Bajo esas condiciones y simulando con el caudal obtenido de la memoria de Ingeniería del Consultor Peesa, tal como ya se ha informado mas arriba, se muestra seguidamente, la tabla de caudales asignado para cada tipo de alcantarilla.

Anexo 03. Hidrologia e Hidráulica

A continuación, se presenta un cuadro resumen con la capacidad hidráulica de cada tipología segun los parámetros mencionados en ítems anteriores:

Tipología	Dimensiones (metros)	Q (m3/s)
ACSH	1X1	1.90
ACDH	1X1	3.60
ACTH	1X1	6.20
ACCH	1X1	8.20
ACQH	1X1	9.50

Tabla 27 – Capacidad hidraulica segun tipología

Se ha determinado que existiría una altura de agua en la entrada de la alcantarilla de 1.14m, muy cerca del límite superior de la losa del techo de la alcantarilla, la cual está a 1.15m. A partir de este límite ó sobre la losa superior del techo de la alcantarilla, se comienza a establecer, cual sería la cota mínima de rasante. Considerando diferentes criterios que deben ser tenidos en cuenta como el hidráulico, ya descripto, el geotécnico y el estructural.

CRITERIO GEOTECNICO

Se ha estudiado y consultando con la bibliografía de la mecánica de suelos, cuál sería la altura mínima desde la cual la primera capa de suelo cal, debería estar alejada de la posible presencia de agua permanente en los laterales de los terraplenes a ejecutar, se pasa a mostrar los enunciados teóricos de la bibliografía, y luego su aplicación práctica al caso de una obra de ejecución de terraplenes con suelos finos, como es el caso de la Ruta PY12.

FENOMENO DE ASCENSION CAPILAR
APLICACIÓN A SUELOS FINOS SOMETIDOS A PRESENCIA PERMANENTE DE AGUA
(TOMO 1 – MECANICA DE SUELOS de Juarez Badillo)

Se puede representar, mediante las fórmulas, cuál sería la ascensión capilar, si las aguas estuvieran en contacto permanente con el suelo de la subrasante, según el diámetro del poro para los suelos finos, los cuales varían entre 0.100 micras y 0.001 micras, tal cual lo expuesto en el artículo técnico.
Se hace la observación de que el tamiz N°200, tiene una abertura de pasante del orden del 0.074 mm, ó 74 micras, se pasa entonces a simular, los límites superior e inferior del diámetro de los poros, y también del tamiz N°200, se puede ver que el agua asciende un 0.40 metros, en el caso teórico estudiado. No se pueden estudiar mayores valores de ascensión capilar para diámetros menores, debido a que los ensayos para clasificación de suelos del tipo vial, utilizan como último tamiz de ensayo, el N°200, correspondiente a 74 micrones, de abertura, si se quiere estudiar menores diámetros, se debe utilizar otros ensayos.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF

ASCENCION CAPILAR SEGÚN EL DIAMETRO DEL PORO - (JUAREZ BADILLO - TOMO 1-MEC. DE SUELOS)

Ts	D	D	R	μ	γw	h	h
				$u = \frac{2T_s}{R}$		$h = \frac{u}{\gamma w}$	Ascensión capilar
g/cm	mm	cm	cm	g/cm2	g/cm3	cm	m
0.074	0.100	0.0100	0.005	29.6	1	29.6	0.30
0.074	0.074	0.0074	0.0037	40	1	40	0.40
0.074	0.020	0.0020	0.001	148	1	148	1.48
0.074	0.002	0.0002	0.0001	1480	1	1480	14.80
0.074	0.001	0.0001	0.00005	2960	1	2960	29.60

CRITERIO ESTRUCTURAL

Se considera en primer lugar el espesor del paquete estructural, que está establecido contractualmente en 0.84 metros, y la segunda condición, es alejar el piso del paquete estructural, por lo menos 0.40m, sobre el techo superior de la alcantarilla, teniendo en cuenta posibles condiciones de ascensión capilar hacia la base de asiento del paquete estructural, lo cual afectaría a la capa de suelo cal del mismo.

Conclusiones

Altura mínima de la rasante sobre alcantarilla

En la entrada de la alcantarilla, la suma de la altura determinada por el
criterio hidráulico de 1.14 m, el cual se toma ya como 1.15 m, más la altura determinada como mínimo en el
criterio geotécnico, de 0.40 m, más la altura del
criterio del paquete estructural de 0.84 m,
respecto al alteo mínimo de la rasante, sobre el techo de la alcantarilla en la entrada al conducto, nos da un valor de 1.15+0.40+0.84 = 2.39 m, menos 1.15 m correspondiente a la alcantarilla será como tapada mínima un valor igual a 1.24 metros.
Adoptado el **criterio de considerar 1.20 metros sobre el techo de cada galería celular, en el contacto con el ingreso de agua a la alcantarilla, la condición de mínima cota de rasante terminada en el eje de la alcantarilla, tiene un valor de 1.45 metros, se puede ver esto en la planilla de cálculo de tapada de una alcantarilla cualquiera, con cota de rasante 100.00, y pendiente longitudinal de 0.005 m/m ó 0.50%**
Se debe también recordar que al inicio del presente informe, el consultor PEESA, indicaba en la hoja 5 (cinco) de dicho informe, que considero un alteo de rasante de unos 70(setenta) centímetros, y que con ello ya era suficiente, ubicando esto sobre la traza existente. Lo cual en la práctica, y luego de las verificaciones constructivas, y del paquete estructural indicado en la Licitación, resulta escaso el volumen del movimiento de suelo previsto.
Además de otras consideraciones que se han visto en el recorrido de obra, como ser, la ubicación del eje de proyecto ó del camino existente, con relación a la ubicación de las columnas de las redes eléctricas de la ANDE. Que influirían en la toma de decisión del traslado del eje, para no remover las columnas, debido a que las previsiones, de traslado, no contemplan las pretensiones que la ANDE indica cuando se quieren mover ó cambiar de posición tales redes en las obras viales que el MOPC, lleva adelante, como ser la de potenciación y la de ejecución de nuevas líneas y remoción de estas.

Ing. HECTOR M. MALUF

Ing. Cristóbal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

CR	AC	A CORON.	Delta C.RAS-C.B.Coron	m	I alc	CD-AGUAS ARRIBA	CD-AGUAS ABAJO.	g	b	ancho	alto	e	Estructura de desague	Altura paquete estruct.	Altura bajo el paquete	L calc	L adopt	CF-eje	Dif cota RAS-CF eje	Cota TN	Dif.cota RAS-TN	Dif.cota CD-DS-s-TN	Tapada -eje-	Tapada -borde coronam.-	altura debajo del paquete real
cota rasante	ancho calz.	ancho coron.		pend del talud	pend del tubo	cota entrada	cota desague	alt. mur. cab.	ancho mur. Cab.	Cond.	Cond.	esp. losa		Datos	Datos		Adopt			Datos					
m	m	m		coef	%	m	m	m	m	m		m		m	m			m	m						
100.00	7.00	12.60	0.22	4	0.50	[illegible]	[illegible]	0.30	0.20	1	1	0.15	ACSH 1.00x1.00 m	0.94	0.43	20.54	21.00	97.403	2.60	98	2.00	-0.545	1.45	1.20	0.36

Se debe adoptar este criterio, para determinar la **nueva cota de rasante del tramo del lote 4,** desde la progresiva 122+000 a la 162+200, teniendo en consideración también, el aspecto del alejamiento de los niveles máximos de agua de proyecto, debido a las bermas de protección laterales, consideradas como necesarias ejecutar por este tramo y al procedimiento de construcción del terraplén capa por capa, y al tipo de suelo del núcleo del terraplén, casi impermeable, pero susceptible al proceso de capilaridad horizontal, que también está estudiado en la mecánica de suelos, pero que es restringido por la compactación firme de las capas constitutivas del terraplén a densidades del 95 al 98 %, del valor máximo del Proctor T 99, procedimiento que controla, la infiltración y la capilaridad lateral a través de las capas de suelo, colocadas según el procedimiento constructivo normal de un terraplén tipo vial.

Se pasa a mostrar ahora un perfil altimétrico aportado por el contratista del LOTE 4, donde se puede ver, la pendiente longitudinal muy baja, y también la ubicación de cañadones de acumulación dc agua, las cuales esta siendo resueltas por el contratista mediante la construcción de canales de alivio de las aguas que quedan estancadas.

Progresiva	Cota Ras	Pend. Long.
122520	87.89	
140492	91.637	0.0002085

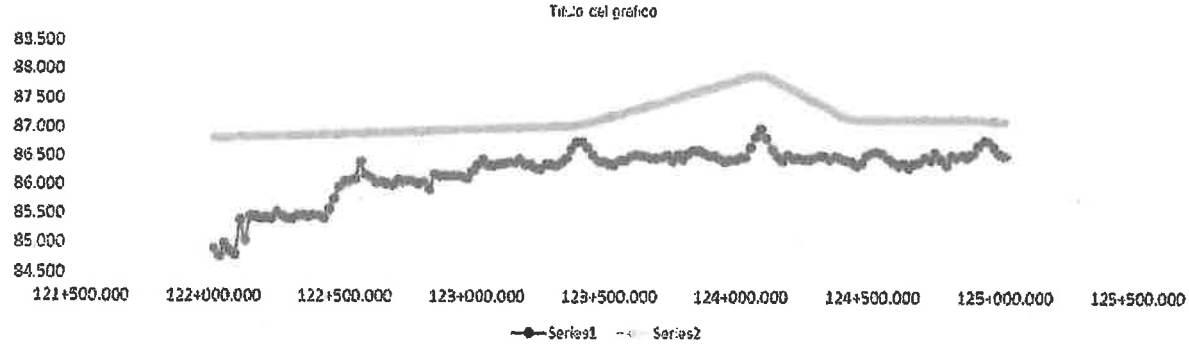
HECTOR M. MALUF

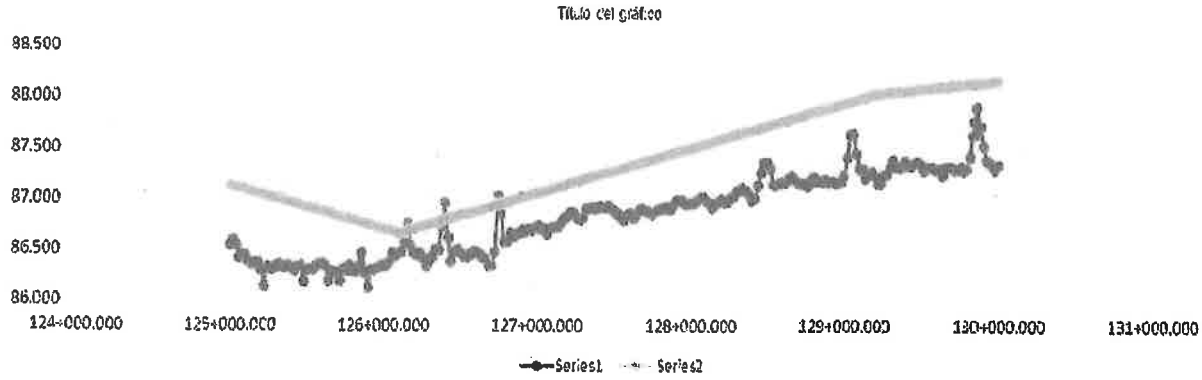
Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

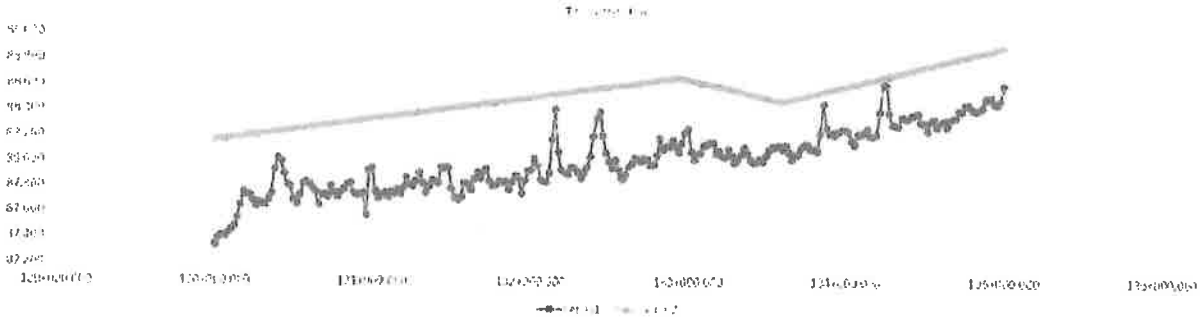
Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV - MOPC

OBSERVACIONES AL DISEÑO GEOMETRICO DE LA RASANTE – DEL LOTE 4

Se ha graficado la sub-rasante del proyecto contractual, para determinar cuál sería la pendiente longitudinal del tramo, se pasa a mostrar el cálculo de la misma y como queda el trazado medio del relieve topográfico, que acompaña a la misma, esto valida el criterio técnico, respecto a que ésta pendiente no presenta erosión longitudinal a lo largo del tramo, por lo que se debe dar soluciones hidráulicas a las aguas que deben moverse en sentido transversal al eje de la vía.





