0183

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES PARAGUAY

PARAGUÁI TETÃ REMBIAPO HA MARANDU MOTENONDEHA

SECRETARIA GENERAL - MESA DE ENTRADA ÚNICA

EXPEDIENTE MEU Nº **54701/2024** **FECHA / HORA** 26/12/2024 14:35:42

Datos del Documento

TITULAR: COMPAÑIA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Nombre y Apellido	Número Telefónico	Correo electrónico
Verónica Jara Fanego		v.jara@cia.com.py

Referencia

CON REFERENTE A LA NOTA CVC-R12 N°116/2024 INFORMACION TECNICA ADICIONAL DEL CONVENIO

Se remite a:

GABINETE DEL VICEMINISTRO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES

Procesado por: CBERINO
Fecha: 26/12/2024
Hora: 14:35:42

Lic. Diego Morak
Jefe Interino del Departamento
Jefe/Encargado
Dpto. Mesa de Entrada Unica

ACUSE

Edif. Gob (Torre 2 - Piso 3)

0182

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Asunción, 20 de diciembre de 2024

Señor
Ing. Alejandro Bordón, Coordinador
UEP BID – DV MOPC
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Presente:

0870

Nota Nº: 175/2024
Ref.: LLAMADO MOPC N°03/2023 LPI PARA LA CONTRATACIÓN DE FIRMA CONSULTORA PARA EL SERVICIO DE FISCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LOTE 3 DE OBRAS DEL TRAMO CRUCE NANAWA-GRAL BRUGUEZ Y ACCESOS (PY12) AD REFERÉNDUM A LA AMPLIACIÓN PRESUPUESTARIA – ID 430.358
Obj.: Nota CVC – R12 N°116/2024. Información Técnica Adicional del Convenio Modificatorio N°01 del Contrato de Obra.

De nuestra consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación a la Nota CVC – R12 N°116/2024, a través de la cual el Consorcio Contratista de Obra remite Información técnica adicional del Convenio Modificatorio de Obra N°01, conforme a lo solicitado por el MOPC en la Nota UEP BID – DV N°1528/2024.

Al respecto, esta Fiscalización ha verificado la documentación técnica presentada por el Consorcio Vial Chaco, no encontrando objeciones sobre el mismo.

En virtud a lo expuesto, se eleva con parecer favorable a consideración de la Contratante la Información Técnica Adicional del Convenio Modificatorio N°01 del Contrato de Obra para los fines pertinentes, incluyendo además los informes de las Asesorías Especializadas de esta Fiscalización.

Sin otro particular, hacemos propicia la ocasión para saludarlo atentamente.

Ing. Mba Héctor M. Maluf I.
Representante Legal

Anexo:

- *NOTA CVC R12 N°116/2024 y sus anexos del Consorcio Contratista de Obra.*
- *Informes de las Asesorías Especializadas del Consorcio Contratista.*

Waldino R. Lovera esq. RC 3 Cnel. Mongelos / Tel.: (021) 602 926
. E-mail: info@cia.com.py / Asunción - Paraguay

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Asunción, 20 de diciembre de 2024

Señor
Ing. Alejandro Bordón, Coordinador
UEP BID – DV MOPC
Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Presente:

Nota Nº: 175/2024
Ref.: LLAMADO MOPC N°03/2023 LPI PARA LA CONTRATACIÓN DE FIRMA CONSULTORA PARA EL SERVICIO DE FISCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LOTE 3 DE OBRAS DEL TRAMO CRUCE NANAWA-GRAL BRUGUEZ Y ACCESOS (PY12) AD REFERÉNDUM A LA AMPLIACIÓN PRESUPUESTARIA – ID 430.358
Obj.: Nota CVC – R12 N°116/2024. Información Técnica Adicional del Convenio Modificatorio N°01 del Contrato de Obra.

De nuestra consideración:

Tenemos el agrado de dirigirnos a usted con relación a la Nota CVC – R12 N°116/2024, a través de la cual el Consorcio Contratista de Obra remite Información técnica adicional del Convenio Modificatorio de Obra N°01, conforme a lo solicitado por el MOPC en la Nota UEP BID – DV N°1528/2024.

Al respecto, esta Fiscalización ha verificado la documentación técnica presentada por el Consorcio Vial Chaco, no encontrando objeciones sobre el mismo.

