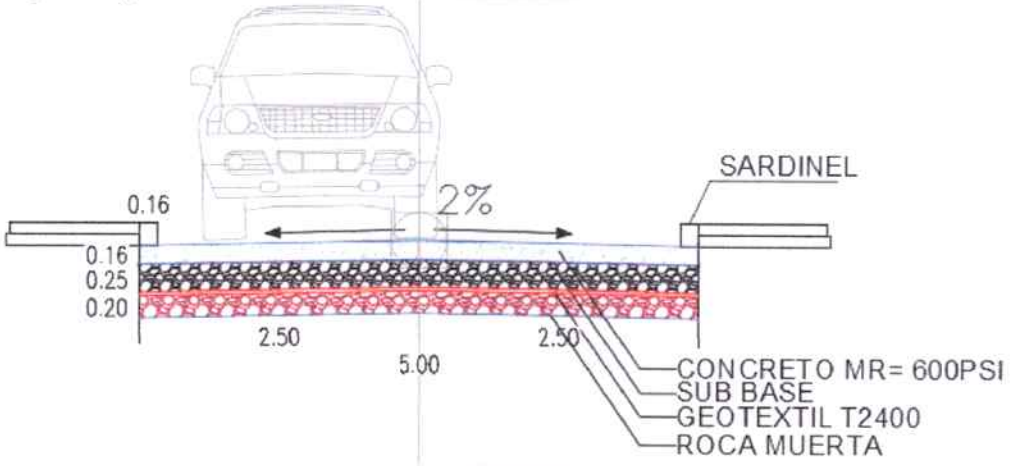


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

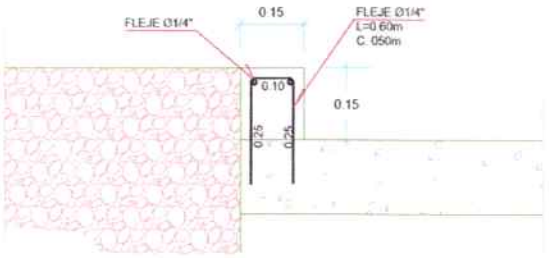


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

CONTRATO CON-001-2022

CONSULTORIA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA.

MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA
Alcalde William Fernando Palomino Zúñiga
"ME LA JUEGO POR LA UNIÓN"
2020-2023

Contratista: INGENIERIAS DE OCCIDENTE S.A.S
Supervisión: Argemiro Eduardo Tamayo.

Diseño Estructural De Pavimento En Concreto Hidráulico En Carrera 18 entre Calles 19 y Transversal 17– Barrio San Pedro.



La Unión Valle, Abril de 2022.

INGOC S.A.S
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE S.A.S. NIT: 900.491.348-8
Teléfono: (2) 229 2575 - Celular: 310 892 9544
www.ingoc.com.co
Pereira - Risaralda
La Unión - Valle del Cauca

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1. INTRODUCCION.

La malla vial del municipio de La Unión Valle actualmente no brinda las mejores condiciones de transitabilidad y comodidad para los usuarios en diferentes sectores del municipio, por lo cual se pretende aumentar la capacidad, el nivel de servicio, brindar comodidad, seguridad a los usuarios y disminuir los niveles de accidentalidad, mediante la construcción de vías locales pavimentadas en concreto hidráulico.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de los terrenos y en aplicación a las diferentes normas y especificaciones vigentes, es de vital importancia, determinar las características técnicas de los suelos, realizar los diseños de las vías con especificaciones técnicas de construcción y ejecutar los proyectos de pavimentación con eficacia y eficiencia, de manera que se proporcione a los usuarios vías con calidad técnica en concordancia con los estándares de diseño en todas las especialidades de Ingeniería relacionada con el estudio.

Por lo anterior, se presentan en este informe los resultados del análisis de suelos, la determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 ton, el diseño de la estructura de pavimento, el diseño geométrico de la vía y presupuesto de ejecución de obra, para la vía de la Carrera 18 entre Calles 19 y Transversal 17, del barrio San Pedro en el Municipio de La Unión - Valle del Cauca.

Se describe inicialmente el proyecto, de manera que se presente la investigación Geotécnica realizada por la empresa Geolabs S.A.S y las características del subsuelo encontrado y recomendaciones, con lo que se calcula y define la estructura de pavimento más eficaz y eficiente para la vía, de igual modo, se presenta el diseño geométrico de la vía definiendo ancho y longitud del pavimento a construir, recomendaciones constructivas y finalmente se incluye el presupuesto de obra, discriminado específicamente los materiales requeridos para dar paso al proyecto de pavimentos comunitarios en el municipio de La Unión Valle en el año 2022.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

2. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar los diferentes diseños para la pavimentación de la vía en concreto hidráulico localizada en el municipio de La Unión Valle En la Carrera 18 entre Calles 19 y Transversal 17 del barrio San Pedro, complementando los objetivos del PBOT, en términos de construcción, rehabilitación y mejoramiento del sistema estructurante de vías, brindando una solución técnica y socio económica eficaz, con una longitud aproximada de 38.40 m.

2.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Validar los resultados del estudio de suelos realizado en el sector.
- Determinar el valor del tránsito promedio diario (TPD).
- Calcular los espesores de pavimento a partir de las diferentes especificación y normatividad técnica vigente.
- Realizar el diseño geométrico de la vía a construir, con base a la topografía entregada por la secretaria de Obras Públicas.
- Establecer el presupuesto final de las cantidades de obra para la construcción de pavimentos en los diferentes sectores del Municipio.
- Entregar las especificaciones, características y recomendaciones técnicas constructivas para la ejecución del proyecto.
- Simplificar la información correspondiente al valor de los materiales requeridos para el proyecto.

2.2. ALCANCE.

El presente proyecto, se localiza en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona Nororiental del Municipio, en el barrio San Pedro, con nomenclatura Carrera 18 entre Calles 19 y Transversal 17.
Actualmente el tramo objeto del diseño se encuentra catalogado como vía Local, según el PBOT del Municipio, la capa de rodadura es de tipo afirmado, terreno perfilado y polvorientas en condiciones inadecuadas, de geometría irregular.
El PBOT del Municipio de La Unión Valle, enmarca diversas políticas de ocupación y uso del territorio, dentro de las cuales establece para el sistema estructurante de vías y transporte objetivos como:

Objetivo 1. ***Articular y consolidar la conectividad y movilidad urbana****, se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Jerarquizar y especializar la malla vial existente acorde con el ámbito de su función, en términos de vías locales, colectoras y vías arteriales.*
b. *Definir proyectos de ampliación y fortalecimiento del sistema vial local y colector en la zona urbana, a través de nuevas vías urbanas al interior de las manzanas.*
(…)

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Objetivo 2. ***Mejorar y complementar las vías que permitan conformar una malla vial de interconexión de las diferentes actividades en la zona urbana,*** *se determinan las siguientes acciones estratégicas para desarrollar el objetivo:*

a. *Adecuar y complementar la malla vial urbana.*
b. *Desarrollar trabajos de mejoramiento y rehabilitación de vías concerniente a la malla vial urbana.*
c. *Articular los sistemas de movilidad con la estructura urbana que mejoren la habitabilidad, estructurados en el sistema vial, la recuperación de las rondas de quebradas y su articulación con los principales referentes y equipamientos urbanos. (…)*

El diseño de la estructura en concreto hidráulico tiene como principal directriz optimizar recursos para lograr establecer una obra donde exista un equilibrio entre el beneficio esperado y la inversión destinada.

2.3. LOCALIZACION DEL PROYECTO.

La intervención del presente proyecto se ubica en el Municipio de La Unión, al Norte del Departamento del Valle del Cauca, localizado a 163 km de la capital del Valle del Cauca y a 396 km de la Capital de la República, Santa Fe de Bogotá, cuenta con extensión total de 126 km^2 y se localiza en el hemisferio Norte a 4°32'05" (latitud norte) y a 76°06'04" (longitud oeste), con altura de 975 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 24 grados centígrados.
Actualmente la vía objeto se cataloga como vía Local, de tercer orden, con sección transversal promedio de 5.00 m, longitud de 38.40 m, con superficie de rodadura en material granular tipo afirmado en buenas condiciones.

