

AÑO 2022

**ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS PARA
LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA EL DESEO
- LA INMACULADA - CRUCE BUENO,
UBICADA EN EL CANTÓN YAGUACHI DE LA
PROVINCIA DEL GUAYAS**

Diseño de pavimento

Elaborado Por:
Ing. Gianmarco Pendola M.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	ANTECEDENTES	4
1.2.	OBJETIVOS	4
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	4
2.	ESTUDIO DE GEOTECNIA	5
2.1.	Características Geológicas.	5
2.2.	Investigación De Campo.....	6
2.3.	Ensayos De Laboratorio de Geotecnia.	6
2.4.	Resumen de Ensayos de Calicatas.....	6
3.	PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	17
3.1.	Parámetros para Diseño de pavimento.....	18
3.1.1	Investigaciones de Tráfico.	18
3.1.2	Módulos de Resiliencia.....	18
3.1.3	Determinación del CBR de Diseño:.....	18
3.1.4	Método y Período de Diseño.....	19
3.1.5	Confiabilidad y Desviación Estándar.	19
3.1.6	Índice De Servicio.	20
3.1.7	Coeficiente De Drenaje.....	20
3.2.	Cargas. - TPDA Proyectado	21
3.2.1	Factor Equivalente de Carga (FEC) Valor Numérico. -	23
4.	CÁLCULO DEL DISEÑO PARA LOS 10 PRIMEROS AÑOS	24
4.1.	Determinación de los Módulos Resilientes de PSI a Kpa.	24
4.2.	RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	25
4.3	ALTERNATIVA 1	26
4.4	ALTERNATIVA 2 (BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO).....	27
4.5.	ALTERNATIVA 3 (BASE ASFÁLTICA)	30
4.	CONCLUSIONES.....	32
5.	RECOMENDACIONES	32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto	4
Figura 2. Mapa Geomorfológico del área de estudio.....	5
Figura 3. CBR de Diseño	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas de los Ensayos	6
Tabla 2. Valores para el Diseño	20
Tabla 3. Valores de coeficiente de drenaje	20

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas ha contratado los Estudios y Diseños Definitivos para la Rehabilitación de la Vía existente El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno, como una solución vial al ámbito Provincial que no incluya las zonas urbanas. El rápido y eficiente Estudio de Pavimentos es parte de los trabajos de diagnóstico y mejoramiento de las condiciones de funcionamiento y servicios viales.

1.2. OBJETIVOS

El Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial del Guayas proyecta construir la vía El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno para prestar en los años venideros un adecuado y mejor servicio a los usuarios, por ello se deben ejecutar las mejoras necesarias en la Vía, a fin de mejorar el nivel de servicio actual y proyectado.

La vía se extiende aproximadamente en una longitud de 5.00 Km. Se inicia en el recinto El Deseo perteneciente al Cantón Yaguachi cuyas coordenadas son 652639.32; 9756561.48 y, se desarrolla en sentido Oeste hasta el Recinto Cruce Bueno de coordenadas 656252.64; 9755203.95, como se muestra en la figura siguiente:

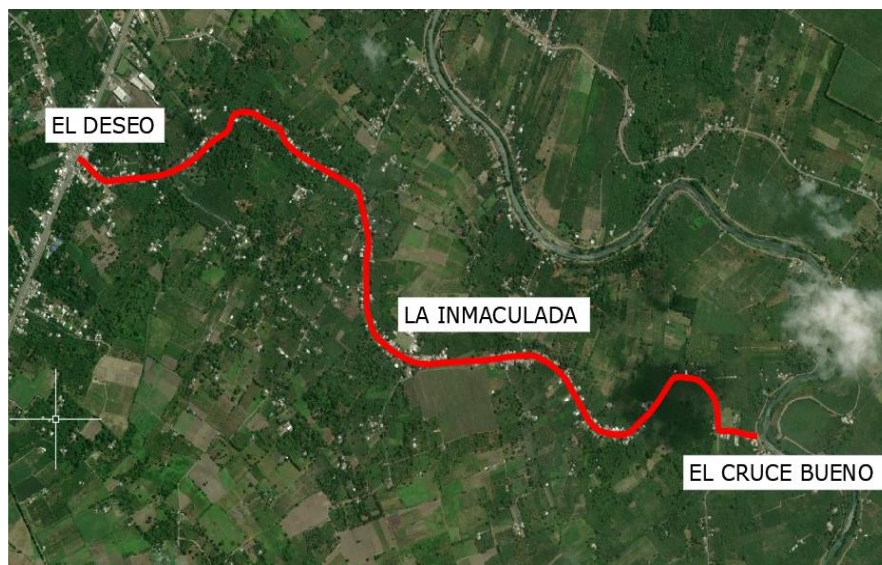


Figura 1. Ubicación del Proyecto

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

El presente estudio de pavimentos tiene como objetivo establecer las características físicas y geomecánicas de los suelos existentes, así como también los espesores para estructuras del pavimento, que se propone construir para la vía El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno.

2.1. Características Geológicas.

2.1. Características Geológicas.

Constituye la zona inundable actual del río Chimbo y sus tributarios, con una extensión muy ancha que pertenece al Holoceno, es decir con una edad menor a 15.000 años y cuyo espesor se estima en 30 metros.

En la Figura 2 se puede apreciar la disposición espacial de los ríos de la región, la dirección de desplazamiento primario y luego el cambio de dirección que sufren los cauces hacia el sur, hasta desembocar en el Golfo de Guayaquil.



2.2. Investigación De Campo.

Para conseguir los objetivos planteados en este informe, se realizaron 11 pozos a cielo abierto de 1.50 m de profundidad, determinándose los espesores y la estratigrafía de las distintas capas que conforman el subsuelo

A las muestras obtenidas de las calicatas, se le siguieron las recomendaciones de manipuleo, guardado y transporte que se estipulan en las especificaciones técnicas de las Normas ASTM, de tal forma de evitar la disturbación parcial o total de las mismas.

