



Marco Apunte Ordóñez

Estudios y Fiscalización de Obras
Civiles, Vías, Estructuras, Drenes

“ESTUDIO Y DISEÑO DEFINITIVO DE LA VÍA SAN ANTONIO – SAN MIGUEL, EN LOS CANTONES GUAYAQUIL Y PLAYAS, DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS”

INFORME DE DISEÑO DE PAVIMENTO



Marco Apunte Ordóñez
Ingeniero Civil - Consultor



DISEÑO DE PAVIMENTOS

Contenido

1 ANTECEDENTES	3
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 DATOS GENERALES	3
1.3 SECCIÓN TÍPICA RECOMENDADA	4
1.4 TRÁFICO	4
1.5 MODULO RESILIENTE DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE	6
.....	8
2 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	9
2.1 INTRODUCCIÓN.....	9
2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS	9
2.3 SECCIONES HOMOGÉNEAS	10
2.4 PERIODO DE ANÁLISIS.....	10
2.5 TRANSITO Y EJES EQUIVALENTES	10
2.6 CONFIABILIDAD Y DESVÍO ESTÁNDAR	12
2.7 NIVELES DE SERVICIABILIDAD	13
2.8 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	14
2.9 COEFICIENTES DE DRENAJE	16
2.10 Método AASHTO 1993.	18
2.10.1 Pavimento a 20 años con refuerzo a los 10 años.....	21
2.11 RESUMEN DE RESULTADOS	21
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TRAMO TOTAL	22
3.2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CRUCE DE PUEBLO SAN MIGUEL	23
3.3 RUBROS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	24
3.4 RUBROS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO.....	25
ANEXO 1: CALCULO FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA	26
ANEXO 2: CALCULO DE EJES EQUIVALENTES	28



DISEÑO DEL PAVIMENTO

1 ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe trata sobre el diseño de pavimento de la vía San Antonio - San Miguel, con base a los resultados que se presentaron en la FASE I. El informe del Estudio de Suelos de Subrasante donde se resumió todas las actividades del estudio de suelos y el informe del estudio de fuentes de materiales. Además, se ha tomado los resultados obtenidos del estudio de asignación de tráfico.

1.2 DATOS GENERALES

La vía San Antonio - San Miguel, se localiza en el sur occidente del Ecuador, el proyecto requiere la dotación de pavimento asfáltico y la puesta a punto de la vía existente construida para dar acceso a la población de la zona y el desarrollo de la actividades de la industria camaronera.

La vía existente está dotada de una capa de superficie de rodadura granular y al momento del estudio se colocaba una capa de material asfáltico. La vía soporta el tráfico de camiones y la capa de rodadura requiere un continuo mantenimiento para que este expedita; además, la mayor parte del año en la zona presenta una escasa pluviosidad haciendo dificultoso el tránsito vehicular por la generación de polvo en los tramos sin material asfáltico.

El estudio considera que las actividades camaroneras, necesitan una vía expedita para las actividades de extracción y transporte para su adecuado desarrollo y beneficio económico a la comunidad.

De acuerdo con la información existente, los principales rasgos climáticos corresponden a una zona donde los veranos son cortos, calurosos y opresivos; los inviernos son largos, cómodos, bochornosos, secos y ventosos y está parcialmente nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 19 °C o sube a más de 29 °C.

En relación a la Precipitación Media Mensual (mm). La temporada de lluvia dura 5,0 meses, del 27 de diciembre al 29 de mayo, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia es febrero, con un promedio de 49 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 7,0 meses, del 29 de mayo al 27 de diciembre. El mes con menos lluvia es septiembre, con un promedio de 1 milímetros de lluvia.



Figura N° 1 Ubicación del proyecto



1.3 SECCIÓN TÍPICA RECOMENDADA

En el informe de estudio de tráfico, se establece que: De acuerdo al TPDA proyectado para las estaciones ejecutadas para el año 2042, la vía se enmarca como Tipo Clase III para terreno llano.

Cuadro N° 1 Tramos y secciones viales

TRAMO	TPDA año 2042	Características de la sección vial recomendada			
		Clase de carretera recomendada	Ancho de calzada m.	Ancho del espaldón m.	Ancho Total m.
Tramo: Total	969 a 1266	III	6,70	2,00	10.70

1.4 TRÁFICO

Se ha realizado el estudio de tráfico del proyecto y los resultados de la asignación de tráfico se muestran en el cuadro a continuación, para límite superior y para límite inferior:



Cuadro N° 2 Proyección del TPDA Estación N° 1 – 20 año (Límite Superior)

AÑO	No	TIPO DE VEHICULO									
		LIVIANOS	AUTOBUS	CAMIONES							TPDA (mixtos)
				2D	3A	2-S1	2-S2	2-S3			
2022	0	448	13	243	39	1	1	0	8	3	756
2023	1	470	13	246	39	1	1	0	8	3	781
2024	2	491	14	249	40	1	1	0	8	3	807
2025	3	513	14	252	40	1	1	0	8	3	832
2026	4	534	14	255	41	1	1	0	8	3	858
2027	5	556	15	258	41	1	1	0	8	3	883
2028	6	578	15	261	42	1	1	0	9	3	909
2029	7	599	15	263	42	1	1	0	9	3	934
2030	8	621	16	266	43	1	1	0	9	3	960
2031	9	642	16	269	43	1	1	0	9	3	985
2032	10	664	16	272	44	1	1	0	9	3	1011
2033	11	686	17	275	44	1	1	0	9	3	1036
2034	12	707	17	278	45	1	1	0	9	3	1062
2035	13	729	17	281	45	1	1	0	9	3	1087
2036	14	751	18	284	46	1	1	0	9	4	1113
2037	15	772	18	287	46	1	1	0	9	4	1138
2038	16	794	18	290	46	1	1	0	10	4	1164
2039	17	815	19	293	47	1	1	0	10	4	1189
2040	18	837	19	296	47	1	1	0	10	4	1215
2041	19	859	19	298	48	1	1	0	10	4	1240
2042	20	880	20	301	48	1	1	0	10	4	1266

Cuadro N° 3 Proyección del TPDA Estación N° 1 – 20 año (Límite Inferior)

AÑO	No	TIPO DE VEHICULO									TPDA (mixtos)
		LIVIANOS	AUTOBUS	CAMIONES							
				2D	3A	2-S1	2-S2	2-S3			
2022	0	343	10	186	30	1	1	0	6	2	579
2023	1	360	10	188	30	1	1	0	6	2	599
2024	2	376	11	190	31	1	1	0	6	2	618
2025	3	393	11	193	31	1	1	0	6	2	638
2026	4	409	11	195	31	1	1	0	6	2	657
2027	5	426	11	197	32	1	1	0	6	2	677
2028	6	442	12	199	32	1	1	0	6	2	696
2029	7	459	12	202	33	1	1	0	7	2	716
2030	8	475	12	204	33	1	1	0	7	2	735
2031	9	492	12	206	33	1	1	0	7	2	755
2032	10	508	13	208	34	1	1	0	7	2	774
2033	11	525	13	211	34	1	1	0	7	2	794
2034	12	542	13	213	34	1	1	0	7	2	813
2035	13	558	13	215	35	1	1	0	7	2	833
2036	14	575	14	217	35	1	1	0	7	2	852
2037	15	591	14	220	35	1	1	0	7	2	872
2038	16	608	14	222	36	1	1	0	7	2	891
2039	17	624	14	224	36	1	1	0	7	2	911
2040	18	641	15	226	36	1	1	0	7	2	930
2041	19	657	15	228	37	1	1	0	7	2	950
2042	20	674	15	231	37	1	1	0	7	2	969



Así mismo, el estudio de tráfico ha determinado las siguientes tasas de crecimiento de tráfico:

Cuadro N° 4 Tasa de crecimiento

AÑOS	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2022	5.07%	2.70%	1.22%
2023	4.82%	2.63%	1.20%
2024	4.60%	2.56%	1.19%
2025	4.40%	2.50%	1.17%
2026	4.21%	2.44%	1.16%
2027	4.04%	2.38%	1.15%
2028	3.89%	2.32%	1.13%
2029	3.74%	2.27%	1.12%
2030	3.61%	2.22%	1.11%
2031	3.48%	2.17%	1.10%
2032	3.36%	2.13%	1.08%
2033	3.25%	2.08%	1.07%
2034	3.15%	2.04%	1.06%
2035	3.06%	2.00%	1.05%
2036	2.96%	1.96%	1.04%
2037	2.88%	1.92%	1.03%
2038	2.80%	1.89%	1.02%
2039	2.72%	1.85%	1.01%
2040	2.65%	1.82%	1.00%
2041	2.58%	1.78%	0.99%
2042	2.52%	1.75%	0.98%

1.5 MODULO RESILIENTE DE DISEÑO DE LA SUBRASANTE

En el informe de estudio de suelos de la subrasante se determina el Módulo Resiliente de diseño utilizando las correlaciones con el CBR y de acuerdo con las recomendaciones técnicas del Instituto del Asfalto. El CBR de diseño se determina según el valor del percentil acorde con el nivel de tráfico y en este informe se incluye el análisis del Mr en relación a la pluviometría de la zona.

En el caso del proyecto acorde con los estudios de tráfico realizados, se determina que el número de ejes equivalentes es mayor a un millón de ejes; por lo tanto el percentil que corresponde es del 87.5%.