CARRERA 18 ENTRE CALLES 19 Y TRANSVERSAL 17 – B/ SAN PEDRO

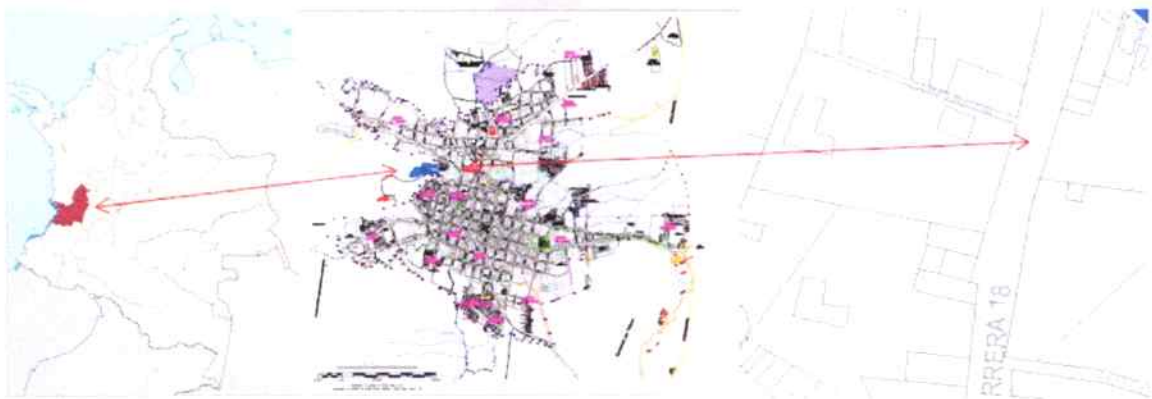


Figura 1. Localización de Zona Por Intervenir.
Fuente: Mapa 58 - PBOT La Unión Valle.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

3. EXPLORACION DE SUBSUELO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para la exploración del subsuelo se efectuó un (1) apique, alcanzando una profundidad de 1.00 metros bajo la superficie, donde se recuperaron muestras inalteradas en moldes CBR. Las actividades de exploración y ensayos de laboratorios para caracterización de la sub-rasante actual de la vía fueron realizadas y responsabilidad de la empresa Geolabs S.A.S.

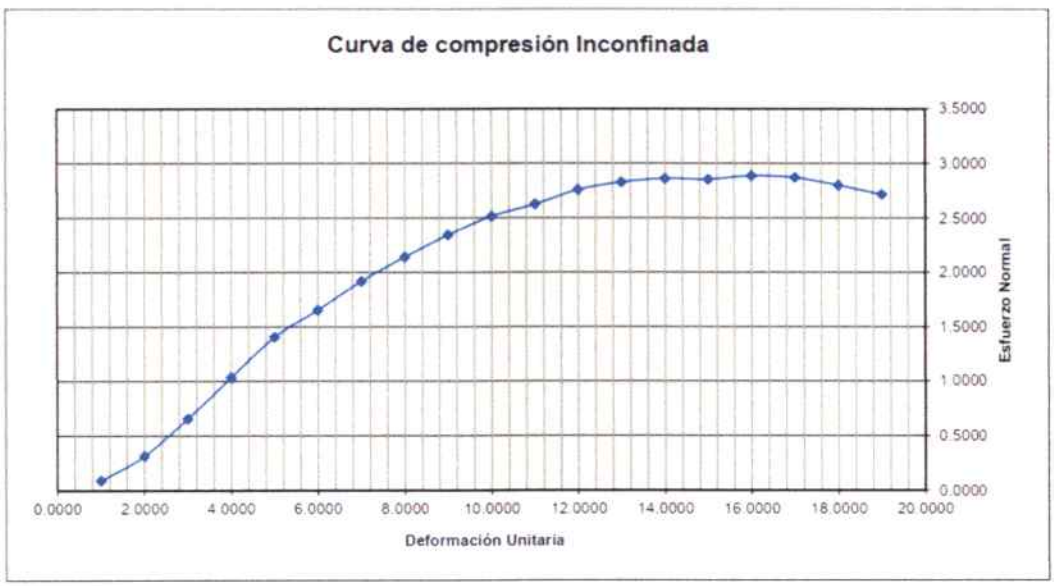
3.1. Resultados de Laboratorio.

Caracterización del Suelo

PERFORACIÓN N°	PROFUNDIDAD (M)		DESCRIPCIÓN
	DE	A	
S41 Carrera 18 entre Calle 19 y Transversal 17	0.00	1.00	Lleno, [25YR 4/4]

Compresión Inconfinada

N°	DIRECCIÓN	PROF	ESFUERZO NORMAL	PESO UNIT HUMEDO (gr/cm3)	PESO UNIT SECO (gr/cm3)	"E" A LA FALLA
S41	Carrera 18 entre Calle 19 y Transversal 17	1.00	2.8862	1.953	1.658	8,53%

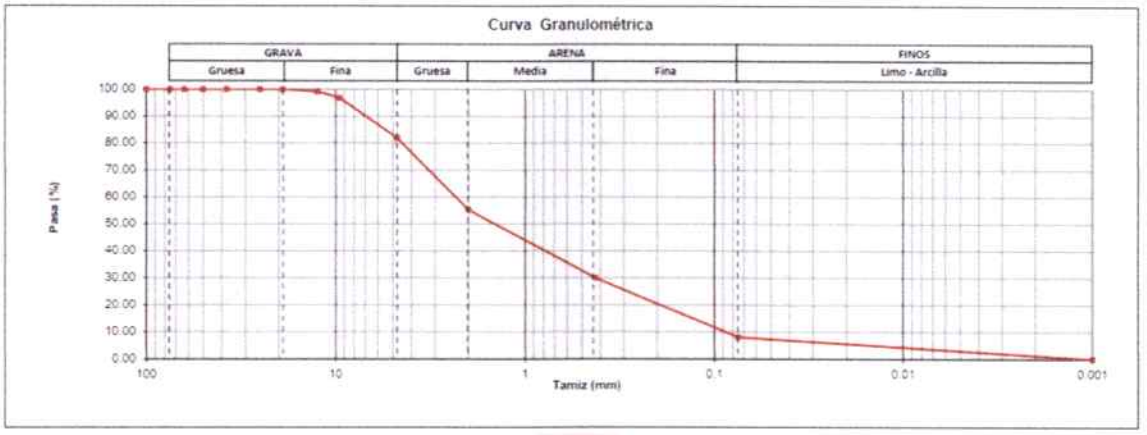


Gráfica 1. Curva de Compresión Inconfinada
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Límites de Consistencia de Suelos y Granulometría

N°	DIRECCIÓN	LIMITES (%)			GRANULOMETRIA (%)			
		LIQUIDO	PLASTICO	IP	GRAVA	ARENAS	FINOS	USCS
S41	Carrera 18 entre Calle 19 y Transversal 17	25.83	16.96	8.87	18.09	73.91	8.00	SP – SC

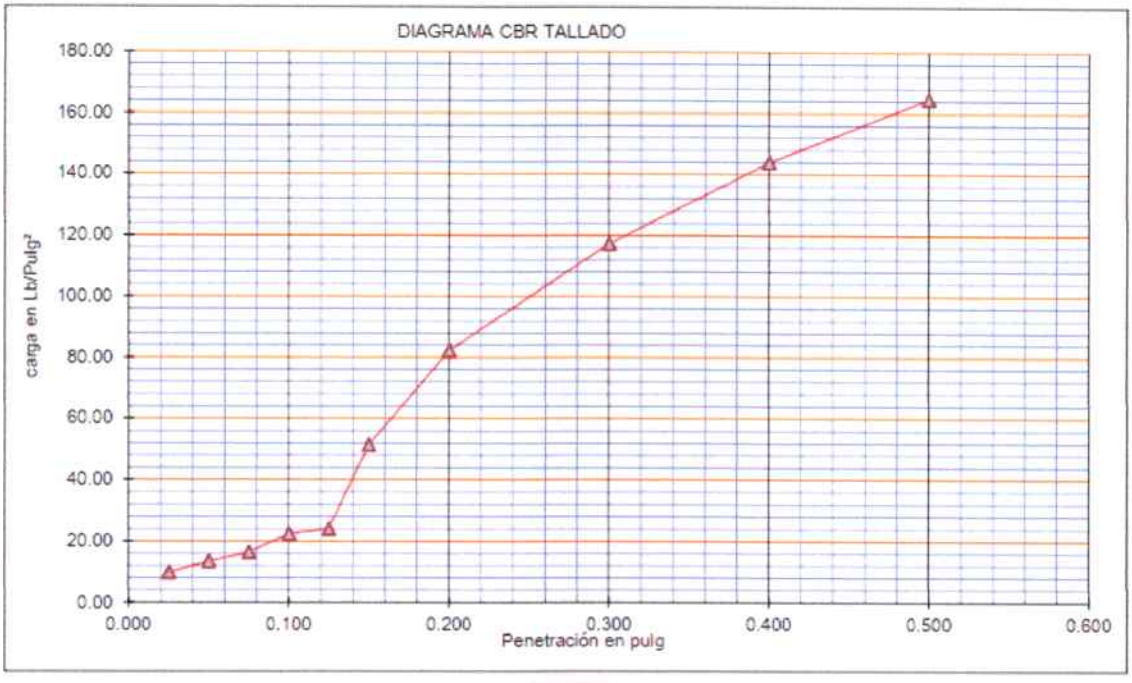


Gráfica 2. Curva Granulométrica
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