En virtud a lo expuesto, se eleva con parecer favorable a consideración de la Contratante la Información Técnica Adicional del Convenio Modificatorio N°01 del Contrato de Obra para los fines pertinentes, incluyendo además los informes de las Asesorías Especializadas de esta Fiscalización.

Sin otro particular, hacemos propicia la ocasión para saludarlo atentamente.

Ing. Mba Héctor M. Maluf I.
Representante Legal

Anexo:

- *NOTA CVC R12 N°116/2024 y sus anexos del Consorcio Contratista de Obra.*
- *Informes de las Asesorías Especializadas del Consorcio Contratista.*

179 (ciento setenta y nueve)

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

INFORME TÉCNICO DE LA FISCALIZACIÓN - DISEÑO DE PAVIMENTO

Lote 3

PY-12

Km 80,2 a 122,0

178 (ciento setenta y ocho)

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

1. Antecedentes. –

La obra de pavimentación del presente estudio corresponde a la ruta nacional PY12 y está dividida en 5 tramos, desde Chaco'i hasta Gral. Bruguez y Accesos, siendo la extensión total de aproximadamente 160 km. Ya lo relativo al presente parecer, corresponde al lote 3, entre progresivas 80,2 km hasta 122 km, totalizando una longitud de 41,8 km.

Con relación a los antecedentes, el proyecto de pavimentos fue ejecutado considerando las siguientes premisas:

- Cálculos de los ejes equivalentes totales para un periodo de vida útil de:

  Pavimentos flexibles: 10 años. Por economía de costos de inversión se ha propuesto un diseño a 10 años, con refuerzo en el año 10.

- Para el cálculo se empleó el **diseño** la metodología descrita en el **"Manual de Carreteras de Paraguay del MOPC.** Unidad 3. Diseño de Carreteras. Volumen 3.2: Diseño Estructural de Carreteras", usando dentro de esta metodología el siguiente método de cálculo:

  Guía AASHTO 93: *Design of Pavement Structures*, para el diseño

  Método SHELL, comprobación diseño (cálculo a fatiga para confiabilidad al 85 %)

- Estimación del **tránsito**:
  2025-2034: 837.743 vehículos.
  2035-2044: 1.272.054 vehículos.

- Debido a que el CBR es <=10%, de acuerdo con el Manual del MOPC, se prevé la colocación de capas de mejoramiento con un material estabilizado con cal, para elevar el CBR de la subrasante.

- Serviciabilidad inicial (Flexible): 4,2

- Serviciabilidad final (Flexible): 2,0

- So (desviación estándar): 0,45

- Coeficientes estructurales (tomando en cuenta que ya están con transformación de unidades para ingresar el espesor del pavimento en pulgadas, en los siguientes pasos del diseño):

Capa	Característica	Coeficiente estructural
C. Asfáltica modificada con polímeros (rodadura)	420.000 psi	0,17
C. Asfáltica convencional (base)	400.000 psi	0,16
Base granular	CBR = 100 %	0,055
Subbase granular	CBR = 40 %	0,047
Subbase suelo agregado con cemento	R'c = 18 kg/cm2	0,051

Compañía de Ingenieros S.A. HECTOR M. MAIDE

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
DV MOPC

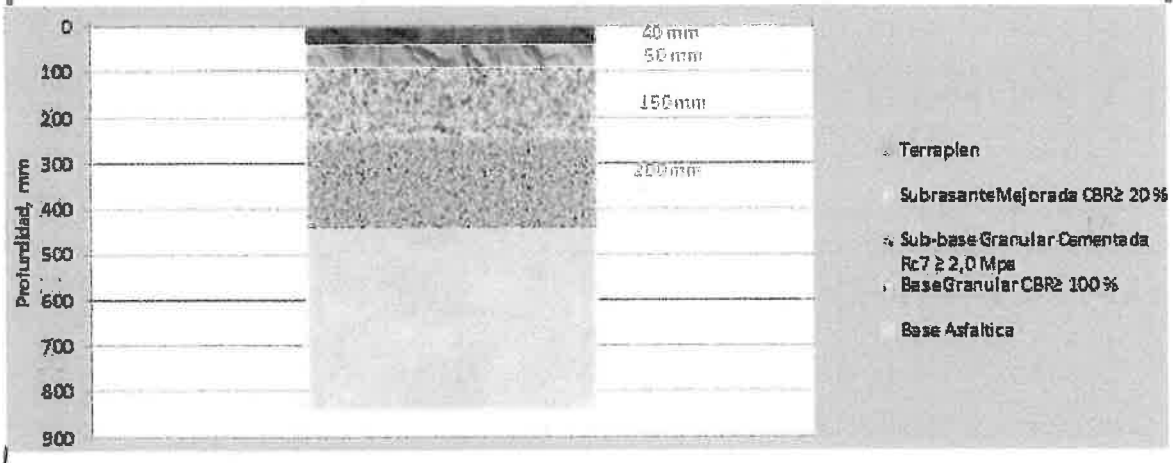
177 (ciento setenta y siete)