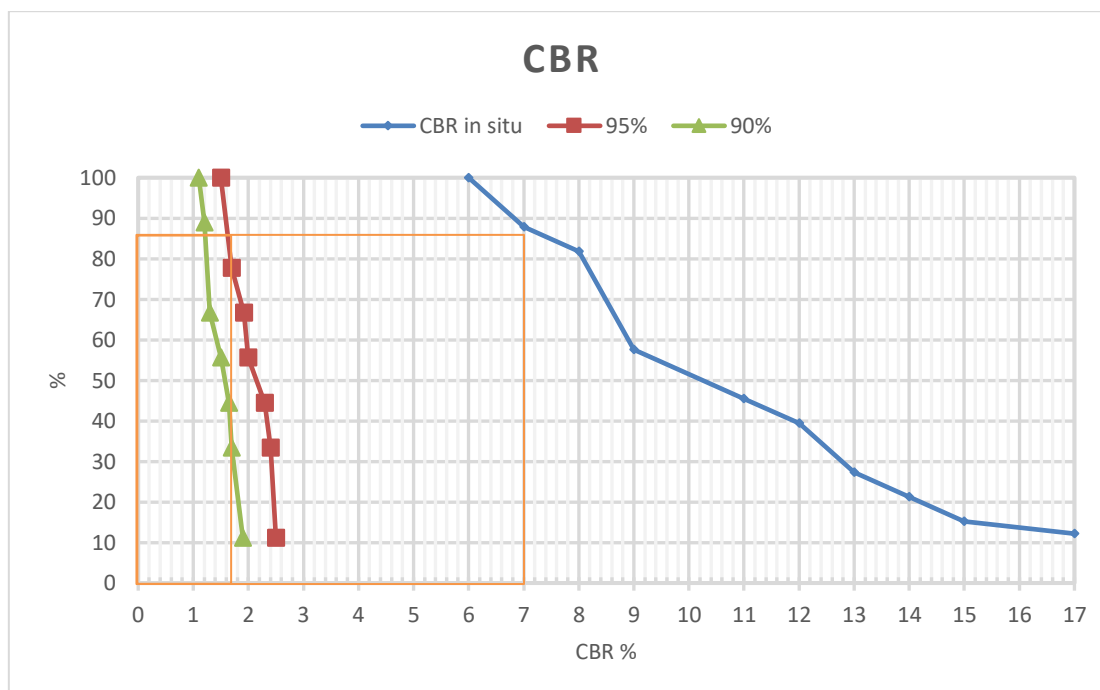
Cuadro N° 5 Recomendaciones del Instituto del Asfalto para escoger el CBR de diseño

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> de 1,000,000 ESAL's	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto, (MS-1) 1,991

En las Figura a continuación se expone conjuntamente para cada abscisa el CBR_{95%} CBR_{90%} de laboratorio y el CBR *in situ* obtenidos mediante el ensayo DCP realizados en el mes de septiembre y octubre que son los meses con la menor pluviosidad.

Figura N° 2 Gráfica para la selección del CBR de diseño



El CBR *in situ* en la mayoría de los casos es mayor que el obtenido en laboratorio. La subrasante del proyecto en la mayoría de su longitud tendrá como subrasante la actual, esto es la del camino existente, por lo que se obtiene el Módulo Resiliente de la Subrasante a partir del CBR *in situ* obtenido con el ensayo DCP. El CBR *in situ* es el que tendría la subrasante en los meses secos y el CBR de laboratorio sería similar al CBR que tendría la subrasante en los meses de mayor pluviosidad.

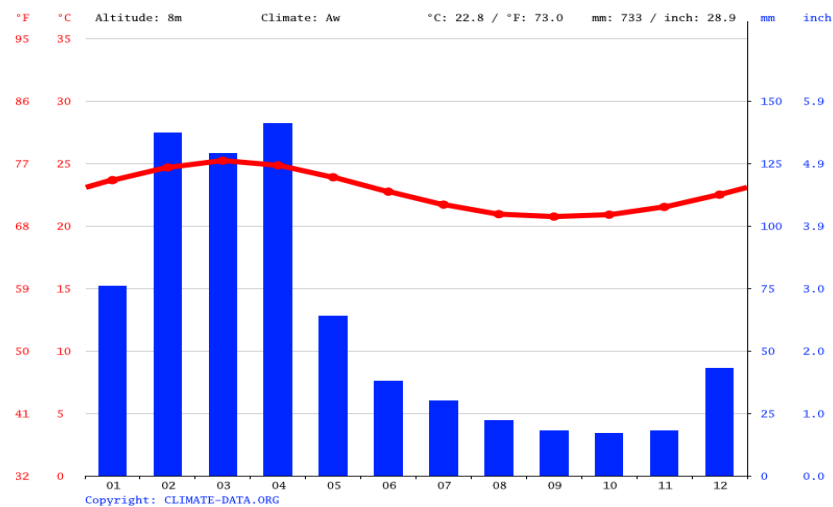
El módulo resiliente de la sub rasante de diseño para el proyecto es el siguiente: $MR (psi) = 1500 \cdot CBR$



Cuadro N° 6 Módulo Resiliente de la Sub Rasante respecto del nivel de tránsito

Mes	Nivel de tránsito Esal's	Valor de percentil para diseño de la Sub Rasante (%)	CBR de diseño (%)	Módulo Resiliente de diseño (psi)
Húmedo	$> 10^5$	87.5	1.7	2550
Seco	$> 10^5$	87.5	7.0	10500

Cuadro N° 7 Módulo Resiliente de Diseño de la Sub Rasante



	M_r (psi)	u_f
Mes	2550	1,474717346
Enero	2550	1,474717346
Febrero	2550	1,474717346
Marzo	2550	1,474717346
Abril	2550	1,474717346
Mayo	2550	1,474717346
Junio	10500	0,055299707
Julio	10500	0,055299707
Agosto	10500	0,055299707
Septiembre	10500	0,055299707
Octubre	10500	0,055299707
Noviembre	10500	0,055299707
Diciembre	2550	1,474717346
Suma =	10,65481967	
Promedio=	6219,2	0,82
M_r (psi) =	3284,92	

$$u_f = 1.18 \times 10^8 (M_R)^{-2.32}$$

$$M_R = 3015(u_f)^{-0.431}$$

Se obtiene el $M_r = 3284.92$ psi para el diseño de las alternativas de pavimentos



2 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

2.1 INTRODUCCIÓN

Para el diseño de la estructura se procedió con las siguientes instancias: Estudio de la subrasante; estudio de fuentes de materiales, tráfico, clima y régimen de precipitaciones de acuerdo con los términos de referencia se aplica el método del AASHTO, versión 1993.

Con base en el análisis de la información proporcionada por los ensayos, el tránsito esperado y pronosticado para la vía, la capacidad de soporte de la subrasante verificada mediante los ensayos de CBR realizados según el método ASTM D – 1883, se determina la alternativa de solución óptima.

La vida útil prevista es de 20 años. Se utiliza un período de diseño de 10 a 20 años para estimar la corrección y el refuerzo adicional y diseño definitivo de la estructura al año 10 de acuerdo a lo solicitado en los términos de referencia.

En resumen, el diseño del pavimento se utilizó las siguientes antecedentes:

- Método AASHTO; versión 1993.
- Tráfico.- El número acumulado de repeticiones del carga de eje equivalente de diseño (8.2 ton), que circulará por el carril durante la vida útil prevista de 10 años y 20 años.
- Condiciones Climatológicas. Para tener en cuenta la incidencia de las condiciones climáticas.

2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS

Para el diseño del pavimento del Proyecto se parte de las siguientes premisas:

- La concepción del diseño del pavimento para la vía se enmarca en el concepto de estructura de bajo a mediano volumen de tráfico, influenciada por la explotación de la industria camaronera.
- Se trata de una zona ubicada en un sector con pluviometrías bajas y prolongadas; y, el volumen de tráfico medio.
- Los suelos de subrasante están constituidos principalmente por suelos finos, principalmente arcillas, tienen valores bajos de capacidad de soporte cuando se encuentran remoldeados y compactado a humedad óptima. Las capacidades de soporte son medianas en condiciones *in situ*, es decir ha bajo contenido de humedad, esto derivadas de la escasa pluviosidad gran parte del año.
- Los parámetros representativos de la subrasante fueron seleccionados basándose en los ensayos laboratorio de muestras recuperadas de calicatas ejecutadas en la sub rasante, ensayos DCP. Se realizó la evaluación de los datos obtenidos y se escogen aquellos que mejor representen las propiedades de la subrasante y de los materiales que conforman la estructura de pavimento actual.



2.3 SECCIONES HOMOGÉNEAS

En el informe de estudio de suelos de subrasante, se presenta un análisis de variabilidad a lo largo de la vía, de cada uno de los parámetros que caracterizan al pavimento. Sobre la base que nos proporciona esta información se pueden definir sectores homogéneos a fin de optimizar la alternativa o alternativas que se recomienden. Sin embargo, al observar las gráficas de los parámetros que influyen en el diseño del pavimento, no hay una clara definición de zonas homogéneas, por lo que se opta por diseñar un solo tramo.

2.4 PERIODO DE ANÁLISIS

Los términos de referencia estable el diseño de tres alternativas, por otra parte el diseño estructural del pavimento considera un periodo de análisis de 20 años en todos los casos y periodos de vida útil variables que implican la construcción de refuerzos hasta cubrir los 20 años. Además se diseña una alternativa única para el pavimento del cruce del pueblo San Miguel.

Alternativa 1.- Pavimento de hormigón asfáltico con refuerzo a los 10 años

Pavimento	Refuerzo	Periodo de análisis
10 Años	10 años	20 años

Alternativa 2.- Pavimento de hormigón a 20 años

Pavimento	Periodo de análisis
20 Años	20 años

Alternativa 3.- Pavimento de hormigón con base asfáltica

Pavimento	Periodo de análisis
20 Años	20 años

2.5 TRANSITO Y EJES EQUIVALENTES

Para el cálculo de ejes equivalentes se ha considerado:

Las proyecciones de tránsito estimadas y presentadas en el Capítulo I de este informe donde se ha obtenido el tránsito promedio diario anual (TPDA) para los años 2022 al 2042.