2.3. Ensayos De Laboratorio de Geotecnia.

En los ensayos de laboratorio, se siguen los procedimientos de las normas ASTM, los mismos que se describen a continuación:

Ensayo	Procedimiento
Contenido de humedad	ASTM – D – 2216 ; ASTM – D – 2974
Material menor al tamiz No. 200	ASTM – D – 1140
Límite líquido	ASTM – D – 4318
Límite e índice plástico	ASTM – D – 4318
Clasificación de los suelos	ASTM – D – 2487
CBR	ASTM – D – 1883

Tabla 1. Normas de los Ensayos

2.4. Resumen de Ensayos de Calicatas

Calicata # 1 - Coordenadas: 652670; 9756538 – Abscisa: 0+040

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

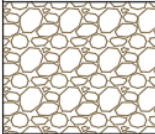
Se detectó una grava de canto rodado con arena fina color café de baja plasticidad, hasta la profundidad de 0.85 m. Su clasificación SUCS es SW-SM y AASTHO es A-1a. Sus valores son: $\omega_n=4.84\%$, $L_L=23.98\%$, $I_p=3.93\%$, No. 200=6.78%

Luego encontramos un limo arcilloso color café claro de baja plasticidad, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $\omega_n=36.46\%$, $L_L=34.74\%$, $I_p=5.34\%$, No. 200=95.34%

Calicata # 1

Coordenadas: 652670; 9756538

Abscisa: 0+040

Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.85	1	Grava de canto rodado con arena fina color café de baja plasticidad	A-1a GW-GM	4.84	23.98	3.93	34.85	6.78	30.00
	0.85 - 1.50	2	Limo arcilloso color café claro de baja plasticidad	A-4(6) ML	36.46	34.74	5.34	98.58	95.34	6.70



Calicata # 2 - Coordenadas: 653092; 9756475 – Abscisa: 0+500

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

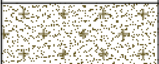
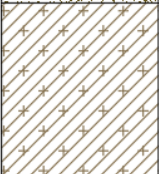
Se detectó una arena limosa color café oscura de baja plasticidad, hasta la profundidad de 0.40 m. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $w_n=35.63\%$, $LL=28.93\%$, $I_p=2.88\%$, No. 200=44.99%

Luego encontramos un limo arcilloso color café de baja plasticidad, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $w_n=12.27\%$, $LL=27.90\%$, $I_p=1.42\%$, No. 200=68.48%

Calicata # 2

Coordenadas: 653092; 9756475

Abscisa: 0+500

Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.40	1	Arena limosa color café oscura de baja plasticidad.	A-4(0) SM	36.63	28.93	2.88	70.79	44.99	10.00
	0.40 - 1.50	2	Limo arcilloso color café de baja plasticidad	A-4(6) ML	12.27	27.90	1.42	98.27	68.48	6.50

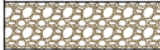


Calicata # 3 - Coordenadas: 653465; 9756717 – Abscisa: 1+000

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una grava de canto rodado con limo arenoso color café de mediana plasticidad, hasta la profundidad de 0.20 m. Su clasificación SUCS es GP-GC y AASTHO es N-C. Sus valores son: $\omega_n=5.73\%$, $L_L=40.76\%$, $I_p=18.58\%$, No. 200=10.19%

Luego encontramos un limo arenoso color café no plástico, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $\omega_n=10.85\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=66.58%

Calicata # 3			Coordenadas: 653465; 9756717				Abscisa: 1+000			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.20	1	Canto rodado con limo arenoso color café.	N C GP-GC	5.73	40.76	18.58	33.45	10.19	7.50
	0.20 - 1.50	2	Limo arenoso color café no plástico.	A-4(0) ML	10.85	N - P	N - P	100.00	66.58	5.40



Calicata # 4 - Coordenadas: 653880; 9756539 – Abscisa: 1+500

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

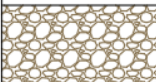
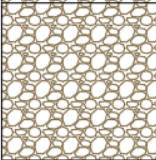
Se detectó una grava con limo arcilloso color café de mediana plasticidad, hasta la profundidad de 0.50 m. Su clasificación SUCS es GM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $w_n=8.75\%$, $LL=30.37\%$, $I_p=7.51\%$, No. 200=13.83%

Luego encontramos una grava con limo arcilloso color café no plástico, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es GM y AASTHO es A-1b. Sus valores son: $w_n=7.52\%$, $LL=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=18.02%

Calicata # 4

Coordenadas: 653880; 9756539

Abscisa: 1+500

Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.50	1	Grava con limo arcilloso color café de mediana plasticidad.	A-2-4(0) GM	8.75	30.37	7.51	45.80	13.83	10.50
	0.50 - 1.50	2	Grava con limo color café no plástica.	A-1b GM	7.52	N - P	N - P	46.41	18.02	6.40

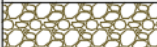


Calicata # 5 - Coordenadas: 653897; 9756544 – Abscisa: 2+000

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una grava con limo arenoso color café oscuro de baja plasticidad, hasta la profundidad de 0.20 m. Su clasificación SUCS es GM y AASTHO es A-1b. Sus valores son: $\omega_n=12.31\%$, $L_L=22.97\%$, $I_p=1.31\%$, No. 200=14.36%

Luego encontramos una arena limosa color café no plástico, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=11.45\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=20.58%

Calicata # 5			Coordenadas: 653897; 9756544			Abscisa: 2+000				
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.20	1	Grava con limo arenoso color café oscuro.	A-1b GM	12.31	22.97	1.31	49.93	14.36	11.00
	0.20 - 1.50	2	Arena limosa color café no plástica.	A-2-4(0) SM-	11.45	N - P	N - P	97.67	20.58	4.80

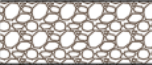
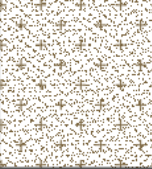


Calicata # 6 - Coordenadas: 654221; 9755707 – Abscisa: 2+500

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una grava con limo arenoso color café gris no plástica, hasta la profundidad de 0.40 m. Su clasificación SUCS es GP-GM y AASTHO es A-1a. Sus valores son: $\omega_n=4.43\%$, $L_L=24.62\%$, $I_p=1.74\%$, No. 200=10.05%

Luego encontramos una arena fina con limo color café no plástica, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es SP-SM y AASTHO es A-3. Sus valores son: $\omega_n=7.13\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=7.25%

Calicata # 6			Coordenadas: 654221; 9755707				Abscisa: 2+500			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	CBR 95 %
	0.00 - 0.40	1	Grava con limo arenoso color café gris.	A-1a GP-GM	4.43	24.62	1.74	45.01	10.05	7.20
	0.40 - 1.50	2	Arena fina con limo color café no plástica.	A-3 SP-SM	7.13	N - P	N - P	97.35	7.25	5.20



Calicata # 7 - Coordenadas: 654668; 9755569 – Abscisa: 3+000

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

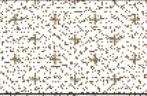
Se detectó una arena limosa color café no plástica, hasta la profundidad de 0.50 m. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=9.57\%$, $L_L= N-P \%$, $I_p=N-P \%$, No. 200=21.29%