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

- Cálculo de pavimento presentado (AASHTO):

PAVIMENTACION DE LA RUTA PY012 - TRAMO CHACO I - TRIANGULO - GRAL. BRUGUEZ Y ACCESOS DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO - SUBTRAMO 4 METODO DE AASHTO 1993 - PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS			
1	Periodo de Diseño adoptado	Años	10
2	Numero de Ejes Estandar solicitantes	ESAL	837,743
3	Valor soporte del material de terraplen	CBR (%)	3.00
4	Valor soporte del material de Subrasante mejorada (e= 40 cm)	CBR (%)	20.00
5	Modulo resiliente de subrasante (compuesto)	Mv (psi)	10,298
6	Confiabilidad total de Proyecto	C	72%
7	Numero de etapas en Periodo de Desempeño	n	2
8	Confiabilidad de Diseño	C	85%
9	Desviacion Estandar	SD	0.45
10	Indice de Serviciabilidad inicial	P	4.2
11	Indice de Serviciabilidad final	P	2.0
12	Numero Estructural necesario	SNn	2.79
	Verificacion del Numero Estructural necesario		OK

CAPA ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO	ESPESOR DE CAPA	COEFICIENTE DE APORTE ESTRUCTURAL (a_i)	COEFICIENTE DE DRENAJE (m_i)	APORTE ESTRUCTURAL	VERIFICACION CAPA X CAPA
Carpeta de C*A*	40 mm	0.44		0.69	OK
Base Asfaltica	50 mm	0.41		0.81	no requiere verificacion
Base Granular CBR≥ 100 %	150 mm	0.14	1.00	0.83	
Sub-base Granular Cementada Rc7 ≥ 2,0 Mpa	200 mm	0.15	1.00	1.18	
Subrasante Mejorada CBR≥ 20 %	400 mm				
Terraplen					
Total	840 mm	SNd		3.51	OK, SNd ≥ SNn



HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.

176 (ciento setenta y seis)

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

- Verificación del ahuellamiento de la estructura, determinando la deformación unitaria por compresión en la cara superior de la subrasante por evaluación mecanicista por la ecuación del "Asphalt Institute":

$$N_d = f_4 \times \varepsilon_c^{-f_5}$$

Donde:

N = Número de ejes equivalentes resistentes a fatiga

ε = Deformación vertical máxima de la fibra superior de la subrasante

Se considera 2 cargas de 2,05 t, correspondiente a medio eje equivalente de 8,2 t
Radio de carga: 10.5 cm
Presión de inflado: 5.89 kg/cm2
Separación entre ejes de ruedas: 31.5 cm
Peso total del eje 8.20 tn = 2.05 tn por rueda

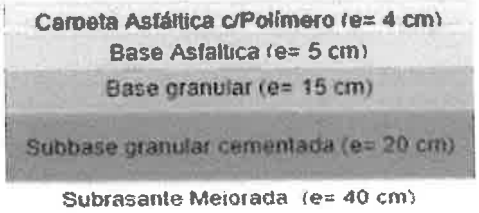
N_d = 11.538.536 Ejes Equivalentes > 837.743 Ejes Equivalentes de diseño.