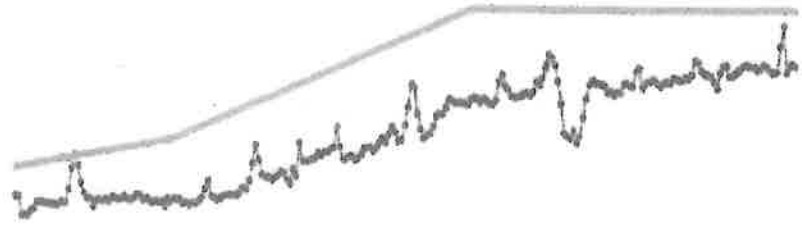


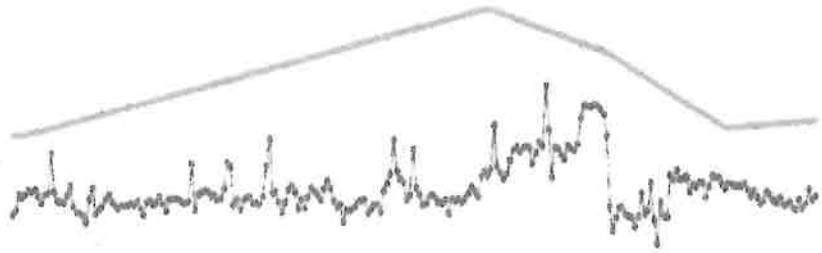
Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
PV - MOPC

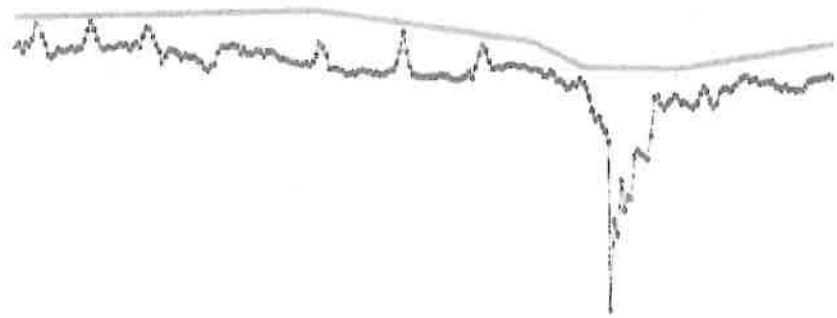
Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

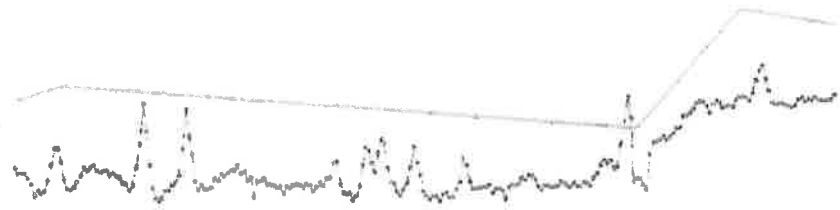
HECTOR M. MALUF

(cinco) 05





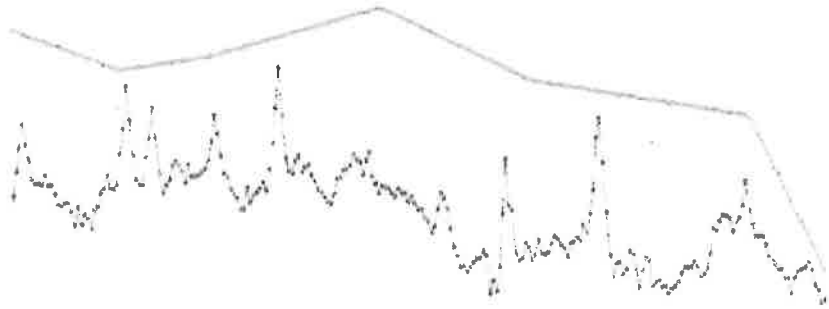




Ing. HECTOR M. MALUF

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

ING. Marcelo Cohen C.
Supervisor de Obra

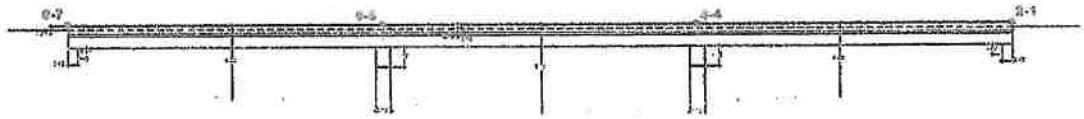


OBSERVACIÓN RESPECTO A LA SUB RASANTE GRAFICADA

Estos datos con lo que se ha graficado la sub-rasante, han sido extraidos de los documentos contractuales, como se puede ver adolecen de una certeza y de la falta de aplicación de las normas de diseño geométrico para caminos del nivel de servicio estudiado, por ello las rasantes finales, deben ser totalmente revisadas y ajustadas a las condiciones locales de escurrimiento de los cauces ó aguadas que llegan a la misma y a las condiciones altimétricas que debe tener un perfil longitudinal con una altimetría de curvas verticales de transición suaves, necesarias para áreas de llanura.

PUENTE SOBRE EL BRAZO DEL RIO PILCOMAYO – PILCOMAYO NORTE

DATOS EXTRAIDOS DE LOS INFORMES DE LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES

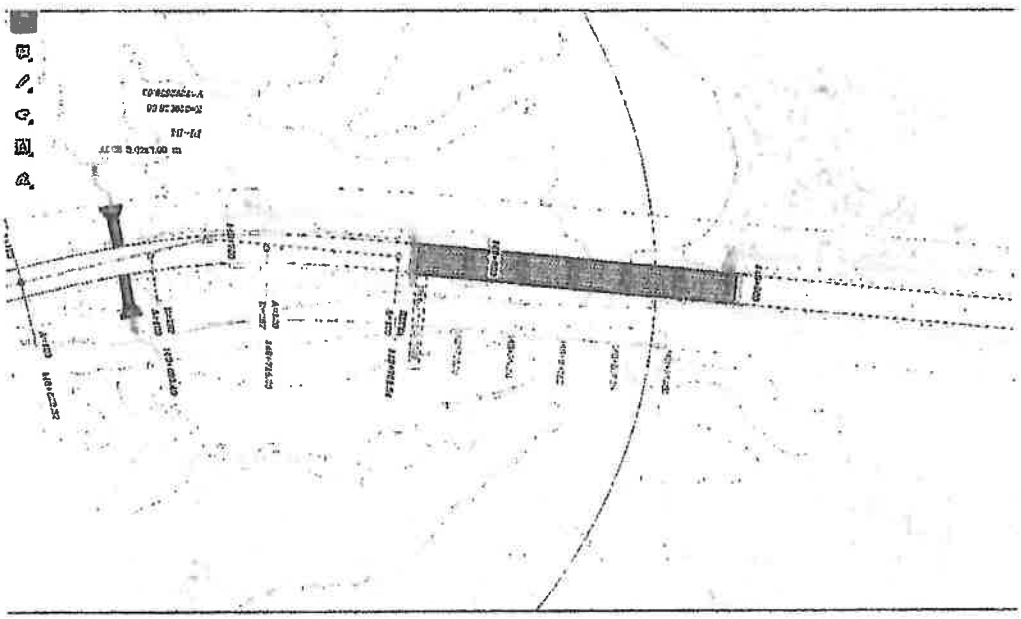


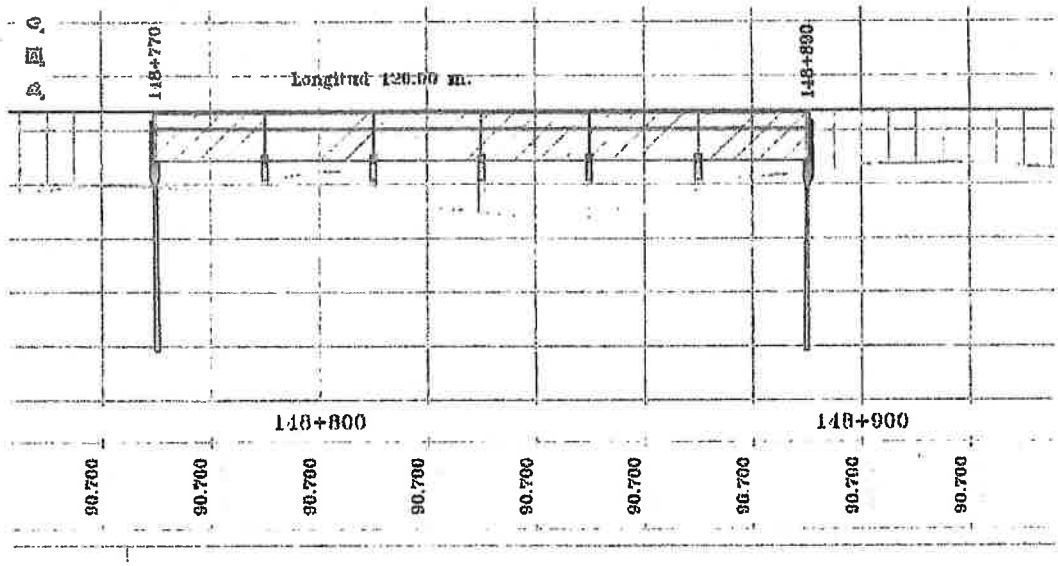
Punto	X	Y	Z
1	320051.612	7272408.037	91.247
2	320043.713	7272408.250	91.238
3	320042.520	7272503.205	91.228
4	320050.470	7272508.777	91.254
5	320049.203	7272518.771	91.250
6	320041.957	7272519.205	91.239
7	320040.113	7272533.763	91.250
8	320040.239	7272533.123	91.239

Ing. Cristobal Collarte C.
Supervisor de Obra
DNV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF





Se puede apreciar que la cota de rasante aparenta muy baja con relación al huelgo que queda debajo de la viga proyectada y del fondo existente.

Para verificar esto, primeramente, se recurre a las mediciones topográficas realizadas por los consultores, de esos trabajos, se extraen datos topográficos del cauce para poder relacionarlos.

Luego, se hizo mediciones en el propio puente existentes, para determinar, cual es la cota de tablero del mismo, utilizando ya los RNs, del proyecto, y los mojones de referencia, ya marcados por el contratista del Lote 4.

Con estos datos se elaboran gráficas que corroboran lo mencionado, de que la rasante del puente se encuentra muy por debajo, no dejando un huelgo suficiente para paso del caudal de proyecto, sin entrar todavía a analizar la consideración de simulación hidráulica, necesarias consultar, de las memorias de ingeniería del proyecto contractual.

De los estudios de socavación se extrae, las cotas de fondo de cauce:

HECTOR M. MALUF

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DNV - MOPC

Tabla 30 – Coeficientes adoptados para suelo cohesivo

El primer peso específico corresponde al lado izquierdo del puente, y el segundo del lado derecho del puente.

El perfil del cauce se dividió en 31 fajas, separadas en 4,00m de ancho:

Figura 11 – División de cauce en fajas.

El estribo izquierdo se ubica en la progresiva 148+712, corresponde a la faja 1, y el estribo derecho, en la progresiva 148+892, corresponde a la faja 31.

