Anexo VII

INFORME DEL ESPECIALISTA EN ESTRUCTURA

INDICE

1 Antecedentes 2
1.1 Paquete Licitado 2
2 Paquete Propuesto 3
2.1 Comparación Estructural 3
3 Verificación Estructural del Pavimento por el Método AASHTO 4
3.1 Confiabilidad y Desviación estándar 4
3.2 Serviciabilidad 5
3.3 Módulo Resiliente de la Subrasante (MR) 5
3.4 Módulo Resiliente de la subrasante con capa de mejoramiento 5
3.5 Coeficiente de Capa y de Drenaje 6
3.6 Coeficientes estructurales de las capas 6
3.7 Coeficiente de Drenaje (m) 7
3.8 Calculo del Número Estructural (SN) 8

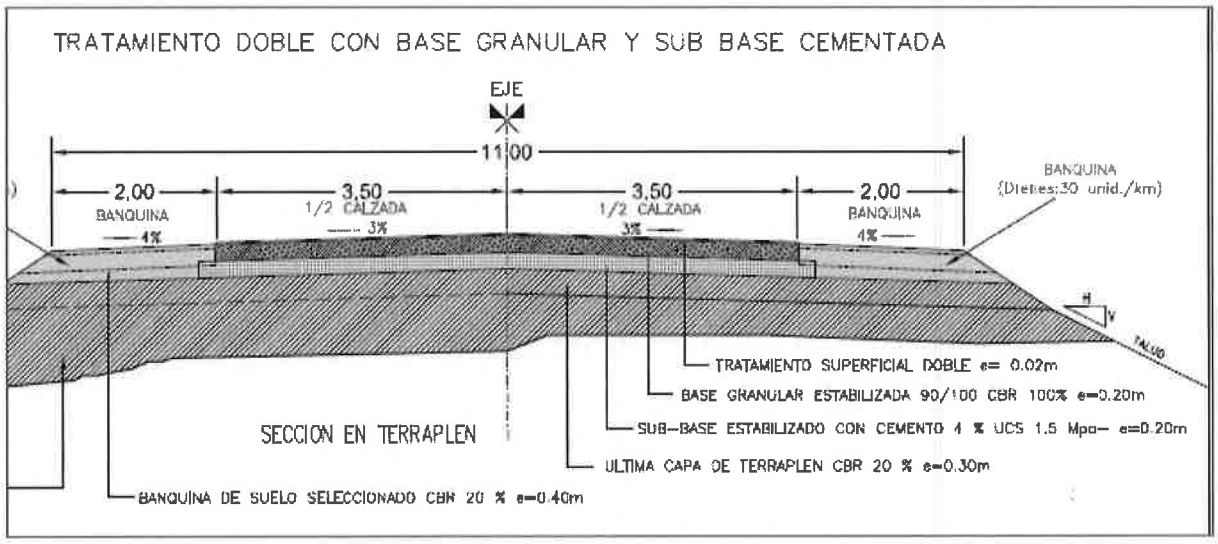
C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

1 Antecedentes

El presente Informe Técnico fue elaborado a solicitud de la Empresa CIVSA., Contratista de la obra para la ejecución de la obra LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL Nº39/2019 PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCION DE TRAMOS DE CAMINOS VECINALES EN LOS DEPARTAMENTOS DE AMAMBAY, CONCEPCION, CAAZAPA, GUAIRA Y MISIONES. TRAMO: BELLA VISTA NORTE – PASTORIL – CURUSU EVA – PUENTESIÑO, DEPARTAMENTO DE AMAMBAY/CONCEPCIÓN - LOTE Nº 01, para la verificación del diseño estructural del pavimento.

1.1 Paquete Licitado

El paquete licitado por el MOPC está estructurado de la siguiente manera:



Paquete Licitado Tramo: Bella Vista Norte – Pastoril – Curuzú Eva - Puentesiño			
Nº	Capa	espesor	Características
1	Tratamiento Superficial Doble	2 cm	
2	Base Granular Estabilizada 90/10	20 cm	CBR 100 %
3	Sub Base Estabilizada con cemento 4%	20 cm	UCS 1.5 Mpa
4	Subrasante de suelo seleccionado	30 cm	CBR > 20 %
5	Terraplén		CBR > 7 %

Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

2 Paquete Propuesto

El tramo objeto del contrato de referencia, se encuentra en una zona rural del Dpto. de Amambay, caracterizado por una importante producción agrícola; dicha producción es transportada mayormente por camiones de gran porte hacía los mercados más cercanos.

Si bien la cantidad de vehículos que circulan no es muy alta, está compuesto mayormente por camiones pesados, lo que requiere un pavimento que asegure que no se produzcan fallas prematuras y se garantice una vida útil acorde a las necesidades.

Por lo expuesto, la contratista propone reemplazar la capa de rodadura con tratamiento superficial doble por una carpeta de concreto asfáltico, convirtiéndolo en un pavimento de tipo superior con una mayor confiabilidad y vida útil.

Por lo arriba indicado, se propone el siguiente paquete estructural alternativo:

Paquete Propuesto Tramo: Bella Vista Norte – Pastoril – Curuzú Eva - Puentesiño			
Nº	Capa	espesor	Características
1	Carpeta de Concreto Asfáltico	4 cm	
2	Base Granular Estabilizada 90/10	20 cm	CBR 100 %
3	Sub Base Estabilizada con cemento 4%	20 cm	UCS 1.5 Mpa
4	Subrasante de suelo seleccionado	30 cm	CBR > 20 %
5	Terraplén		CBR > 7 %

2.1 Comparación Estructural

En el siguiente cuadro se comparan los paquetes estructurales, licitado y propuesto desde el punto de vista del número estructural de la AASHTO 93.

CAPA	PAQUETE LICITADO			PAQUETE PROPUESTO 0+000 a 6+000(urbana)			PAQUETE PROPUESTO 6+000 a 35+000(rural)		
		SN	TOTAL	Espesor	SN	TOTAL	Espesor	SN	TOTAL
Tratamiento Doble	2	0.39	0.78	0	0.39	0	0	0.39	0
Carpeta de Concreto Asfaltico		0.41	0	4	0.41	1.64	4	0.41	1.64
Base Granular	20	0.14	2.8	20	0.14	2.8	18	0.14	2.52
Sub Base Suelo Cemento	20	0.11	2.2	20	0.11	2.2	20	0.11	2.2
	Numero Estructural		5.78	Numero Estructural		6.64	Numero Estructural		6.36

Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Del cuadro anterior se puede verificar que el número estructural del paquete propuesto en la zona Urbana (0+000 a 6+000) es 15% mayor y el número estructural del paquete propuesto en la zona Rural (6+000 a 35+000) es 10% mayor que el paquete licitado.

Si aplicamos la metodología de diseño AASHTO 93 para la verificación de la vida útil de ambas alternativas, se concluye que la vida útil prevista para el paquete propuesto es 2.5 veces superior al licitado:

Estimación de la Vida útil de diseño		
Paquete Licitado	850.000	Ejes equivalentes de diseño
Paquete Propuesto Tramo Urbano (0+000 a 6+000)	2.150.000	
Paquete Propuesto Tramo Rural (6+000 a 35+000)	1.640.000	

A continuación, se detalla el procedimiento aplicado

3 Verificación Estructural del Pavimento por el Método AASHTO

El siguiente método de diseño adoptado para el diseño estructural del pavimento, corresponde al AASHTO 93 siguiendo las recomendaciones establecidas en el AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES", para pavimentos flexibles.

El procedimiento implica básicamente, determinar, mediante el algoritmo desarrollado por la AASHTO, el Número Estructural total que se requiere sobre la subrasante, luego se determinan los espesores mínimos de las capas asfálticas para que las tensiones que se generan no originen fallas en la subrasante ni en las propias capas asfálticas.

La estructuración de las diferentes capas se realiza de manera que la suma de los productos de los espesores por sus correspondientes coeficientes estructurales satisfaga los números estructurales calculados.