- Cálculo del refuerzo del pavimento presentado (AASHTO):

PAVIMENTACION DE LA RUTA PY012 - TRAMO CHACO I - TRIANGULO - GRAL. BRUGUEZ Y ACCESOS DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO - SUBTRAMO 4 METODO DE AASHTO 1993 - 2ª ETAPA			
1	Periodo de Diseño adoptado	Años	10
2	Numero de Ejes Estandar solicitantes	ESAL	1,272,054
3	Valor soporte del material de terraplen	CBR (%)	3.00
4	Valor soporte del material de Subrasante mejorada (e= 40 cm)	CBR (%)	20.00
5	Modulo resiliente de subrasante (compuesto)	M_R (psi)	10,298
6	Confiabilidad total de Proyecto	C_T	72%
7	Numero de etapas en Periodo de Desempeño	n	2
8	Confiabilidad de Diseño	C_D	85%
9	Desviacion Estandar	SD	0.45
10	Indice de Serviciabilidad inicial	P_0	4.2
11	Indice de Serviciabilidad final	P_t	2.0
12	Numero Estructural necesario	SNn	2.97
	Verificacion del Numero Estructural necesario		**OK**

- Resumen del proyecto recibido:

  - Carpeta Asfáltica con polímeros – e= 4 cm
  - Riego de Liga (0,5 kg/m2)
  - Base Asfáltica – e= 5 cm
  - Riego de Liga (0,5 kg/m2)
  - Riego de Imprimación (1,25 kg/m2)



HECTOR M. MALDIF

Ing. Cristobal Cohene C.

- Base Granular CBR = 100 %
- Subbase granular cementada Rc7≥ 2 MPa-e=20 cm

La carpeta asfáltica con polímeros de 4 cm solamente se prolongará hasta el borde de calzada, con una inserción en el ancho de banquina de 15 cm. La capa base asfáltica se extenderá en todo el ancho de banquina, la Base Granular de CBR > 100 % y la Subbase granular cementada Rc7≥ 2 MPa-e=20 cm, se extenderán en todo el ancho de la plataforma.

Este pavimento se apoyará sobre una subrasante mejorada con dos capas de 20 cm de Suelo tratado con cal de CBR > 20%.

En el año 10 el pavimento no requiere ningún refuerzo estructural.

2. Análisis de la propuesta. –

El dimensionamiento del pavimento del tramo presentado en los antecedentes fue posteriormente evaluado y verificado, a raíz de, principalmente un estudio minucioso en la traza, en la que, como se menciona en el análisis del contratista, "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". Este tipo de suelos tienen la característica de expandirse y contraerse de acuerdo con los niveles de humedad.

De esta manera, considerando lo arriba expuesto, el contratista decidió reevaluar el diseño del ítem anterior y decidió impermeabilizar al máximo el núcleo del terraplén, creando barreras o espaldones de suelo cal para proteger los taludes laterales y la adopción de una capa impermeable como parte del paquete estructural e impedir la penetración del agua de lluvia. Así mismo, el proyectista menciona que, "a los efectos de mejorar la impermeabilización de la subrasante, realiza la siguiente propuesta":

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.

El paquete estructural de pavimento propuesto es el que se muestra abajo:

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

Dicha propuesta es analizada bajo 2 vertientes importantes, la **teórica**, desde el punto de vista del "estado del arte" y la **analítica**, desde el punto de vista de los cálculos y la normativa, ambas presentadas a continuación.

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

174 (ciento setenta y cuatro)

CIA S.A.
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Análisis técnico:

Con relación a la vertiente analítica, se verificó el dimensionamiento presentado haciendo tres verificaciones:

- Cálculo del número estructural necesario (SNn) para el tráfico solicitado y posterior determinación del número estructural efectivo o determinado (SNd) de cada una de las capas componentes del pavimento propuesto, así como la comparación entre ellos y la verificación correspondiente.
- Verificación por capas.
- Verificación mecanicista.

Referente al número estructural necesario y efectivo:

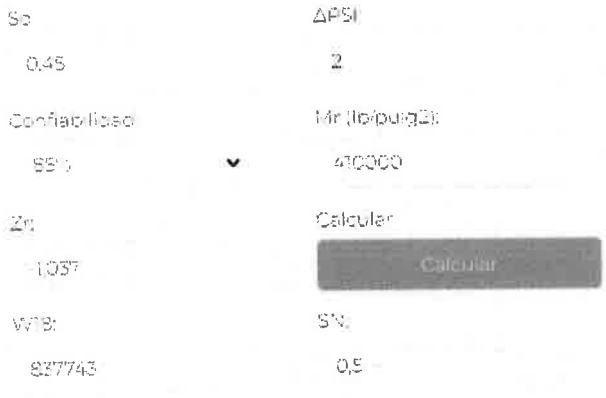
Se analizaron 2 concepciones de estructuras para tener la posibilidad de analizar mejor la sensibilidad de posibles ajustes en los módulos de resiliencia y consecuentemente la alteración de sus coeficientes estructurales, como presentado a continuación:

Estructura	Material	Espesor (cm)	MR (kgf/cm²)	MR (psi)	a	m	SN	SNd	SNn	Verifica
1	Carpeta en Concreto Asfáltico con Polímeros	4,0	30.584	435.000	0,17	1	0,69	4,35	2,68	SI
	Base en Concreto Asfáltico Convencional	5,0	28.827	410.000	0,17	1	0,87			
	Base Granular	15,0	2.109	30.000	0,06	1	0,83			
	Sub base granular cementada - 7%	20,0	70.000	995.610	0,10	1	1,97			
	Subrasante mejorada (suelo cal)	40,0	844	12.009	-	-	-			
	Subrasante	-	364	1.039	-	-	-	-	-	-
2	Carpeta en Concreto Asfáltico con Polímeros	4,0	30.584	435.000	0,17	1	0,69	3,17	2,68	SI
	Base en Concreto Asfáltico Convencional	5,0	28.827	410.000	0,17	1	0,87			
	Base Granular	15,0	2.109	30.000	0,06	1	0,83			
	Sub base granular cementada - 7%	20,0	3.515	50.000	0,04	1	0,79			
	Subrasante mejorada (suelo cal)	40,0	844	12.009	-	1	-			
	Subrasante	-	364	1.039	-	-	-	-	-	-

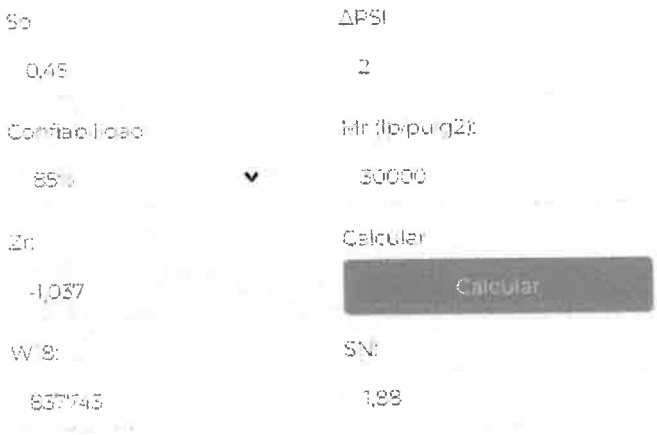
En la foto arriba podemos verificar, para 2 módulos de resiliencia extremos de la capa de subbase, que, en ambos casos, se verifica la comparación entre el SNd y SNn, siendo ésta positiva. Un módulo (estructura 2), fue el usado por el verificador del proyecto y el de la estructura 1, fue un módulo hipotético, para fines comparativos, ya que este tipo de capa puede presentar módulos más altos a los considerados en la estructura 2.

Referente a la verificación de la primera capa (carpeta de concreto asfáltico), se verifica igualmente, ya que el SNn para ella es de 0,5 y el calculado corresponde a 0,69 (Imagen abajo). O sea, 0,69 > 0,5.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra



Si realizamos la verificación de las carpetas asfálticas en conjunto (tanto la primera como la segunda, denominada "base en concreto asfáltico convencional") considerándola como 1 sola, tendríamos un punto de atención, ya que la suma de los SNi de ambas es 1,56, siendo este menor al SNn de 1,88 (presentado abajo).



Es importante mencionar que, sobre la consideración planteada en el párrafo anterior, el cual establece, en la propia normativa de la AASHTO, una restricción en lo que se refiere a la verificación de las capas cuando se tiene, en la estructura, camadas cuyo módulo elástico sea superior a 40.000 psi o aproximadamente 280 MPa. Por ese motivo se refuerza la necesidad de hacer verificaciones mecanicistas al proyecto, no siendo, por ese motivo, un causal de rechazo, ya que el propio método establece un "vacío" en análisis de esa condición.

De esta manera, sobre la verificación mecanicista, todas las verificaciones fueron realizadas, siendo éstas positivas para la estructura propuesta, como presentado a continuación:

Ing. HECTOR M. MALUF

Ing. Cristóbal Cohene C.