	Faja	Cota fondo cauce	H	GENERALIZADA H	Prof de Socav. (calculo)	Cota fondo estrato	Prof de Socav.
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Estribo izquierdo	1	97.45	3.39	2.27	-1.11	92.45	0.00
	2	97.41	3.43	2.30	-1.13	92.41	0.00
	3	97.37	3.47	2.34	-1.13	92.37	0.00
	4	97.33	3.51	2.37	-1.14	92.33	0.00
	5	97.29	3.55	2.41	-1.14	92.29	0.00
Faja 1	6	97.25	3.59	2.44	-1.15	92.25	0.00
	7	97.21	3.63	2.49	-1.15	92.21	0.00
	8	97.17	3.67	2.51	-1.16	92.17	0.00
	9	97.04	3.80	2.62	-1.18	92.04	0.00
	10	96.84	4.00	2.80	-1.20	91.84	0.00
Faja 2	11	96.66	4.18	2.96	-1.22	91.66	0.00
	12	96.66	4.18	2.96	-1.22	91.66	0.00
	13	95.84	5.00	3.71	-1.29	90.84	0.00
	14	95.84	4.90	3.62	-1.28	90.94	0.00
	15	96.04	4.80	3.53	-1.27	91.04	0.00
Faja 3	16	96.14	4.70	4.76	0.06	91.14	0.06
	17	96.12	4.72	4.79	0.07	91.12	0.07
	18	96.05	4.79	4.88	0.09	91.05	0.09
	19	96.10	4.74	4.81	0.07	91.10	0.07
	20	96.56	4.26	4.19	-0.08	91.56	0.00
Faja 4	21	96.81	4.03	3.90	-0.12	91.81	0.00
	22	96.79	4.05	3.94	-0.11	91.79	0.00
	23	96.76	4.08	3.97	-0.11	91.76	0.00
	24	96.72	4.11	4.01	-0.10	91.75	0.00
	25	96.70	4.14	4.04	-0.10	91.70	0.00

	Faja	Cota fondo cauce	H	GENERALIZADA H	Prof de Socav. (calculo)	Cota fondo estrato	Prof de Socav.
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
Faja 5	26	96.65	4.19	4.10	-0.09	91.65	0.00
	27	96.62	4.22	4.14	-0.09	91.62	0.00
	28	96.59	4.25	4.18	-0.07	91.59	0.00
	29	96.56	4.28	4.22	-0.06	91.56	0.00
	30	96.53	4.31	4.26	-0.05	91.53	0.00
Estribo derecho	31	96.35	4.49	4.49	0.00	91.35	0.00

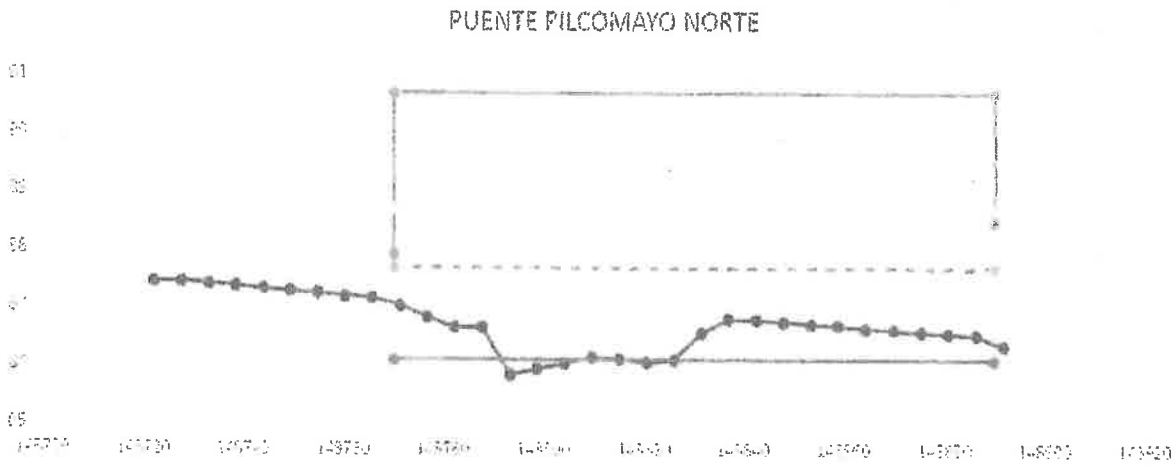
Tabla 31 – Fajas generalizadas.

Ing. Cristobal Cohene G.
Supervisor de Obra
MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

(uno) 01



INTERPRETACIÓN GEOMETRICA DE LA IMPLANTACIÓN DEL PUENTE - Según datos del Proyecto							
ABERTURA TOTAL DEL PUENTE	Progresivas Ubicación del Puente	Cotas de sección de Proyecto	HOJA 213 - SEPTIEMBRE 2022	C. Fondo Viga	C.Agua en el puente	C. Fondo medido	Altura libre para escurrir
	148+770	87.93	87.93	88.7	87.7	86.1	1.6
	148+770	90.7	90.7	88.7	87.7	86.1	1.6
120	148+890	90.7	90.7	88.7	87.7	86.1	1.6
	148+890	88.49	88.49	88.7	87.7	86.1	1.6

Todos los datos se han graficado mediante planilla Excel, para mostrar y calcular cual serían las variables que deben modificarse.

Como se puede apreciar, **se debe levantar la cota del tablero,** más de 1.00 metro arriba de lo indicado en el proyecto. Se considera que debería tener la cota del tablero un valor de 92.10, debido a que las mediciones de cota del tablero del puente existente, tienen los siguientes valores – 91.092-91.064-91.064-91.072, el cual posee 3(tres) vigas de 15.00 m cada una totalizando un total de 45 metros de abertura, y las mediciones se hicieron en los extremos da cada viga del mismo.

Es mi informe.

FAVOR REMITIR A LA UEP BID.

Luis T. Maseó Montenegro
Ing. Civil-Hidráulico

Asesoría Técnica de la DV

Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones Oliva 411 y Alberdi – Asunción – Paraguay –
Tel.: (59521)4149639

HECTOR M. MALUF

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

REPUBLICA DEL PARAGUAY

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES

21593-R12-LIC-MEM-001-R01

MODIFICACION ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

INFORME TECNICO Nº 2

OBRAS: PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN DE LA RUTA NACIONAL PY12.

TRAMO "CHACO'Í – TRIÁNGULO – GRAL. BRUGUEZ Y ACCESOS" –

Contratista: CONSORCIO VIAL CHACO
Fiscalización: CIA
Proyectista:
M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos.

ASUNCION - PARAGUAY
SEPTIEMBRE -2024

Ing. HECTOR M. MALIF

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV - MOPC

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

1 - OBJETO

El presente Informe Técnico fue elaborado a los efectos de evaluar y verificar la Estructura de Pavimento, licitado por EL CONSORCIO VIAL CHACO, para ejecutar la Obra: Mejoramiento y Conservación de la Ruta Nacional PY°12, entre progresivas 80+200 a 122+000 del tramo: Cruce Nanawa – Gral. Bruguez y accesos.

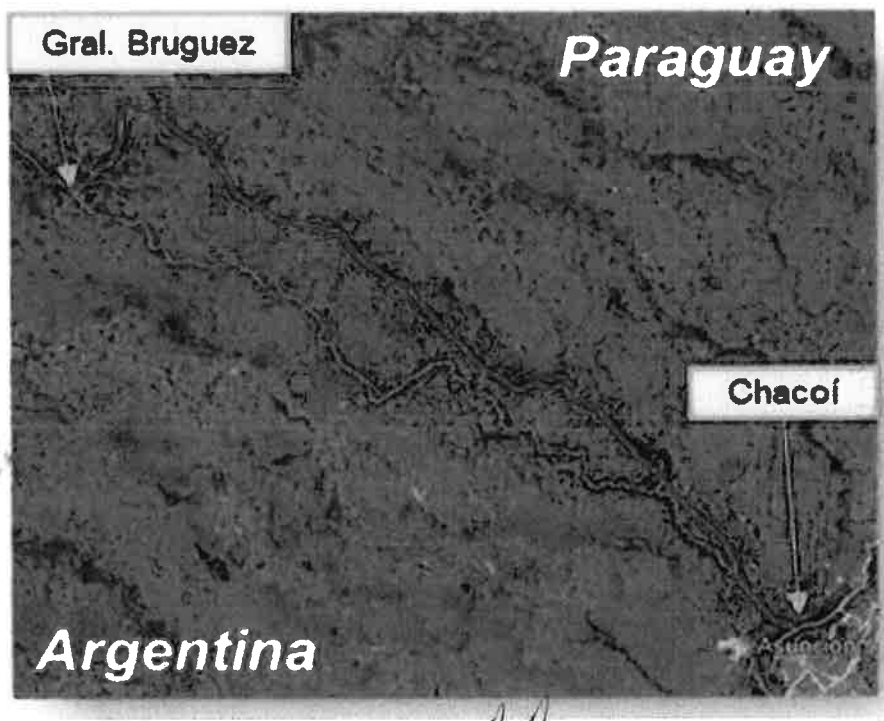
2 - UBICACIÓN.

La obra de Pavimentación de la Ruta Nacional PY12, de Tramo: "Chaco'í – Triángulo – Gral. Bruguez y Accesos", se ubica sobre la Ruta "Vicepresidente Sánchez", más conocida como Ruta Chaco'í, que es una ruta del Paraguay situada en el oeste del Departamento de Presidente Hayes y Boquerón en el chaco paraguayo.

Su extensión es de aproximadamente 744 km, inicia en Chaco'í y termina en pozo Hondo con una extensión total de 744 km.

El presente estudio desarrolla el LOTE 3: concerniente a "Chaco'í – Triángulo – Gral. Bruguez y Accesos" entre progresivas 80,2 km hasta 122 km, totalizando una longitud de 41,8 km.

El tramo objeto del presente Proyecto se localiza en la región occidental de la República del Paraguay, en el límite de la frontera con la República Argentina. La siguiente figura muestra la localización del tramo:



HECTOR M. MALUF

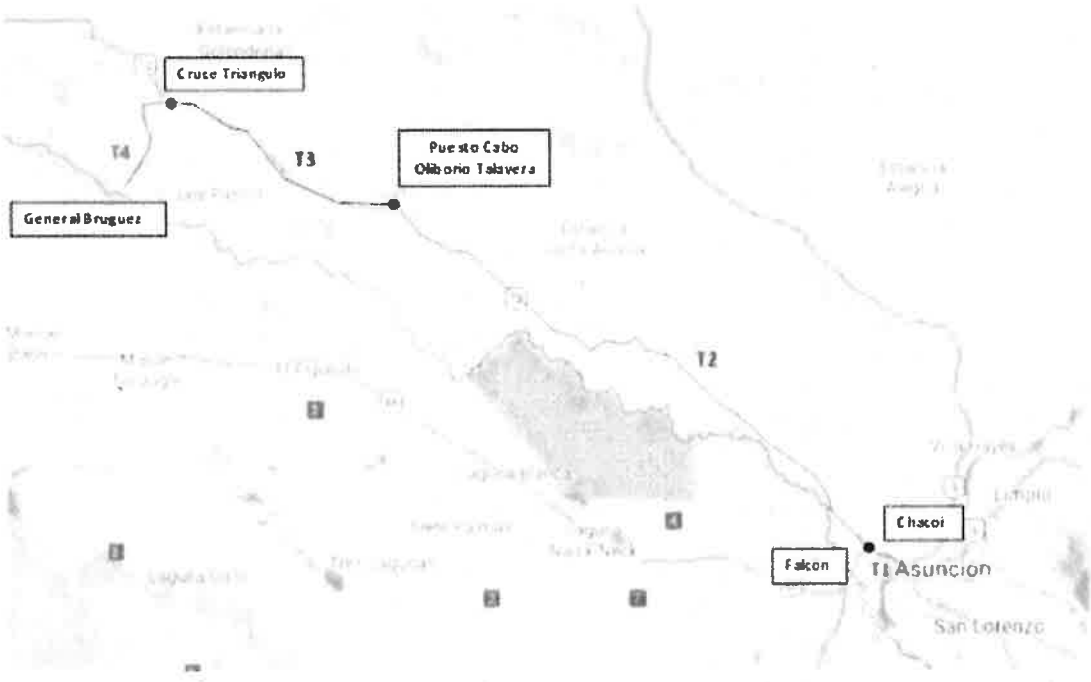
Ing. Cristóbal Cohene C.
Fiscalizador de Obra
MOPC

Ing. Gerardo A. Espínola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

3 - CARACTERISTICAS DE LA TRAZA

La traza del proyecto se desarrolla en los Distritos de Villa Hayes, José Falcón y General José María Bruguez del Departamento Presidente Hayes, siendo Teniente Esteban Martínez y Benjamín Aceval colindantes, y directamente vinculados a Villa Hayes, José Falcon y General Bruguez desde el punto de vista territorial y de conectividad.