3.1 Confiabilidad y Desviación estándar

Considerando los mismos parámetros adoptados en la Memoria de Ingeniería del Diseño Licitado, se adoptan los siguientes valores:

- **Desviación estándar combinado; 0.44**

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

- **Nivel de confiabilidad adoptado: 0.60**

3.2 Serviciabilidad

Considerando los mismos parámetros adoptados en la Memoria de Ingeniería del Diseño Licitado, se adoptan los siguientes valores:

- ***Índice de Serviciabilidad Inicial: 4.2***
- ***Índice de Serviciabilidad Final: 2.0***

3.3 Módulo Resiliente de la Subrasante (MR)

El Método AASHTO 93 caracteriza las propiedades de los suelos de la subrasante a través del denominado Módulo Resiliente Efectivo (**M_R**).

A los efectos de adoptar el valor del Modulo Resiliente Efectivo de Proyecto, se utilizan métodos indirectos a través de fórmulas que relaciona el **M_R** con el ensayo CBR, para el efecto se utilizaron las siguientes fórmulas desarrolladas por el TRRL.

$$Mr = 17{,}6 \times CBR^{0{,}64} (MPa) \quad 2 < CBR < 12$$
$$Mr = 22{,}1 \times CBR^{0{,}55} (MPa) \quad 12 \leq CBR < 80$$

3.4 Módulo Resiliente de la subrasante con capa de mejoramiento

El módulo elástico de una capa no tratada no es independiente de la capa subyacente, siendo necesario el cálculo del módulo elástico resultante del conjunto subrasante + capa de mejoramiento.

Para el cálculo del módulo resultante del suelo de fundación con subrasante mejorada, se utilizó el siguiente procedimiento para determinar el módulo resiliente de una subrasante que incluye una capa superior de mejoramiento de acuerdo a la siguiente fórmula propuesta en el Manual de carreteras de Paraguay.

$$1/F = \frac{0.125}{\left[0.0156 + h^2 \left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}} \left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}}$$

Donde:

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos K.
Representante Legal

MRd: módulo resiliente de diseño (MPa)
MR0: módulo resiliente de la subrasante (MPa)
MR1: módulo resiliente de la capa de mejoramiento (MPa)
h: espesor de la capa de mejoramiento (m)

De esta manera, de acuerdo a las condiciones de terreno existentes, se considera un valor soporte para el terraplén de CBR 7%, una capa de mejoramiento con CBR 20 % de 30 cm. de espesor; el valor soporte característico de diseño estimado es de MR 89.6 MPa, que corresponde a un suelo con CBR 12.8%.

3.5 Coeficiente de Capa y de Drenaje

La fórmula básica del Número Estructural (SN) para pavimento flexible está dada por

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

Donde:

a_1 y a_n =	Coeficiente de capa de las mezclas asfálticas y de las bases
D_1 y D_n =	Espesor de las capas de mezclas asfálticas y de las bases
m =	Coeficiente que indica el efecto del drenaje a las capas de base y sub - bases.

Para este estudio los valores, adoptados de los diversos coeficientes serán obtenidos como sigue:

3.6 Coeficientes estructurales de las capas

El Método AASHTO 93 enfatiza la conveniencia de asignar el coeficiente estructural adecuado a cada capa del pavimento, considerando las propiedades reales de los materiales que la constituyen. El coeficiente estructural depende directamente del módulo elástico del material constituyente de la capa.

Carpeta de Concreto Asfáltico

Teniendo en cuenta la dificultad de realizar ensayos de medición para el Módulo Elástico, se recurre a métodos indirectos que lo relacionan la estabilidad Marshall para las capas de concreto asfáltico:

$a_1 = 0{,}0052 \cdot E^{0{,}555}$ E en MPa

$a_1 = 0{,}0078 \cdot EM^{0{,}441}$ EM: Estabilidad Marshall en N

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Valtejos A.
Representante Legal

Para una capa de concreto asfáltico, con una estabilidad igual o mayor a 8000 Newton, se adopta un coeficiente estructural **a_1 = 0,41 cm.**

Bases estabilizadas granulométricamente

Para bases granulares se utiliza la siguiente fórmula que relaciona el coeficiente de capa con el ensayo CBR:

$$a_2 = 0{,}032 \cdot (CBR)^{0{,}32}$$

Para una base estabilizada granulométricamente (piedra triturada) con CBR igual o mayor a 100%, se adopta un coeficiente estructural **a_2 = 0,14 cm.**

Sub Bases Cementadas

Para sub bases estabilizadas con cemento se utiliza la siguiente fórmula que relaciona el coeficiente de capa con el ensayo de Resistencia a la Compresión Simple

$$a_2 = 0{,}0918 \cdot (f_c)^{0{,}514}$$

Para una sub base estabilizada con cemento con una resistencia a la compresión simple de 1.5 MPa, se adopta un coeficiente estructural **a_3 = 0,11 cm.**

3.7 Coeficiente de Drenaje (m)

El método AASHTO utiliza un coeficiente de drenaje que modifica la capacidad estructural de las capas no ligadas y está incorporada en la ecuación de diseño.
El método propone la siguiente tabla de referencia para adoptar los valores de m.

Calidad del Drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menor a 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	Mayor a 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
Débil	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

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Se han adoptado los siguientes valores para una condición mas favorable:

- ***m_2 = 1***
- ***m_3 = 1***

3.8 Calculo del Número Estructural (SN)

El Método de diseño para pavimentos flexibles utilizado está basado en el Método AASHTO versión 1993. La fórmula general de diseño relaciona la cantidad de ejes equivalentes de 18.000 lbs. (EE) con el Número Estructural y el Nivel de Confianza, de manera que la estructura experimente una pérdida de Serviciabilidad determinada.

La Fórmula general es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{p_i - p_f}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}[M_R] - 8.07$$

W_{18}= Ejes equivalentes de diseño
SN = Numero Estructural (in)
p_i = Índice de serviciabilidad inicial
p_f = Índice de serviciabilidad final

a_i = Coeficiente Estructural
M_r = Módulo resiliente
Z_r = Nivel de Confiabilidad
S_o = Desviación Estándar Combinada
m_i = Coeficiente de drenaje

La verificación por el Método AASHTO 93 se detalla a continuación:

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Memoria de Cálculo: Diseño Pavimento Asfáltico
Método AASHTO-93

Tramo: Bella Vista Norte - Pastoril - Curusu Eva - Puentesiño
Paquete Licitado - Tratamiento Doble
Para Vida útil de 10 años

Datos de Diseño:

1.	Tránsito: EE acumulados	850.000	
2.	Suelo de Fundación: CBR	12,8	%

Datos de Proyecto:

3.	Nivel de Confiabilidad (R)	0,60	%
4.	Desviación Normal (So)	0,44	
5.	Indice de Serviciabilidad Inicial (pi)	4,20	
6.	Indice de Serviciabilidad Final (pf)	2,00	

Cálculo Parámetros Fórmula AASHTO-93:

7.	Variación Indice de Serviciabilidad (ΔPSI)	2,2	
8.	Módulo Resiliente Subrasante (Mr)	89,8	MPa
9.	Coeficiente de Confiabilidad	0,253	

10. Cálculo del Número Estructural Requerido:

NE Requerido para estructura	**5,73**	cm.	**2,26**	inches
NE Requerido para carpeta asfáltica		cm.		inches

11. Diseño Estructura de Pavimento:

11.1 Coeficiente Estructural:	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 9.000 N	0,44	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0,39	
Capa 4: Base Granular Estabilizada Granulométricamente	0,14	
Capa 4: Subbase de Suelo estabilizado con cemento UCS 1.5 Mpa	0,11	1,00
Capa 5: Subbase Granular, CBR min. 40%	0,06	1,00

11.2 Diseño de Espesores:	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)
Capa 1	0,0	0,44		0,00
Capa 2	2,0	0,39		0,78
Capa 3	**20,0**	0,14		2,80
Capa 4	**20,0**	0,110	1,00	2,20
Capa 5	**0,0**	0,06	1,00	0,00
	42,0		N.E. Estruct.	**5,78**
			N.E. Asf.	**0,78**

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Memoria de Cálculo: Diseño Pavimento Asfáltico
Método AASHTO-93

Tramo: Bella Vista Norte - Pastoril - Curusu Eva - Puentesiño
Paquete Propuesto - Carpeta Asfáltica (0+000 A 6+000)
Para vida útil: 10 años

Datos de Diseño:

Tránsito: EE acumulados a 20 años	2.150.000	
Suelo de Fundación: CBR	12.8	%

Datos de Proyecto:

Nivel de Confiabilidad (R)	0.60	%
Desviación Normal (So)	0.44	
Indice de Serviciabilidad Inicial (pi)	4.20	
Indice de Serviciabilidad Final (pf)	2.00	

Cálculo Parámetros Fórmula AASHTO-93:

Variación Indice de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.2	
Módulo Resiliente Subrasante (Mr)	89.8	MPa
Coeficiente de Confiabilidad	0.253	

Cálculo del Número Estructural Requerido:

NE Requerido para estructura	**6.630**	cm.	**2.61**	inches
NE Requerido para carpeta asfáltica		cm.		inches

Diseño Estructura de Pavimento:

Coeficiente Estructural:	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 9.000 N	0.44	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0.41	
Capa 3: Base Granular Estabilizada Granulométricamente	0.14	1.00
Capa 4: Subbase de Suelo estabilizado con cemento UCS 1.5 Mpa	0.11	1.00
Capa 5: Subbase Granular, CBR min. 40%	0.06	1.00

Diseño de Espesores:	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)
Capa 1	**0.0**	0.44		0.00
Capa 2	**4.0**	0.41		1.64
Capa 3	**20.0**	0.14	1.00	2.80
Capa 4	**20.0**	0.11	1.00	2.20
Capa 5	**0.0**	0.11	1.00	0.00
	44.0		N.E. Estruct.	**6.64**
			N.E. Asf.	**1.64**

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Memoria de Cálculo: Diseño Pavimento Asfáltico
Método AASHTO-93

Tramo: Bella Vista Norte - Pastoril - Curusu Eva - Puentesiño
Paquete Propuesto - Carpeta Asfáltica (6+000 a 35+000)
Para vida útil: 10 años

Datos de Diseño:

Tránsito: EE acumulados a 20 años	1.640.000	
Suelo de Fundación: CBR	12.8	%

Datos de Proyecto:

Nivel de Confiabilidad (R)	0.60	%
Desviación Normal (So)	0.44	
Indice de Serviciabilidad Inicial (pi)	4.20	
Indice de Serviciabilidad Final (pf)	2.00	

Cálculo Parámetros Fórmula AASHTO-93:

Variación Indice de Serviciabilidad (ΔPSI)	2.2	
Módulo Resiliente Subrasante (Mr)	89.8	MPa
Coeficiente de Confiabilidad	0.253	

Cálculo del Número Estructural Requerido:

NE Requerido para estructura	**6.356**	cm.	**2.50**	inches
NE Requerido para carpeta asfáltica		cm.		inches

Diseño Estructura de Pavimento:

Coeficiente Estructural:	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 9.000 N	0.44	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0.41	
Capa 3: Base Granular Estabilizada Granulométricamente	0.14	1.00
Capa 4: Subbase de Suelo estabilizado con cemento UCS 1.5 Mpa	0.11	1.00
Capa 5: Subbase Granular, CBR min. 40%	0.06	1.00

Diseño de Espesores:	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)
Capa 1	**0.0**	0.44		0.00
Capa 2	**4.0**	0.41		1.64
Capa 3	**18.0**	0.14	1.00	2.52
Capa 4	**20.0**	0.11	1.00	2.20
Capa 5	**0.0**	0.11	1.00	0.00
	42.0		N.E. Estruct.	**6.36**
			N.E. Asf.	**1.64**

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Fundamentos para el cambio de Sección Transversal en Caminos Vecinales o Rurales

El cambio propuesto y ya ejecutado en algunos proyectos del MOPC consiste en cambiar el perfil de 7,00 m. de calzada pavimentada y 2,00 m. de banquina no pavimentada a otro perfil de 9m. de calzada pavimentada en todo su ancho.

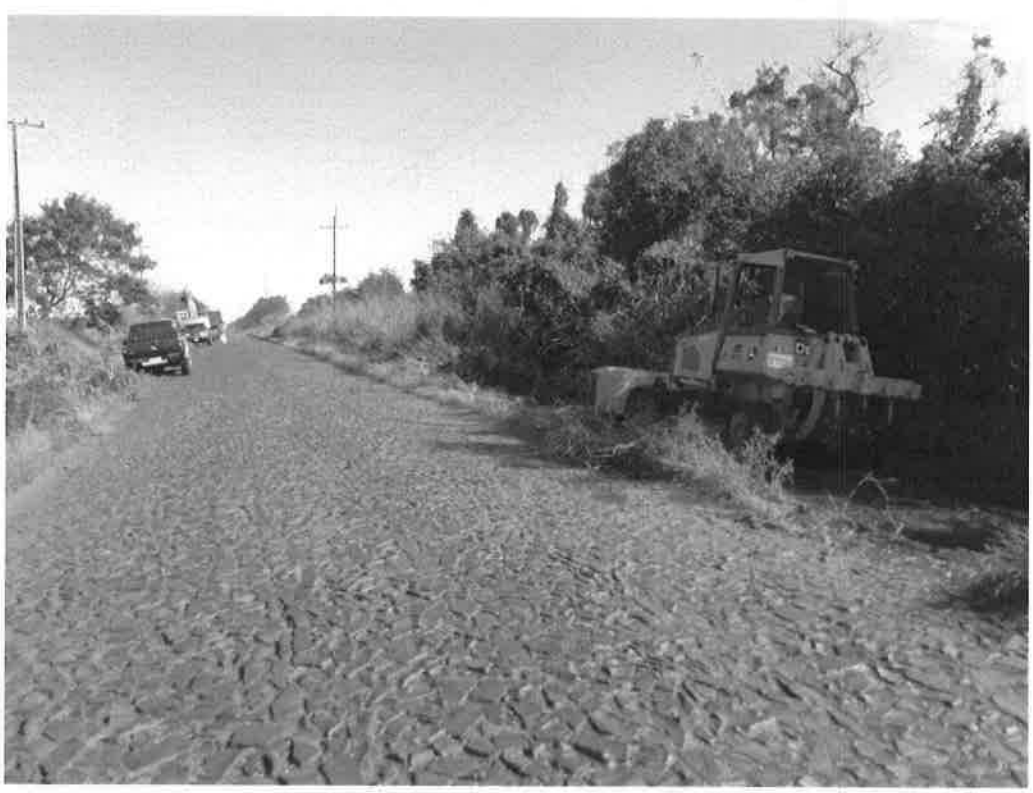
Algunas razones que fueron consideradas en un trabajo en conjunto con el Ing. Alcides Enciso en representación de la Fiscalización y el Ing. Duilio Pereira supervisor del MOPC

- Las banquinas no pavimentadas que varían de entre 1,00 a 2,00 m. de ancho sufren un rápido deterioro por falta de mantenimiento y es así como en poco tiempo quedan inutilizadas para el uso de algún tránsito de motos o tránsito peatonal (estas comunidades rurales carecen de camineros o veredas para el tránsito de peatones).
- Finalmente, esta estructura vial (banquinas de suelo seleccionado) cumplen solamente la función de contención lateral de la calzada.
- En todos los casos la falta de mantenimiento inutiliza estas banquinas para cualquier otra utilidad que no sea solo la de contención lateral de la calzada.
- Fotos de Banquinas deterioradas en un tramo de la Ruta Nº1 que está hecha con la mejor solución posible en banquinas, es decir con tratamiento superficial simple. Nótese la diferencia del estado en que se encuentra la carpeta asfáltica de la Calzada contra la situación de la Banquina en un estado de mucho deterioro.

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

- En los otros tipos de banquina (suelos, ripio, empastado) el deterioro es aún mayor y más rápido con erosiones que descalzan la calzada en las de suelo y ripio; y el empastado o yuyo alto sin corte, razones que inutilizan el uso de la banquina.