Ensayo de CBR

N°	DIRECCIÓN	PROFUNDIDAD (M)	CBR CORREGIDO PARA 0.1	CBR CORREGIDO PARA 0.2
S41	Carrera 18 entre Calle 19 y Transversal 17	0.50	2.24%	5.48%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE



Gráfica 3. Diagrama de CBR
Fuente: Estudio de Suelos, Geolabs S.A.S.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

4.1. ANÁLISIS DE TRÁNSITO.

Para definir el análisis de tránsito del tramo a intervenir por el presente proyecto, se realiza el aforo vehicular en la zona, logrando definir el número de repeticiones del eje de referencia de 8.2 Ton en el período de diseño.

4.1.1. Aforo Vehicular.

El aforo vehicular se realizó desde las 7 AM hasta las 6 PM, los días 18, 19, 20 y 21 de febrero de 2022, diferenciando los tipos de vehículos, de manera que se obtenga la cantidad de vehículos mixtos que transitan por la zona y a la vez para tener claridad en cuanto al número de vehículos comerciales (buses y camiones) que son los que generarán un mayor impacto en la vida útil del pavimento y por lo tanto serán la base para el diseño.
A continuación, se presentan los datos obtenidos en los aforos vehiculares de los tres días antes mencionados:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
- C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Figura 2. Clasificación vehicular según el INVIAS.
Fuente: Manual de diseño de pavimentos del INVIAS

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

1922

Tabla 1. Aforo vehicular 18/02/22

18 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	4	2	65	1	0	0	0	0	72
7:30-8:00	1	0	66	3	0	0	0	0	70
8:00-8:30	7	0	85	0	0	0	0	0	92
8:30-9:00	9	1	50	0	0	2	0	0	62
9:00-9:30	5	0	69	0	2	0	0	0	76
9:30-10:00	8	1	59	0	0	0	0	0	68
10:00-10:30	10	0	65	0	0	0	0	0	75
10:30-11:00	9	0	60	2	0	0	0	0	71
11:00-11:30	9	2	61	0	0	0	0	0	72
11:30-12:00	0	0	55	2	0	0	0	0	57
12:00-12:30	4	1	51	1	0	0	0	0	57
12:30-13:00	3	0	32	0	0	0	0	0	35
13:00-13:30	3	0	50	0	0	0	0	0	53
13:30-14:00	8	0	31	0	0	0	0	0	39
14:00-14:30	11	0	44	2	0	0	0	0	57
14:30-15:00	5	0	57	1	0	0	0	0	63
15:00-15:30	7	0	64	0	0	0	0	0	71
15:30-16:00	3	0	80	0	0	0	0	0	83
16:00-16:30	6	0	63	0	0	0	0	0	69
16:30-17:00	7	0	68	0	0	0	0	0	75
17:00-17:30	3	0	83	0	0	0	0	0	86
17:30-18:00	4	1	97	0	0	0	0	0	102
TOTAL	126	8	1355	12	2	2	0	0	1505
COMPOSICION VEHICULAR	8,37%	0,53%	90,03%	0,80%	0,13%	0,13%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 2. Aforo vehicular 19/02/22

19 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	8	1	69	1	0	0	0	0	79
7:30-8:00	2	1	67	1	0	0	0	0	71
8:00-8:30	4	1	56	1	0	0	0	0	62
8:30-9:00	5	1	48	0	0	0	0	0	54
9:00-9:30	3	0	49	0	0	0	0	0	52
9:30-10:00	9	0	59	0	0	0	0	0	68
10:00-10:30	14	0	56	2	0	0	0	0	72
10:30-11:00	7	2	49	2	0	0	0	0	60
11:00-11:30	7	2	65	1	0	1	0	0	76
11:30-12:00	2	1	69	1	0	0	0	0	73
12:00-12:30	8	0	56	0	0	0	0	0	64
12:30-13:00	5	0	39	0	0	0	0	0	44
13:00-13:30	6	0	55	1	0	0	0	0	62
13:30-14:00	3	0	39	1	0	0	0	0	43
14:00-14:30	8	0	48	0	0	0	0	0	56
14:30-15:00	9	2	38	0	0	0	0	0	49
15:00-15:30	3	0	47	1	0	0	0	0	51
15:30-16:00	2	0	87	1	0	0	0	0	90
16:00-16:30	2	0	95	0	0	0	0	0	97
16:30-17:00	1	0	38	0	0	0	0	0	39
17:00-17:30	3	1	48	0	0	0	0	0	52
17:30-18:00	4	1	78	0	0	0	0	0	83
TOTAL	115	13	1255	13	0	1	0	0	1397
COMPOSICION VEHICULAR	8,23%	0,93%	89,84%	0,93%	0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	100,00%

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Tabla 3. Aforo Vehicular 20/02/22

20 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	5	3	72	0	0	0	0	0	80
7:30-8:00	3	1	83	1	0	0	0	0	88
8:00-8:30	9	1	59	1	0	0	0	0	70
8:30-9:00	2	2	74	1	0	0	0	0	79
9:00-9:30	3	0	82	0	0	0	0	0	85
9:30-10:00	7	0	65	0	0	0	0	0	72
10:00-10:30	12	0	72	0	0	0	0	0	84
10:30-11:00	7	0	78	1	0	0	0	0	86
11:00-11:30	8	1	69	1	0	1	0	0	80
11:30-12:00	2	1	65	1	0	0	0	0	69
12:00-12:30	7	1	58	0	0	0	0	0	66
12:30-13:00	2	0	54	0	0	0	0	0	56
13:00-13:30	2	0	49	0	1	1	0	0	53
13:30-14:00	15	0	44	1	0	0	0	0	60
14:00-14:30	19	0	41	1	0	0	0	0	61
14:30-15:00	5	0	59	2	0	0	0	0	66
15:00-15:30	7	0	69	1	0	0	0	0	77
15:30-16:00	3	0	96	0	0	0	0	0	99
16:00-16:30	6	1	92	0	0	0	0	0	99
16:30-17:00	7	1	63	0	0	0	0	0	71
17:00-17:30	3	0	69	0	0	0	0	0	72
17:30-18:00	4	0	89	0	0	0	0	0	93
TOTAL	138	12	1502	11	1	2	0	0	1666
COMPOSICION VEHICULAR	8,28%	0,72%	90,16%	0,66%	0,06%	0,12%	0,00%	0,00%	100,00%

Tabla 4. Aforo Vehicular 21/02/22

21 DE FEBRERO DE 2022									
VOLUMEN DE TRANSITO - AFORO DE VEHICULOS									
HORA	AUTO	BUS	MOTO	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C6	TOTAL
7:00-7:30	13	3	95	0	0	0	0	0	111
7:30-8:00	2	1	87	1	0	0	0	0	91
8:00-8:30	4	1	45	1	0	0	0	0	51
8:30-9:00	15	2	32	1	0	0	0	0	50
9:00-9:30	14	0	30	0	0	0	0	0	44
9:30-10:00	6	0	56	0	0	0	0	0	62
10:00-10:30	3	0	96	0	0	0	0	0	99
10:30-11:00	2	0	60	1	0	0	0	0	63
11:00-11:30	9	1	87	1	0	1	0	0	99
11:30-12:00	14	0	96	1	0	0	0	0	111
12:00-12:30	4	0	98	0	0	0	0	0	102
12:30-13:00	15	1	53	0	0	0	0	0	69
13:00-13:30	14	1	38	0	1	1	0	0	55
13:30-14:00	7	2	79	1	0	0	0	0	89
14:00-14:30	15	1	71	1	0	0	0	0	88
14:30-15:00	4	0	83	2	0	0	0	0	89
15:00-15:30	9	0	56	1	0	0	0	0	66
15:30-16:00	3	0	95	0	0	0	0	0	98
16:00-16:30	9	1	39	0	0	0	0	0	49
16:30-17:00	13	1	48	0	0	0	0	0	62
17:00-17:30	10	0	70	0	0	0	0	0	80
17:30-18:00	13	0	24	0	0	0	0	0	37
TOTAL	198	15	1438	11	1	2	0	0	1665
COMPOSICION VEHICULAR	11,89%	0,90%	86,37%	0,66%	0,06%	0,12%	0,00%	0,00%	100,00%





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.1.2. Ejes Equivalentes.