Con los anteriores datos se ha calculado el número de ejes equivalentes a 8.2 toneladas para cada periodo de vida útil considerada, en el carril de diseño y durante el periodo de diseño.



A continuación se expone los conceptos y la formulación según la Guía de la AASTHO 93

Factor Equivalente de Carga (FEC) Valor Numérico, expresa la relación entre la perdida de Serviciabilidad causada por la carga de un tipo de eje de 80 KN y la producida por un eje estándar 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} : Número de Esal's de 18 kips 80KN que producen una pérdida de Serviciabilidad.

W_{tx} : Número de ejes de X que producen la misma perdida de Serviciabilidad.

Se calcula mediante las siguientes expresiones o se obtienen directamente mediante interpolación de las Tablas del Manual de la AASTHO 93:

$$\log\left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}}\right) = 4.79 \log(18+1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}}$$
$$B_x = 0.4 + \frac{0.08(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$
$$B_{18} = 0.4 + \frac{0.08(18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}}$$

La expresión B_x representa la función del diseño y de las cargas que influyen en la Serviciabilidad P_t .

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right)$$
$$GY = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

Ejes equivalentes de carga (esal's), es la cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 Kips (80 KN) para un periodo determinado, utilizamos esta carga equivalente por efectos de cálculo ya que el transito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes.

Los Ejes Equivalentes se los denominan ESAL "Equivalent Simple Axial Load", Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:



$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FEC * TPDA * GYDL * 365$$

En donde:

Pt: Índice de Serviciabilidad Final.

SN: Número Estructural (Calidad de Capa).

Lx: Carga en Kips sobre un eje Simple, Tándem y Tridem.

L2= 1, 2,3 Código de Eje.

L2= 1 Eje Simple.

L2= 2 Eje Tándem.

L2= 3 Eje Tridem.

r: Tasa de Crecimiento.

Y: Periodo de Diseño.

G: Factor de Crecimiento.

D: Factor de Distribución de Dirección.

L: Factor de Distribución por Carril.

El detalle del cálculo se presenta en el anexo 1 y 2. El resumen de datos para diseño se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 8 Resumen de Ejes Equivalentes

TRAMO	TPDA 2022	Ejes Equivalentes 8.2 ton	
		10 años	20 años
Total Abscisa Km 0+000 a Km 7+500	756	653.570,58	1.338.775,21

2.6 CONFIABILIDAD Y DESVÍO ESTÁNDAR

La Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla la función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones (medio ambiente) que tienen lugar en ese lapso. Dado que el pavimento que se está proyectando corresponde al de una vía colectora de zona rural se adopta una Confiabilidad del 90%. Para la construcción en dos etapas la vida útil es menor que el periodo de análisis, la confiabilidad es un poco mayor y debe ser calculada según la AASHTO utilizando la siguiente expresión:

$$R_{etapa} = (R_{total})^{1/n}$$

dónde:

R es la Confiabilidad y **n** es el número de etapas previstas.

Según esto, le corresponde una Confiabilidad de $(0.90)^{1/2} = 0.95$ o 95%.



Cuadro N° 9 Clasificación

CLASIFICACION FUNCIONAL	NIVELES RECOMENDADOS	
	URBANOS	RURALES
Carreteras interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Vías colectoras	80 - 95	75 - 95
Vías locales	50 - 80	50 - 80

Otra variable a tener en cuenta es el desvío estándar de todas las variables. Según las directrices de la AASHTO para la condición de diseño en donde puede haber variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito, como es el caso particular que aquí estamos considerando, conviene adoptar un desvío estándar de -1.645 para pavimentos flexibles.

Cuadro N° 10 Confiabilidad

CONFIABILIDAD (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090

2.7 NIVELES DE SERVICIABILIDAD

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. De acuerdo a las recomendaciones de la AASHTO se adopta una serviciabilidad inicial de 4.2 para pavimentos flexibles y una serviciabilidad final de 2.0 para caminos de tránsito medio que es el que conviene adoptar para pavimentos flexibles según el tránsito.

Cuadro N° 11 Niveles de serviciabilidad

Índices de Suficiencia (Pt)	Condición del Pavimento
5	Muy Bueno
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Pésimo



2.8 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

En la Ecuación del método de la AASTHO 1993, se presenta el concepto matemático de número estructural, “SN”, como la sumatoria del producto de los espesores de las capas, “Di”, por los coeficientes de capa, “ai”, y los coeficientes de drenaje, “mi”, en caso de trabajar con capas granulares no tratadas. Para la obtención de los coeficientes de capa “a1”, “a2” y “a3” deberán utilizarse las gráficas contenidas en la Guía AASTHO, como se muestran en las siguientes figuras, en donde se representan valores de correlaciones hasta de cinco diferentes pruebas de laboratorio: Módulo Elástico, Texas Triaxial, valor - R, CBR y Estabilidad Marshall

. **Figura N° 3 Variación del coeficiente a1 con el módulo elástico del hormigón asfáltico**

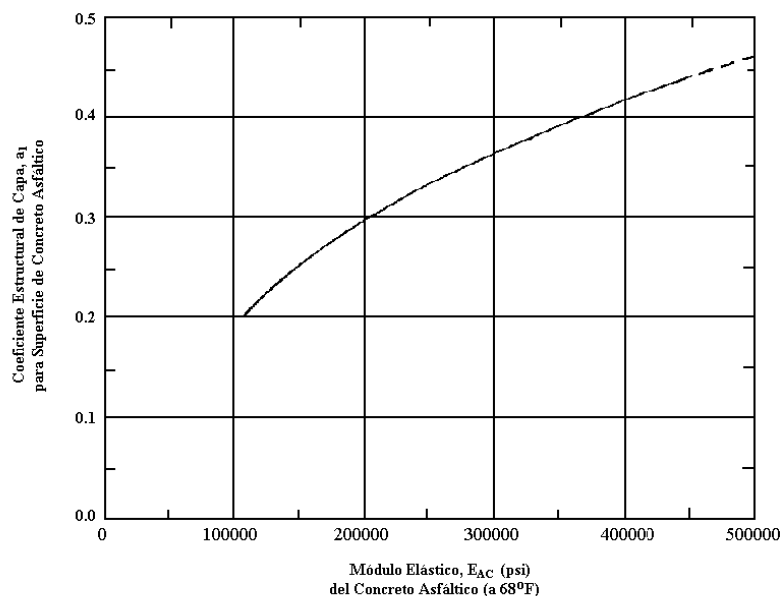
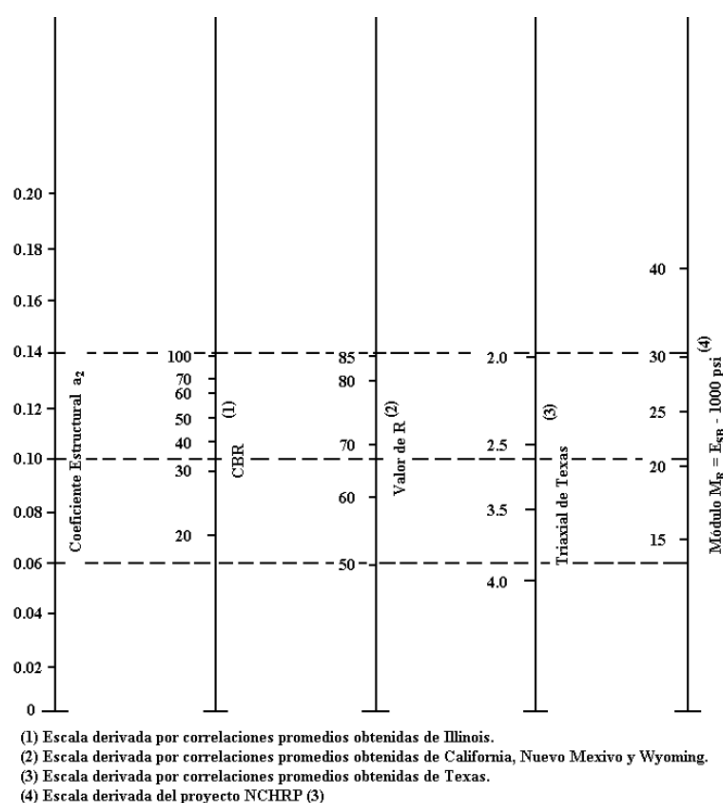


Figura N° 4 Variación del coeficiente a2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular.



Para los materiales de subbase es indispensable el establecimiento del módulo resiliente o en su defecto del CBR que permite mediante correlación establecer un valor aproximado del mismo. En el presente proyecto se ha planeado utilizar el material de las fuentes de materiales para la construcción de las capas de subbase, base y capa de rodadura y utilizar los materiales de la estructura de pavimento existente como capa de mejoramiento. Se ha estimado en forma preliminar que la subbase aportará un CBR de 40% y que la base granular aportara un CBR superior a 80%. A partir de los gráficos del manual AASHTO '93 (ver figuras a continuación) se obtiene los correspondientes módulo resiliente para la base y subbase.

Todos los materiales que conforman la estructura de pavimento deberán cumplir las especificaciones de construcción y estar de acuerdo con los estándares de calidad exigidos por las normas y especificaciones del MTOP.

Para la base granular obtenida de fuente de materiales de cantera triturados y cribados con un CBR mínimo de 100%, módulo de 30000 psi $a_2 = 0.14$. Para la subbase granular obtenida de fuentes de materiales de cantera, para un CBR mínimo de 40%, módulo de 16000 psi $a_3 = 0.12$.

Figura N° 5 Variación del coeficiente a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la subbase base granular.