C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

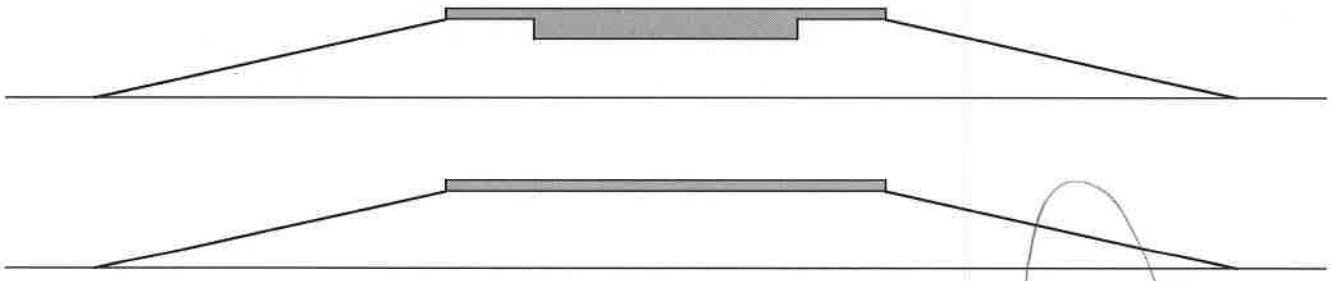
- Analizando esta situación con el Equipo Técnico fiscalización y supervisión y recorriendo varios tramos de caminos rurales o vecinales de nuestro país hemos llegado a conclusiones que ameritan un cambio de paradigma en la concepción de los proyectos viales de esta categoría.

A saber;
Razones sociales:
Los caminos que unen comunidades rurales, con el tiempo pasan de ser totalmente rurales a ser rurales – urbanas y luego de ser pavimentadas con algún tipo de superficie de todo tiempo, tipo empedrado, enripiado, etc., terminan convirtiendo se en caminos urbanos – rurales, es decir hay un fenómeno social que hace que la población vaya construyendo a lo largo del camino, entonces esas comunidades empiezan a contar con Centros de Salud, Escuelas, Comercios y la gente empieza a desplazarse a lo largo del camino, día a día, en motos, colectivos, y la mayoría caminando. Esta es la razón por la cual nos vemos en la necesidad de diseñar proyectos que satisfagan estas necesidades sociales en estas comunidades.

Así hemos llegado a un acuerdo total con la fiscalización y supervisión del MOPC en una propuesta de convertir toda la Plataforma o Coronamiento del cuerpo del Terraplén en calzadas completas pavimentadas de 9 m.

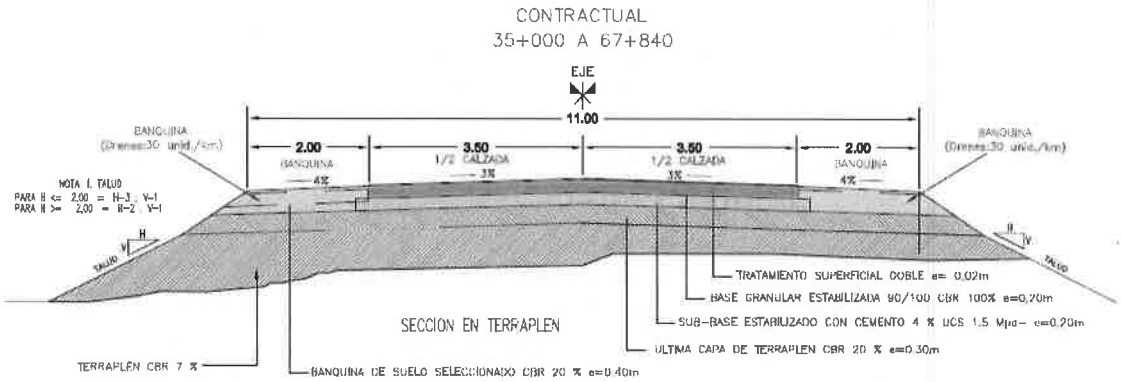
Razones de seguridad:
El uso popularizado de las motocicletas en estas comunidades en condiciones de total inseguridad (conductores sin casco, velocidades muy bajas, el conductor con toda su familia a bordo, sin luces delanteras y traseras), estas condiciones son fenómenos reales que hay que asumir, es decir es preferible que la calzada pavimentada tenga 4.5 metros antes que 3.5 metros.
Esta banquina – calzada, por más que la calzada este delimitada por la señalización de 7,00 m., en la práctica a la hora del cruce entre vehículos de gran porte funciona como una calzada de 9 m. brindando una mayor seguridad para el caso.

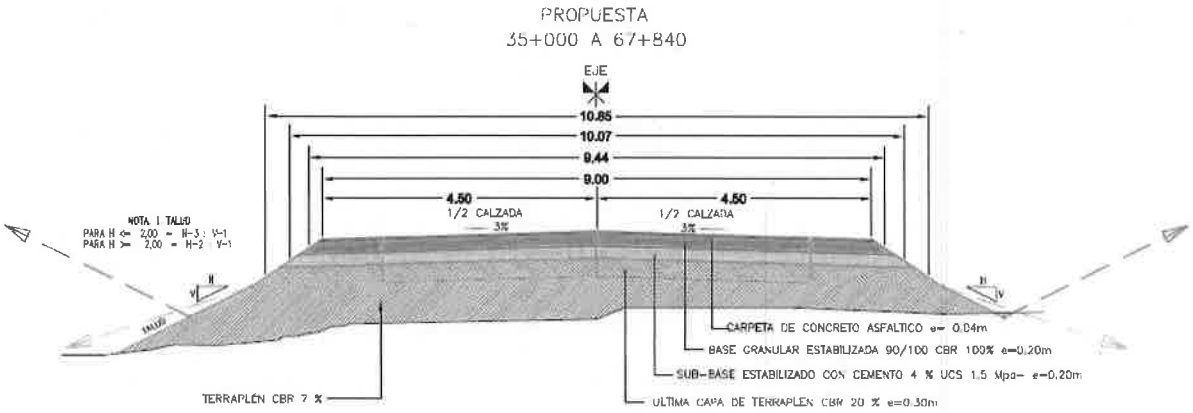
Razones Técnicas:
Al asumir una calzada pavimentada completa en todo su ancho, el paquete estructural granular también se construye en todo el ancho correspondiente, esto soluciona definitivamente un viejo problema estructural en todos nuestros proyectos viales. Es normal que se considere que la calzada tiene una solicitud de carga mayor que de la banquina, razón por la cual los diseños de subrasantes tienen la forma de una caja delimitada por las banquinas. Este concepto técnico de proyecto está bien desde el punto de vista estructural pero desde el punto de vista de durabilidad del pavimento tiene un grave problema; en nuestro país el régimen de lluvias es muy alto y se produce una alta penetración de agua a través de la banquina (no es impermeable) y esa agua penetrada permanece por un buen tiempo dentro de la caja de la subrasante porque los drenes laterales que se construyen en las banquinas son ineficientes y para empeorar la situación carecen de mantenimiento. Hoy día, este fenómeno es una de las razones principales de fallas estructurales en las subrasantes de nuestras carreteras.



C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Presidente Legal

Ejemplos de proyectos licitados con posterioridad a este con la nueva Sección Transversal tipo ya adoptada.





La propuesta consiste en ampliar la sub rasante de la plataforma existente a ambos lados de la misma, de tal forma que la calzada ampliada mida 9,00 metros de ancho total. Teniendo en cuenta que la calzada licitada del tiene 7,00 m de ancho, habrá que ampliar 2,00 m en total, es decir 1,00 m a cada lado de la calzada existente.

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL Nº39/2019 PARA LAS OBRAS DE CONSTRUCCION DE TRAMOS DE CAMINOS VECINALES EN LOS DEPARTAMENTOS DE AMAMBAY, CONCEPCION, CAAZAPA, GUAIRA Y MISIONES. TRAMO: BELLA VISTA NORTE - PASTORIL- CURUSU EVA- PUENTESIÑO, DEPARTAMENTO DE AMAMBAY/CONCEPCIÓN - LOTE Nº01

INFORME COMPLEMENTARIO

Fecha: 08/06/2021

1. Objeto

El objeto de este informe es el de analizar la propuesta de cambio sugerida por el Contratista, verificar la razonabilidad de la misma, proponer ajustes si es necesario y comprobar que la misma genera una ventaja técnica sobre el proyecto contractual.