En el PK 148+700 existe un puente de hormigón armado de 50,0 m de longitud y 8,0m de ancho que atraviesa el Brazo Norte del cauce viejo del Río Pilcomayo. El tendido eléctrico discurre por el margen derecho del vial. El punto final está en el PK 162+500 en la localidad de General Bruguez, en el puente internacional Juan Domingo Perón, en la frontera con la República Argentina.

Tras realizar un estudio de la zona, como resumen de la caracterización de la ruta actual se puede indicar que la ruta existente es un camino de tierra, es decir, una ruta de tiempo seco, con mal estado de conservación, por lo que ofrece condiciones deficientes de circulación para los pobladores de la zona. Cabe destacar que, en el tramo de 162 km de vía principal y 5.4 km de accesos, solo existen aproximadamente 7 km de ruta pavimentada, desde la progresiva 2+750 a la progresiva 9+940.

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

4 – ESTRUCTURA DE PAVIMENTO LICITADO.

Las tablas y gráficos siguientes detallan la estructura de pavimento Licitado.

Tabla 1 – Estructura y demanda de carga licitados

Tramo 4: Pavimento flexible: Vida útil 10 años	EE = 837.743	Carpeta Asfáltica c/Polímero (e= 4 cm) Base Asfaltica (e= 5 cm) Base granular (e= 15 cm) Subbase granular cementada (e= 20 cm) Subrasante Mejorada (e= 40 cm)

El paquete estructural de pavimento licitado es el que se muestra en tabla 2.

Tabla 2 – Estructura aplicarse entre Progresivas 80+200 a 122+000

CAPAS		ESPESOR (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico c/polímero.	4
	Base de Concreto Asfáltico Convencional	5
	Base granular (CBR ≥ 100%)	15
	Subbase granular cementada (Rc ≥ 2 Mpa)	20
	Subrasante mejorada (CBR ≥ 20%)	40

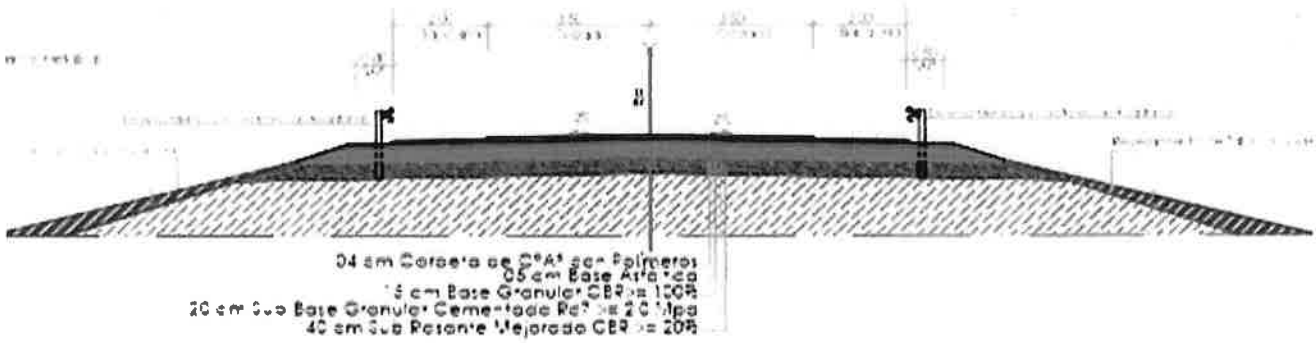


Tabla 3 – Módulo resiliente compuesto de licitación.

Espesor de Subrasante Mejorada (mm)	Valores del Modulo Compuesto
400	CBR = 8,9 %; 71 MPa; 10.298 psi
600	CBR = 12,4 %; 88 MPa; 12.763 psi

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Collere C.

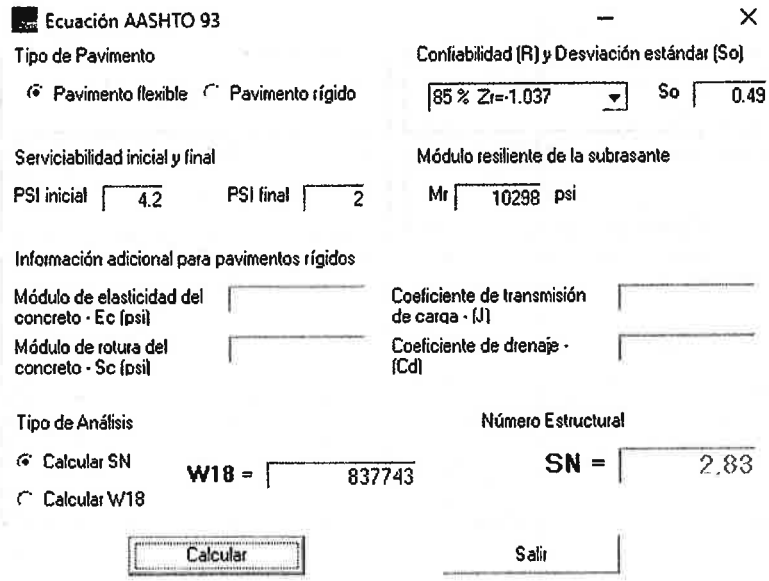
Ing. Gerardo A. Espinoza Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 4 – Número estructural Efectivo y Necesario de Licitación.

CAPA	Espesor (cm)	Coef. Est. (cm/cm)	SN efectivo	SN necesario
Capa concreto asfáltico c/polímero	4	0,17	0.68	Aplicando datos de la Memoria de Ingeniería: EE: 837.743 Mr=10.298psi, y aplicando la Metodología AASHTO/93
Capa concreto asfáltico	5	0,16	0.80	
Base con estabilizado granular - (CBR≥100%)	15	0,06	0,9	
Subbase con granular cementada (Rc = 2 MPa)	20	0,052	1,04	
Subrasante de suelo cal (CBR = 20%)	20	-----	------	
Subrasante de suelo cal (CBR = 20 %)	20	-----	-----	
TOTAL SN efectivo			**3,42**	**2,83**
Mr combinado de Memoria de Ingeniería = 10.298 psi.				

Determinación del Número Estructural necesario, calculado con la ecuación AASHTO, con datos de la Memoria de Ingeniería, y que figura en la captura de pantalla siguiente:



Como se puede ver el SNeff del paquete licitado ya supera al SN necesario calculado según el estudio de Tránsito y Mr combinado de Licitación.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DPC

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

5 – PROPUESTA DE LA CONTRATISTA.

5.1 – Consideraciones hidro geotécnicas.

Cabe destacar que la traza de esta vía recorre zonas de humedales y de suelos limo arcillosos que sufren mucha afectación con el contacto con el agua, ya sea esta de precipitación, como por inundación del área colindante a la zona de afectación del rio Pilcomayo.

Estos suelos al contacto con el agua sufren expansión, y en épocas de sequias se contraen, esto debido a su característica plásticas, que tornan inestable sus características físicas de expansión y contracción del suelo.

Tomando como premisa lo dicho, decidió tratar de impermeabilizar al máximo el núcleo del terraplén, consiguiendo de esta manera la menor acción posible del agua en los suelos utilizados para el mismo, construyendo espaldones de suelo mejorado con cal para proteger los taludes laterales y la adopción de una capa impermeable como parte del paquete estructural para impedir la penetración del agua de lluvia.

Dicho esto, la Contratista, a los efectos de mejorar la impermeabilización de la subrasante, realiza la siguiente propuesta:

5.2 – Paquete estructural propuesto

La variación propuesta para la estructura del pavimento considera la sustitución de la base granular cementada Rc7≥2,0 MPa, por una Subbase de suelo mejorado con cemento de Rc7≥2,0 MPa, manteniendo las dos capas de subrasante mejorada de suelo cal.

El paquete estructural de pavimento propuesto es el que se muestra en tabla 5

Tabla 5 – Estructura aplicarse entre Progresivas 80+200 a 122+000

CAPAS		ESPESOR (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico con Polímeros	4
	Base de Concreto Asfáltico Convencional	5
	Base granular (CBR ≥ 100%)	15
	Subbase suelo mejorado con Cemento (R'c≥2,0 Mpa)	20
	Subrasante Mejorada con 2 capas de suelo cal CBR ≥ 20% y 20 cm de espesor cada una.	40

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

6 - ESTUDIOS REALIZADOS.

Se analizaron los estudios obrantes en la Memoria de Ingeniería, y parte la realizó la Contratista. Los necesarios para la verificación de la Estructura de Pavimento son los siguientes:

- Estudios Topográficos.
- Estudios Geotécnicos
- Estudios Hidráulicos.
- Estudios de Tránsito

6.1 - Estudios cartográficos y topográficos

La topografía realizada para la elaboración de la presente verificación, se ha obtenido una cartografía 1:1000 con líneas de nivel cada metro mediante fotogrametría aérea, entendiendo por tal, la ciencia para elaborar mapas o planos partiendo de fotografías aéreas realizadas bajo unos condicionantes específicos.

Estos trabajos se han combinado con trabajos de campo para el levantamiento por topografía clásica de determinados elementos fundamentales como son los bordes de la carretera existente, los puentes y las alcantarillas.

6.2 - Estudio geotécnicos, obrante en Memoria de Ingeniería.

En la actual campaña de investigación geotécnica se han realizado los siguientes trabajos de reconocimiento a través de calicatas y sondeos:

- 37 calicatas manuales.
- 6 sondeos mecánicos, (2 sondeos por puente).
- 6 ensayos de penetración mediante cono (CPTU).
- 17 estudios de yacimientos, realizándose calicatas de 2m de profundidad, continuados con barrenos hasta una profundidad máxima de 10m.
- 40 estudios de yacimientos con barrenos manuales de 3" de 1.5 metros de profundidad, con toma de muestra de suelos a los 1.5 metros.

En el caso de alcanzarse el nivel freático se anotó su profundidad. Todas las calicatas alcanzaron una profundidad de 2,0m.

Al finalizar, todas las calicatas fueron cerradas por capas y compactadas con pequeño compactador manual y se restauró la carpeta asfáltica cuando existía, mediante una capa de hormigón.

Todas las muestras se llevaron la mayor brevedad posible a laboratorio con el fin de evitar alteraciones en sus propiedades por estancias largas de tiempo en campo u obra.

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

6.2.1 - Sondeos mecánicos.

En las zonas donde se proyectan nuevos puentes, se han realizado 6 sondeos mecánicos rotativos (2 sondeos en cada puente) con recuperación continua de testigo, sumando un total de 123.44m de perforación.

El objetivo de estos sondeos es analizar el terreno natural en profundidad para caracterizar el terreno de forma apropiada y conocer las condiciones del terreno sobre el que se cimentarán las estructuras proyectadas

6.2.2 - Ensayos de penetración mediante cono CPTU.

En las zonas donde se proyectan nuevos puentes, se han realizado 3 ensayos de penetración mediante cono con medida de disipación de presión de poros, CPTU (1 ensayo en cada puente). Se han realizado junto a uno de los sondeos rotativos realizados en cada estructura. Adicionalmente se han realizado 3 ensayos en las tres zonas con los terraplenes más altos.

6.2.3 - Estudio de yacimientos.

En el estudio previo realizado por CAEM en 2011 se investigaron 28 zonas de préstamos en estancias junto a la actual Ruta 12, y se ensayaron muestras representativas de cada una de ellas. La separación media de cada zona de investigación fue de unos 5 km.

De forma adicional en la presente campaña de investigación geotécnica se ha realizado un punto de investigación cada 10 km para confirmar los resultados del estudio preliminar.

El objetivo de profundizar las investigaciones era doble, para determinar la profundidad del nivel freática a lo largo del trazado, y por otro detectar posibles niveles arenosos en profundidad que pudieran existir para aprovechamiento del proyecto.

6.2.3.1 – Estudios de préstamos realizado por la Contratista.

A - Progresiva 82+800. Préstamo Lado Derecho a 100 metros del eje, área 100*100 – Estancia la Estrella.