Luego encontramos una arena limosa color café no plástica, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=9.15\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=13.57%

Calicata # 7

Coordenadas: 654668; 9755569

Abscisa: 3+000

Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	CBR 95 %
	0.00 - 0.60	1	Arena limosa color café no plástica.	A-2-4(0) SM	9.57	N - P	N - P	63.12	21.29	12.50
	0.60 - 1.50	2	Arena limosa color café no plástica.	A-2-4(0) SM	9.15	N - P	N - P	98.77	13.57	6.80



Calicata # 8 - Coordenadas: 655134; 9755637 – Abscisa: 3+500

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una arena limosa color café no plástica, hasta la profundidad de 0.40 m. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=9.47\%$, $L_L= N-P \%$, $I_p= N-P \%$, No. 200=22.57%

Luego encontramos una arena fina limosa color café no plástica, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es SM y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=7.87\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=12.81%

Calicata # 8			Coordenadas: 655134; 9755637				Abscisa: 3+500			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.40	1	Arena limosa color café no plástica.	A-2-4(0) SM	9.47	N - P	N - P	65.54	22.57	12.00
	0.40 - 1.50	2	Arena fina limosa color café no plástica.	A-2-4(0) SM	7.87	N - P	N - P	97.88	12.81	5.10

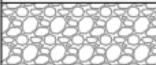


Calicata # 9 - Coordenadas: 654676; 9755564 – Abscisa: 4+000

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una grava con limo arenoso color gris de baja plasticidad, hasta la profundidad de 0.40 m. Su clasificación SUCS es GM-GC y AASTHO es A-1b. Sus valores son: $\omega_n=15.96\%$, $L_L=24.86\%$, $I_p=4.17\%$, No. 200=17.62%

Luego encontramos un limo con arena fina color café no plástica, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $\omega_n=21.26\%$, $L_L=N-P\%$, $I_p=N-P\%$, No. 200=62.25%

Calicata # 9			Coordenadas: 654676; 9755564				Abscisa: 4+000			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	CBR 95 %
	0.00 - 0.40	1	Grava con limo arenoso color gris de baja plasticidad.	A-1b GM-GC	15.96	24.86	4.17	48.53	17.62	9.70
	0.40 - 1.50	2	Limo con arena fina color café no plástica.	A-4(0) ML	21.26	N - P	N - P	99.19	62.25	4.20



Calicata # 10 - Coordenadas: 655806; 9755499 – Abscisa: 4+500

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una arena con limo arcilloso color café claro de mediana plasticidad, hasta la profundidad de 0.60 m. Su clasificación SUCS es SP-SC y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=9.39\%$, $L_L= 26.26 \%$, $I_p= 6.32 \%$, No. 200=11.96%

Luego encontramos un limo color café de mediana plasticidad, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(5). Sus valores son: $\omega_n=31.18\%$, $L_L=33.87\%$, $I_p=7.11\%$, No. 200=74.96%

Calicata # 10			Coordenadas: 655805; 9755499				Abscisa: 4+500			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	C B R 95 %
	0.00 - 0.60	1	Arena con limo arcilloso color café claro de mediana plasticidad.	A-2-4(0) SP-SC	9.39	26.26	6.32	52.57	11.96	4.30
	0.60 - 1.50	2	Limo color café de mediana plasticidad.	A-4(5) ML	31.18	33.87	7.11	99.91	74.96	6.80

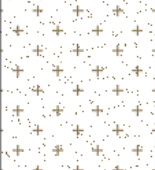


Calicata # 11 - Coordenadas: 656242; 9755204 – Abscisa: 5+000

La boca de la calicata corresponde a la cota +0.00 del terreno existente y no se detectó nivel freático.

Se detectó una arena arcillosa color café gris de mediana plasticidad, hasta la profundidad de 0.30 m. Su clasificación SUCS es SC y AASTHO es A-2-4(0). Sus valores son: $\omega_n=26.59\%$, $L_L=29.33\%$, $I_p=8.49\%$, No. 200=23.04%

Luego encontramos un limo con arena fina color café de mediana plasticidad, hasta el final de la calicata. Su clasificación SUCS es ML y AASTHO es A-4(0). Sus valores son: $\omega_n=26.39\%$, $L_L=31.80\%$, $I_p=1.73\%$, No. 200=57.99%

Calicata # 11			Coordenadas: 656242; 9755204				Abscisa: 5+000			
Estratigrafía	Profundidad (m)	Muestra	Descripción	Clasificación	Humedad (%)	L. Líquido	Índice Plástico	Pasante # 4	Pasante # 200	CBR 95 %
	0.00 - 0.30	1	Arena arcillosa café gris de mediana plasticidad.	A-2-4(0) SC	26.59	29.33	8.49	65.76	23.04	6.60
	0.30 - 1.50	2	Limo con arena fina color café de baja plasticidad.	A-4(0) ML	25.39	31.80	1.73	97.91	57.99	5.00



Los resultados de los ensayos de los materiales de las calicatas nos indican que existen estratos arenosos limosos o viceversa, en la mayoría de las calicatas. Con una primera capa de grava de canto rodado en la mayoría de las calicatas. Solamente la calicata #4 se compone de grava en todo el 1.50 m de profundidad.

El material de la primera capa, que es grava de canto rodado, puede ser utilizado como material de mejoramiento, debido a sus características de granulometría y plasticidad y el CBR promedio de dicha capa superficial.

3. PAVIMENTOS FLEXIBLES

En este tipo de pavimentos es necesario diseñar tanto la capa de rodadura asfáltica como las capas inferiores (base, subbase granular y mejoramiento del suelo del terraplén), pues éstas aportan resistencia estructural frente a las solicitaciones de carga. Estas capas granulares deben cumplir una serie de requisitos tales como CBR, granulometría, compactación, etc.

Las capas asfálticas están compuestas por mezclas asfálticas de espesor mínimo 5 cm constituido por una mezcla de áridos con tamaño máximo de 12 a 20 mm y cemento asfáltico (por ejemplo, del tipo CA 24 ó CA 14).

El objetivo de este tipo de pavimento es proporcionar resistencia contra las solicitaciones, impedir la penetración de agua a las capas inferiores, y aportar una superficie adecuada para el tránsito de vehículos.