Para el diseño del pavimento se tomará como base la cantidad de vehículos comerciales que circulan por la zona, por lo tanto, se realiza el cálculo de un tránsito promedio diario de vehículos comerciales (TPDC) y para ello se trabajará con los 7 días de la semana, expandiendo el día hábil típico y tomando los demás días común y corriente. El cálculo del TPDC estará dado por la siguiente operación.

$$TPDC = \frac{24 + 27 + 26 + 29 * 4}{7} = 28\ vehículos\ comerciales$$

Se realiza conversión a ejes equivalentes acumulados de 80 Kilo Newtons para un año, que son los ejes estándar que maneja el método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, utilizado como factor de daño los presentados por el INVIAS.

Tabla 5. Factores de daño.

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR DE DAÑO	
	Vacío	Cargado
Autos	-	-
Buses	-	1
C2P	0.01	1.01
C2G	0.08	2.72
C3 - C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
> C5	0.26	5.23

Fuente: Invias.

Se utiliza como factor direccional el valor de 1 debido al ancho del carril y a que la vía trabajará en dos sentidos. La distribución de vehículos comerciales estará basada en los porcentajes de vehículos comerciales de los aforos realizados, en la Tabla 6 se presentan los valores adoptados.

Tabla 6. Porcentajes de vehículos comerciales.

PARAMETROS DE DISEÑO		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Bus	14	48,28%
C2P	12	41,38%
C2G	1	3,45%
C3-4	2	6,90%
C5	0	0,00%
>C6	0	0,00%

Fuente: Propia.

El NESE para el año actual estará dado por la siguiente expresión:

$$NESE80KNañobase = 365 * TPDC * \left[\sum_{i=1}^{k} \%Vki * FDk\right] * Fd$$

$$NESE80KNañobase = 365 * 28 * [0.4828 * 1 + 0.4138 * 1.01 + 0.0345 * 2.72 + 0.069 * 3.72] * 1$$

El NESE hallado debe de ser proyectado al valor correspondiente del periodo de diseño del pavimento (20 años). Para la proyección se hará uso del método que propone el INVIAS en el caso en que no exista una serie histórica de tránsito; en tal método necesitaremos una tasa de crecimiento anual del tránsito que será asumida como el 3% (valor recomendado por el INVIAS) debido a la cantidad de ejes obtenidos para el año base y con respecto al potencial desarrollo de las zonas urbanas del municipio.

$$NESEacumulado = NESE80KNañobase * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

Donde

- r: Tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona la tasa de crecimiento anual del parque automotor de vehículos comerciales en la zona (3%).
- n: años proyectados (20 años).

Se realiza mayoración del valor obtenido, con la finalidad de otorgarle confiabilidad del 90%, por lo tanto, se le aplica valor de 1.28 y la formula base planteada por el INVIAS.

$$NESEacumuladoconconfiabilidad = NESEacumulado * 10^{0.05*Zr}$$

Donde

- Zr: Factor de confiabilidad.

1926

Se utiliza el factor de equivalencia propuesto por la AASHTO GUIDE FOR THE DESIGN OF PAVEMENTS STRUCTURES en su parte 3, capítulo 5 numeral 5.2.3 valor de 1.492 para pasar de NESEasfáltico a NESErígido

$$NESEpvtorígido = 1{,}492 * NESEacumuladoconconfiabilidad$$

Después de realizado todo el procedimiento para hallar el valor del NESE de diseño para el pavimento rígido, se encuentra un valor final de:

Tabla 7. Resultados.

VARIABLES DE DISEÑO	
TPDC	28,00
NESE80KNañobase	12786,00
NESEacumulado	348693
NESE 90	404058
NESEdiseño	602855

Fuente: Propia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.2. MÉTODO DE DISEÑO DE LA AASHTO

Se presenta como altemativa el uso de la metodología propuesta por la AASHTO para pavimentos rígidos que a su vez se basó en los resultados del AASHTO road test en Ottawa, IL, USA. El cual propone la siguiente ecuación para el diseño de los espesores de la losa de concreto de cemento Pórtland.

$$\log(W18) = Zr * So + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * log\left[\frac{S'c*Cd*\left(D^{0.075}-1.132\right)}{215.63*J*\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

En donde:

a. W18: Número de ejes sencillos de 18 Kips (80KN) a lo largo del periodo de diseño: **1171723**

b. Confiabilidad R: se considera del 90%, permitiendo que el 10% de las losas de pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad final igual a la seleccionada en el diseño.

c. Zr: Desviación total estándar correspondiente a la confiabilidad del diseño **1.28**

d. So: Desviación estándar total (overall) del proceso de diseño, la guía ASSHTO recomienda para una construcción nueva el valor 0.35.

e. ΔPSI: capacidad que tiene un pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar, este se define como el índice de serviciabilidad inicial menos la serviciabilidad final. Un valor de 5 para la serviciabilidad indica un pavimento en condiciones totalmente perfectas y un valor de 0 para una indica un pavimento totalmente destruido.

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0 = \mathbf{2.5}$$

f. Pt: Serviciabilidad inicial del pavimento: **4.5**

g. Pt: Serviciabilidad final del pavimento: **2.0**

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

h. S'c: Módulo de rotura del concreto (psi): **600 psi – 4.10 Mpa**
El concreto a ser un material cerámico, posee una alta resistencia a la compresión, pero muy poca a la tracción. El concreto usado para pavimentos estará sometido a cargas que generen tracción en la parte inferior de la losa y por lo tanto se hace necesario elegir un concreto con un módulo de rotura a la flexo-tracción suficiente para soportar las cargas. Los valores usualmente usados son de 650, 600 y 550 psi. Para el presente diseño se hará uso de concreto con una resistencia a la flexo-tracción de **600 psi** teniendo en cuenta que la vía es urbana y no estará sometida a altas cargas de tráfico pesado.

i. Cd: Coeficiente de drenaje.
Para la elección del coeficiente de drenaje se debe de tener en cuenta las características hidrológicas y topográficas del municipio de la Unión – Valle.
Según los mapas de precipitación media anual del IDEAM, el municipio de la Unión-Valle tiene cerca de 1000 – 1500 mm de lluvia total anual en promedio. Por su parte, el municipio de la Unión – Valle presenta pendientes que encajan dentro de las características topográficas de terreno plano propuestas por el INVIAS y que en pocas ocasiones y en pocos sectores la pendiente puede ascender al nivel de terreno ondulado según la clasificación INVIAS.