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohenn C.
Supervisor de Obra
VOPC

Ing. Gerardo Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 6 – Suelo Prog. 82+800

TAMIZ	Total	274,01	
10	Ret.	1,38	
	Pas.	272,63	99,5
40	Ret.	1,00	
	Pas.	271,63	99,1
200	Ret.	94,91	
	Pas.	176,72	64,5

	RESULTADOS	VALORES ESPECIF.
L.L.:	21,5	
L.P.:	17,1	
I.P.:	4,4	
I.G.:	0	
Clas.:	A - 4	

B - Progresiva 95+600. Prestamo L. Derecho a 150 metros del eje, área 100*100 - Estancia Ava Ñe'ẽ

Tabla 7 – Suelo Prog. 95+600

TAMIZ	Total	231,98	
10	Ret.	0,27	
	Pas.	231,71	99,9
40	Ret.	0,56	
	Pas.	231,15	99,6
200	Ret.	92,12	
	Pas.	139,03	59,9

	RESULTADOS	VALORES ESPECIF.
L.L.:	24,4	
L.P.:	19,4	
I.P.:	5,0	
I.G.:	1	
Clas.:	A - 4	

C - Progresiva 96+500. Prestamo L. Izquierdo a 100 metros del eje, área 100*100 - Estancia Ava Ñe'ẽ

HECTOR M. MALUF
S.A.

Ing. Cristobal Cohen C.
Supervisor de Obra
DNV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONS. IRUPÉ VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 8 – Suelo Prog. 96+500

TAMIZ	Total	226,31	
10	Ret.	0,00	
	Pas.	226,31	100,0
40	Ret.	0,22	
	Pas.	226,09	99,9
200	Ret.	144,25	
	Pas.	81,84	36,2

	RESULTADOS	VALORES ESPECIF.
L.L.:	21,4	
L.P.:	N.P	
I.P.:		
I.G.:	0	
Clas.:	A- 4	

6.2.4 - Ensayos de laboratorio

El número y tipo de ensayos realizados para el estudio del trazado, yacimientos y canteras son los siguientes:

- Granulometrías.
- Determinaciones de no plasticidad.
- Límites de Atterberg.
- Determinaciones de humedad natural.
- Determinaciones de peso específico.
- Clasificaciones HRB con Índice de Grupo.
- Determinaciones de equivalente de arena.
- Ensayos de dispersividad (crumb test).
- Ensayos de dispersividad (pin-hole).
- Ensayos de resistencia a la compresión simple en suelos.
- Ensayos Próctor Modificado.
- Ensayos Próctor Normal.
- Ensayos CBR.
- Determinaciones del Desgaste Los Angeles.
- Determinaciones del Indice de durabilidad.
- Determinaciones de partículas largas y achatadas.
- Lotes de análisis químicos (materia orgánica, sulfatos y sales).
- Ensayos de Eades & Grim.
- Lotes de análisis químicos en muestras de agua (pH. sulfato. carbonato. amonio. magnesio. DS. cloro)

Ing. HECTOR M. MALUF

Ing. Cristóbal Colome C.
Supervisor de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Adicionalmente, se han realizado ensayos de laboratorio para evaluar la mejora de la capacidad soporte del suelo con adición de cal.

6.2.5 - Caracterización geotécnica de materiales de la traza

6.2.5.1 - Base Granular

Se ha encontrado la presencia de una base granular de ripio marrón a marrón rojizo, como puede observarse en la figura. Se tomaron muestras de este material y se realizaron diversos ensayos de laboratorio.

6.2.5.2 - Subbase Granular

Se ha encontrado la presencia de una subbase de suelos finos con coloración grisácea. Se tomaron muestras de este material y se realizaron diversos ensayos de laboratorio.

6.2.5.3 - Terraplén

Se ha encontrado la presencia de relleno tipo terraplén, con suelos finos con coloración grisácea y marrón amarillenta

6.2.5.4 - Caracterización del terreno natural

El terreno natural ha sido explorado mediante calicatas a lo largo de toda la traza. Al realizar el análisis, se ha detectado que la capa superficial presenta una marcada homogeneidad a lo largo de toda la traza.

En la zona superficial del terreno natural en general se han encontrado arcillas de coloración variable entre marrón y grisáceo amarillento. Si bien estas arcillas cambian de consistencia a lo largo de la traza, esto puede deberse a su historial de cargas, ya que el material es el mismo a lo largo de todo el tramo.

En la tabla siguiente, se resumen estos resultados

Ing. Cristobal Cohene C.
Inspector de Obra
D.V. - M.O.P.C.

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 9 – Tipos de Suelo de la traza.

	% Pasante Tamiz N° 10	% Pasante Tamiz N° 40	% Pasante Tamiz N° 200	LL	LP	IP	Humedad Natural (%)	Densidad Máxima Próctor Normal (gr/cm3)	Humedad Óptima Próctor Normal (%)	CBR 100	Hinchamiento CBR (%)
Cantidad de Ensayos	313	313	313	313	313	313	312	180	180	156	156
Mínimo	95.2	90.0	47.4	22.5	10.6	10.4	4.7	1420	12.2	2.0	1.2
Máximo	100.0	100.0	95.3	55.6	19.6	38.3	25.7	1820	23.6	5.0	4.2
Media	99.1	97.6	85.2	34.1	14.6	19.6	13.3	1652	16.4	3.5	2.8
Desviación Estándar	0.7	1.5	6.8	4.0	1.8	2.9	3.8	75	2.1	0.8	0.7

		NUMERO	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN
HUMEDAD (%) (D-2216)		38.00	25.92	6.53	17.82	4.40
# 9,52mm	%	38.00	100.00	100.00	100.00	0.00
# 4,76mm	%	38.00	100.00	98.15	99.95	0.30
# 2mm	%	38.00	100.00	82.21	99.49	2.89
# 0,425mm	%	38.00	100.00	75.06	99.21	4.07
# 0,080mm	%	38.00	97.13	67.28	88.04	7.16
LÍMITES ATTERBERG (D-4218)	L.L.	38.00	58.73	23.30	42.24	10.60
	L.P.	38.00	24.04	14.26	19.49	2.55
	I.P.	38.00	34.75	5.94	22.75	8.58
CBR 95(%)		38.00	7.50	1.60	2.71	1.16
CBR 100(%)		38.00	10.50	3.00	5.19	2.04
% Hincha.		38.00	4.23	0.10	2.77	1.30
D.M.C.S. (t/m^3)		38.00	1.83	1.50	1.65	0.08
HUM. OPT. (%)		38.00	24.10	12.00	19.20	3.05
M.O. (%) (T-267)		21.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Sulfatos totales (%) (D-1888)		21.00	0.9225	0.0059	0.1216	0.1977
Sales solubles en suelo (%) (D-1888))		21.00	1.2370	0.0480	0.4638	0.2981

6.2.6 – Suelos Dispersivos.

Los valores de sulfatos totales y sales solubles totales son elevados en algunos puntos, superando los máximos admisibles para la estabilización con productos calcáreos (según el Manual de Carreteras del Paraguay, el máximo para sulfatos totales es de 2000 ppm, y para sales solubles totales es de 0.55 %).

Las progresivas de los puntos en los que se han encontrado contenidos inadmisibles de sulfatos y/o sales en esta capa son: 9+000, 18+000, 36+000, 54+000, 63+000, 72+000, 99+000, 108+000, 153+000. Se puede concluir para

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de CDIL
PV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante legal
CONSORCIO VIAL CHACO

DOCTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

fines prácticos que la presencia de altos contenidos de sulfatos se agudiza aproximadamente alrededor de la PK 90+000. En la siguiente tabla se resumen los resultados de los ensayos de sales y sulfatos, agrupados en dos grupos: el que comprende los ensayos entre las progresivas 0+000 a 90+000 y el que comprende los ensayos entre las progresivas 94+500 a 162+000.

Tabla 10 – Característica salinas de los suelos de la traza.

TRAMO: 0+000 - 90+000	Sulfatos totales (%) (D-1888)	Sales solubles en suelo (%) (D-1888))
NUMERO	12	12
MAXIMO	0.216	1.149
MINIMO	0.0146	0.176
PROMEDIO	0.0604	0.52717
MEDIANA	0.0459	0.5175
PERCENTIL 2/3	0.0294	0.40613
DESVIACIÓN	0.055	0.24678

TRAMO: 90+000 - 162+000	Sulfatos totales (%) (D-1888)	Sales solubles en suelo (%) (D-1888))
NUMERO	9	9
MAXIMO	0.9225	1.237
MINIMO	0.0059	0.048
PROMEDIO	0.2032	0.3792
MEDIANA	0.1355	0.249
PERCENTIL 2/3	0.0617	0.2214
DESVIACIÓN	0.2837	0.3526

Como puede verse, el valor del contenido de sulfatos en la traza en el primer tramo (0+000 a 90+000) oscila entre 146 ppm y 2160 ppm, con una media de 604 ppm y una desviación estándar de 550 ppm.

Estos valores son bajos, por lo que no es de esperarse problemas de hinchamientos por sulfatos en suelos estabilizados en esta zona. Deberá sin embargo tenerse cuidado, ya que podrían aparecer zonas puntuales en las que el contenido de SO4 sea inadmisible. Estas zonas ocurren de manera errática, por lo que su identificación a priori es difícil. Se deben extremar las medidas de control en obra (ver EE.TT. de este proyecto – Documento Especificaciones Técnicas Constructivas, Ambientales y Especiales).

Debido al problema de hinchamiento de los suelos, y a la presencia estas sales, se deberá monitorear el nivel del contenido de sulfatos en los materiales a ser estabilizados con cal, y en caso de superarse las 3000 ppm, se deberá proceder a la estabilización modificada con periodo de maduración, según las EE.TT. de este proyecto.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONCORCIO VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Se han realizado ensayos tipo Crumb Test para una evaluación cualitativa de la dispersividad del material, obteniéndose un Grado 3 en el 55% de las muestras, y un Grado 4 en el 45 % restante. Esto último apunta a una posible dispersividad del material. Por ello, en todas estas muestras se realizó el ensayo Pin Hole, obteniéndose el nivel ND1 en el 90 % de las muestras, y el nivel ND3 en el 10 % restante; por lo que puede concluirse que el material no es dispersivo

6.2.7 - Materiales para suelo estabilizado con cal.

Se analiza la posibilidad de utilizar el terreno próximo a la traza para formar esta capa de suelo estabilizado con cal.

El terreno existente de forma general en las inmediaciones de la traza es una arcilla con indicios a algo de arena.

Para estudiar su validez para esta capa se han considerado los resultados de las 28 zonas de préstamo estudiadas por CAEM en 2011.

De forma adicional en la presente campaña de investigación geotécnica se ha realizado un punto de investigación cada 10 km para confirmar los resultados de este estudio preliminar.

6.2.8 - Principales conclusiones y recomendaciones

En el área en estudio aparecen en su totalidad los depósitos holocenos de la sección distal del conoide regional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo, correspondientes con depósitos de limo y arcilla, con intercalaciones locales de depósitos de mega paleo cauces de desarrollo regional de los ríos Pilcomayo y Bermejo, formados también por limos y arcillas con arenas subordinadas.

El nivel de agua detectado en los sondeos y calicatas corresponde con un acuífero cuaternario superficial asociado a los depósitos más recientes de las crecidas del río Pilcomayo, y está relacionado con el nivel del propio río y de los riachos o arroyos afluentes del mismo (y sus llanuras de inundación).

A veces este acuífero cuaternario se conecta con el acuífero cuaternario-terciario general (Chaco I-renda) por porosidad intergranular.

Los principales riesgos geológico-geotécnicos detectados han sido los relacionados con la inundabilidad y encharcabilidad de la zona en estudio, así como la expansividad del material arcilloso existente. También las aguas freáticas son consideradas como agresivas. Cabe destacar el potencial riesgo geológico existente en la zona en estudio, referente al contenido elevado de sulfatos que habrá que tener en cuenta de cara a la reutilización de este material con cal.

En la actual campaña de investigación geotécnica se han realizado los siguientes trabajos de reconocimiento:

Ing. Cristobal Cohene C.

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONCRETO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

6.2.9 - En base a los estudios realizados, se concluye lo siguiente:

El material existente en las zonas de préstamo en las inmediaciones del trazado, no es apropiado para su utilización como núcleo de terraplenes ya que no presenta un CBR superior al 3% en la mayoría de los ensayos realizados (77%) con una energía de compactación equivalente al 95% del Próctor Normal, con una expansión superior al 1% en todos los casos. Para utilizar estos materiales se tendrá que encapsular el núcleo del terraplén con otras capas impermeables.