2. Documentación Analizada

- Documentación Licitatoria
- Propuesta de Convenio Modificatorio con las propuesta de cambio

3. Propuesta de cambio

La propuesta de cambio según la documentación analizada puede resumirse en tres aspectos según el siguiente detalle:

i) Cambio de la sección transversal: Pasar de 7,00 m. de calzada pavimentada y 2,00 m. de banquina no pavimentada a otro perfil de 9m. de calzada pavimentada en todo su ancho.

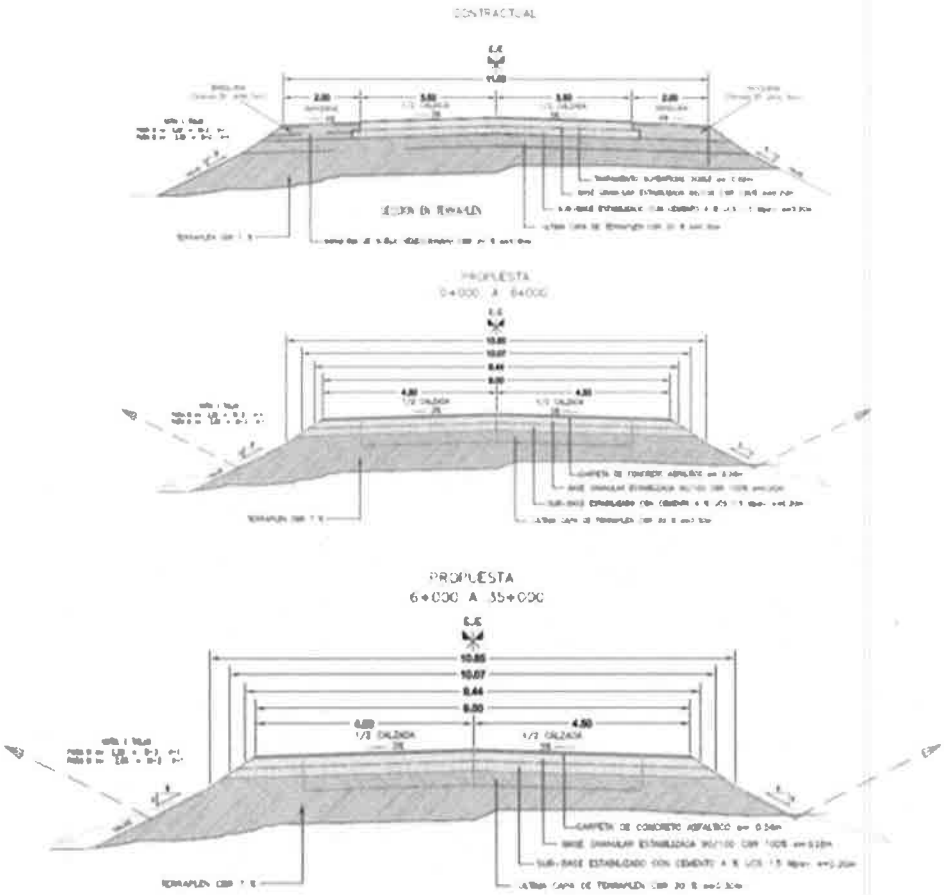
ii) Cambio en la estructura del pavimento propuesta originalmente.

iii) Ajustes en el emplazamiento del eje de la calzada para evitar traslado de columnas de ANDE y/o la expropiación de propiedades linderas de forma innecesaria ante la negativa encontrada en primera instancia con los frentistas afectados, siendo que el ancho existente ya liberado permite modificaciones de tipo geométrico.

Este informe solo tratará los dos primeros aspectos vinculados a los cambios en la estructura del pavimento y la sección transversal.

Los siguientes gráficos presentan tanto el perfil contractual como el perfil propuesto y, permiten observar los cambios antes indicados.

G.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal



4. Análisis de los Cambios Propuestos

4.1 Cambio en el Perfil Transversal

El perfil transversal propuesto presenta ventajas respecto al contratado:

- La banquina y calzada pavimentada en todo el ancho provoca un escurrimiento más eficiente del agua de la calzada, y disminuye procesos erosivos en las capas de la estructura del pavimento por ingreso de agua desde la banquina.

- La banquina pavimentada permitiría, en esta zona donde hay gran afluencia de motos, que las mismas puedan circular por la banquina disminuyendo la posibilidad de un siniestro vial.

- La construcción de las capas estructurales a lo largo de todo el ancho del terraplén asegura mejor drenaje que el previsto en el proyecto contractual. Los drenes previstos cada 30 m en la banquina no garantizan que se pueda evacuar toda el agua ni que funcionen en forma óptima por procesos de taponamiento durante todo el periodo de diseño (que debería incluir una repavimentación) lo que llevaría a proceder a su recambio. Esta

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

situación es muy común en las carreteras de Paraguay donde se tiene un clima muy lluvioso. Se pueden citar ejemplos en la Ruta 8, Tramo Carayao-Oviedo, y en Ruta 2 Tramo San José-Coronel Oviedo donde se ha manifestado este fenómeno.

- Los perfiles con banquinas de suelo con plasticidad generan que las capas estructurales no tengan drenaje hacia el exterior, en gral. la falta de mantenimiento sobre todo el no sellado de las fisuras que aparecen en calzada permiten el ingreso de agua que permanece confinada en la estructura sin posibilidad de salida. Se pueden citar ejemplos en el Tramo Cruce Naville-Empalme Ruta Py02.

- Una banquina no pavimentada i) permite que el agua penetre en la unión con calzada provocando fenómenos erosivos en las capas no ligadas subyacentes a las de rodamiento, ii) genera mayores costos de mantenimiento con tareas de perfilado y reposición de material para evitar descalces, iii) no permite ser utilizada por transporte no motorizado o motos, iv) no permite ser utilizada en días de lluvia.

- Las fotografías siguientes muestran ejemplos de banquinas conformadas con tratamientos superficiales y que presentan deterioro.

- Las fotografías siguientes muestran ejemplos de banquinas emplazadas con suelo. En estos casos, junto con el crecimiento de la vegetación y la falta de mantenimiento no hacen posible la utilización de las mismas para detención de vehículos.

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

- Las fotografías siguientes muestran ejemplos de carreteras de similares características construidas con el perfil propuesto.

4.2 Cambio de Paquete Estructural

El paquete estructural propuesto presenta ventajas respecto al licitado:

- La estructura propuesta plantea una mejora de la cantidad de ejes equivalentes permitidos, logrando que la vida útil sea mayorada en 2,5 veces según los cálculos aplicando la metodología AASHTO 1993

- La estructura propuesta, junto con el cambio de perfil transversal, trae aparejado menores costos de mantenimiento lo que lleva a que posea un menor valor frente a la propuesta contractual, considerando los costos incurridos en todo el período de análisis. (Ver Anexo I, Flujo de costos)

- El análisis de costos actualizados no supuso que los beneficios al usuario por la aplicación de una carpeta de concreto asfáltico son mayores a los de un tratamiento superficial pues mejora su transitabilidad.

- La estructura propuesta es superadora sobre todo lo vinculado a las tensiones que se producen. Con pequeños espesores asfálticos (<4 cm aproximadamente) el diseño no solo tiende a

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

independizarse de la rigidez del material asfáltico, sino también impide que se desarrollen grandes tensiones de tracción en dicha capa en comparación con espesores mayores. Con pequeños espesores asfálticos, la estructura queda condicionada por las tensiones de compresión en las capas granulares subyacentes o bien en la subrasante, que determinarían la falla del pavimento por deformaciones permanentes (ahuellamientos). A medida que el diseño contempla mayores espesores de concreto asfáltico, las rigideces del mismo, junto con las tensiones de tracción generadas en sus fibras inferiores, toman tal relevancia que hace que la falla determinante de la vida del pavimento resulte ser la fisuración de la mezcla asfáltica. En definitiva, puede analizarse teóricamente y se verifica en la práctica que un pavimento flexible con pequeños espesores asfálticos (< 4 cm) presenta un mejor comportamiento a fatiga respecto a los que presentan espesores asfálticos mayores (5 cm < e < 7 cm). De esta forma un espesor de 4 cm frente a un tratamiento superficial provocará menores tensiones de compresión en capas granulares y subrasante y prolonga de este modo la vida útil. Esto no puede ser puesto de manifiesto mediante la aplicación del método AASHTO´93, pero si mediante la aplicación de algún método racional o mecanicista de cálculo de tensiones y deformaciones en sistemas multicapa. (Ver Anexo II, Análisis de Tensiones con sistema multicapas).