Para optimizar la estructura del pavimento es necesario encontrar un equilibrio entre la capacidad de soporte que entregan las capas granulares y la capacidad que aportan las capas asfálticas, o capas de rodadura.

3.1. Parámetros para Diseño de pavimento.

3.1.1 Investigaciones de Tráfico.

Consiste en realizar contajes de tráfico durante 24 horas por lo menos en los 7 días de la semana para obtener el tráfico promedio diario anual (TPDA). En base a proyecciones basadas en las estadísticas de matriculación vehicular (P.I.B.), Consumo de combustible, población y otros parámetros económicos, se obtiene el tráfico proyectado 10, 20, etc años, según especificado, con cuyo TPDA basado en la clasificación de vehículos livianos, pesados de varios ejes, buses, etc., se determina con los factores de ejes equivalentes a 18000 lb (18Kip) los totales de estos para los diferentes pesos por eje de los vehículos, parámetro que se utiliza para el diseño de la estructura del pavimento.

3.1.2 Módulos de Resiliencia.

Los valores de los módulos de resiliencia, indicativos del suelo de la subrasante, son obtenidos de acuerdo a las correlaciones establecidas con los valores de CBR por la siguiente fórmula, de acuerdo con Powell et al. (1984) y NCHRP (2004).

$$MR = 2555 * CBR^{0.64}$$

3.1.3 Determinación del CBR de Diseño:

CALICATA No.	CBR (95%)
1	6.70
2	6.50
3	5.40
4	6.40
5	4.80
6	5.20
7	6.80
8	5.10
9	4.20
10	6.80
11	5.00

Por ser una vía de tráfico medio se toma el 75% del valor igual o mayor al considerado.

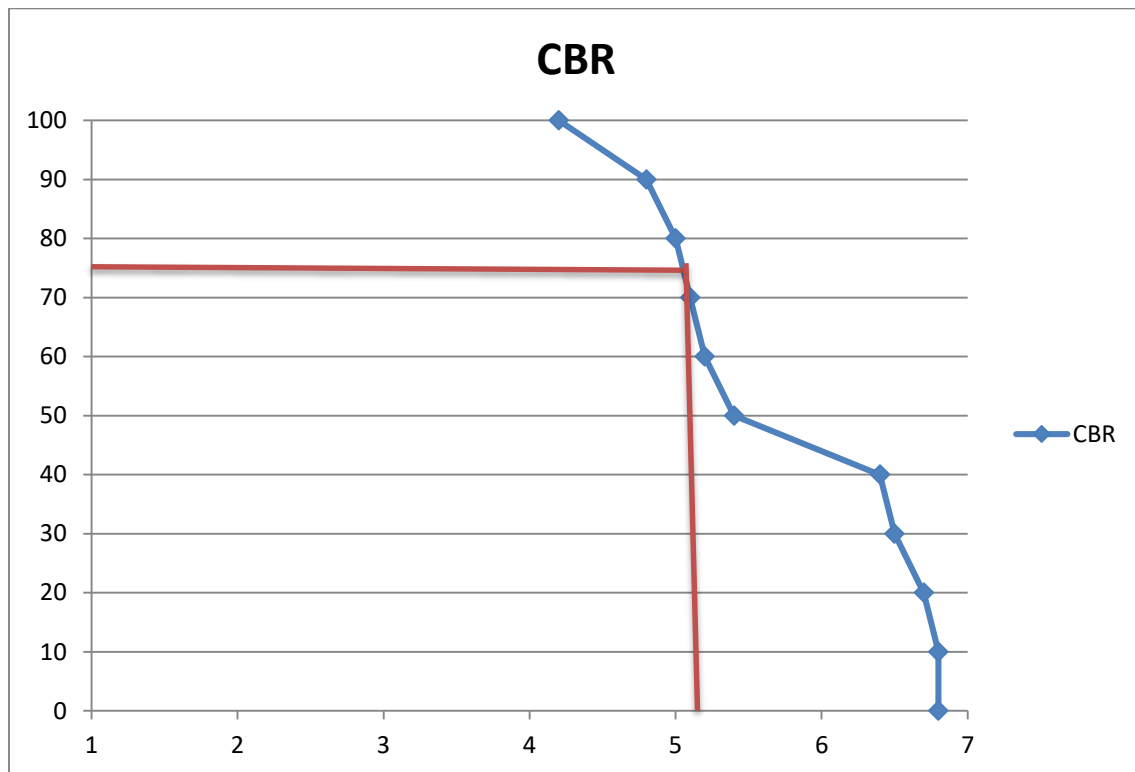


Figura 3. CBR de Diseño

CBR de Diseño = 5.15%

Según la Powell et al. (1984) y NCHRP (2004) $MR = 2555 * CBR^{0.64}$

$$MR = 2555 * (5.15)^{0.64} = 7.293.69 \text{ psi} = 50,288.22 \text{ kpa}$$

3.1.4 Método y Período de Diseño.

Para el diseño de la estructura del pavimento flexible, se siguen los procedimientos descritos en las normas AASHTO-93, considerando un período de diseño de 20 años como mínimo. Según los TDR, no resulta ni económico ni conveniente para estos casos, considerar el diseño de un pavimento rígido.

3.1.5 Confiabilidad y Desviación Estándar.

El nivel de confiabilidad general de $R=85\%$, que se utilizará para el diseño del pavimento, es el sugerido por la AASHTO-93, para caminos de estas características.

Confiabilidad	Z_R	Confiabilidad	Z_R
50	0	92	-1,405
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327

Tabla 2. Valores para el Diseño

Según la AASHTO-93 la desviación normal estándar es $Z_r = -1.037$ y la desviación general estándar para pavimentos flexibles $0.4 < S_o < 0.5$. Se recomienda usar 0.45. Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento DESVIACIÓN ESTANDAR COMBINADA(S_o)

3.1.6 Índice De Servicio.

La AASHTO-93 recomienda que los índices de servicios al inicio del proyecto sea $P_o = 4.2$ para pavimento flexible y al término del mismo sea $P_t = 2.0$ por tratarse de una vía de tercer orden que será diseñada.

3.1.7 Coeficiente De Drenaje.

Para establecer el coeficiente de drenaje, se ha establecido en campo, que existe cierta facilidad para la infiltración del agua de lluvia hacia el interior de la estructura del pavimento y que el material a nivel de la subrasante, aun cuando tiene facilidad de drenaje, se encuentra saturado en los periodos invernales por capilaridad.