Teniendo en cuenta la siguiente y siendo un poco conservadores, se considera la calidad del drenaje como **aceptable** en donde el agua se removerá en una semana, se toma el porcentaje de tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación en el rango de **1% - 5%**

Tabla 8. Coeficiente de drenaje pavimento rígido AASHTO

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en...
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drenará

Calidad del drenaje	% del tiempo en que la estructura del pavimento rígido está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Aceptable	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Malo	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy malo	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Se define que el coeficiente de drenaje (Cd) de la estructura será de **1.0**, siendo este un valor conservador.

j. J: Coeficiente de transferencia de carga: **3.20**
El pavimento diseñado se plantea con el uso de dovelas en las juntas transversales para la transmisión de cargas, por lo cual se asigna valor entre 2.50 y 3.20.
La AASTHO recomienda un valor de 3.2

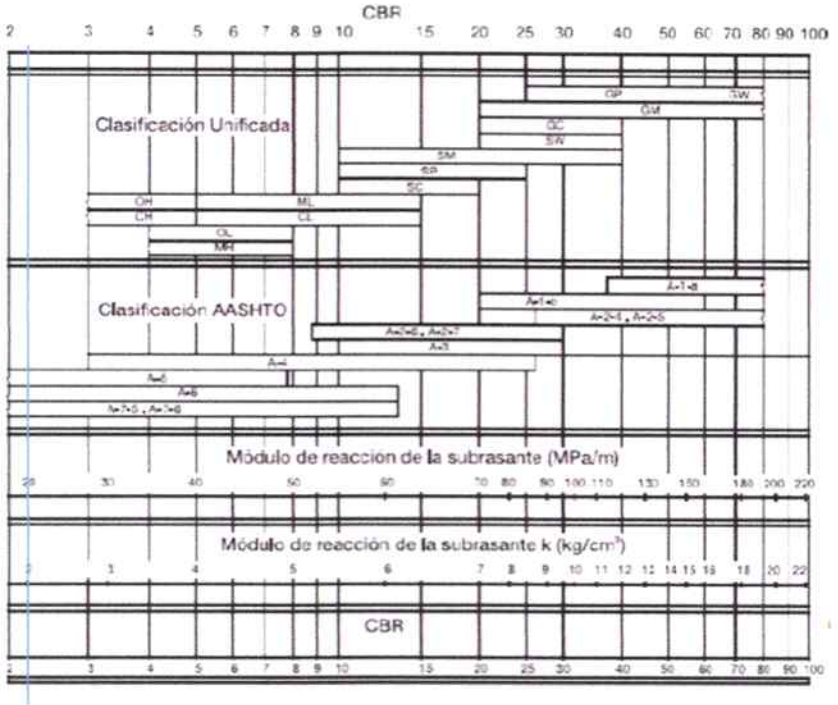
k. Ec: Módulo de elasticidad del concreto (psi): **4536510.74 psi**

$$F'c = 352kg/cm2$$

$$Ec = 5500 * f'c^{\frac{1}{2}} = 17000 * 352^{\frac{1}{2}} = 318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2}$$

$$318948.27\ {}^{Kg}/_{cm^2} = \mathbf{4536510.74\ psi}$$

l. K: Módulo de reacción de la sub-rasante (psi/in)
A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.24%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20.94Mpa/m – 76.43 pci**



Gráfica 4. Módulo de reacción de la Sub-rasante.
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Así mismo, la ASSHTO acepta las correlaciones de "K" descritas a continuación, según sea el caso:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log CBR \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 * \log CBR^{4.34} \ {}^{Mpa}/_{m} \qquad CBR > 10$$

Por lo cual al aplicar la función resulta:

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.24 = \mathbf{20.94} \ {}^{\boldsymbol{Mpa}}/_{\boldsymbol{m}}$$

m. Factor de perdida de soporte (Ls), este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de la losa de concreto hidráulico, debido a la erosionabilidad de la su-base y asentamientos diferenciales de la subrasante, para el presente diseño se utilizará una sub-base de material granular sin tratar, por lo tanto el factor de perdida de soporte (Ls) es de 2.0.

Tabla 9. Factor de pérdida de soporte.

TIPO DE BASE O SUB-BASE	FACTOR DE PERDIDA DE SOPORTE (Ls)
Bases Granulares Tratadas con Cemento (E = 7000 – 14000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Tratadas con Cemento (E = 3500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Bases Asfálticas (E = 2500 – 7000 MPa)	0.0 a 1.0
Sub-Bases Estabilizadas con Asfalto (E = 300 – 2000 MPa)	0.0 a 1.0
Estabilización con Cal (E = 150 – 1000 MPa)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin Tratar (E = 100 – 300 MPa)	1.0 a 3.0
Suelos Finos y Subrasantes Naturales (E = 20 – 300 MPa)	2.0 a 3.0

Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

Módulo de resiliente de la Sub-base:

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * CBR\%$$

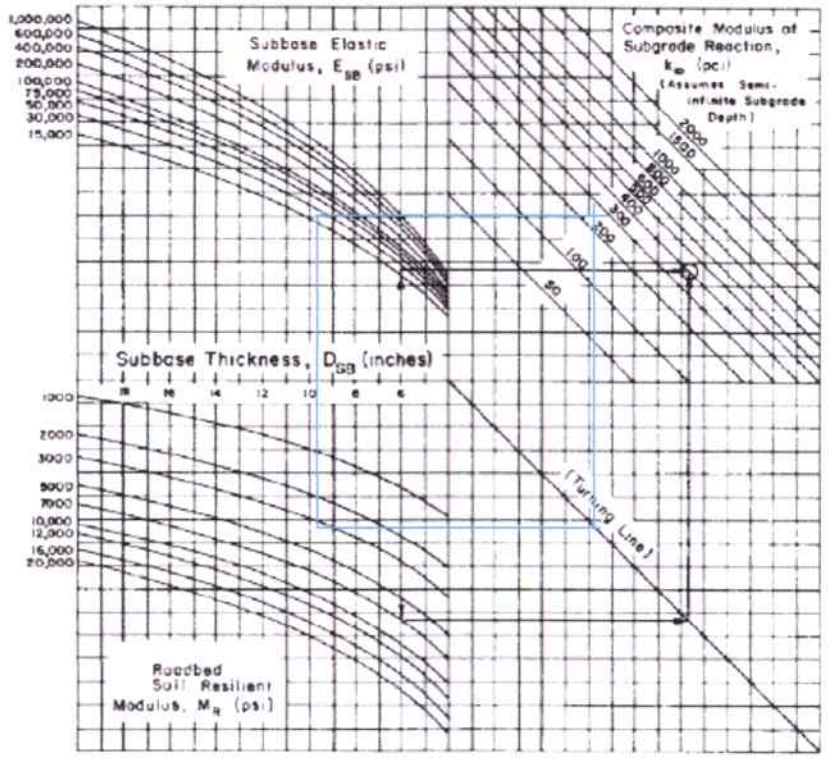
INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

$$\boldsymbol{MR\ srte}: 100 * 2.24\% = 224\frac{kg}{cm^2} = \mathbf{3186\ psi}$$

n. Modulo efectivo de la subrasante K, depende de factores como el módulo de la subrasante, el módulo de la sub-base y el módulo de elasticidad de la sub-base.

A partir del CBR de la evaluación geotécnica (2.24%), se obtiene el valor del módulo de reacción de la sub-rasante – k, el cual se establece como **20.94Mpa/m – 76.43 pci**

La sub-base granular tendrá 25 mm de espesor, ya que se considera es un apto para soportar las cargas del tránsito y reducir los esfuerzos producidos en la sub-rasante y contara con módulo de elasticidad de 17160 psi que es un valor usualmente utilizado en Colombia. AASHTO propone la Ilustración 2 para estimar el módulo de reacción compuesto de la sub-rasante basándonos en el espesor de la sub-base (9.84 pulgadas aproximadamente) y su módulo de elasticidad (17160 psi) y en el módulo resiliente de la sub-rasante (3186 psi)