Estructura	Material	Espesor (cm)	MR (kg/cm²)	Coef. Poisson	Parametro	Numero EEA		Modelo	Valor Admisible	Unidad	Valor Previsto	Verifica
1	Carpeta en Concreto Asfáltico con Polímeros	4,0	30.584	0,30	D	USACE	2,50E+06	DNER PRO-269/94	88,2	x 10-2 mm	67,8	SI
	Base en Concreto Asfáltico Convencional	5,0	28.827		ε_t	AASHTO	8,25E+05	FHWA, 1976	4,15E-04	mm / mm	2,39E-04	SI
	Base Granular	15,0	2.109	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–
	Sub base granular cementada - 7%	20,0	70.000	0,20	σ_t	USACE	2,50E+06	Balbo, 1993	5,48	kgf/cm²	5,12	SI
	Subrasante mejorada (suelo cal)	40,0	844	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	Subrasante	–	364	0,40	ε_v	USACE	2,50E+06	Shell (85% de confiabilidad)	1,89E+03	mm / mm	1,93E-04	SI
2	Carpeta en Concreto Asfáltico con Polímeros	4.0	30.584	0,30	D	USACE	2,50E+06	DNER PRO-269/94	88,2	x 10-2 mm	84,1	SI
	Base en Concreto Asfáltico Convencional	5,0	28.827		ε_t	AASHTO	8,25E+05	FHWA, 1976	4,15E-04	mm / mm	2,79E-04	SI
	Base Granular	15,0	2.109	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–
	Sub base suelo-cemento - 7%	20,0	3.515	0,20	σ_t	USACE	2,50E+06	Ceratti, 1991	3,46	kgf/cm²	0,82	SI
	Subrasante mejorada (suelo cal)	40,0	844	0,40	–	–	–	–	–	–	–	–
	Subrasante	–	364	0,40	ε_v	USACE	2,50E+06	Shell (85% de confiabilidad)	1,89E+03	mm / mm	3,18E-04	SI

Estado del arte - Recomendaciones. –

Con relación al estado del arte y las buenas prácticas internaciones sobre este tipo de materiales para la camada de subbase y a manera de comparación de ambas camadas, se puede mencionar los aspectos listados a continuación.

Sobre la **subbase granular cementada**:

- Una camada granular cementada comprende la mezcla de agregados graduados, generalmente chancados, con una pequeña cantidad de cemento portland, en general de 3 a 4% en peso de la mezcla total. Balbo (2007).
- Los agregados, de manera general, son utilizados como material de base o subbase por sus características de resistencia, estabilidad y principalmente no susceptibilidad al agua. Balbo (2007).
- Los agregados, si son bien compactados, les confiere gran resistencia a los esfuerzos verticales, ayudando a que la estructura no deforme. Balbo (2007).

Sobre la **subbase de suelo mejorado con cemento o suelo-cemento**:

- La distinción más clara entre un suelo mejorado con cemento y un suelo cemento es realizada por la cantidad de cemento empleada en la mezcla y también por la finalidad. La primera como camada no susceptible al agua y la segunda con ciertas características que puedan hacer que ella trabaje a la flexión, con resistencia muy elevada. Larsen (1967), apunta como mezclas mejoradas con cemento a aquellas en que el % de cemento es inferior a 7% en masa (u 8% en volumen).

- Este tipo de combinaciones es la resultante de la mezcla del suelo natural con cemento y ligante hidráulico. Puede ser realizada en planta o en pista, resultando, luego de la debida compactación (en la humedad adecuada) en una camada que presentará reducida susceptibilidad al agua debido a la envoltura de los granos por una cantidad mínima de cristales resultantes de la hidratación del cemento. Balbo (2007).

HECTOR M. MALUF

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

- No se busca, con esta técnica, que el suelo estabilizado presente resistencia a compresión o tracción en la flexión para empleo de bases en pavimento. Se busca solamente una estabilización del suelo, de manera a tornarlo menos expansivo, para que sea posible su uso como material de pavimentación, dentro de las restricciones comunes en proyectos. Balbo (2007).

- Normalmente son alcanzados valores de CBR más elevados para el suelo mejorado con cemento, lo que debe ser considerado estadísticamente, pues, como en cualquier tipo de estabilización de suelos con cemento, la pequeña cantidad de cemento empleada le da una característica singular: la heterogeneidad. Balbo (2007).

- El suelo cemento constituye una mezcla de suelo con un dado % de cemento que resulta, luego de la compactación e hidratación, en una mezcla de elevada rigidez, en comparación al suelo mejorado con cemento. El objetivo de esta mezcla es proporcionar una mezcla de elevada resistencia, que acaba trabajando en flexión.