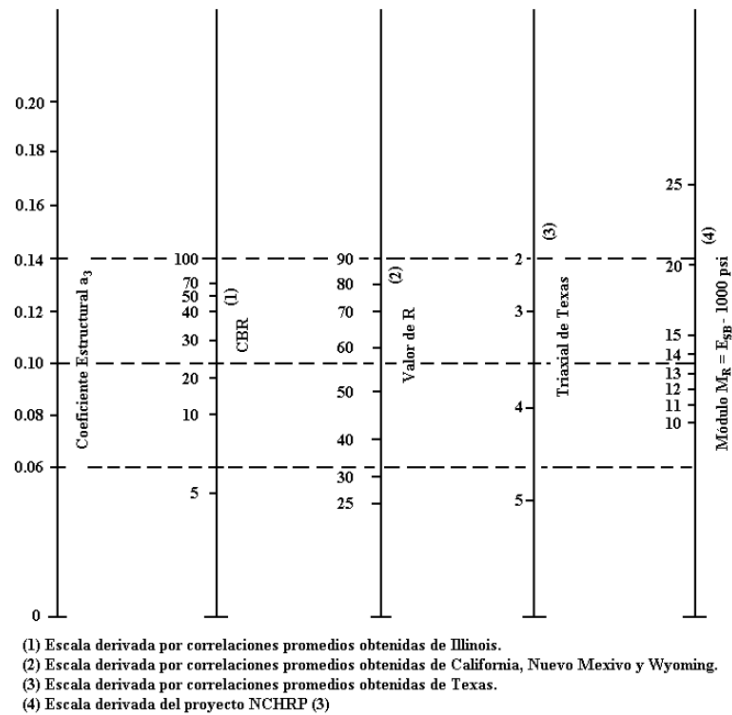
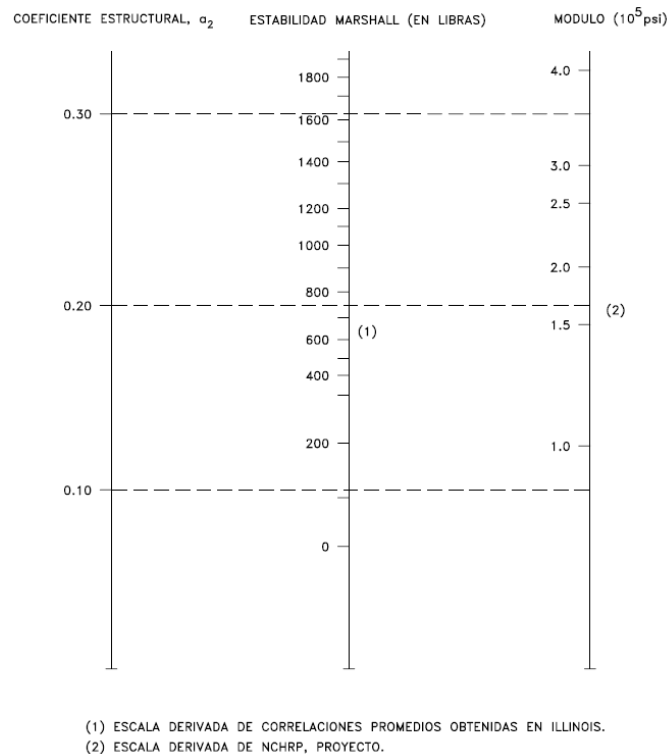


Figura N° 6 Variación del coeficiente a2 con diferentes parámetros de resistencia de las bases tratadas con asfalto



2.9 COEFICIENTES DE DRENAJE



Los coeficientes de drenaje tienen en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad próximos a la saturación. Estos coeficientes solo se aplican a bases y sub bases no tratadas. Es bien sabido que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la sub rasante, mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

Para elegir el coeficiente de drenaje para pavimentos flexibles de la Cuadro del manual AASHTO'93 se ha evaluado primero los siguientes parámetros:

- a) Calcular el tiempo de drenaje de cada capa no ligada para pavimentos flexibles.
- b) Seleccionar una calidad de drenaje en función del tiempo de drenaje calculado.
- c) Estimado el tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.
- d) Con la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, se elige el coeficiente de drenaje m_i según el caso.

Coeficiente de Drenaje para Base: El tiempo de drenaje para una capa de un pavimento se ha calculado utilizando las ecuaciones del tiempo para drenar que considera que el agua proveniente de una lluvia se infiltra a través de la superficie del pavimento hasta que la base se satura completamente. A partir de este momento no entra más agua dentro de la estructura del pavimento y la que cae simplemente escurre sobre la superficie.

El tiempo considerado adecuado para remover el agua depende del daño admisible y de las condiciones climáticas del lugar. En estas zonas los pavimentos deben ser drenados en media o en una hora para minimizar el efecto a largo plazo de la humedad.

De la figura de la AASHTO se selecciona un factor de tiempo T en función de S_l y de los grados de drenaje U . Por tanto:

- Tiempo de drenaje para % de saturación.
- Porcentaje de tiempo próximo a la saturación
- Calidad de drenaje = muy pobre
- COEFICIENTE DE DRENAJE m_i (De la Cuadro del manual AASHTO '93).

Coeficiente de Drenaje para la base: COEFICIENTE DE DRENAJE $m_i = 0.95$

Coeficiente de Drenaje para la Sub base: COEFICIENTE DE DRENAJE $m_i = 0.80$

Cuadro N° 12 Calidad del drenaje



CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO RECOMENDADO DE SALIDA DEL AGUA
EXCELENTE	2 HORAS
BUENO	1 DIA
REGULAR	1 SEMANA
MALO	1 MES
MUY MALO	NO DRENA

Cuadro N° 13 Coeficiente de drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menor 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mayor 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

2.10 Método AASHTO 1993.

La ecuación básica de diseño empleada para pavimentos flexibles en el método AASHTO, es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log M_R - 8.07$$

Dónde:

- W₁₈** = Número previsto de ejes equivalentes de 8.2 Ton. (18.000 libras), acumulados durante el periodo de diseño por el carril estudiado.
- Z_R** = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.
- SN** = Número estructural indicativo del total de pavimento requerido.
- S_o** = Desviación estándar general, 0.40 - 0.50 para pavimentos flexibles.
- ΔPSI** = Diferencia entre el índice inicial de servicio (pi) y el índice final de servicio (pt) del pavimento.
- MR** = Módulo resiliente de la subrasante



Con la ecuación de diseño y conociendo las variables de entradas, por medio de una hoja electrónica preparada por la Consultora, iteramos con el valor del número estructural (SN) hasta lograr que el resultado de la ecuación de comprobación sea igual al logaritmo del número de ejes acumulados. Así se obtuvo el SN requerido

- **Determinación de Espesores**

Con la fórmula de diseño se obtiene el número estructural SN y en función del mismo se determinan los distintos espesores de capas que forman el paquete estructural, a partir de la siguiente formulación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + a_4 D_4 m_4$$

Diagram illustrating the layers of a pavement structure and their corresponding structural numbers (SN) and thicknesses (D):

- Capa Asfáltica (D₁)
- Base Granular (D₂)
- Sub-Base Granular (D₃)
- Subrasante

Structural numbers (SN) are indicated at the interfaces:

- SN₃ at the top surface
- SN₂ at the interface between Capa Asfáltica and Base Granular
- SN₁ at the interface between Base Granular and Sub-Base Granular

a = Coeficiente estructural de capa. Son valores de acuerdo a las características del material que se está usando.

D = Espesores de capa.

m = Factor de drenaje.

Los espesores de capa se tantean en un proceso iterativo que permite aplicar normativas tendientes a dar espesores de capa que puedan ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes por las capas superiores más resistentes. Las normativas incluyen espesores mínimos en función del SN, donde el número estructural de la capa analizada está en función del Mr de la capa subyacente. También se aplican normas respecto al espesor mínimo de capas de base granular en función del tráfico que van a soportar.

Los coeficientes estructurales de capa se definieron en los parámetros de los materiales a utilizar en la estructura del pavimento.

- **Espesores mínimos de base granular y concreto asfáltico**

En la siguiente Cuadro se dan valores mínimos sugeridos para capas de concreto asfálticos y base granular en función del tráfico.



Cuadro N° 14 Espesores mínimos

Número de ESAL's	Base granular	Concreto Asfáltico
Menos de 50.000	10 cm	2.5 cm
50.000 – 150.000	10 cm	5.0 cm
150.000 - 500.000	10 cm	6.5 cm
500.000 – 2'000.000	15 cm	7.5 cm
2'000.000 - 7'000.000	15 cm	9.0 cm
Más de 7'000.000	15 cm	10.0 cm

- **Cálculo de refuerzo**

El daño que produce la fatiga por repetición de cargas hace que sea cada vez menor el número de cargas que el pavimento pueda soportar.

El cálculo del refuerzo se hace con base en el concepto de vida remanente, el cual expresa el porcentaje de cargas que el pavimento podrá soportar con respecto al número de cargas que lo llevarán a la rotura.

$$RL = 100(1 - N_{10}/N_{1.5})$$

donde:

RL es la vida remanente.

N_{10} es el número de cargas hasta el momento actual (del refuerzo).

$N_{1.5}$ corresponde al número de cargas que producen la rotura.

Este valor $N_{1.5}$ se determina con base en la ecuación o en el ábaco de diseño.

El cálculo del espesor de refuerzo se determina mediante la siguiente expresión:

$$D_{ol} = (SN_f - SN_{ef})/a_{ol}$$

donde:

SN_f = Numero estructural del pavimento con su refuerzo.

SN_{ef} = Numero estructural del pavimento deteriorado.

a_{ol} = Coeficiente estructural del refuerzo.