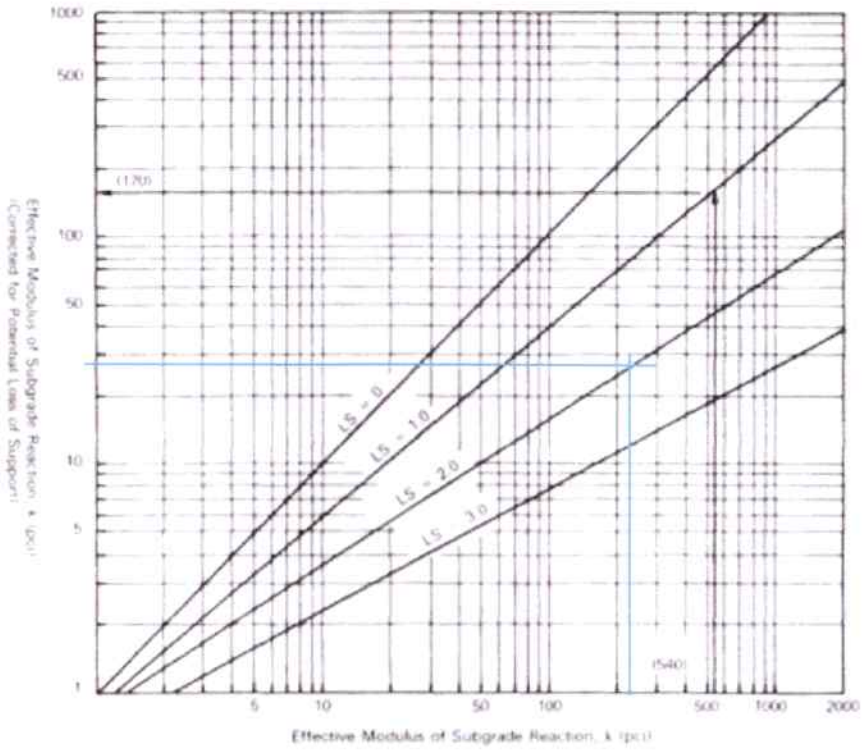


Gráfica 5. Módulo de reacción compuesto de la sub-rasante
Fuente: AASHTO guide for the design of pavements structures

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se encuentra que el módulo de reacción conjunta de la sub-rasante con una sub-base granular de 25 mm de espesor (9.84 pulgadas aproximadamente) es igual a **220 psi/in**.

El módulo de reacción conjunta se ve afectado por una potencial pérdida de soporte del suelo debido a las solicitaciones del tráfico y a factores hidrológicos y ambientales, por este motivo AASHTO propone la Ilustración 3 en donde se asumirá una pérdida de soporte (LS por sus iniciales en inglés) de 2 debido a que la sub-base granular estará conformada por materiales granulares no tratados o estabilizados.



Gráfica 6. Corrección del módulo de reacción de la fundación por la pérdida de soporte.
Fuente: Tomado de la AASHTO guide for the design of pavements structutes

Se encuentra que el módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (k) será igual a **28.0 psi/in**

o. D: Espesor del pavimento hidráulico en pulgadas

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Para definir el espesor de la capa de concreto hidráulico, se presenta el resumen de las variables que interfieren en la ecuación:

Tabla 10. Resumen de variables

DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
NESE diseño	602855	ESE
Confiabilidad del diseño (90%)	1,28	-
Desviación estándar proceso de diseño (So)	0,35	-
Degradación del PSI (ΔPSI)	2,5	-
Serviciabilidad final (Pt)	2	-
Módulo de reacción de la subrasante (k)	76,43	PCI
Módulo de rotura del concreto (S'c)	600	PSI
Coeficiente de drenaje (Cd)	1	-
Coeficiente de transferencia de carga (J)	3,2	-
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4536510,74	PSI
Módulo de reacción compuesto (K)	28	PSI/in
Espesor sub-base (Dbs)	25	mm
Módulo de elasticidad Sub-base	17.160,00	PSI
Berma	No	
Dovelas	Si	

Fuente: Propia

$$\log(602855) = 1.28 * 0.35 + 7.35 * \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{2.50}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624x10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * 2)$$

$$* log\left[\frac{600 * 1 * (D^{0.075} - 1.132)}{215.63 * 3.20 * \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{4536510}{28}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

D= 7,22" =18,34cm

El espesor teórico de la losa de concreto hidráulico es de 7.22", equivalentes a 18,34cm, sin embargo, por practicidad en obra, se recomienda el uso de un espesor de 190mm.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.3. METODO DE LA PORTLAN CEMENT ASSOCIATION (PCA) DE LOS ESTADOS UNIDOS

Con el objetivo de brindar mayor seguridad y calidad en el diseño de pavimentos en concreto hidráulico, se recomienda realizar la evaluación del mismo mediante dos métodos de diseños, con la finalidad de elegir el que permita mayor durabilidad y confianza en el transcurso del tiempo.

PARAMETROS DE DISEÑO

- Periodo de Diseño: **20 Años**
- Módulo de rotura del concreto: **600 PSI**
- Transmisión de Cargas: **Mediante dovelas, pasadores**
- Bermas: **NO**
- Módulo de reacción de la sub-rasante (K)

  CBR=2,24%

$$K = 2.55 + 52.5 * \log 2.24 = \mathbf{20.94}\ {}^{Mpa}/_{m}$$

- Material de Sub base, correspondiente a material granular sin tratar, con espesor propuesto: 25mm o 9.84"
- Factor de Seguridad: se recomienda para calles residenciales y otras vías en las que se espera un volumen de tránsito bajo de vehículos pesados, aplicar un **FS= 1.00**
- Transito: se aplicará la condición de ejes simples, con el objeto de aplicar las combinaciones mediante tablas de cargas y repeticiones para cada eje establecido.
- Barras de Anclaje: se establece para el presente diseño la combinación de barras en acero con Fy de 420 Mpa de ½", y con el ano de carril mínimo que permite el aplicativo de 3.05





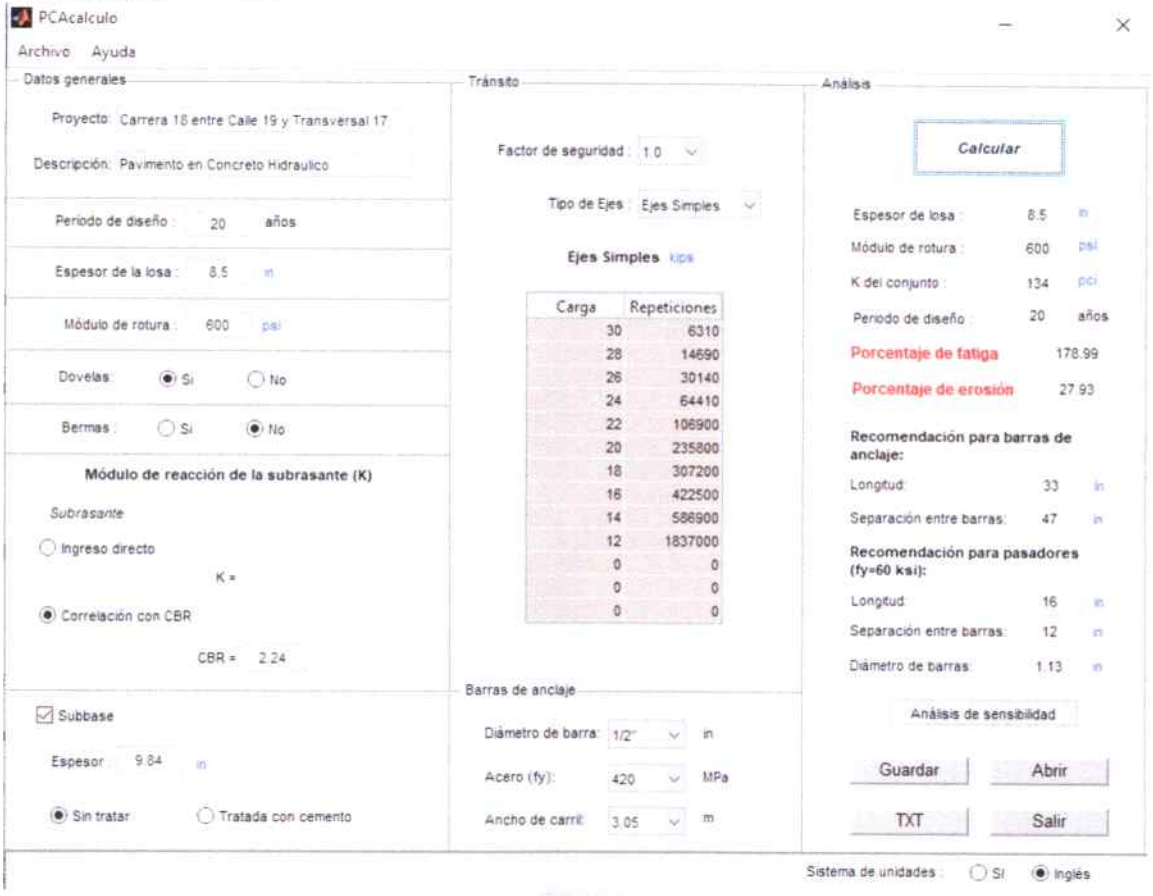


Figura 3. Calculo mediante aplicativo PCA.
Fuente: Propia

4.4. ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO – CARRERA 18 ENTRE CALLES 19 Y TRANSVERSAL 17

Una vez obtenidos los resultados de los diseños adelantados por los métodos de la AASHTO y la PCA, se opta por usar los obtenidos mediante el método AASHTO por ser un el más completo.