- Por otro lado las tensiones de compresión en las capas no ligadas disminuye al colocar una capa de mezcla asfáltica. Eso genera que la vida útil sea doblada en términos de ejes equivalentes. (Ver Anexo II, Análisis de Tensiones con sistema multicapas)

- Se destaca que desde el aspecto normativo el Manual de Carreteras de Paraguay permite la construcción de capas de concreto asfáltico de 4 cm de espesor.

5. Conclusiones y Recomendaciones

El análisis de los cambios propuestos vs el proyecto contractual es altamente beneficioso pues:

i) Permite aumentar las condiciones de seguridad
ii) El ancho total de 9 metros de calzada incluido banquina permite solucionar las altas dificultades que representan las expropiaciones con las consecuentes reducciones en costos y tiempo que ello conlleva.
iii) Mejora las condiciones de drenaje de la estructura ya que al extender la base estabilizada a lo largo de la sección transversal soluciona el problema de drenaje optimizando la salida de agua a los costados.
iv) Aumenta la vida útil generando menores tensiones de compresión

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

en las capas granulares y en la subrasante.

v) La carpeta de concreto asfaltico ofrece una mayor comodidad para el usuario, en relación al tratamiento superficial del proyecto contractual.

vi) El espesor de mezcla asfáltica posee mejor comportamiento que capas de mayor espesor pues impide el desarrollo de grandes tensiones de tracción en las fibras inferiores de dicha capa.

vii) Posee un costo actualizado menor contabilizando las actividades de inversión y de mantenimiento periódico a lo largo del período de diseño a pesar de haber aplicado hipótesis conservadoras.

viii) Disminuye las actividades de mantenimiento.

En tal sentido se recomienda la aplicación de las soluciones planteadas en el Convenio Modificatorio.

Ing. Fabián Schvartzer

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

ANEXO 1

EVALUACION COSTO ACTUALIZADO DE PROYECTO CONTRACTUAL Y DE PROYECTO PROPUESTO

1. Objeto

Este Anexo tiene por objeto analizar los costos actualizados en un período de análisis de 20 años que comprende no solo los costos de inversión sino también los de mantenimiento a lo largo de dicho período.

2. Metodología Empleada

Para el calculo de los costos actualizados se ha seguido la siguiente metodología:

i) Recopilación costos del contrato vigente y de la propuesta en el convenio modificatorio.
ii) Recopilación de costos de los ítems que intervienen en el mantenimiento: Perfilado de Banquinas, Reposición de suelos en banquina, Bacheo Superficial, Bacheo profundo, Sellado de fisuras, Demarcación Horizontal, Refuerzo con Carpeta de Concreto Asfáltico.
iii) Determinación de frecuencia de intervención de cada tarea.
iv) Determinación de área de intervención de cada tarea.
v) Determinación de las características de cada tarea
vi) División de los costos según Plan de trabajo vigente.
vii) Determinación de la tasa de descuento

3. Supuestos

Se ha supuesto una hipótesis conservadora de análisis,

i) mayor cantidad de obras en la propuesta alternativa que las que se deberían ejecutar según los cálculos, entre ellas a) la aplicación de una capa de refuerzo de mezcla asfáltica de 3 cm en todo el ancho incluyendo las banquinas para mantener el mismo nivel y seguir considerando las mismas condiciones de seguridad, b) cantidades de bacheo profundo y superficial mayores a las que deberían realmente aplicarse.
ii) No se ha considerado sellado de fisuras como tarea de mantenimiento que son mayores en la obra licitada.
iii) No se ha considerado valor residual, es mayor en la propuesta alternativa.
iv) No se ha considerado el mayor beneficio en costos de operación y seguridad que ofrece el proyecto propuesto.

C.I.V.
Ing. Isacio E. Vai
Representante L

4. Costos Considerados

Costo de la Obra licitada:	Gs 67.249.608.092
Costo de la alternativa:	Gs 80.696.000.650
Bacheo Superficial:	Gs/tn 600.000
Bacheo Profundo:	Gs/m3 400.000
Sellado de Fisuras:	Gs/ml 12.000
Señalización Horizontal:	Gs/m2 45.000
Perfilado de Banquina:	Gs/m2 10.000
Reposición de Suelo en Banquina:	Gs/m3 60.000
Mezcla Asfáltica:	Gs/m3 1.400.000

5. Frecuencia de Intervención

5.1 Características de la intervención y Códigos empleados

PB: Perfilado de Banquina, 1 por año
RS: Reposición de Suelo en Banquina en 5 cm de espesor
BS(XX): Bacheo Superficial XX: Porcentaje propuesto
BP(XX) : Bacheo Profundo en 50 cm de espesor. XX: Porcentaje propuesto
RCA4: Capa de mezcla asfáltica de 4 cm en ancho de 7 m.
SH: Señalización Horizontal
RSB: Reposición de Suelo en banquina junto con la repavimentación.
RCA3: Capa de mezcla asfáltica de 3 cm en ancho de 9 m.

5.2 Proyecto Contractual

Año 1 y 2 Obra Prevista: Año 1 55 % y Año 2 45%.
Año 3: PB
Año 4: PB, BS(1), BP(0,05)
Ano 5: PB, BS(1,5), BP(0,1),RS
Año 6: PB, BS(2,0), BP(0,5)
Año 7: PB, BS(2,5), BP(1)
Año 8: RCA4,SH,RSB,BS(3,0),BP(1)
Año 9: PB
Año 10: PB
Año 11: PB
Año 12: PB, BS(0,5), BP(0,05),RS
Año 13: PB, BS(1,0), BP(0,1)
Año 14: PB, BS(1,5), BP(0,2)
Año 15: PB, BS(2,0), BP(0,4)
Año 16: PB, BS(2,5), BP(0,5),RS
Año 17: PB, BS(2,5), BP(0,5)
Año 18: PB, BS(2,5), BP(0,5)
Año 19: PB, BS(2,5), BP(1)
Año 20: PB, BS(2,5), BP(1),RS

C.I.V.S.
Ing. Isacio E. Vallejos
Representante Legal

5.3 Proyecto Propuesto

Año 1 y 2 Obra Prevista: Año 1 55 % y Año 2 45%.
Año 3:
Año 4:
Ano 5: BS(0,5),BP(0,05)
Año 6: BS(1,0), BP(0,1)
Año 7: BS(1,5), BP(0,2)
Año 8: BS(2,0), BP(0,2)
Año 9: BS(2,5), BP(0,3)
Año 10: RCA3,SH,BS(3,0),BP(0,5)
Año 11:
Año 12:
Año 13: BS(0,5)
Año 14: BS(1,0), BP(0,05)
Año 15: BS(1,5), BP(0,1)
Año 16: BS(2,0), BP(0,2)
Año 17: BS(2,5), BP(0,2)
Año 18: BS(3,0), BP(0,3)
Año 19: BS(3,0), BP(0,5)
Año 20: BS(3,0), BP(0,5)

6. Costo Actualizado

Para calcular el costo actualizado se ha considerado una tasa de descuento del 9 %, similar a las que utiliza la República de Paraguay para la preparación de los documentos que requieren de Código SNIP.

En la tabla de la página siguiente se detalla el flujo de costo

7. Conclusiones

Habiendo sido conservador en las hipótesis asumidas el proyecto propuesto presenta un costo actualizado levemente menor, esa diferencia se incrementará en la medida que se incorporen hipótesis más realistas.