El SN_{ef} se calcula a partir de la capacidad estructural original del pavimento y de un factor de condición que está en función de la vida remanente. El factor de condición aparece correlacionado con la vida remanente en el grafico del manual AASHTO '93.

$$SN_{ef} = FC * SNo$$

donde:

FC es el factor de condición

SNo es la capacidad estructural original del pavimento



SN_{ef} = Capacidad estructural del pavimento deteriorado.

El resumen de resultados del cálculo de espesores se presenta a continuación:

2.10.1 Pavimento a 20 años con refuerzo a los 10 años

Los datos y resultados correspondientes son los siguientes que corresponden a un periodo de análisis de 20 años con refuerzo a los 10 años.

Los datos y resultados al calcular el refuerzo necesario para completar el periodo de análisis de 20 años, se presentan en la siguiente Cuadro. Al hacer los cálculos se obtiene que sea necesario colocar una capa de refuerzo que ofrezca un número estructural de SN_f . Para un coeficiente estructural de la carpeta de hormigón asfáltico $a_1 = 0.40$, esto se logra construyendo una capa de concreto asfáltico de espesor que se muestra en la siguientes Cuadro D_{ol} .

Cuadro N° 15 Resumen de cálculo de espesor de refuerzo a los 10 años

TPDA 2022	Ejes Equivalentes 8.2 ton		Numero Estructural SN		$N_{1.5}$	RL	CF	SN_{ef}	D_{ol} (cm)
	N_{10} años	N_{20} años	SN_{10} años	SN_{20} años					
756	653.570	1.338.775	4.45	4.91	940.732	30.5	0,82	3.65	8.01

2.11 RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación se presenta un resumen de los cálculos realizados con el fin de determinar los espesores de cada alternativa.

En **Anexo 3** se presenta el detalle de los cálculos aplicando una hoja electrónica para una mayor facilidad.

- **Alternativa 1: .- Pavimento de hormigón asfáltico con refuerzo a los 10 años**

Capa de Pavimento	Espesor 10 años en cm (plg)	Espesor de Refuerzo a 10 años en cm (plg)
Hormigón Asfáltico en caliente Estabilidad Marshall de 2000 lb	10.0 (4")	7.5 (3")
Base Granular Clase 1	20.0	
Sub Base Granular Clase 2	34.0	
Capa de mejoramiento EXISTENTE	Verificar que sea > 25 cm	



- **Alternativa 2: Pavimento de hormigón asfáltico 20 años**

Capa de Pavimento	Espesor 20 años (cm)
Hormigón Asfáltico en caliente Eestabilidad Marshall de 2000 lb	12.0 (5")
Base Granular Clase 1	18.0
Sub Base Granular Clase 2	30.0
Capa de mejoramiento EXISTENTE	Verificar que sea > 25 cm

Alternativa 3: Pavimento con base asfáltica

Capa de Pavimento	Espesor 20 años (cm)
Hormigón Asfáltico en caliente Eestabilidad Marshall de 2000 lb	10 (4")
Base Asfáltica Eestabilidad Marshall de 1600 lb	20 (8")
Capa de mejoramiento EXISTENTE	Verificar que sea > 25 cm

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TRAMO TOTAL

- En el cuadro siguiente se resume los espesores del pavimento de cada alternativa calculada a espesores de construcción. La alternativa que se escoja se determinará por un análisis de costo por el ingeniero especialista en costos.

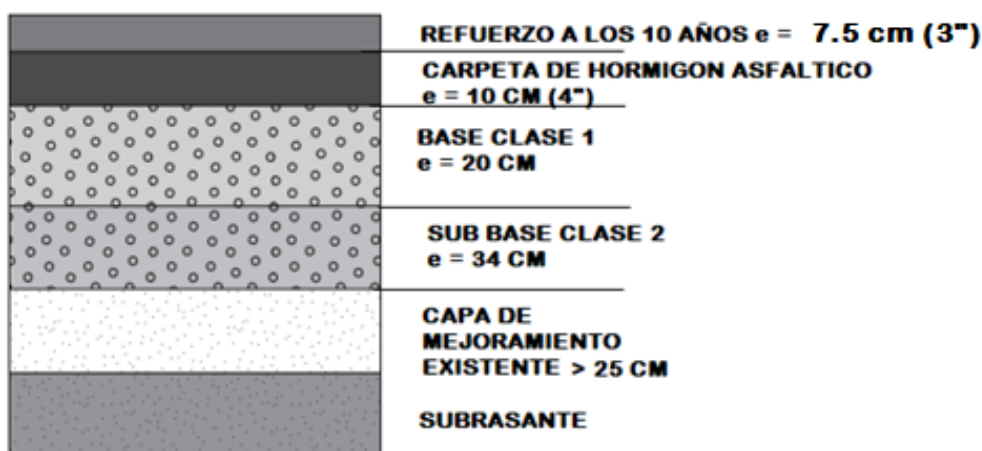
Se recomienda cualquiera de estas alternativas, sin embargo se exceptúa el tramo de cruce del pueblo



Cuadro N° 16 Resumen de espesores calculados por cada alternativa

ALTERNATIVA	ESPESOR cm (pgl)					
	CARPETA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO	BASE ASFÁLTICA	REFUERZO A LOS 10 AÑOS	BASE GRANULAR CLASE 1	SUB BASE GRANULAR CLASE 2	MATERIAL DE MEJORAMIENTO EXISTENTE MÍNIMO
1	10 (4")		8 (3")	20	34	25
2	12 (5")			18	30	25
3	10 (4")	20 (8")				25

Esquema alternativa 1 (Recomendada)



3.2 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CRUCE DE PUEBLO SAN MIGUEL

El pavimento articulado de adoquines colocado como capa de rodadura presenta asentamientos y deterioros prematuros ocasionados por el tráfico pesado. Se recomienda reemplazar los adoquines por capa de rodadura de hormigón rígido. Los adoquines que se remuevan se podrán utilizar para el adoquinado en las calles aledañas del Pueblo.

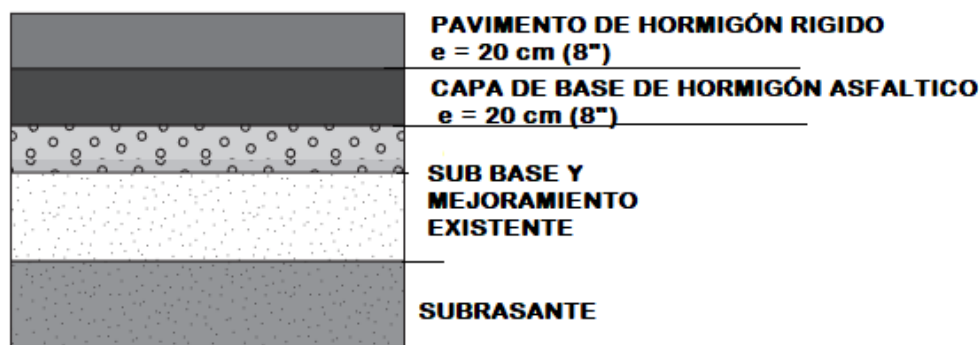
Para el cruce del pueblo se ha diseñado la construcción de un pavimento rígido con una base de hormigón estabilizado con asfalto, de esta forma se obtiene el menor espesor de estructura de pavimento y con ello la menor excavación para la construcción de la estructura.

Con este diseño se espera que no haya afectación a la infraestructura y que quede a una profundidad a la que la influencia de los esfuerzos transmitidos por los ejes del tráfico pesado sea mínimos. Se adjunta un plano con los diseños.

Esquema estructura de pavimento cruce de pueblo San Miguel, para reemplazar el adoquinado.



ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ABSCISA KM 6+660 – KM 7+120



La construcción debe realizarse acorde con las especificaciones MOP-001F-2002. Los rubros se resumen a continuación.

3.3 RUBROS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El proceso constructivo para la construcción de la estructura de pavimento seguirá las especificaciones MOP-001-F-2002 de los siguientes rubros:

Alternativa N°1

308-2 (1) Acabado de la obra básica existente	Metro cuadrado (m2)
403-1 Sub base, Clase 2	Metro cúbico (m3)
404-1 Base, Clase 1	Metro cúbico (m3)
405-1 (1) Asfalto para riego de imprimación	Litro (l)
405-2 (1) Asfalto para riego de adherencia	Litro (l)
405-5a Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 10.0 cm (4") de espesor	Metro cuadrado (m2)

Refuerzo a los 10 años:

405-5b Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de 7.5 cm (3") de espesor	Metro cuadrado (m2)
--	---------------------

Alternativa N°2

308-2 (1) Acabado de la obra básica existente	Metro cuadrado (m2)
403-1 Sub base, Clase 2	Metro cúbico (m3)
404-1 Base, Clase 1	Metro cúbico (m3)
405-1 (1) Asfalto para riego de imprimación	Litro (l)



- 405-2 (1) Asfalto para riego de adherenciaLitro (l)
405-5a Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado
en planta de 12.0 cm (5") de espesor..... Metro cuadrado (m2)

Alternativa N°3

- 308-2 (1) Acabado de la obra básica existente Metro cuadrado (m2)
405-1 (1) Asfalto para riego de imprimación Litro (l)
405-2 (1) Asfalto para riego de adherenciaLitro (l)
404-5 Capa de base de hormigón asfáltico mezclado en planta
Espesor de 20 cm (8") Metro cuadrado (m2)
405-5a Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado
en planta de 10.0 cm (4") de espesor Metro cuadrado
(m2)

3.4 RUBROS DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO

Los rubros para la construcción de esta estructura son los siguientes:

- 308-2 (1) Acabado de la obra básica existente Metro cuadrado (m2)
401-4 (1) Adoquinado de bloques de hormigón reciclados Metro cuadrado
(m2)
405-1 (1) Asfalto para riego de imprimación...Litro (l)
405-2 (1) Asfalto para riego de adherenciaLitro (l)
404-5 Capa de base de hormigón asfáltico mezclado en planta
Espesor de 20 cm (8")..... Metro cuadrado (m2)
405-8 (1) Pavimento rígido de hormigón..... Metro cúbico (m3)
405-8 (2) Acero de refuerzo.....Kilogramo (kg)

Mediante el rubro 308-2(1) acabado de la obra básica; se procede a retirar los adoquines, excavar y preparar la subrasante.