Por consiguiente, la AASHTO-93 califica los materiales en conjunto como sitios con un drenaje muy bueno, bueno, regular o malo, dependiendo en los tiempos en que demora el agua en desaparecer de la estructura del pavimento, pudiéndose utilizar un coeficiente de drenaje de $C_d = 1$ en las condiciones actuales que tiene la vía (Ver cuadro a continuación).

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Tabla 3. Valores de coeficiente de drenaje

3.2. Cargas. - TPDA Proyectado

El estudio de tráfico contó con dos Estaciones. Se tomó en cuenta la Proyección de tráfico de la Estación N° 1 a un periodo de 10 y 20 años, para el diseño del pavimento puesto que el tráfico es mayor que la Estación No. 2

Las cargas de diseño están en función del número de repeticiones del eje estándar equivalente ESALS de 8.2 T, que se producirán durante el período de diseño.

Estas repeticiones han sido determinadas de acuerdo al Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) cuyo resumen se indica en el cuadro siguiente, en los cuales se establecen los tráficos de diseño para los diferentes carriles de los tramos de las calzadas de servicio, todo lo cual se ha determinado en el capítulo del Estudio de Trafico.

Composición del Tráfico Estación No. 1:

TPDS				
TIPO DE VEHICULO			NUMERO	%
LIVIANOS			420	90%
BUSES			3	1%
CAMIONES 2D			42	9%
CAMIONES 3A			3	1%
TOTAL			468	100%

T. ASIGNADO				
TIPO DE VEHICULO			NUMERO	%
LIVIANOS			458	90%
BUSES			4	1%
CAMIONES 2D			46	9%
CAMIONES 3A			3	1%
TOTAL			511	100%

Las tasas anuales de crecimiento son las manejadas en el Ministerio de Transporte y Obras Públicas Área de Factibilidad la misma que se presenta a continuación:

Tasas de Crecimiento Vehicular

AÑOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2022	5.07%	1.91%	1.22%
2023	4.82%	1.87%	1.20%
2024	4.60%	1.84%	1.19%
2025	4.40%	1.81%	1.17%
2026	4.21%	1.77%	1.16%
2027	4.04%	1.74%	1.15%
2028	3.89%	1.71%	1.13%
2029	3.74%	1.68%	1.12%
2030	3.61%	1.66%	1.11%
2031	3.48%	1.63%	1.10%
2032	3.36%	1.60%	1.08%
2033	3.25%	1.58%	1.07%
2034	3.15%	1.55%	1.06%
2035	3.06%	1.53%	1.05%
2036	2.96%	1.51%	1.04%
2037	2.88%	1.48%	1.03%
2038	2.80%	1.46%	1.02%
2039	2.72%	1.44%	1.01%
2040	2.65%	1.42%	1.00%
2041	2.58%	1.40%	0.99%
2042	2.52%	1.38%	0.98%

Posteriormente, se procedió a proyectar el TPDA de la vía en estudio, considerándose desde el año 2022 un período de 20 años.

AÑO	No	TIPO DE VEHICULO							TPDA (mixtos)
		LIVIANOS	AUTOBUS	CAMIONES					
				2D	3-S	2-S1	2-S2	3-S2	
2022	0	458	4	46	3				511
2023	1	480	4	47	3	0	0	0	534
2024	2	502	4	47	3	0	0	0	557
2025	3	524	4	48	3	0	0	0	579
2026	4	546	4	48	3	0	0	0	602
2027	5	568	4	49	3	0	0	0	625
2028	6	591	4	49	3	0	0	0	648
2029	7	613	5	50	3	0	0	0	670
2030	8	635	5	50	3	0	0	0	693
2031	9	657	5	51	3	0	0	0	716
2032	10	679	5	52	3	0	0	0	739
2033	11	701	5	52	3	0	0	0	761
2034	12	723	5	53	3	0	0	0	784
2035	13	745	5	53	3	0	0	0	807
2036	14	767	5	54	4	0	0	0	830
2037	15	789	5	54	4	0	0	0	852
2038	16	811	5	55	4	0	0	0	875
2039	17	834	5	55	4	0	0	0	898
2040	18	856	5	56	4	0	0	0	921
2041	19	878	5	57	4	0	0	0	943
2042	20	900	5	57	4	0	0	0	966

En consideración a la siguiente recomendación del Ingeniero del Estudio de tráfico, se toma el Tráfico de la Estación No. 1 para calcular los diferentes estratos del pavimento: **“Tomar en cuenta la Proyección de tráfico de la Estación N° 1 a un periodo de 10 y 20 años, para el diseño del pavimento”**.

T.P.D.A.= 511 Vehículos mixtos/Día/Ambos sentidos proyectados a 20 años

3.2.1 Factor Equivalente de Carga (FEC) Valor Numérico. -

Expresa la relación entre la pérdida de Serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 KN y la producida por un eje en el mismo eje

A continuación, se detalla la ecuación para obtener los diferentes Factores Equivalentes de Cargas por tipo de vehículo:

$$FEC = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

Donde:

W_{t18} : Numero de Esal's de 80KN que producen una pérdida de Serviciabilidad.

W_{tx} : Numero de Esal's de 80KN que producen la misma pérdida de Serviciabilidad.

ESAL: Es el numero de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestion, en relacion al paso de un eje de carga Estandar, que usualmente es de 18Kips=18000lb.

4. CÁLCULO DEL DISEÑO PARA LOS 10 PRIMEROS AÑOS

DIPAV 2.3

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Cálculo del TPDA Cálculo de Factores Equivalentes Vehiculares (FC)

Año	Livianos	Tipo 2	Bus	2D	Tipo 5	3S
2022	458		4	46		3
2023	480		4	47		3
2024	502		4	47		3
2025	524		4	48		3
2026	546		4	48		3
2027	568		4	49		3
2028	591		4	49		3
2029	613		5	50		3
2030	635		5	50		3
2031	657		5	51		3

Número Estructural Asumido (pulgadas) 3 Exportar Período de diseño 10

Porcentaje de Tráfico en el Camil de Diseño (ESALs)(%) 100 Editar Tipos Nro. de Vehículos 6

Número de Ejes Equivalentes ESALs 191,856 Calcular <===== Ok

4.1. Determinación de los Módulos Resilientes de PSI a Kpa.

Módulo Resiliente de la Subrasante

$$Mr = 2555.cbr^{0.64}$$

$$CBR=5.15\%$$

$$Mr=7.293.69 \text{ PSI}$$

$$(1\text{PSI}=6.89475788 \text{ Kpa})$$

$$Mr=50.288.22\text{Kpa}$$

Realizando el mismo procedimiento, se determinó los módulos resilientes de las otras capas granulares, tal como se indica en el siguiente cuadro de resumen:

Capa Granular	CBR	Módulo Resiliente PSI	Módulo Resiliente KPa
Mejoramiento	20%	11.000	75.842
Subbase	30%	15.000	103.421
Base Clase 1	≥80%	30.000	206.842

METODO AASHTO (DIPAV 2.3)

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Serviciabilidad Inicial (Po) 4.2

Serviciabilidad Final (Pt) 2

Módulo Resiliente de la Subrasante (Mr)(KPa) - (psi) 50,288.22 KPa ==> 729,369 psi Calcular

Confiabilidad (R)(%) 85

Desviación Estándar (So) 0.45

Número de Ejes Equivalentes ESALs 191.856 Calcular ESALs

Número de Etapas de Construcción 1

Número Estructural (mm) - (pulg) 64 2.52

☒ SN Calcular

☐ ESALs Borrar todo

4.2. RESUMEN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE.

A continuación, se presenta el resumen de la selección de los parámetros que se utilizaran en el diseño de la estructura de pavimento flexible:

- Período de comportamiento máximo, $t = 10$ años
- Confiabilidad, $R = 85\%$
- Desviación normal estándar, $Z_r = -1.037$
- Desviación general estándar, $S_o = 0.45$
- Índice de servicio inicial, $P_o = 4.2$
- Índice de servicio Terminal, $P_t = 2.0$
- Pérdida de Serviciabilidad general, $\Delta PSI = 2.2$
- Coeficiente de Drenaje para las capas, $m_{2,3} = 0.6$
- Módulo resiliente de la Subrasante, $Mr = 50288.22$ KPa

- Módulo de la carpeta asfáltica, $M_{r1} = 2757924.18 \text{ KPa}$
- Módulo de la base Clase 1 Tipo A MOP, $M_{r2} = 206842.72 \text{ KPa}$
- Módulo de la Subbase Clase 1 Tipo A MOP, $M_{r3} = 103421.36 \text{ KPa}$
- Módulo de la Base cementada, $M_{r2'} = 3499993.385 \text{ KPa}$
- Módulo de la Base asfáltica, $M_{r3'} = 980665 \text{ KPa}$
- Coeficiente de capa para la carpeta asfáltica, $a_1 = 0.42 \text{ pg}^{-1}$
- Coeficiente de capa para la base granular, $a_2 = 0.14 \text{ pg}^{-1}$
- Coeficiente de capa para la Subbase, $a_3 = 0.11 \text{ pg}^{-1}$
- Coeficiente de capa para la Base cementada. $A_2' = 0.12 \text{ pg}^{-1}$
- Coeficiente de capa para la Base asfáltica, $A_3' = 0.18 \text{ pg}^{-1}$

4.3 ALTERNATIVA 1

DIPAV 2.3 - El Deseo Informe - Alternativa 1.dpv

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coeficiente Estructural (a_i)	Coeficiente de Drenaje (m_i)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
Asfalto	0.42	1	2,757,924		88	37	100
Base_Granular	0.14	0.6	206,842		141	12	150
Subbase	0.11	0.6	103,421		228	15	200

DIPAV 2.3

Espesores validos para el proyecto

Aceptar

Verificar

Número Estructural Alcanzado 68

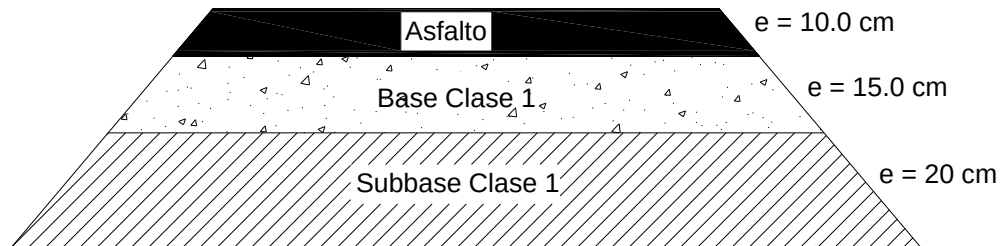
Número Estructural Requerido 64

ALTERNATIVA 1.- Resultados Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible para la vía El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno

La estructura de pavimento asfáltico de la vía para los 10 primeros años, queda constituida de la siguiente manera: una carpeta asfáltica de 10.0 cm de espesor con una estabilidad Marshall

de 2200lb, 15.0 cm de material de Base granular Clase 1 tipo MTOP con $CBR \geq 80\%$ y 20.0 cm de Subbase Clase 1 Tipo MTOP con $CBR \geq 30\%$.

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO



Después de 10 años se colocará un recapeo con 5.0 cm de asfalto.

4.4 ALTERNATIVA 2 (BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO)

Para esta alternativa, se deberá mejorar mínimo 15 cm la subrasante con Material de Mejoramiento de la subrasante con un CBR mínimo del 20%.