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Año	Proyecto Licitado	Proyecto Propuesto
	Guaraníes	Guaraníes
1	36.987.284.451	44.382.800.358
2	30.262.323.641	36.313.200.293
3	1.400.000.000	-
4	1.518.212.500	-
5	2.009.568.750	99.470.000
6	1.832.425.000	198.940.000
7	2.124.281.250	322.910.000
8	15.388.887.500	397.880.000
9	1.400.000.000	521.850.000
10	1.400.000.000	14.318.570.000
11	1.400.000.000	-
12	1.891.356.250	-
13	1.542.712.500	74.970.000
14	1.638.568.750	174.440.000
15	1.783.425.000	273.910.000
16	2.299.281.250	397.880.000
17	1.879.281.250	472.850.000
18	1.879.281.250	596.820.000
19	2.124.281.250	694.820.000
20	2.544.281.250	694.820.000
Costo Actualizado	**79.058.005.518**	**78.877.412.609**

Ing. Fabián Schvartzer

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos
Representante Legal

Objetivo:

Tensión de tracción en la fibra inferior de la mezcla asfáltica (debajo de la rueda)

Parámetros de diseño:

2 cargas 4500 libras c/u
102 psi presión de inflado

Estructuras evaluada:

1

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	3	1,18	1034	150.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

2

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	4	1,57	1034	150.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

3

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	5	1,97	2620	380.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

4

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	6	2,36	2620	380.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

5

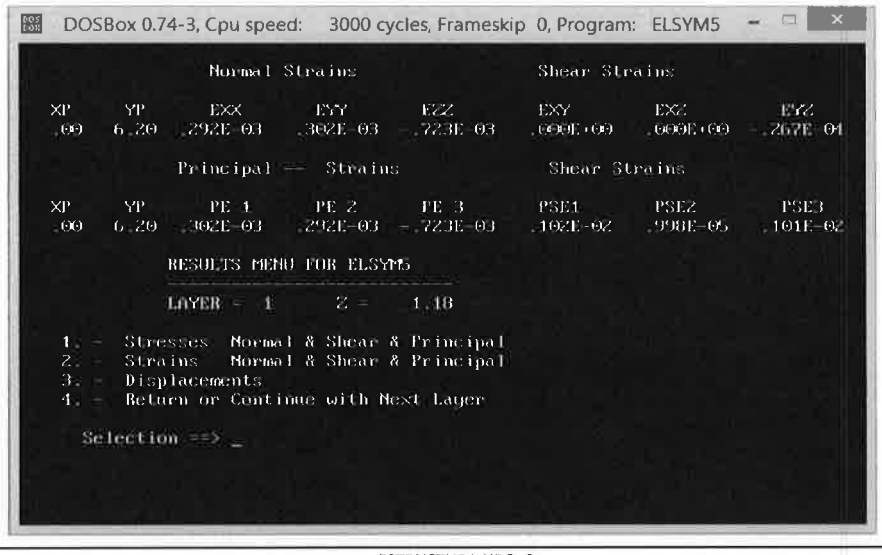
Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	7	2,76	2620	380.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

Resultados obtenidos:

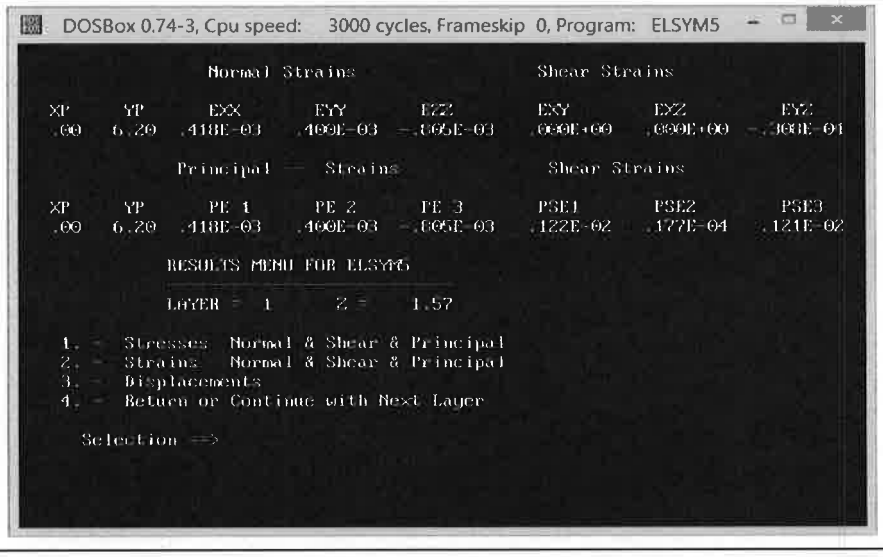
Estructura evaluada	Espesor Mezcla asfáltica (cm)	et (10e-04 mm/mm)
1	3	3,02
2	4	4,18
3	**5**	**4,20**
4	6	4,03
5	7	3,79

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

ESTRUCTURA NRO. 1

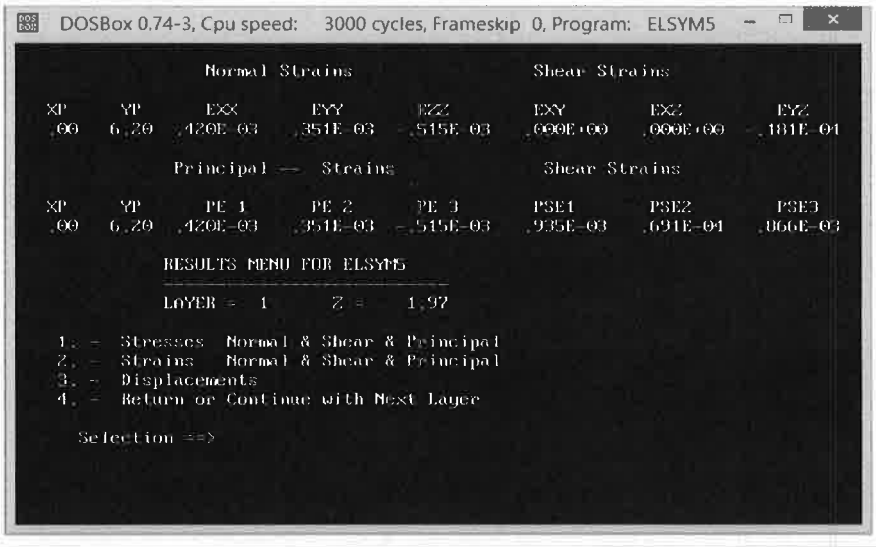


ESTRUCTURA NRO. 2

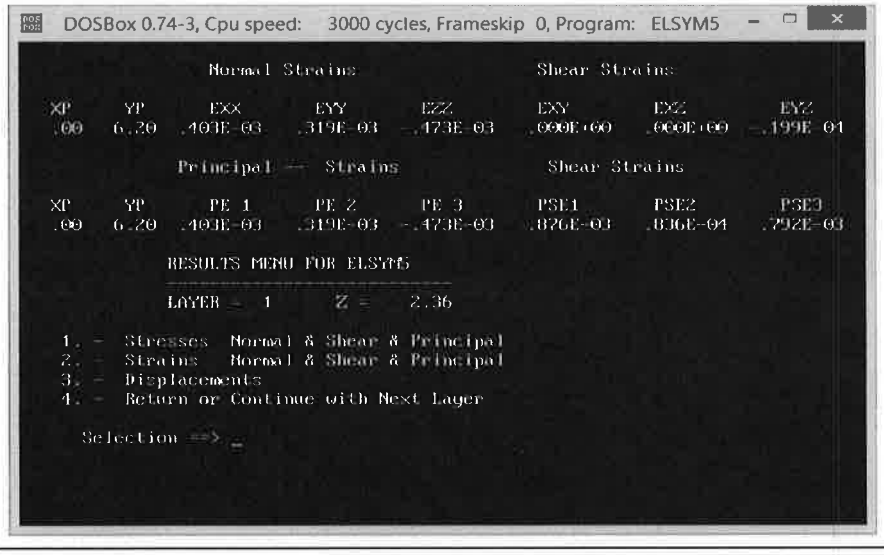


C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

ESTRUCTURA NRO. 3



ESTRUCTURA NRO. 4



C.I.V.S.A.
Ing. Isacio F. Vallejos A.
Representante Legal

ESTRUCTURA NRO. 5

DOSBox 0.74-3, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: ELSYM5

```
                Normal Strains                    Shear Strains

 XP      YP       EXX        EYY        EZZ        EXY        EXZ        EYZ
 .00    6.20   .379E-03   .287E-03  -.430E-03   .000E+00   .000E+00  -.212E-04

              Principal -   Strains                Shear Strains

 XP      YP       PE 1       PE 2       PE 3       PSE1       PSE2       PSE3
 .00    6.20   .379E-03   .287E-03  -.430E-03   .809E-03   .915E-04   .717E-03

            RESULTS MENU FOR ELSYM5
            ------------------------

            LAYER =  1       Z =    2.76

  1. -  Stresses  Normal & Shear & Principal
  2. -  Strains   Normal & Shear & Principal
  3. -  Displacements
  4. -  Return or Continue with Next Layer

    Selection --> _
```