- Ya el suelo mejorado con cemento, puede ser más o menos rígida, dependiendo del % de cemento empleado. Lógicamente, su estado de endurecimiento se aproxima al suelo cemento, cuando los % de cemento son más elevados.

- El empleo de suelo cemento en subbase de pavimentos semi rígidos "invertidos" exige, en el conocimiento actual, características semejantes a mezclas de esta naturaleza empleadas en base. De esta forma, la concepción de las mezclas no se debe limitar solamente al concepto de CBR y expansión, ya que, con el consumo de cemento empleado para suelo cemento (arriba de 7%), tales propiedades estarían atendidas. Balbo (2007).

- Las bases de suelo cemento no presentan los problemas de deformación permanente, típico de las bases granulares. Estructuralmente tiene una respuesta elástica ante las cargas del tránsito, diferente a la respuesta no lineal de las capas granulares (módulo dependiente del nivel de esfuerzos). Pitra (2011).

Algunas **recomendaciones**:

- Básicamente, para ejecución de camadas de suelo cemento es importante tomar en cuenta tres aspectos fundamentales, que dependen de las características del suelo con el cual se está trabajando:
  - La cantidad de cemento
  - La cantidad de agua
  - La masa específica aparente seca, luego de compactado
    ABCP (2004).

- La determinación del adecuado % de cemento se basa en el hecho de que los suelos mezclados con pequeñas cantidades de cemento, cuando debidamente compactados y curados, mejoran sensiblemente las características originales de resistencia mecánica, tornándose superiores a las de otros materiales usados normalmente como camadas de pavimentos. La acción de las cargas y la variación

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

de las condiciones climáticas podrían, después de un cierto tiempo, desagregar la mezcla endurecida, lo que haría perder el grado de estabilidad alcanzado, para transformarse en una mezcla simple de suelo con cemento de calidad baja. En virtud de esto, se debe dosificar para determinar el % de cemento capaz de garantizar a la mezcla el mantenimiento de sus características mejoradas. Con ese objetivo, fueron idealizados los ensayos de durabilidad por ciclos mojados/secados (y por hielo/deshielo, esto en la versión original de la norma). Detalles de la norma: *Wetting-and-Drying Test of Compacted Soil-cement Mixtures* (ASTM D 599 e AASHTO T 135). ABCP (2004).

- El criterio para dosificación del % de cemento debe contemplar: garantía de un valor tolerable de expansión del suelo y verificación del CBR. Además, verificación de los límites de liquidez e índice de plasticidad, dentro de los parámetros exigidos.

- Se considera, modernamente, la necesidad de dosificar el material, no solamente para el aspecto de la humedad de compactación y su resistencia, sino también sus propiedades resilientes (módulo) y fatiga. De esta manera, debe ser dosificada la mezcla de modo a atender valores mínimos de tracción en la flexión (o deformación de ruptura en tracción en la flexión) y módulo de resiliencia. Balbo (2007).

- Referente todavía a la dosificación del material, teniendo en vista su potencial de resistencia a la fatiga, se reconoce que todavía no se trata de ensayos comunes en los laboratorios de Latinoamérica, lo que permite tolerar, para fines de proyecto, el empleo de modelos de fatiga preexistentes. Balbo (2007).

- Para la subbase granular cementada se recomienda compactación de por lo menos 95% de energía modificada para aumento de resistencia y durabilidad. Bernucci et al. (2007).

- Para el ensayo de compactación, en caso de no tener experiencia, la norma general de la *Portland Ciment Association* (PCA), recomienda algunos valores, de acuerdo con la tabla a continuación, como punto de partida en la dosificación:

Classificação do solo segundo a AASHTO (M 145)	Teor de cimento em massa (%)
A1-a	5
A1-b	6
A2	7
A3	9
A4	10
A5	10
A6	12
A7	13

ABCP (2004).

De todas maneras, la tabla arriba no debe ser tomada como regla, ni mucho menos, simplemente como una guía en la dosificación. Lo que interesa es que los principales parámetros sean alcanzados y mejorados, de acuerdo con la combinación con los suelos existentes.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

- La subbase granular cementada debido a la cura del cemento presenta retracción, llevando a aparecer grietas y fisuras. Estos problemas pueden generar reflejo a las capas superiores. Por este motivo se lo utiliza en muchas obras, como los denominados "pavimentos invertidos", o sea en material de subbase. Bernucci et al. (2007). Este es el caso del pavimento objeto de este parecer.