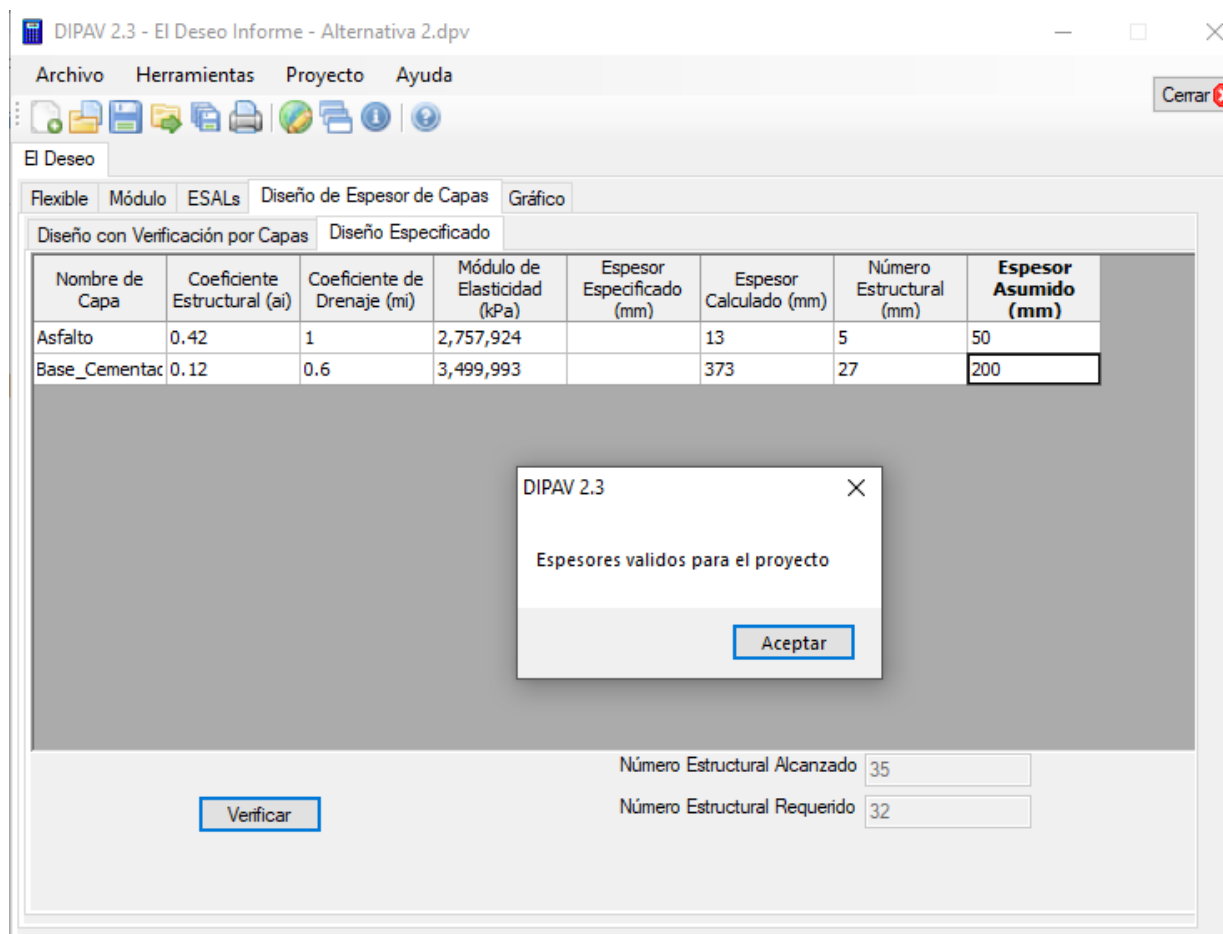
Por lo que el módulo de resiliencia de la subrasante ha sido determinado con la siguiente formula:

$$Mr = 2555. cbr^{0.64}$$

$$Mr = 2555. (80)^{0.64} = 42205.44 \text{ psi} = 290996.26 \text{ KPa}$$

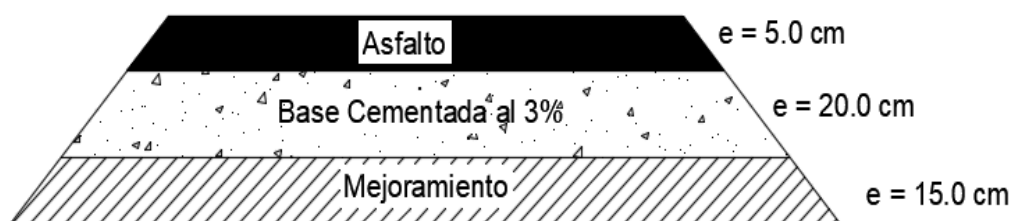
Para este diseño se recomienda utilizar material de base estabilizado con cemento Pórtland al 3%, donde se alcanzará un valor cercano a los 5 GPa. Sin embargo, teóricamente (por seguridad), se utilizará un módulo de 3.5 GPa.

$$Mr = 3.5 \text{ GPa} = 507632 \text{ psi} = 3499999.43 \text{ kPa}$$



ALTERNATIVA 2.- Resultados Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible para la vía El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno

La estructura de pavimento asfáltico de la vía para los 10 primeros años, queda constituida de la siguiente manera: una carpeta asfáltica de 5.0 cm de espesor con una estabilidad Marshall de 2200lb, 20.0 cm de material de Base estabilizada con cemento al 3% y 15.0 cm de Mejoramiento de la subrasante con $CBR \geq 20\%$, a fin de lograr el espesor de mejoramiento recomendado en el diseño del pavimento.



CÁLCULO DEL DISEÑO PARA LOS 10 AÑOS SIGUIENTES

DIPAV 2.3

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Cálculo del TPDA Cálculo de Factores Equivalentes Vehiculares (FC)

Año	Livianos	Tipo 2	Bus	2D	Tipo 5	3S
2032	679		5	52		3
2033	701		5	52		3
2034	723		5	53		3
2035	745		5	53		3
2036	767		5	54		4
2037	789		5	54		4
2038	811		5	55		4
2039	834		5	55		4
2040	856		5	56		4
2041	878		5	57		4

Número Estructural Asumido (pulgadas) 3 Exportar Periodo de diseño 10

Porcentaje de Tráfico en el Camil de Diseño (ESALs)(%) 100 Editar Tipos Nro. de Vehículos 6

Número de Ejes Equivalentes ESALs 217,382 Calcular <===== Ok

DIPAV 2.3 - El Deseo Informe - Alternativa 2.dpv

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
Asfalto	0.42	1	2,757,924		14	6	50
Base_Cementar	0.12	0.6	3,499,993		378	27	200

DIPAV 2.3

Espesores validos para el proyecto

Aceptar

Verificar

Número Estructural Alcanzado 35

Número Estructural Requerido 33

Después de 10 años se colocará un recapeo con 5.0 cm de asfalto.