Marco Apunte Ordoñez
Ingeniero Civil-Consultor

Elaborado:	Revisado:	Aprobado:
MSc.Ing. Patricio Ludeña E.	Ing. Ana Torres Bermeo	Ing. Jorge Carrillo Tutivén
Técnico en Geotecnia	Supervisora del Contrato	Administrador del Contrato



Marco Apunte Ordóñez
Ingeniero Civil – Consultor

Estudios y Fiscalización de Obras
Civiles, Vías, Estructuras, Drenes

ANEXO 1: CALCULO FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA



FACTOR TRAFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE

PROYECTO : DISEÑOS DEFINITIVOS PARA LA PAVIMENTACIÓN, INCLUYE CONSTRUCCIÓN DE ACERAS Y BORDILLOS, OBRAS DE URBANISMO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE – POLÍGONOS 1.1 Y 1.2

$P_t = 2,5$ Índice de serviciabilidad (bondad de servicio) $L_2 = 1$ Eje Simple
 $SN = 3$ Número estructural, (calidad de la capa) $L_2 = 2$ Eje Tandem
 $L_x =$ Carga en Kips sobre un eje Simple, Tandem y tridem $L_2 = 3$ Eje Tridem
 $L_2 = 1, 2, 3$ Código de eje

$$EALF = \frac{W_{t18}}{W_{ex}}$$

EALF = FACTOR DE EJE DE CARGA EQUIVALENTE :

Es el número de cargas equivalentes que definen el daño por paso, sobre una superficie de rodadura debido al eje en cuestión, en relación al paso de un eje de carga Stándar, que usualmente es de 18 Kips=18000lb Calculado mediante las siguientes expresiones

$$\log\left(\frac{W_x}{W_{t18}}\right) = 4.79 \log(18+1) - 4.79 \log(L_x + L_2) + 4.33 \log(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{t18}}$$

$$B_x = 0.4 + \frac{0.08(L_x + L_2)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

$$B_{t18} = 0.4 + \frac{0.08(18+1)^{3.23}}{(SN+1)^{5.19}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

<												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

$r =$ Tasa de crecimiento
 $Y =$ 20 Período de diseño
 $G =$ Factor de de crecimiento
 $D =$ 0,5 Factor de Distribución en Dirección
 $L =$ 1 Factor de Distribución por Carril

$$(G)(Y) = \frac{(1+r)^Y - 1}{r}$$

$(G)(Y) =$ FACTOR DEL TRAFICO VEHICULAR ACUMULADO

$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FEC * TPDA * GYDL * 365 = 1.338.784,79$$



ANEXO 2: CALCULO DE EJES EQUIVALENTES



Periodo de diseño

20 años

Tasas de crecimiento - MTOP			
Año	Livianos	Buses	Camiones
2014-2020	5,27	1,01	4,76
2021-2025	4,95	0,91	4,54
2026-2030	4,62	0,82	4,32
2031-2035	4,26	0,73	4,10

CÁLCULO DEL TRÁFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)												EJES EQUIVALENTES W18	
Año	Livianos	Buses	Camiones								TOTAL	NE equivalentes de 8,2 Ton	NE acumulados de 8,2 Ton
			Camión 2D	Camión 2DB	Camión 3A	Tracto-camión 2S1	Tracto-camión 2S2	Tracto-camión 2S3	Tracto-camión 3S2	Tracto-camión 3S3			
F daño	0,0238808	3,7767593	0,0973854		3,568623285	6,988489773	6,780353791		6,572217808	5,099302957			
2022	448	13	243		39	1	1		8	3	756	55.531,45	55.531,45
2023	470	13	246		39	1	1		8	3	781	55.680,65	111.212,10
2024	491	14	249		40	1	1		8	3	807	57.166,02	168.378,12
2025	513	14	252		40	1	1		8	3	832	57.315,22	225.693,34
2026	534	14	255		41	1	1		8	3	857	58.111,34	283.804,67
2027	556	15	258		41	1	1		8	3	883	58.949,79	342.754,47
2028	578	15	261		42	1	1		9	3	910	60.949,70	403.704,17
2029	599	15	263		42	1	1		9	3	933	61.076,77	464.780,93
2030	621	16	266		43	1	1		9	3	960	62.566,50	527.347,43
2031	642	16	269		43	1	1		9	3	984	62.711,34	590.058,77
2032	664	16	272		44	1	1		9	3	1010	63.511,81	653.570,58
2033	686	17	275		44	1	1		9	3	1036	64.350,27	717.920,86
2034	707	17	278		45	1	1		9	3	1061	65.146,39	783.067,24
2035	729	17	281		45	1	1		9	3	1086	65.295,59	848.362,83
2036	751	18	284		46	1	1		9	4	1114	67.715,94	916.078,77
2037	772	18	287		46	1	1		9	4	1138	67.860,78	983.939,55
2038	794	18	290		46	1	1		10	4	1164	69.209,41	1.053.148,97
2039	815	19	293		47	1	1		10	4	1190	70.694,79	1.123.843,75
2040	837	19	296		47	1	1		10	4	1215	70.843,99	1.194.687,74
2041	859	19	298		48	1	1		10	4	1240	71.626,69	1.266.314,43
2042	880	20	301		48	1	1		10	4	1265	72.460,79	1.338.775,21
0,5													
1													
69.57 1.58 23.79 3.79 0.08 0.08 0.79 0.32												100.00	100.00



ANEXO 3:

Alternativa 1. Pavimento asfáltico 20 años con refuerzo a los 10 años



DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Vía San Antonio - San Miguel

Tramo total

0

DISEÑO CUATRO CAPAS

DATOS :					
Nº AÑOS :	20				
EJES ACUMULADOS 8,2 ton :	1.338.775				
CONFIABILIDAD (%) :	95				
DESVIACION ESTANDAR :	-1,645				
ERROR ESTANDAR COMBINADO :	0,49				
CBR:	1,7				
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	400.000	a 1 :	0,40	m 1 :	
MODULO DE LA BASE (p.s.i.) :	30.000	a 2 :	0,14	m 2 :	0,90
MODULO DE LA SUB-BASE (p.s.i.) :	16.000	a 3 :	0,12	m 3 :	0,85
MODULO DEL MEJORAMIENTO existente:	13.500	a 4 :	0,10	m 4 :	0,70
MODULO DE SUBRASANTE :	3.284,92	pi	pt		
PERDIDA TOTAL DE P S I :	2,2	4,2	2,0		

AJUSTE DEL SN1

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	4,91
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN2(BASE GRANULAR)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	2,30
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN3(SUBBASE)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	2,89
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN4(MEJORAMIENTO)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	3,07
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA:

CAPAS DEL PAVIMENTO	Número Estructural	Num. Estr. corregido	Espesor calculado (plgs)	Espesor adoptado (plgs)	Espesor adoptado (cms)
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	D1* :		5,75	4,72	12,0
	SN1* :	1,89			
BASE GRANULAR	D2* :		7,94	7,87	20,0
	SN2* :	0,99			
SUBBASE GRANULAR	D3* :		1,8	13,39	34,0
	SN3* :	1,37			
CAPA DE MEJORAMIENTO EXISTENTE	D4* :		9,4	9,84	25,0
	SN4* :	0,69			
TOTAL		4,94	25,0	35,83	91,0

SIMBOLOGIA:

ai : Coeficiente estructural de capa.
Di : Espesor de la capa (plg).
mi : Factor de drenaje.
SNi* : Número estructural corregido (plg)

OBSERVACIONES:



DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Vía San Antonio - San Miguel

Tramo total

0

DISEÑO CUATRO CAPAS

DATOS :					
Nº AÑOS :	10				
EJES ACUMULADOS 8,2 ton :	653.571				
CONFIABILIDAD (%) :	95				
DESVIACION ESTANDAR :	-1,645				
ERROR ESTANDAR COMBINADO :	0,49				
CBR:	1,7				
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	400.000	a 1 :	0,40	m 1 :	
MODULO DE LA BASE (p.s.i.) :	30.000	a 2 :	0,14	m 2 :	0,90
MODULO DE LA SUB-BASE (p.s.i.) :	16.000	a 3 :	0,12	m 3 :	0,85
MODULO DEL MEJORAMIENTO existente:	13.500	a 4 :	0,10	m 4 :	0,70
MODULO DE SUBRASANTE :	3.284,92	pi	pt		
PERDIDA TOTAL DE P S I :	2,2	4,2	2,0		

AJUSTE DEL SN1

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : 4,45

LOG (EJES ACUMULADOS) : 5,82

ECUACION DE COMPROBACION : 5,82

AJUSTE DEL SN2(BASE GRANULAR)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : 2,05

LOG (EJES ACUMULADOS) : 5,82

ECUACION DE COMPROBACION : 5,82

AJUSTE DEL SN3(SUBBASE)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : 2,59

LOG (EJES ACUMULADOS) : 5,82

ECUACION DE COMPROBACION : 5,82

AJUSTE DEL SN4(MEJORAMIENTO)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : 2,75

LOG (EJES ACUMULADOS) : 5,82

ECUACION DE COMPROBACION : 5,82

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA:

CAPAS DEL PAVIMENTO	Número Estructural	Num. Estr. corregido	Espesor calculado (plgs)	Espesor adoptado (plgs)	Espesor adoptado (cms)
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	D1* :		5,13	3,74	10
	SN1* :	1,50			
BASE GRANULAR	D2* :		8,68	7,87	20
	SN2* :	0,99			
SUBBASE GRANULAR	D3* :		2,6	13,39	34
	SN3* :	1,37			
CAPA DE MEJORAMIENTO EXISTENTE	D4* :		8,5	9,84	25
	SN4* :	0,69			
TOTAL		4,54	24,9	34,84	88,5

SIMBOLOGIA:

ai : Coeficiente estructural de capa.