Se concluye que el espesor final del pavimento estudiado en este informe será de:

- Losa de concreto hidráulico: 190 mm de espesor
- Sub-base granular: 250 mm de espesor
- Se recomienda instalar geotextil tejido T2400 para mejorar la capacidad del terreno y evitar afectaciones de la estructura.
- Reposición de una capa del terreno existente por afirmado en un espesor de 200mm, por recomendación del especialista en Geotecnia.

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

4.5. TRANSMISION DE CARGAS

Para la selección del acero longitudinal y transversal, se hará uso de las recomendaciones dadas por INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, utilizando las siguientes tablas y teniendo en cuenta las características del proyecto:

Tabla 11. Recomendaciones para barrar longitudinales

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		0,75	0,65	0,55		1,20	1,15	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,65	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,95	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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

Tabla 12. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

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

Fuente: INVIAS - Manual de Diseño de Pavimento de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

Se concluye que el proyecto contara con las siguientes características:

- Losa de concreto hidráulico de MR 600 PSI: 190 mm de espesor
- Sub base: 250 mm de espesor
- Geotextil T2400 a lo largo y ancho de la vía.
- Reposición de terreno con afirmado en espesor de 200 mm
- Junta longitudinal, Varillas corrugadas de Φ ½, longitud de 85 cm y separadas cada 120 cm.
- Junta transversal, Acero liso de Φ1" con longitud de 0.35m y separación de 0.30m entre centros.
- El refuerzo para losas irregulares, con relación L/A > 1.25 o con sumideros que las modifiquen, se propone en acero de 5/8" cada 0,20 m en ambos sentidos.

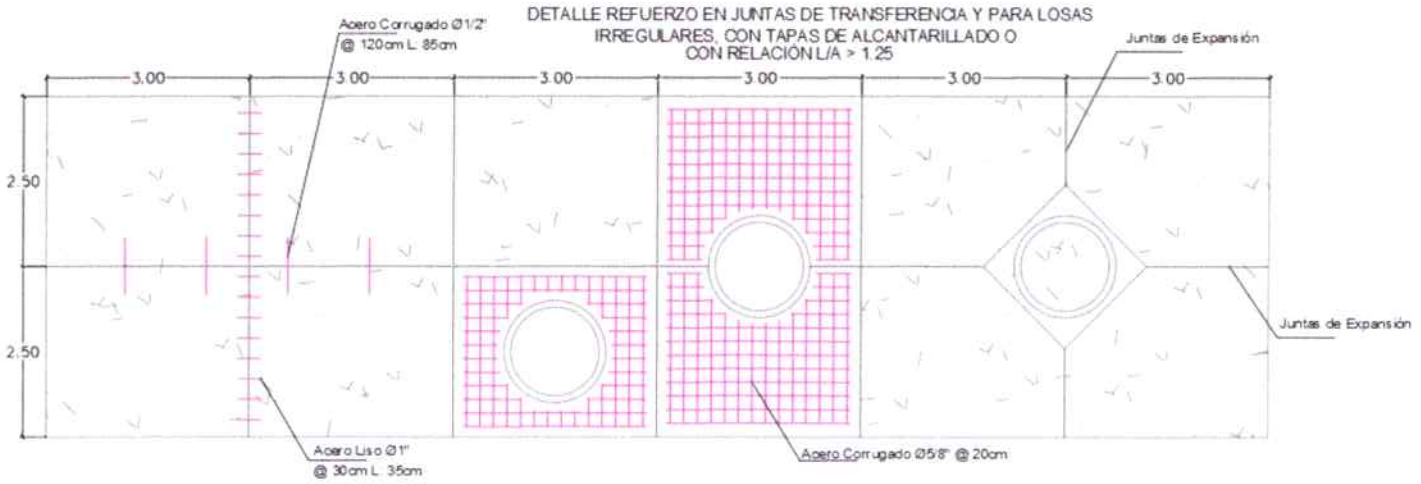


Figura 4. Detalle de refuerzo.
Fuente: Propia.





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

5. MODULACION DE LOSAS

Para la modulación del pavimento, se proponen losas de no más de 6 metros de longitud, conservando una relación entre su largo - ancho (l/a) o lado mayor – lado menor (Lma/Lme) por debajo del valor de 1.25. Lo anterior teniendo en cuenta que relaciones mayores potenciarían los fenómenos del alabeo de las losas por los gradientes térmicos que hay en su estructura, lo que generaría esfuerzos internos para los que la losa no estará diseñada y se empezará a agrietar y deteriorar.
Por lo anterior ya que se cuenta con ancho de calzada de 5.00 m, se realizarán carriles de 2.50 m y el largo de las losas de 3.00 m.

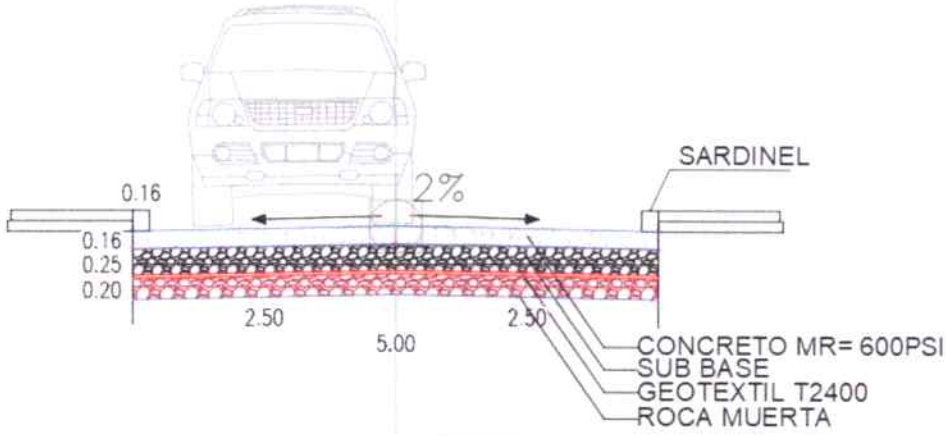


Figura 5. Sección Transversal.
Fuente: Propia.

Se plantea la construcción de sardineles en los costados de la vía, que permitan el confinamiento de la misma y evitar la infiltración de agua que transcurre sobre la esta, con el siguiente detalle:

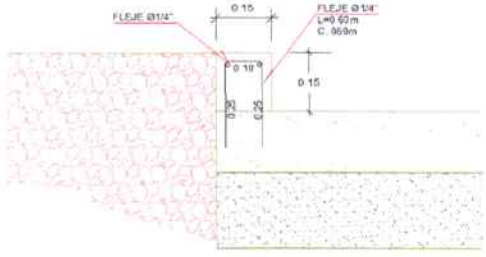


Figura 6. Diseño de Sardinel
Fuente: Propia





INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

En la vía actualmente existente, se presenta una tubería que conduce las aguas de la Calle 19ª, de realizarse la construcción del pavimento en concreto hidráulico en la zona, se recomienda, realizar un sumidero, que reemplace esta tubería y así no se generen afectaciones a las viviendas de la zona.
Por lo anterior, se presentan los esquemas del sumidero a construir.