4.5. ALTERNATIVA 3 (BASE ASFÁLTICA)

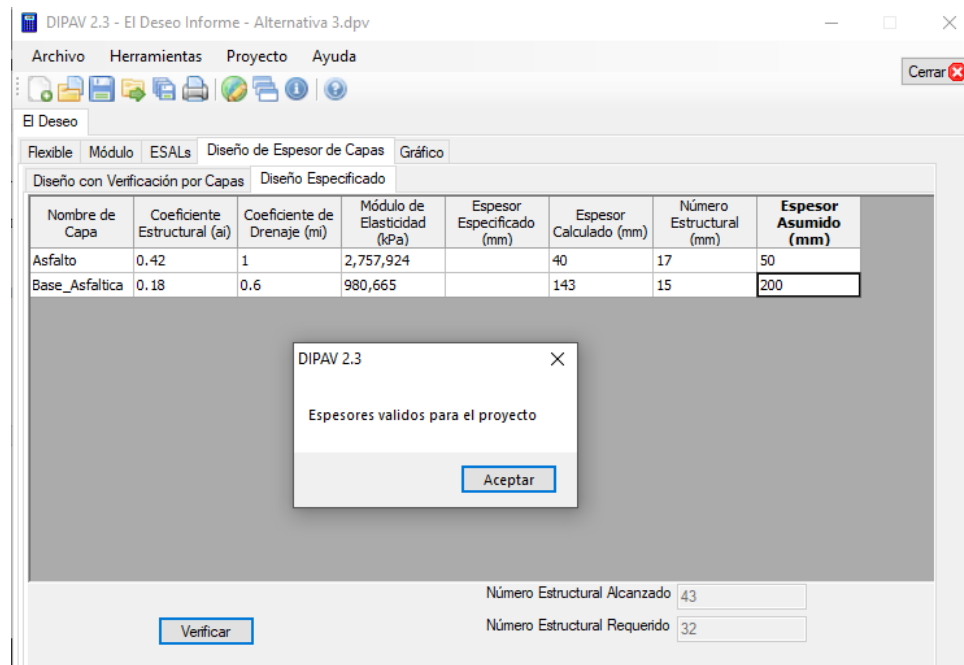
Para esta alternativa, se deberá mejorar mínimo 15 cm la subrasante con Material de Mejoramiento de la subrasante con un CBR mínimo del 20%.

Por lo que el módulo de resiliencia de la subrasante ha sido determinado con la siguiente formula:

$$Mr = 2555.cbr^{0.64}$$

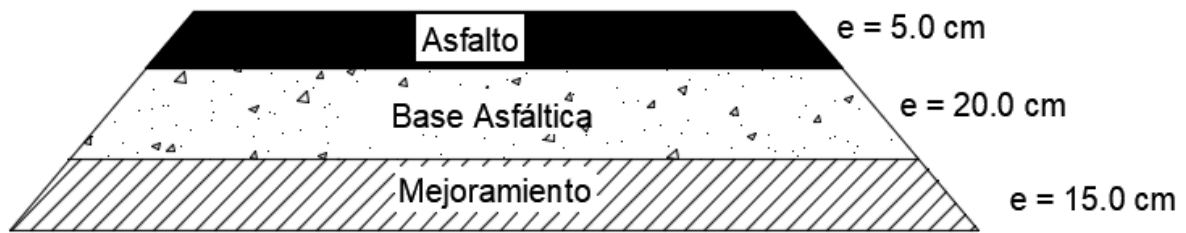
$$Mr = 2555.(80)^{0.64} = 42205.44 \text{ psi} = 290996.26 \text{ KPa}$$

Para esta alternativa se ha propuesto material de base estabilizado con hormigón asfáltico, se deberá asegurar un módulo de resiliencia mayor o igual a $10000 \text{ Kg/cm}^2 = 980665 \text{ KPa}$.



ALTERNATIVA 3.- Resultados Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible para la vía El Deseo – La Inmaculada – Cruce Bueno

La estructura de pavimento asfáltico de la vía queda constituida de la siguiente manera: una carpeta asfáltica de 5.0 cm de espesor con una estabilidad Marshall de 2200lb, 20.0 cm de material de Base estabilizada con asfalto y los primeros 15.0 cm de la subrasante estabilizada con 1% de cemento con $CBR \geq 80\%$.



CÁLCULO DEL DISEÑO PARA LOS 10 AÑOS SIGUIENTES

DIPAV 2.3

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Cálculo del TPDA Cálculo de Factores Equivalentes Vehiculares (FC)

Año	Livianos	Tipo 2	Bus	2D	Tipo 5	3S
2032	679		5	52		3
2033	701		5	52		3
2034	723		5	53		3
2035	745		5	53		3
2036	767		5	54		4
2037	789		5	54		4
2038	811		5	55		4
2039	834		5	55		4
2040	856		5	56		4
2041	878		5	57		4

Número Estructural Asumido (pulgadas) 3 Exportar Período de diseño 10

Porcentaje de Tráfico en el Camil de Diseño (ESALs)(%) 100 Editar Tipos Nro. de Vehículos 6

Número de Ejes Equivalentes ESALs 217,382 Calcular <***** Ok

DIPAV 2.3 - El Deseo Informe - Alternativa 3.dpv

Archivo Herramientas Proyecto Ayuda

El Deseo

Flexible Módulo ESALs Diseño de Espesor de Capas Gráfico

Diseño con Verificación por Capas Diseño Especificado

Nombre de Capa	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficiente de Drenaje (mi)	Módulo de Elasticidad (kPa)	Espesor Especificado (mm)	Espesor Calculado (mm)	Número Estructural (mm)	Espesor Asumido (mm)
Asfalto	0.42	1	2,757,924	41	17	17	50
Base_Asfaltica	0.18	0.6	980,665		145	16	200

DIPAV 2.3

Esposores validos para el proyecto

Aceptar

Número Estructural Alcanzado 43

Número Estructural Requerido 33

Verificar

Después de 10 años se colocará un recapeo con 5.0 cm de asfalto.

4. CONCLUSIONES

Con base en los diseños propuestos y en el análisis económico realizado, se concluye que las alternativas más viables son: la estructura de pavimento estabilizada con asfalto y la estructura de pavimento estabilizada con cemento, sin embargo, por menor costo y dado que el control de calidad de una base estabilizada con asfalto es más difícil de ejecutar que el realizado en la base estabilizada con cemento, se recomienda optar por la base estabilizada con cemento Pórtland (alternativa 2).

5. RECOMENDACIONES

- El material de la primera capa de la Calicata # 1 se puede reutilizar como material de mejoramiento, ya que es el único material existente que cumple con un $CBR \geq 20\%$.
- Se excavará lo que se requiera para colocar la estructura de pavimento diseñada, se nivelará con las pendientes respectivas y se compactará el fondo de la excavación, debiendo cumplir con las Especificaciones Generales del MOP-001-F-2002.
- Durante la ejecución del proyecto, se deberán realizar los ensayos y controles pertinentes, para asegurar que el material a colocar cumpla con los parámetros de diseño establecidos en el presente documento.

Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
Ing. Gianmarco Pendola M.	Ing. Melanie Álvarez A.	Ing. Jorge Carrillo Tutivén
 Firmado electrónicamente por: GIANMARCO RENATO PENDOLA MIRAGLIA	 Firmado electrónicamente por: MELANIE ESTEFANIA ALVAREZ ALVARADO	 Firmado electrónicamente por: JORGE RAUL CARRILLO TUTIVEN
Director de Proyecto	Supervisora del Contrato	Administrador de Contrato