El material existente en las zonas de préstamo en las inmediaciones del trazado, mezclados con un 2,5% de cal útil vial logran valores de CBR adecuados para relleno, un pH mayor a 10 y un hinchamiento inferior al 1%. Se recomienda esta dosificación para los espaldones.

Con un 3,0 % de cal se obtienen valores de CBR adecuados para subrasante mejorada e hinchamientos de 0%, y teniendo en cuenta los resultados de los ensayos Eades & Grim realizados, con un contenido mínimo del 3,0 % de cal se cumpliría que el valor de pH del suelo será mayor de 12. Se recomienda esta dosificación para el coronamiento.

El material de préstamo para suelo-cal debe inspeccionarse, ya que no debe poseer niveles inadmisibles de sulfato. Se recomienda buscar en zonas secas cercanas a la traza.

El material existente en las zonas de préstamo en las inmediaciones del trazado no es válido para conformar las capas de subbase granular y base granular. Para el estudio de suministro de este material se han inventariado tres canteras próximas al área en estudio. Cualquiera de las tres canteras puede suministrar áridos válidos para conformar estas capas cumpliendo los requerimientos de las Especificaciones Técnicas de proyecto, no obstante, por cercanía, se recomienda la tercera de ellas, Heisecke.

6.2.10 – Módulo resiliente (Mr).

El Módulo Resiliente (Mr) se determina en laboratorio en muestras de suelo especialmente preparadas y ensayadas en una cámara triaxial, sometiéndolas a distintas cargas, con un esfuerzo desviador de magnitud: frecuencia y duración prefijadas.

El método para hacer esta prueba se describe con detalle en el Soils Manual for the Design of Asphalt Pavement Structures (Manual de suelos para el diseño de estructuras de pavimento de asfalto) del Asphalt Institute.

El módulo que se utiliza en los materiales no cementados de un sistema multicapa corresponde al módulo resiliente, el cual es posible determinar a partir de relaciones con otros parámetros como el CBR, el que utilizaremos corresponde al de la AASHTO Design Guide – 1986/2002, que son lo siguiente:

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
M.O.P.C.

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONCORCIO VIAL CHACO

R.M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

1 – En unidades inglesa (pulgada por libra cuadrada).

M_R (psi) = 2555 x $CBR^{0,64}$ (AASHTO Design Guide – 1986/2002)

2 – En Sistema Internacional de medidas (MKS).

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

El Manual de Carreteras del Paraguay recomienda que cuando los suelos que conforman los últimos (-60cm a -30cm) del terraplén tengan valores soportes inferiores a la subrasante (-30cm a 0,00cm), para el diseño se deberá determinar un Módulo resiliente compatible con los CBR de las capas mencionadas.

Por lo que para determinar el Mr de diseño (Mrdis), se determinará a través del concepto de módulos dos capas elásticas sometido a una carga circular, el que está dado por la siguiente relación:

Mrdis = F Mr0

$$1/F = \frac{0.125}{\left[0.0156 + h^2\left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}}\left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}} \qquad \textbf{(ec.17\_1)}$$

Dónde:

Mr0 = capa del terraplén ubicado entre -0.60m a -0,30m

Mr1 = capa del terraplén ubicado entre -0.30m a 0,00m (subrasante)

6.2.11 – Determinación del Módulo resiliente

Para determinar el Mr de diseño, se calcula a través de F con la expresión (17-1), dando los valores que se muestran en tablas 9 y 10.

Arq. Cabal Cohene C.
Supervisor de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF
Contratista

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 11 – Estructura propuesta por la Contratista.

CAPAS		ESPESOR (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico con Polímeros	4
	Base de Concreto Asfáltico Convencional	5
	Base granular (CBR ≥ 100%)	15
	Subbase suelo mejorado con cemento (R'c ≥ 2,0Mpa)	20
	Subrasante suelo Cal (CBR ≥20%)	20
	Subrasante suelo cal CBR ≥20%	20
Terraplén CBR ≥3%		

Mro = 17,6 x $3^{0,64}$ = 36 MPa
Mr1 = 22,1 x $20^{0,55}$ = 115 MPa

Tabla 12 – Determinación de F de acuerdo a la Ec. 17-1.

Mr0 (MPa)	Mr1 (MPa)	$(Mr1/Mr0)^{0,67}$	h^2 X 3	$(0,0156+4)^{0,5}$	0,125/5	6.(1-Mro/Mr1)	7 + Mr0/Mr1	F
1	2	3	4	5	6	7	1/F	
h = 0,40m - Subrasante: CBR = 20% - Terraplén: CBR = 3 %								
36	115	2,18	0,35	0,71	0,18	0,12	0,43	2,3

Tabla 13 – Determinación del Módulo Resiliente combinado.

Mrdis-1	F	Mr0	MPa	PSI
h = 0,40m - Subrasante: CBR = 20% - Terraplén: CBR = 3%				
Mrdis-1	2,3	36	**82,8**	**12 009**
CBR combinado = 11,2%				

6.3 – Estudios hidráulicos.

La zona presenta cursos de flujo superficial de diversa índole, desde escorrentías con cauces bien definidos hasta la presencia de aguadas poco marcadas, por lo que, como se ha mencionado anteriormente, no resulta de aplicación una única metodología de cálculo.

En base a esto, se ha particularizado el cálculo para las regiones con influencia del humedal fluvial del Paraguay y los paleo cauces abandonados de la región del Pilcomayo.

El estudio abarca el análisis del comportamiento hidrológico en la región comprendida entre el Río Confuso y el cauce viejo del Río Pilcomayo en el Bajo Chaco, donde se inserta la traza de la ruta PY12 existente, desde la progresiva 0+000 a orillas del Río Paraguay en su margen derecha "Chaco'í" hasta la progresiva 162+500 correspondiente al Municipio de "Gral. Bruguez

Con base en ello, se puede extraer un conjunto de conclusiones que identifican la situación hidrológica sistémica del área de estudio.

Ing. Cristobal Cohene C.
Fiscalizador de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

En base a dicho análisis, se obtienen conclusiones del comportamiento hidrológico de la región de estudio que nos permiten identificar las áreas críticas de acumulación del agua para eventos extremos en el área de afectación de la ruta PY12 y sugerir niveles de diseño de la ruta que resguarde la seguridad de esta.

En base a los resultados del proceso de interpretación de imágenes satelitales, fueron identificados puntos críticos para eventos en épocas húmedas (condición de humedad precedente), tramo comprendido desde la progresiva Pk 90 al Pk 140 de la Ruta PY12, en la Región del Cauce viejo del Rio Pilcomayo y el Confuso, y desde la Pk 00 hasta la Pk 04 con afectación del humedal fluvial del Rio Paraguay.

Se definieron los cruces de la Ruta PY12 con paleo cauces, tramos también vulnerables a la inundación. Los tramos son:

- Del pk 15 al pk 33
- Del pk 53 al pk 62.
- Del pk 71 al 77.
- Del pk 119 al 135

Para la determinación de caudales, los cauces y paleo cauces no se alimentan por cuencas bien definidas, se alternan con esteros y pierden continuidad, por lo que no es posible asignar el caudal de un área de territorio a un punto en particular.

6.4 - Estudio de tránsito.

El objetivo del estudio es analizar los vehículos que discurren por el tramo objeto de estudio, así como las nuevas captaciones por la mejora en la Ruta PY12, tanto en el momento de puesta en servicio como al final de la vida útil de la actuación mediante una adecuada proyección.

Estos datos permitirán el dimensionamiento del paquete estructural del pavimento del tramo.

Para la determinación del tráfico actual se cuenta con información primaria: trabajos de campo que consistieron en:

- Conteo de tráfico vehicular
- Encuestas Origen-Destino.
- Mediciones de índice de ocupación vehicular.
- Mediciones de tiempos de viaje:

Además de diversas fuentes de información secundaria, como ser:

1) Por una parte, se cuenta con la información del Estudio de Tránsito realizado en el marco del Informe Final del Proyecto de la Ruta Nº 12 "Vice Presidente Sánchez" Tramo Chaco'í- Triangulo-General Bruguez.

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

2) Y por otra se cuenta con la información del Estudio de Tránsito del "Proyecto de Construcción de un puente sobre el Río Paraguay entre Asunción – Capital y Chaco'í – Dpto. Presidente Hayes". En el cual se hicieron trabajos de campo en la intersección de la Ruta 12 con la Ruta Falcón – Clorinda.

6.4.1 - Conteo de tráfico vehicular

Se realizó una campaña de conteos en 5 puntos, registrándose todos los movimientos en cada uno de los cruces analizados.

Se distinguieron las siguientes categorías vehiculares, desagregando lo máximo posible las mismas en:

- Vehículos ligeros: Autos, camionetas, utilitarios menores, motocicletas.
- Ómnibus.
- Camiones: Sin Acoplado: Ejes 11, 12 - Con Acoplado: Ejes 11-11, 11-12, 12-11 y 12-12 - Semi Remolque: Ejes 111, 112, 113, 122 y 123.

Los conteos se realizaron durante 7 días, de los cuales 6 días se realizaron tomas durante un periodo de 16 horas y 1 día se realizó una toma completa de 24 horas de duración, siendo este día un día laborable medio (exceptuando lunes o viernes).

Las fechas de realización de los conteos fueron: De 20-09-2019 a 26-09-2019

6.4.2 - Obtención del tránsito medio diario anual (TMDA)

Después del análisis y tabulaciones adecuados de los datos del tráfico obtenidos en los conteos del trabajo de campo, se procedió a la determinación de los volúmenes diarios actuales del tráfico considerando las diversas categorías de vehículos, los cuales serán corregidos con los factores de ajustes (horaria, semanal, estacional y clausura) para la determinación del TMDA.

El tránsito relevado se expande a fin de obtener el tránsito diario promedio a lo largo del año base. La expansión presenta cuatro etapas: expansión al total del día, al total de la semana, al total del mes y al total del año.

Expansión al total de las horas del día: para cada una de las categorías de vehículo, en las que se desagregará el tránsito total, se realiza la expansión de los volúmenes relevados al total de las horas del día, a partir de los relevamientos de 24 horas efectuados en algunos puestos de conteo.

Generalmente las horas diurnas relevadas abarcan entre el 80% y el 95% del tránsito diario, por lo tanto, el error que conlleva esta expansión es relativamente bajo.

Expansión al total de los días de la semana: como se mencionó anteriormente se realizaron conteos durante siete días, por lo tanto, no es necesario realizar esta expansión.

Ing. Cristobal Cohene C.

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Expansión al total del mes: en este caso se adoptará la hipótesis simplificativa de que todas las semanas del mes se comportan de manera similar. Hipótesis válida toda vez que no se cuente tránsito en coincidencia con fechas atípicas.

Expansión al total del año: para estimar el Tránsito Medio Diario Anual a partir del tránsito diario promedio de cada mes, se considera una estacionalidad mensual para dicho mes, que resulta del análisis de la estacionalidad obtenida a partir de la serie histórica de tránsito de los contadores permanentes (ubicados en algunas plazas de peaje). Esta estacionalidad se analiza por categoría vehicular.

6.4.3 - Cálculo del tránsito medio diario anual

Una vez determinados estos factores de ajustes se calcularon los valores del TMDA por puesto, por tipo de vehículos y por sentido de circulación, correspondientes al tramo en estudio.

6.4.4 - Composición del Tráfico Futuro

El tránsito que circulará por la ruta comprenderá básicamente los siguientes tipos de usuarios: los "existentes", los "desviados" y los "inducidos".

Los usuarios "existentes" o tránsito normal, corresponden a los usuarios existentes que no cambian su ruta ni origen-destino por la ejecución del proyecto. Son aquellos que actualmente circulan por las diversas vías identificadas y que los emplearán en el futuro, aunque ésta no mejorara y continuara en sus condiciones actuales.

Los usuarios "desviados" o tránsito desviado, son aquellos que actualmente emplean otras alternativas de accesos y que serán atraídos por la obra terminada, cambiarán su ruta por efecto del proyecto, pero mantienen su origen y destino.