Di : Espesor de la capa (plg).

mi : Factor de drenaje.

SNi* : Número estructural corregido (plg)

OBSERVACIONES:



Marco Apunte Ordóñez
Ingeniero Civil – Consultor

Estudios y Fiscalización de Obras
Civiles, Vías, Estructuras, Drenes

ANEXO 3:

Alternativa 2. Pavimento asfáltico 20 año



DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Vía San Antonio - San Miguel

Tramo total

0

DISEÑO CUATRO CAPAS

DATOS :					
Nº AÑOS :	20				
EJES ACUMULADOS 8,2 ton :	1.338.775				
CONFIABILIDAD (%) :	90				
DESVIACION ESTANDAR :	-1,282				
ERROR ESTANDAR COMBINADO :	0,49				
CBR:	1,7				
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	400.000	a 1 :	0,40	m 1 :	
MODULO DE LA BASE (p.s.i.) :	30.000	a 2 :	0,14	m 2 :	0,90
MODULO DE LA SUB-BASE (p.s.i.) :	16.000	a 3 :	0,12	m 3 :	0,85
MODULO DEL MEJORAMIENTO existente:	13.500	a 4 :	0,10	m 4 :	0,70
MODULO DE SUBRASANTE :	3.284,92	pi	pt		
PERDIDA TOTAL DE P S I :	2,2	4,2	2,0		

AJUSTE DEL SN1

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	4,65
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN2(BASE GRANULAR)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	2,15
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN3(SUBBASE)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	2,71
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

AJUSTE DEL SN4(MEJORAMIENTO)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO :	2,88
LOG (EJES ACUMULADOS) :	6,13
ECUACION DE COMPROBACION :	6,13

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA:

CAPAS DEL PAVIMENTO	Número Estructural	Num. Estr. corregido	Espesor calculado (plgs)	Espesor adoptado (plgs)	Espesor adoptado (cms)
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	D1* :		5,38	4,72	12,0
	SN1* :	1,89			
BASE GRANULAR	D2* :		6,51	7,09	18,0
	SN2* :	0,89			
SUBBASE GRANULAR	D3* :		1,0	11,81	30,0
	SN3* :	1,20			
CAPA DE MEJORAMIENTO EXISTENTE	D4* :		9,5	9,84	25,0
	SN4* :	0,69			
TOTAL		4,68	22,3	33,46	85,0

SIMBOLOGIA:

ai : Coeficiente estructural de capa.
Di : Espesor de la capa (plg).
mi : Factor de drenaje.
SNi* : Número estructural corregido (plg)

OBSERVACIONES:



ANEXO 3:

Alternativa 3. Pavimento asfáltico con base tratada con asfalto



DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Vía San Antonio - San Miguel

Tramo total

DISEÑO TRES CAPAS CON BASE ASFALTICA

DATOS :					
Nº. AÑOS :	20				
EJES ACUMULADOS 8,2 ton :	1.338.775				
CONFIABILIDAD (%) :	90				
DESVIACION ESTANDAR :	-1,282				
ERROR ESTANDAR COMBINADO :	0,49				
CBR:	1,7				
MODULO HOR. ASFALTICO (p.s.i.) :	400.000	a 1 :	0,40	m 1 :	x
MODULO DE LA BASE ASFALTICA (p.s.i.) :	350.000	a 2 :	0,30	m 2 :	1,00
MODULO DE MEJORTO EXISTENTE (p.s.i.) :	13.500	a 3 :	0,10	m 3 :	0,80
MODULO DE SUBRASANTE (p.s.i.) :	3.284,92	pi	pt		
PERDIDA TOTAL DE P S I :	2,2	4,2	2,0		

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **4,65**
 LOG (EJES ACUMULADOS) : 6,13
 ECUACION DE COMPROBACION : 6,13
SN1 NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (BASE ASFALTICA)

NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **0,71**
 LOG (EJES ACUMULADOS) : 6,13
 ECUACION DE COMPROBACION : 6,13
SN2 NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (MEJORAMIENTO EXISTENTE)
 NUMERO ESTRUCT REQUERIDO : **2,88**
 LOG (EJES ACUMULADOS) : 6,13
 ECUACION DE COMPROBACION : 6,13

DETERMINACION DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA:

CAPAS DEL PAVIMENTO	Espesor Num. Estr.	Num. Estr. corregido	Espesor calculado (plg)	Espesor adoptado (plg)	Espesor adoptado (cm)
CAPA HORMIGON ASFALTICO :	D1* :		1,8	3,94	10,0
	SN1* :	1,57			
BASE ASFALTICA	D2* :		4,4	7,87	20,0
	SN2* :	2,36			
MEJORAMIENTO EXISTENTE	D3* :		8,9	9,84	25,0
	SN3* :	0,79			
TOTAL		4,72	15,0	21,7	55,0

SIMBOLOGIA:

ai : Coeficiente estructural de capa.
 Di : Espesor de la capa (plg).
 mi : Factor de drenaje.
 SNi* : Número estructural corregido (plg)

OBSERVACIONES:



Datos

TRÁNSITO			
Ejes Equivalentes (W18) :	1320629	Años de servicio:	20,00

SERVICIABILIDAD			
índice serv. inicial (pi):	4,50		
índice serv. final (pf):	2,50		

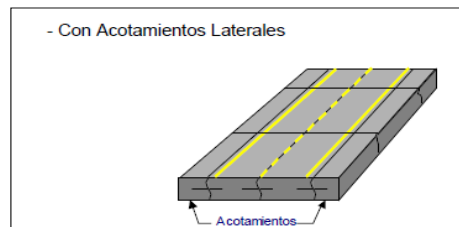
SUELOS				
Capa	CBR	Espesor (cm)	Cambio de unidades Espesor (in)	Módulo Elastico (psi)
CBR subrasante:	2,19 %			3285,00
CBR subbase granular:	20,00 %	0,00	0,00	13500,00
Mr (subrasante mejorada):	22,65 Mpa		3.285 psi	
Esb (base asfáltica EM 1400 lb):	2413,13 Mpa		350.000 psi	
kc (módulo reacc.comb.):	67,75 Mpa/m		250 pci	
coef. Drenaje (Cd):	1,00			

HORMIGÓN			
f'c (kg/cm2):	350,00 kg/cm2		4977,00 psi
resist.flexo-tracción(S'c) :	45,00 kg/cm2		639,90 psi
módulo elástico (Ec):	233853,59 kg/cm2		3391578,57 psi

TRANSFERENCIA DE CARGA	
coef. Trans. Carga(J):	4,00

CONFIANZA	
nivel de confianza :	85,00 %
nivel confianza (Zr):	-1,036
desv.Estándar comb.(So):	0,39

PAVIMENTO			
espesor hormigón:	20,00 cm	7,87	in
espesor base asfáltica:	20,00 cm	7,87	in



Barras de Amarre	
D comercial=	N°4
Longitud de la barra=	610,00 mm
Separación entre ejes ≤	0,61 m
N°de Barras por losa=	7,1 u

Pasadores			
Diametro del pasador =	1 in	Separación entre centros=	300,00 mm
N° de pasadores por losa=	12	Longitud del pasador =	410,00 mm

Diseño de Pavimento Rígido

Metodo: AASHTO

Con Base Asfáltica Reciclada

Proyecto :	VIA SAN ANTONIO - SAN MIGUEL
Tramo :	CRUCE DEL PUEBLO SAN MIGUEL
Fecha :	10/12/2016

Dimensiones de la losa		Dimensiones finales:	
Ancho del carril=	3,45 m		
Relación de esbeltez (AASHTO)=	1,25		
Longitud de la losa=	4,31 m	Ancho=	3,45 m
Logitud de losa adoptada =	4,30 m	Largo=	4,30 m

Pasadores de la losa			
Resistencia del acero fy =	4200,00 Kg/cm2		60000 psi
Espesor de la losa=	20,00 cm		7,87 in
Diametro del pasador =	25,00 mm	D comercial:	1 in
Logitud del pasador =	410,00 mm		16,14 in
Separación entre centros=	300,00 mm		11,81 in
N° de pasadores por losa=	12 u		

Barras corrugada de anclaje de la losa			
	AASHTO [2004; p. 3.4.48]		
Diametro de la barra =	12,70 mm	D comercial=	N°4 in
Resistencia del acero fy =	4200,00 kg/cm2		60000,00 psi
Longitud de la barra=	610,00 mm		24,02 in
Separación entre ejes ≤	0,61 m		24,02 in
N°de Barras por losa=	7 u		

Caraterísticas del Hormigón utilizadas en cálculo:

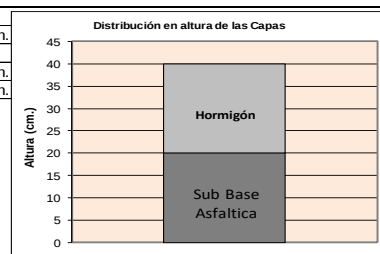
Módulo Elástico Aproximado Ec :	23385,36 Mpa
Resistencia FlexoTracción S'c:	4,50 Mpa

b) Espesores

Material Granular	0,00 cm.
Base asfáltica:	20,00 cm.
Hormigón :	20,00 cm.