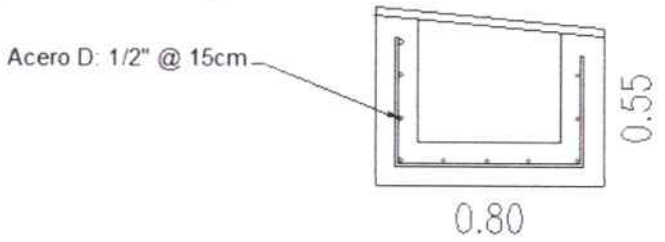


Figura 7. Detalle Sumidero
Fuente: Propia

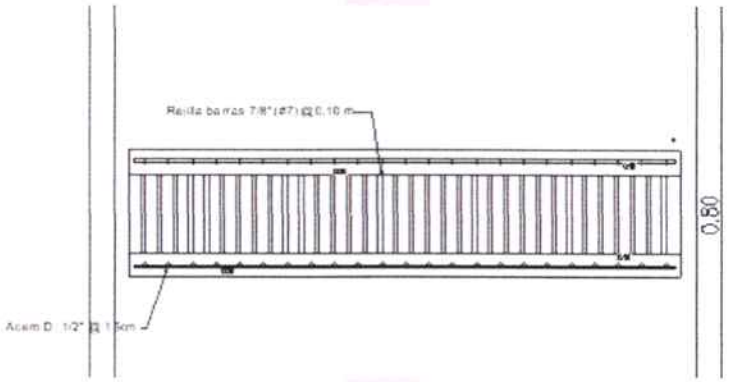


Figura 8. Detalle Sumidero Vista de perfil
Fuente: Propia

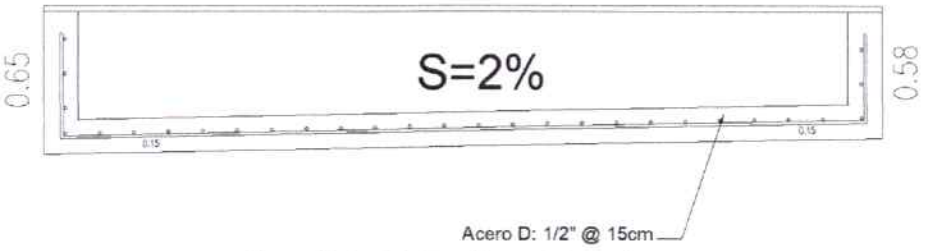


Figura 9. Detalle Sumidero vista en planta
Fuente: Propia

INGOC
INGENIERÍAS DE OCCIDENTE

6. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

- El presente informe corresponde al diseño de pavimento en concreto hidráulico, considerando, la geometría existente, las características del suelo y demás elementos que definen la estructura optima, para el buen funcionamiento del pavimento.
- El diseño NO considera sistemas de red pluvial o manejo de escorrentías.
- Es responsabilidad del municipio realizar el diseño de la red pluvial, considerando el aumento de caudales en la zona por la construcción de losas en concreto hidráulico, que disminuyen la permeabilidad del terreno.
- De realizarse la construcción del pavimento, se afectará un predio privado, donde actualmente discurren las aguas sin ningún tipo de manejo.





1941

PROFESIONALES RESPONSABLES DISEÑO DE PLACA DE PAVIMENTO

1942

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DAVID JONATHAN MORENO BUITRAGO**, identificado con **C.C. # 14.565.715 de Cartago (Valle)**, en mi calidad de **Ingeniero Civil,** con **Licencia Profesional No. 63202-123094 QND** – Quindío, especialista en **ADMINISTRACION DE EMPRESAS DE LA CONSTRUCCION** -, **CERTIFICO** que realicé el **DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE VIAS Y PRESUPUESTOS**, de conformidad con lo establecido en las normas, leyes y decretos vigentes aplicables a estos diseños y demás normativa existente, para el contrato **CON 001 DEL 2022 - CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA** ubicado en la **ZONA URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE LA UNION VALLE DEL CAUCA**

Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción del proyecto, siempre y cuando se construyan las obras de acuerdo a los diseños entregados.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente **DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE VIAS Y PRESUPUESTOS ENTREGADOS DEL PROYECTO EN MENCION**, **y exonero la entidad a la cual se presenta el proyecto de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio.**

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la entidad a la cual se presenta el proyecto no constituye una aprobación al estudio, sino una verificación del cumplimiento de los Decretos antes mencionados.

Atentamente,

DAVID JONATHAN MORENO BUITRAGO
Profesión: Ingeniería Civil
Título de Formación avanzada: Ingeniero Civil.
Título de Especialista: Especialista en Administración de Empresas de la Construcción.
C.C. No. 14.565.715 de Cartago V.
Matrícula Profesional No.66202-123094 – Quindío
Dirección de Correspondencia: KM 1.5 Vía a La Victoria, vereda San Juanito, Municipio de La Unión
Celular: 3108929544

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 14.565.715

MORENO BUITRAGO
APELLIDOS

DAVID JONATHAN
NOMBRES

DAVID JONATHAN MORENO B
FIRMA





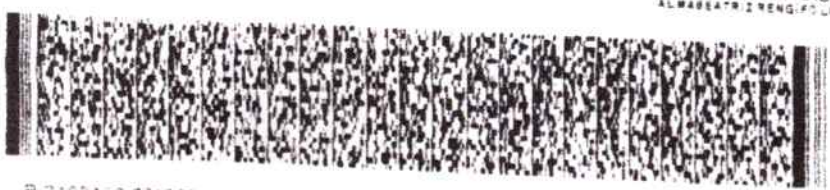
INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 04-ABR-1981
CARTAGO
(VALLE)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.67 ESTATURA | O- G.S. RH | M SEXO

13-ABR-1999 CARTAGO
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADORA NACIONAL
ALMABEATRIZ RENGIFO LOPEZ



R-3103400-561235 12-M-0014565715-20060228 0010606059M 02 1607998736

1944

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.
[illegible]
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 15/09/2005
DAVID JONATHAN
MORENO BUITRAGO
C.C. 14565715
UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

PRESIDENTE DEL CONSEJO

THOMAS GREEN & SONS.

02/2005-27489

Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitido al COPNIA

Cra. 7 No. 64 - 19 Tel. 2498911 Bogotá D. C.

1945

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2021-1164116

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que DAVID JONATHAN MORENO BUITRAGO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 14565715, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 63202-123094 desde el 15 de Septiembre de 2005, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 293.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los dieciocho (18) días del mes de Diciembre del año dos mil veintiuno (2021).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositе/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

1946

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **AURA CRISTINA CAICEDO SOTO**, identificada con **C.C. # 1.112.627.600 de La Unión (Valle)**, en mi calidad de **Ingeniera Civil,** con **Licencia Profesional No. 66202–352971** - Risaralda -, **CERTIFICO** que realicé el **APOYO EN EL DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE VIAS Y MUROS Y PRESUPUESTOS**, de conformidad con lo establecido en las normas, leyes y decretos vigentes aplicables a estos diseños y demás normativa existente, para el contrato **CON 001 DEL 2022 - CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PAVIMENTOS COMUNITARIOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL EN EL MUNICIPIO DE LA UNIÓN VALLE DEL CAUCA** ubicado en la **ZONA URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE LA UNION VALLE DEL CAUCA**

Por lo anterior, manifiesto que es viable la construcción del proyecto, siempre y cuando se construyan las obras de acuerdo a los diseños entregados.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente **DISEÑO GEOMETRICO Y ESTRUCTURAL DE VIAS Y PRESUPUESTOS ENTREGADOS DEL PROYECTO EN MENCION, y exonero la entidad a la cual se presenta el proyecto de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio.**

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la entidad a la cual se presenta el proyecto no constituye una aprobación al estudio, sino una verificación del cumplimiento de los Decretos antes mencionados.

Atentamente,

AURA CRISTINA CAICEDO SOTO
Profesión: Ingeniería Civil
Título de Formación avanzada: Ingeniera Civil
C.C. No. 1.112.627.600 de La Unión V.
Matrícula Profesional No.66202-352971 – Risaralda
Dirección de Correspondencia: Manzana G, Casa 3, Urbanización Los Hateños. La Unión
Celular: 3225298021

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.112.627.600

CAICEDO SOTO

APELLIDOS

AURA CRISTINA

NOMBRES



FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 26-JUL-1994

TULUA
(VALLE)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.57 O+ F

ESTATURA G.S. RH SEXO

06-AGO-2012 LA UNION

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-3107000-00412327-F-1112627600-20121120 0031700885A 1 38777135

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
66202-352971 RIS
Fecha de Expedición: **03/03/2017**

Nombre:
AURA CRISTINA
CAICEDO SOTO
Identificación:
C.C. 1112627600
Profesión:
INGENIERA CIVIL
Institución:
UNIVERSIDAD LIBRE



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

PRESIDENTE DEL CONSEJO

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590

1949

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2021-1176787

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que AURA CRISTINA CAICEDO SOTO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1112627600, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 66202-352971 desde el 03 de Marzo de 2017, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 263.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintitres (23) días del mes de Diciembre del año dos mil veintiuno (2021).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.