El tránsito "inducido" se genera por efecto de la nueva obra terminada. Esto puede ser producto del incremento de la frecuencia de viajes de los usuarios existentes y/o por nuevos usuarios que se incorporan a la red vial al permitirse la explotación de áreas que antes eran inaccesibles sin el proyecto.

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONCORDIA VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tramo 3 y 4

Año	TMDA Existente				TMDA Desviado				TMDA Inducido				TMDA Total			
	Livianos	Omnibus	Camiones	Total	Livianos	Omnibus	Camiones	Total	Livianos	Omnibus	Camiones	Total	Livianos	Omnibus	Camiones	Total
2019	90	4	39	133	38	1	23	63	82	3	31	117	90	4	39	133
2020	95	4	176	276	41	1	23	65	87	3	32	122	95	4	176	276
2021	101	4	325	430	43	1	24	68	92	3	32	128	101	4	325	430
2022	107	4	311	422	46	2	24	71	98	4	33	134	107	4	311	422
2023	114	5	41	160	48	2	24	74	104	4	33	140	266	10	99	375
2024	121	5	42	167	51	2	25	78	110	4	34	147	282	10	100	392
2025	128	5	42	175	55	2	25	81	117	4	34	155	299	11	101	411
2026	136	5	43	184	58	2	25	85	124	4	35	162	317	11	103	431
2027	144	5	43	193	61	2	26	89	131	4	35	170	337	11	104	452
2028	153	5	44	203	65	2	26	93	139	4	35	179	357	12	106	475
2029	162	6	45	213	69	2	26	97	148	5	36	188	379	12	107	498
2030	172	6	45	223	73	2	27	102	157	5	36	198	402	13	108	523
2031	183	6	46	235	78	2	27	107	166	5	37	208	427	13	110	550
2032	194	6	46	247	83	2	27	112	177	5	37	219	453	14	111	578
2033	206	7	47	259	88	2	28	118	187	5	38	230	481	14	112	607
2034	219	7	47	273	93	2	28	123	199	5	38	242	511	14	114	639
2035	232	7	48	287	99	2	28	130	211	6	39	255	542	15	115	672
2036	246	7	49	302	105	2	29	136	224	6	39	269	575	16	116	707
2037	262	7	49	318	111	3	29	143	238	6	40	283	611	16	118	745
2038	278	8	50	335	118	3	29	150	253	6	40	299	648	17	119	784
2039	295	8	50	353	125	3	30	158	268	6	41	315	688	17	121	826
2040	313	8	51	372	133	3	30	166	285	7	41	332	731	18	122	871
2041	332	9	51	392	141	3	30	175	302	7	41	351	776	18	123	918
2042	353	9	52	414	150	3	31	184	321	7	42	370	824	19	125	968
2043	375	9	53	437	160	3	31	194	341	7	42	391	875	20	126	1021

6.4.5 - Ejes Equivalentes

Los ejes equivalentes de cálculo para un periodo de vida útil de 10 años para los tramos de pavimentación flexible son los siguientes:

- Tramo 2 (Cruce Nanawa – Cruce intersección Ruta PY09): 2.280.080 eje
- Tramo 3 (Cruce intersección Ruta PY09 – fin población Falcón): 1.123.072 eje
- **Tramo 4 (Fin población Falcón – Intersección cruce triángulo): 837.743 eje (actual lote 3)**
- Tramo 5 (Intersección cruce triángulo – General Bruguez): 451.882 ej eq

El periodo de vida útil se calculó a 10 años con refuerzo en el año 10, debido al deterioro que sufrirá la estructura de pavimento, por el tránsito y efectos ambientales.

No se admitirá un valor de la capa de orden 1 superior a 4 veces el de la capa de orden 0, como elemento relacionador de módulos entre capas.

Según investigaciones desarrolladas por Dortmon & Metcalf (Shell), el Módulo de trabajo máximo admisible por un material granular es dependiente del Módulo del material de la capa de asiento, y del espesor de la capa y puede ser estimado de acuerdo

a la siguiente expresión: M1≤ K M0 ; siendo k=0,206 (h mm)^{0,45} dentro de los siguientes limites 2<k<4.

$$Mr = h^{0.45} * 0.206 * Mr_{capa\ inferio}$$

Ing. Esteban Schepe C.
Consultor de Obra
MOPC

Ing. Gerardo Especial V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF
Consultor de Obra Asociado

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

7 – VERIFICACIÓN ESTRUCTURA PROPUESTA.

7.1 – Generalidades.

Para el diseño de las estructuras de pavimento, tanto flexibles como rígidos, el Manual de Carretera del Paraguay recomienda la utilización del Método AASHTO/93.

En el diseño de pavimentos flexibles, se suele considerar a la estructura del pavimento como un sistema elástico con varias capas, estando caracterizado el material de cada capa por ciertas propiedades físicas, que pueden incluir el módulo de elasticidad, el módulo de resiliencia y la relación de Poisson.

La metodología de diseño utilizada para el análisis de los pavimentos flexibles y rígidos se hará a través de los Modelos de Deterioros concebidos en la metodología AASHTO 1993.

Se adopta la Metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1993) porque, permite modelizar los deterioros de la estructura, y estar ampliamente experimentado en el mundo entero.

Los "Modelos de Deterioros" se desarrollaron para cuantificar pérdidas de serviciabilidad (ΔPSI) durante la vida útil de la estructura.

Los valores de (ΔPSI) surgieron de mediciones realizadas en pistas de ensayos del AASTHO Road Test, realizado en el estado de Illinois, y expandidos a los distintos climas y suelos, espesores y materiales existentes en los EE.UU., por lo que la convierte en el modelo de diseño más confiable, dado su carácter empírico racional, que lo convierte en la metodología más utilizado y experimentado a nivel mundial.

El Modelo de Deterioro de Pavimento Flexible, se origina con los resultados obtenidos del AASHO Road Test y en sus dos versiones posteriores el AASHTO/86 y el AASHTO/93, en que se calcula un (SN) número estructural a partir del Módulo Resiliente (Mr) determinado a través del CBR de la sub-rasante, de un factor ambiental definido por el coeficiente de drenaje (md) y de las cargas de ejes equivalentes (ESAL) a 18.000 lbs (80 kN).

Por lo tanto, los parámetros que intervienen en el diseño de un pavimento responden a las acciones siguientes:

- Desempeño del pavimento
- Tránsito

Ing. HECTOR M. MALIIF

Ing. Gerardo A. Espinoza Y.
Representante Legal
CONCRETO VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

- Suelos de la subrasante
- Materiales para construcción
- Medio ambiente
- Drenaje
- Confiabilidad.

El análisis de este método en particular se debe a que gran parte de los parámetros incorporado por AASHTO para el diseño de pavimentos han sido utilizados también por las metodologías de evaluación propuestas en HDM, por ejemplo:

- Concepto de Ejes Equivalentes.
- Concepto de Número Estructural´
- Coeficientes de drenaje, etc.

Un buen diseño radica en que el sistema, carga-estructura-subrasante (ESAL-SN-Mr), deberán permanecer en equilibrio durante todo el periodo de vida útil

7.2 – Criterios para el diseño de pavimentos.

El diseño del pavimento flexible se basa en criterios que limitan las deformaciones tanto horizontales como verticales, que causan excesivos agrietamientos y deformaciones permanentes.

Esos criterios se consideran en términos de aplicaciones repetidas de carga, porque las repeticiones acumuladas de cargas de tránsito tienen gran importancia en el desarrollo de grietas y en la deformación permanente del pavimento.

La determinación de la vida útil de una estructura de pavimento, está directamente relacionada al comportamiento de la capa de rodamiento, y que en el caso de que ésta esté constituida por mezcla asfáltica, el comportamiento dependerá del grado de envejecimiento del asfalto y por lo tanto de la mezcla asfáltica.

Y como consecuencia el envejecimiento prematuro de la mezcla asfáltica provoca también una degradación prematura de la carpeta de rodamiento, lo que se produce mucho antes que la capacidad estructural llegue al final de la vida útil estimada para el paquete de pavimento.

El envejecimiento prematuro de la carpeta de rodamiento se produce, entre otros factores, por la agresividad climática y por cada vez mayor capacidad de carga de los vehículos pesados.

La agresividad climática se manifiesta por las altas temperaturas, que impactan sobre las propiedades y el comportamiento de las estructuras de pavimentos, y sustancialmente sobre el comportamiento reológico del asfalto y de las mezclas asfálticas.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONCORCIO VIAL CHACO

...TOR M. MALUF
Compañía de Ingenieros Asociados S

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Es por ello que en los EE.UU se ha desarrollado nuevas tecnologías a través del programa SHRP, de la que surgió como se dijo la tecnología SUPERPAVE, que consiste sustancialmente en el estudio del comportamiento en servicio de las mezclas asfálticas. Para lo que se desarrollaron métodos y equipos de ensayo, para evaluar el comportamiento en servicio de las mezclas asfálticas.

Por lo que de nada sirve diseñar estructuras para una prolongada vida útil, si las mezclas asfálticas no van a ser diseñadas con las nuevas tecnologías de durabilidad.

Los métodos de diseños de pavimentos permiten establecer el paquete estructural del pavimento rígido o flexible, en función de las solicitaciones del tránsito y del valor soporte de la subrasante, y de los efectos ambientales, previstos para una cierta vida útil del pavimento.

En general las metodologías de diseño adoptan un determinado indicador de la capacidad estructural o funcional, y verifican que durante la vida útil dicho indicador no supere una cierta variación, representada por niveles de deterioros del pavimento considerado como límite. Por lo que Incorporan en general un cierto factor de seguridad o confiabilidad para dar mayor resguardo a los resultados.

7.3 – Diseño de las capas estructurales.

Para el diseño de las capas estructurales, como se dijo se utilizará la Metodología AASHTO/93, que aplica modelos de deterioros que utilizando conceptos de pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) para determinados valores de tránsito expresado por el ESAL, y del valor soporte de la subrasante medidos por el Módulo Resiliente (Mr), para una determinada Confiabilidad (R) en la exactitud de los valores de los parámetros a ingresar al modelo, y su dispersión estándar S_D.

1. R% - Grado de confiabilidad que tiene en cuenta la variabilidad de los materiales, el tránsito, procesos constructivos, el suelo de subrasante, con lo que se obtiene ZR, de la Curva de Distribución Normal de Gauss.
2. S_D – Desviación Standard Superior.
3. ESALs – Carga a que será sometida la estructura para producir un deterioro hasta un nivel de serviciabilidad de diseño.
4. MR – Módulo resiliente de la subrasante, (en función del CBR).
5. ΔPSI – Pérdida de serviciabilidad por deterioro a través del ESALs.
6. SN – Número estructural -Parámetro que define la capacidad estructural del pavimento.

Ing. HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

C.I.A. S.A.
Compañía de Ingenieros Asociados

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Estos parámetros de diseño están relacionados por la expresión (I)

$$\text{Log ESALs} = A + B + C + D \quad (I)$$

En donde:

A = f(R, SD)
B = f(SN necesario)
C = f(ΔPSI / SN)
D = f(MR)

En donde:

$A = ZR \times SD$ (II)

$B = 9{,}36 \times \log (SN+1) - 0{,}20$ (III)

$C = \log (Po - Pf / 4{,}2 - 1{,}5) / [0{,}40 + 1094 \times 1/(SN+1)^{5{,}19}]$ (IV)

$D = 2{,}32 \log Mr - 8{,}07$ (V)

Los datos de entrada a la metodología AASHTO son los siguientes:

7.4 - Datos de tránsito.

Con la información del estudio del tránsito en la que se determinó el número de ejes equivalentes acumulados (ESALs).

Tipo de vehículo	**10 años**
Livianos	
Bus	
Camiones	
ESALs	**837.743**
ESALs (diseño)	**8.4 x 10^5**

7.5 - Datos de geotecnia.

Los datos geotécnicos necesario para la utilización del AASHTO/93 son los determinados anteriormente, a través del cual se determinó el Módulo Resiliente Mrdis. Combinado.

Mrdis-1	**F**	**Mr0**	**MPa**	**PSI**
h = 0,40m - Subrasante: CBR = 20% - Terraplén: CBR = 3%				
Mrdis-1	2,3	36	**82,8**	**12 009**
CBR combinado = 11,2%				

Ing. Héctor M. Mallié
CIASA
Compañía de Ingenieros Asociados S.A

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO RN9 CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

8 – DISEÑO ESTRUCTURAL.