c) Verificación

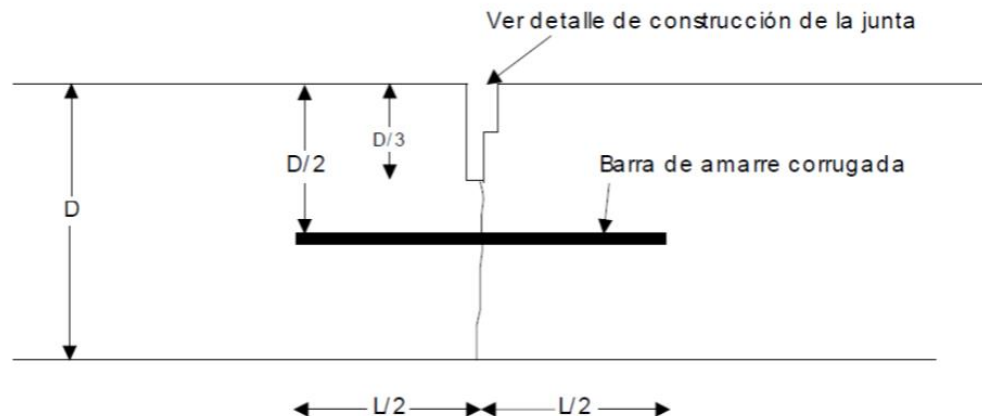
E.Equiv. Finales :	1477057
Verificación:	Ok
Consumo=	89,41



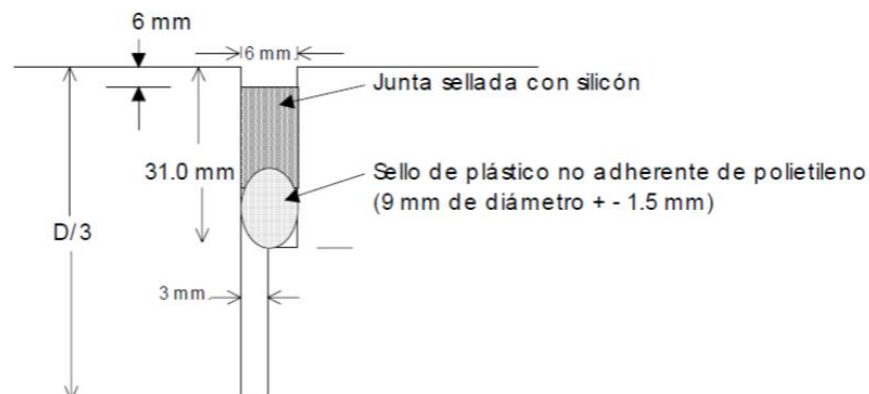


CROQUIS No. 1
CORTE Y SELLADO DE JUNTA DE CONTRACCION LONGITUDINAL
CON BARRA DE AMARRE

D = Espesor de la losa de pavimento



Detalle de construcción de la junta



NOTA:

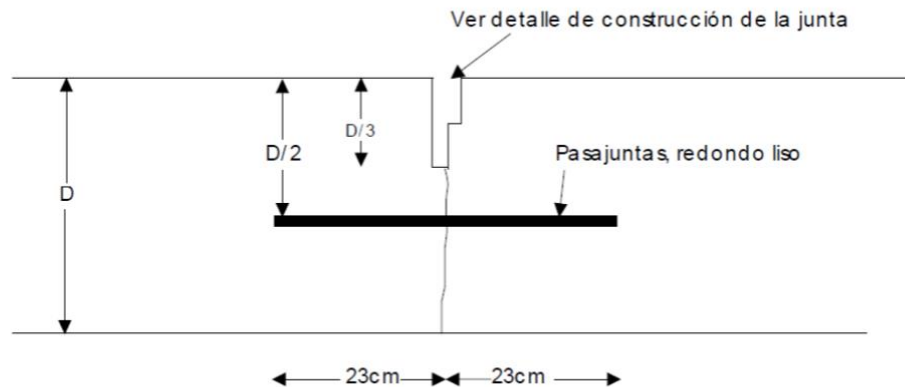
La relación ancho / profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y como máximo 2:1.

La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser hecha en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el despostillamiento. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después del colado.

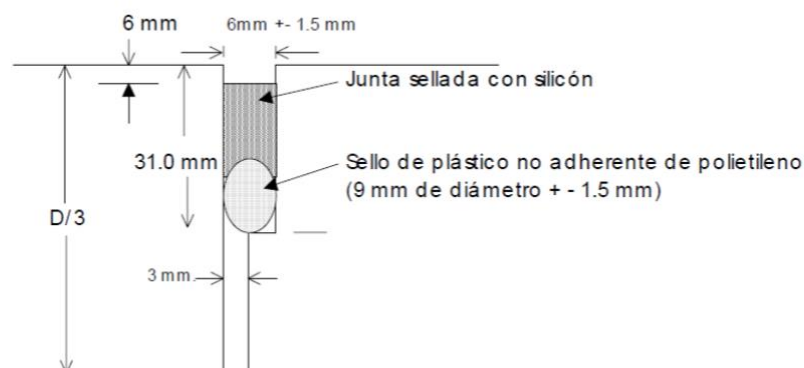


CROQUIS No. 2
CORTE Y SELLADO DE JUNTA DE CONTRACCION TRANSVERSAL
CON PASAJUNTAS

D = Espesor de la losa de pavimento



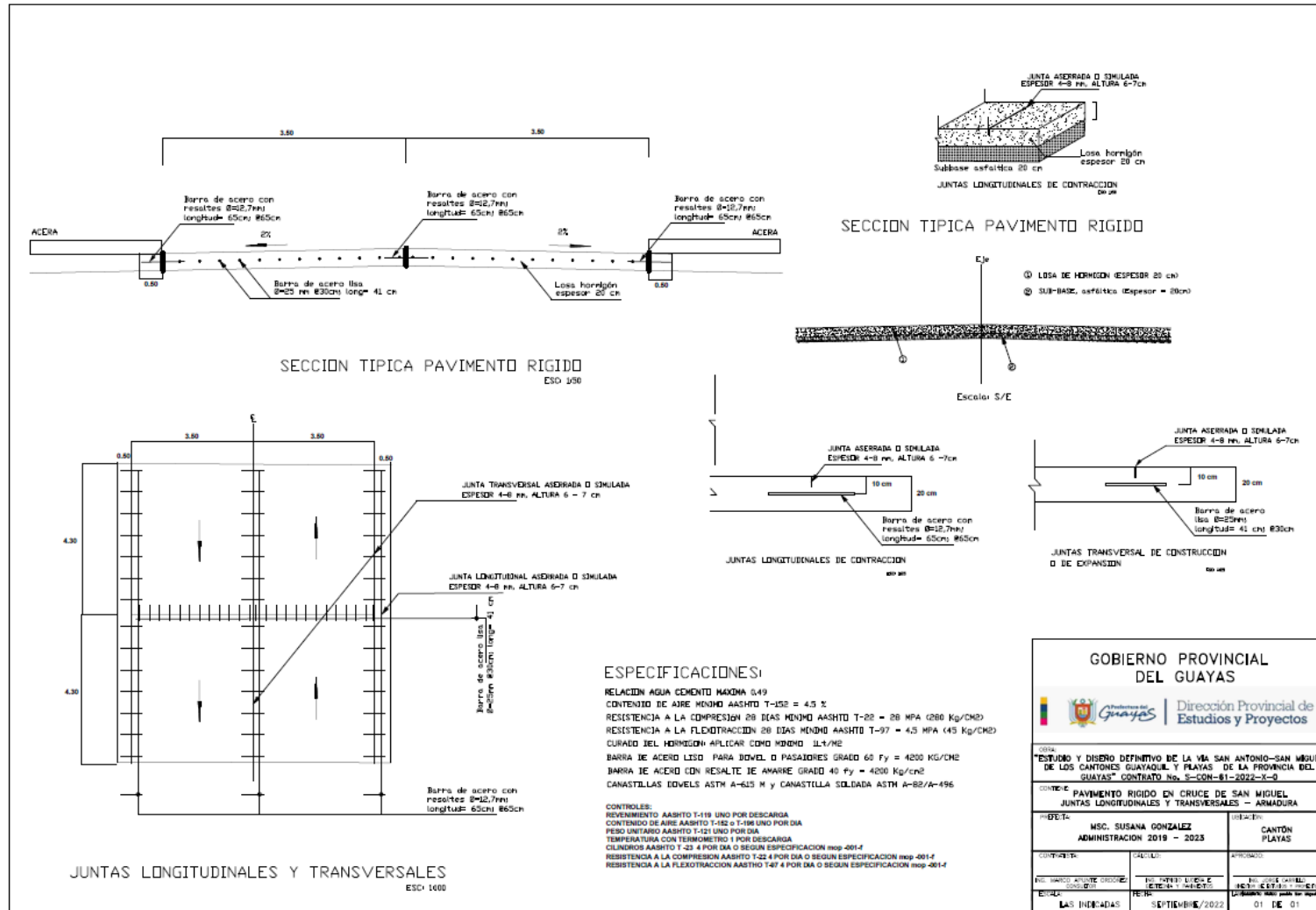
Detalle de construcción de la junta



NOTA:

La relación ancho / profundidad del sellador de silicona deberá ser como mínimo 1:1 y como máximo 2:1.

La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser hecha en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el despostillamiento. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después del colado.





Marco Apunte Ordóñez
Ingeniero Civil – Consultor

Estudios y Fiscalización de Obras
Civiles, Vías, Estructuras, Drenes