C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

Objetivo:

Tensión de compresión en la interfase base - subbase (carga centrada entre ruedas)
Tensión de compresión en la interfase subbase - subrasante (carga centrada entre ruedas)
Ejes admisibles

Parámetros de diseño:

2 cargas 4500 libras c/u
102 psi presión de inflado

Estructuras evaluada:

1

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Mezcla asfáltica	4	1,57	1034	150.000
Base granular	18	7,09	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

2

Capas	Espesores		Módulos	
	cm	pulg.	MPa	psi
Base granular	20	7,87	241	35.000
Sub base suelo cemento	20	7,87	124	18.000
Subrasante	-		90	13.000

Resultados obtenidos:

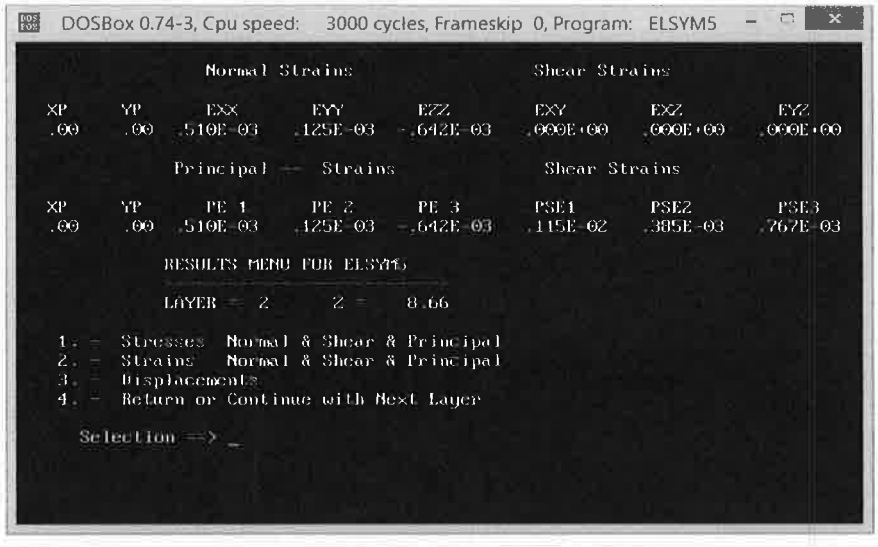
Estructura evaluada	Interfase evaluada	et (10e-04 mm/mm)	Ejes admisibles (N)
1	B - SB	5,10	2.867.616
	SB - SR	3,03	23.016.072
2	B - SB	5,75	1.774.722
	SB - SR	3,50	12.927.947

$$N = k_1 \cdot \left(\frac{1}{e_c}\right)^{k_2}$$

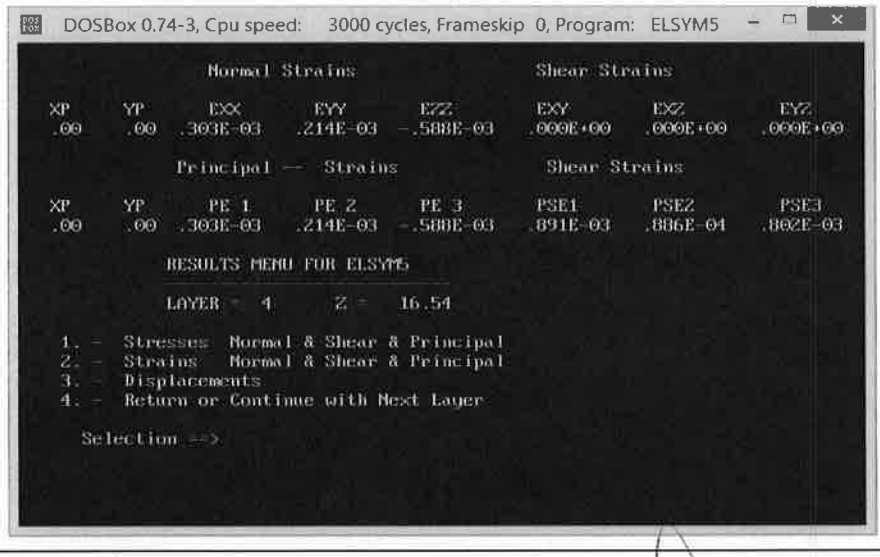
$$k_1 = 1{,}94e^{-07}$$
$$k_2 = 4$$

Ing. Ignacio E. Vallejos A.
Representante Legal

ESTRUCTURA NRO. 1 A

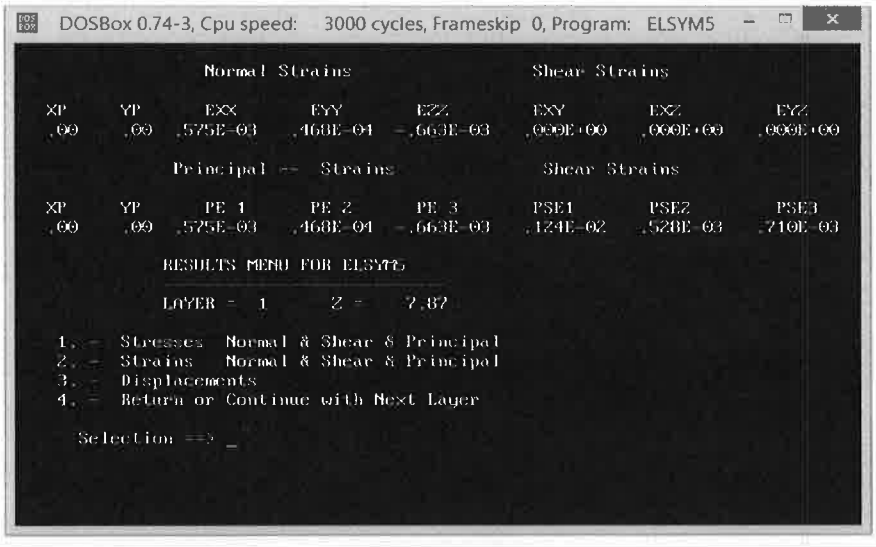


ESTRUCTURA NRO. 1 B

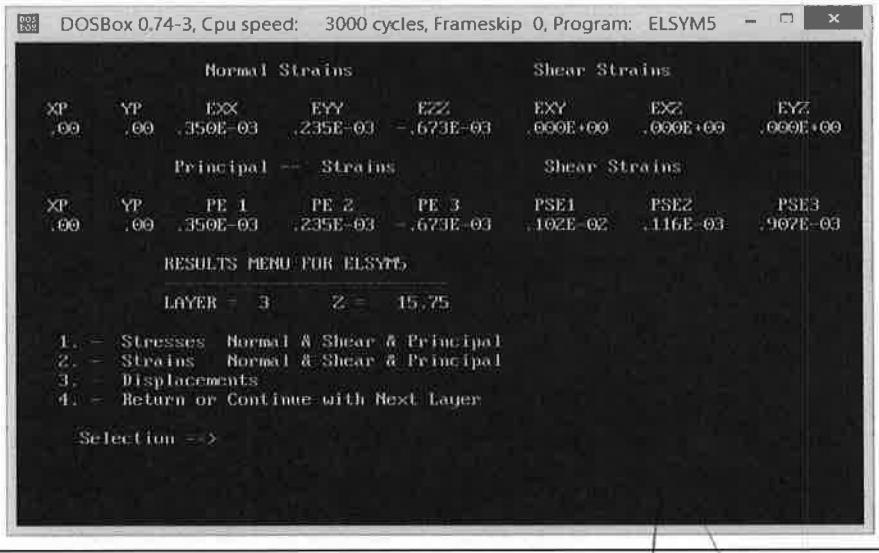


C.I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal

ESTRUCTURA NRO. 2 A



ESTRUCTURA NRO. 2 B



I.V.S.A.
Ing. Isacio E. Vallejos A.
Representante Legal