8.1 – Estructura propuesta.

La Contratista presenta la siguiente propuesta

8.1.1 - Paquete estructural propuesto

La variación propuesta para la estructura del pavimento considera la sustitución de la base granular cementada Rc7≥2,0 MPa, por una Subbase de suelo mejorado con cemento de Rc7≥2,0 MPa, manteniendo las dos capas de subrasante mejorada de suelo cal.

El paquete estructural de pavimento propuesto es el que se muestra en tabla 2

Tabla 14 - Estructura aplicarse entre Progresivas 80+200 a 122+000

CAPAS		ESPESOR (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico con Polímeros	4
	Base de Concreto Asfáltico Convencional	5
	Base granular (CBR ≥ 100%)	15
	Subbase suelo mejorado con Cemento (R'c≥2,0 Mpa)	20
	Subrasante Mejorada de suelo cal (CBR ≥ 20%) en 2 capas.	40

8.2 – Verificación de la estructura.

Para la determinación del SN necesario, se debe ingresar al AASHTO/93 los siguientes parámetros:

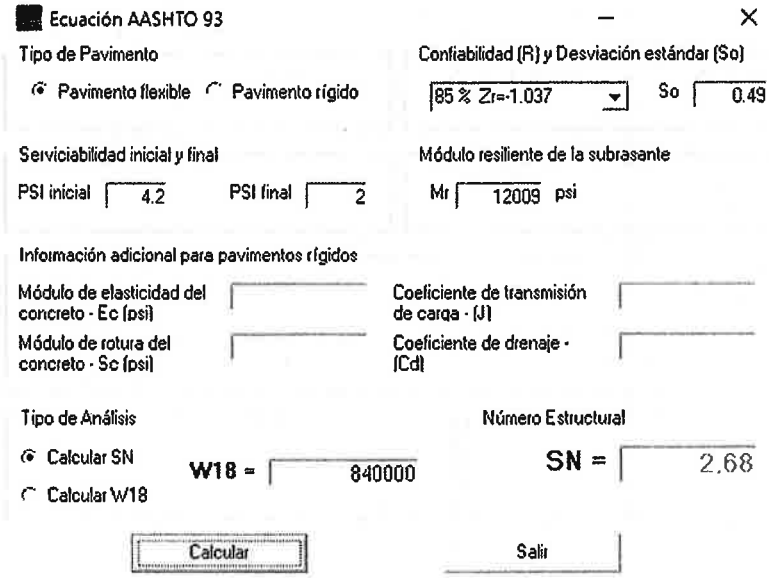
R = 85%
S_D = 0,49
Pi = 4,2
Pf = 2,2
Mrdis = 12.009 psi– 82,8 MPa
ESAL (10 años) = **8.4 x 10^5**

Determinación del Número Estructural Necesario
Para lo que se obtuvieron los siguientes números estructurales:
SN nec = 2,68 (por aplicación de la expresión I)
SN nec = 2,68 (por programa computarizado)

Ing. Cristobal Cohen C.
Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF
Compañía de Ing. Civiles Asociados S.A

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos



8.3 – Número estructural efectivo (SN_{eff}) de la estructura propuesta.

El Número Estructural efectivo (SNeff), se determina con la siguiente expresión:

$$SN\ efectivo = a1 \times D1 + a2 \times D2 \times m2 + a3 \times D3 \times m3$$

El SN efectivo, se determina sumando las capacidades estructurales de cada capa del paquete del pavimento a ejecutar.

La capacidad estructural de cada capa surge de multiplicar los espesores de cada capa por los coeficientes estructurales correspondiente al material constituyente de cada capa.

$a_1 ... a_3$: Coeficientes de aporte estructural por unidad de espesor, es función de las características mecánicas de los materiales constitutivos de cada capa y de los porcentajes observados de los parámetros de deterioro de la calzada. Estos parámetros fueron estimados en función de las evaluaciones de la calzada efectuadas durante el mes de mayo del corriente.

$D_1 ... D_3$: Espesores de las distintas capas que componen el paquete verificado.
$m_2 ... m_3$: Coeficientes de drenaje de las capas no ligadas.

Ing. Cristobal Cohene C.

Lic. Gerardo A. Espínola Y.
Representante Legal
VIAL CHACO

Ing. HECTOR M. MALUF
Consultores Asociados S.A.

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Coeficientes de drenaje: mi = 1 – (por existir capa granular)

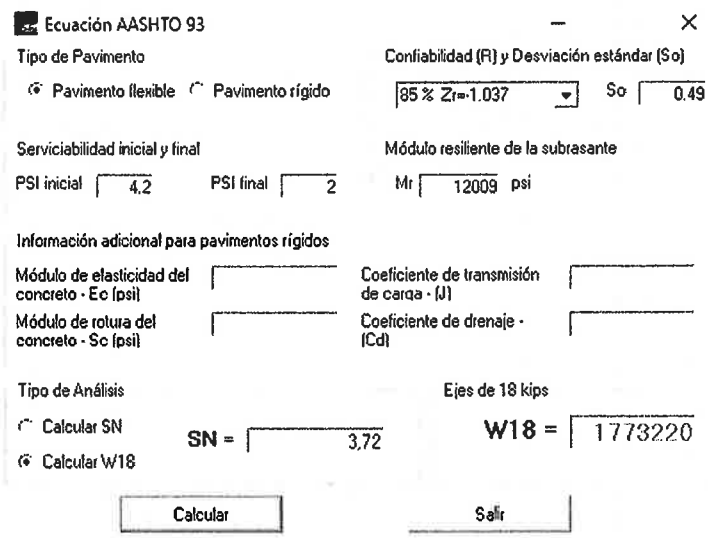
Con la estructura propuesta sé determinará el (SNeff) para verificar si cumple con el número estructural necesario (SNnec) para el periodo de servicio de 10 años.

Tabla 15 – Número estructural efectivo propuesto – para 10 años

CAPA	Espesor (cm)	Coef. Est. (cm/cm)	SN efectivo	SN necesario
Capa concreto asfáltico c/polímero	4	0,17	0.68	
Capa concreto asfáltico	5	0,16	0.80	
Base con estabilizado granular - (CBR≥100%)	15	0,06	0,90	
Subbase con suelo-cemento (Rc = 2 MPa)	20	0,052	1,04	
Subrasante de suelo cal (CBR = 20%)	20	-----	------	
Subrasante de suelo cal (CBR = 20 %)	20	-----	-----	
TOTAL SN efectivo			**3,42**	**2,68**
Mr combinado de diseño = 12.009 psi.				

SN efectivo > SN necesario (B.C.)

A través de la ecuación AASHTO/93, se determinó la capacidad de la demanda futura, de soportar la estructura propuesta identificada por SN eff = 3,72.



HECTOR M. MALUF
CHA S.A.
Compañía de Ingenieros Asociados S

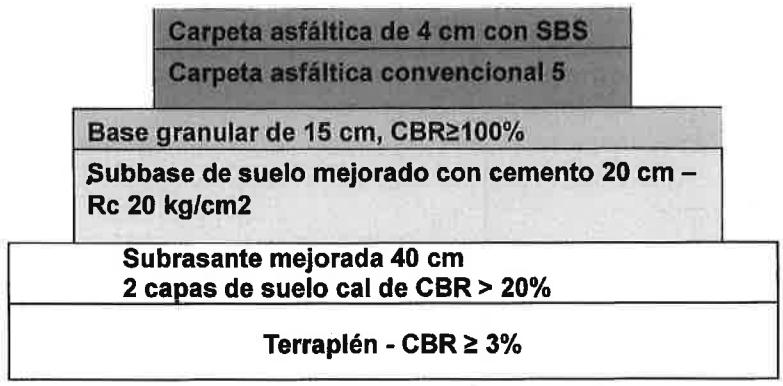
Ing. Cristobal Schere C.
Supervisor de Obra

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONCESIONARIA VIAL CHACO

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

8.4 – Esquema de la estructura de pavimento propuesto.

El esquema de la estructura propuesta mantiene los espesores y características de las capas superiores de licitación, sólo se modifican las de bases.



Las características de las capas estructurales son las siguientes:

D1 - Capa Carpeta de rodadura: Concreto asfáltico con polímero, de graduación continua, Estabilidad Marshall 2100 Lbf; EAC = 435.000psi; a1= 0.17 (En 1 /cm); espesor = 4 cm – (*espesor licitado*).

D2 - Capa Base asfáltica: Concreto Asfáltico Convencional de graduación continua, Estabilidad Marshall 2000 Lbf; EAC = 420.000psi; a1= 0.16 (En 1 /cm); espesor= 5 cm – (*espesor licitado*).

D3 - Capa Base Granular: Base granular estabilizada CBR≥100 %; a2 = 0.06 (En 1/cm); espesor = 15 cm – (*espesor propuesto*).

D4 - Capa Subbase Suelo Cemento R'c≥2,0 Mpa; a3 = 0.052 (En 1/cm); espesor = 20 cm – (*reemplazo del material licitado*).

9– VERIFICACIÓN POR CAPAS.

El mejoramiento del paquete estructural se logra a través de mejorar la impermeabilidad, protegiendo la subrasante de infiltraciones de humedad que provocan el debilitamiento del valor soporte, conformando la estructura de la siguiente forma:

Tabla – 16 – Estructura modificada propuesta.

CAPAS		ESPESOR (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico con Polímeros	4
	Base de Concreto Asfáltico Convencional	5
	Base granular estabilizada (CBR ≥100)	15
	Subbase de suelo mejorado con cemento (R`c ≥ 2Mp)	20
	Subrasante Mejorada (CBR ≥ 20%) – en 2 capas de suelo cal – De espesores de 20 cm c/u.	40

Ing. Gerardo A. Espinola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF
C.I.A.S.A.
Comisión de Ingeniería Asesora

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Tabla 17 – Verificación por capa

CAPAS	ESPESOR (cm)	Módulo (PSI)	Relación modular entre capas	Coeficiente estructural	SN efectivo	SN necesario
Carpeta de concreto asfáltica	4	435.000	1,06	0,17	0,68	-----
Concreto asfáltico	5	410.000	13,67	0,16	0,80	-----
Base granular	15	30.000	0,55	0,06	0,90	-----
Subbase suelo cemento	20	50.000	4,16	0,052	1,04	-----
Subrasante mejorada (CBR ≥ 20%)	40	12.009	----	----	----	-----
(Mrdis =82,8MPa)					**3,42**	**2,68**

Finalmente, con la comprobación realizada, el paquete estructural propuesto supera las expectativas de la capacidad estructural, que la necesaria que la carga que soportará durante el periodo de servicio, y mejorando la impermeabilización de la subrasante.

10 – CONCLUSIONES.

10.1 – Propuesta de la modificación de la Estructura de Pavimento.

Teniendo en cuenta el tipo de suelo dispersivo, en zona del emplazamiento de la Ruta Nº 12, y de ser propenso a inundaciones del Río del Pilcomayo a través de los palos cauces, es de importancia mejorar la impermeabilidad de la subrasante para no sufrir deterioros, que afectarán la capacidad portante del mismo. Por ello la Contratista propone la modificación de la estructura tendiente a mejorar la impermeabilización de la subrasante.

10.2 - Paquete estructural propuesto

La variación propuesta para la estructura del pavimento considera la sustitución de la Subbase granular cementada Rc7≥2,0 MPa, por una Subbase de suelo mejorado con cemento de Rc7≥2,0 MPa, manteniendo las dos capas de subrasante mejorada de suelo cal con CBR≥ 20% y 20cm de espesor cada una

10.3 – Verificación de las estructuras.

La propuesta presentada verifica la estructura necesaria, SN efectivo > SN necesario, por lo que es una estructura superior a la estructura licitada. Teniendo una capacidad de carga para el periodo de servicio de 1.773.220 de ejes acumulados, lo que supera a los 837.743 especificados, lo que significa un 212%

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
D.V. - MOPC

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

HECTOR M. MALUF
Compañía de Ingenieros Asociados

de la demanda de carga especificada., superando a la estructura licitada a través de la metodología AASHTO/93

M.Sc. Ing. Civil HORACIO R. VALLEJOS
Especialista en Suelos y Pavimentos

Ing. Gerardo A. Espínola Y.
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
MOPC

HECTOR M. MALUF
CIMCA
Compañía de Ingeniería ... S.A.