- La técnica de estabilización con cemento es muy amplia, por ejemplo, permite construir capas de base o subbase de alta resistencia y altos valores de módulo, brindando un importante aporte estructural al pavimento. PITRA (2011).

- Puntos para tomar en cuenta para aplicar la alternativa del cemento son:
  - Que el IP sea menor que 30 para suelos arenosos
  - Que el IP sea menor a 20 y el LL menor a 40 para suelos de grano fino (más limo
  - Para agregados tipo gravas que el porcentaje que pasa la malla 4 sea mayor a 45, y que adicionalmente el IP<=20+(0,25)(50-%pas-No.4).
  - Para materiales que contengan menos de un 35% pas. No. 200, y que el IP sea menor a 20

- Larson (1967) recomienda no atrasarse en la compactación de la mezcla de suelo con cemento, porque trae perjuicios a las propiedades mecánicas de la mezcla final curada, de modo que se recomienda realizarlo en plazo que no supere el tiempo de inicio de adherencia del cemento.

- El **efecto del cemento en las mezclas con suelo, diferentemente del caso de los agregados, es crear espaldones** que envuelvan los granos de suelo (menores que los cristales hidratados del cemento), **creando una barrera contra el agua** y evitando, a causa de eso, la expansión de los suelos susceptibles a humedad. Balbo (2007).

3. Conclusiones:

De acuerdo con las verificaciones analíticas realizadas acompañado de las consultas del estado del arte, además de las recomendaciones de los diversos órganos carreteros consultados, con relación al uso del suelo-cemento en sustitución del material granular cementado en la capa de subbase, se valida la propuesta planteada.

Se debe realizar la dosificación de las tasas de suelo-cemento para que estas cumplan mínimamente con las especificaciones locales y atiendan los parámetros de control. Se recomienda seguir las recomendaciones mencionadas en este documento, verificando siempre, por medio de ensayos, las principales características y respuestas del suelo-cemento, además de enmarcarse siempre en las normas y especificaciones de servicio en lo que se refiere a los controles tecnológicos correspondientes al momento de la ejecución de la obra.

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
MOPC

168 (ciento sesenta y ocho)

INFORME TÉCNICO DE LA FISCALIZACIÓN - HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Lote 3

PY-12

Km 80,2 a 122,0

167 (ciento sesenta y siete)

~~Folio Nº 241(doscientos cuarenta y uno)~~

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES
PARAGUAY

PARAGUÁI TETÃ REMBIAPO HA MARANDU MOTENONDEHA

Nota UEP BID - DV Nº 487 **/2024**

Asunción, 21 de Junio del 2024

Señores
COMPAÑÍA DE INGENIEROS ASOCIADOS S.A
Presente

Ref. PR-L1174. "LLAMADO MOPC Nº 3/2023 - CONTRATO SG MINISTRO Nº 227/2023 SERVICIO DE FISCALIZACION DE LAS OBRAS DE HABILITACION Y MANTENIMIENTO DEL LOTE 3 DE OBRAS DEL TRAMO CRUCE NANAWA - GRAL BRUGUEZ Y ACCESOS (PY12)". ID Nº 430358

Objeto: Aprobación del Informe inicial de obras de Habilitación. (Exp. MEU Nº 23617/2024)

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, en relación a los Servicios de Consultoría para FISCALIZACIÓN DE LAS OBRAS DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL LOTE 3 DE OBRAS DEL TRAMO CRUCE NANAWA - GRAL BRUGUEZ Y ACCESOS (PY12), en particular a la presentación del complementario del Informe Inicial de Obras de Habilitación, presentado como expediente MEU Nº 23617/2024 del MOPC conforme a lo establecido en el Capitulo 2, numeral 11: Informes; punto 11.1: Control de las Obras de Rehabilitacion de los términos de referencia del PBC del llamado.

Al respecto, se ha efectuado la verificación técnica de dicho informe, encontrándose que la presentación formal está en correspondencia a lo estipulado en las cláusulas contractuales.

Por lo tanto se da la APROBACIÓN del referido Informe Inicial de Obras.

Sin otro particular, les saludo atentamente.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES * UEP MOPC *

Ing. Alejandro Bordón Bogado
COORDINADOR
UEP BID - DV

21/06/24 15:48

Exp. 12987/24

Ing. HECTOR M. MALUF
CIA S.A.
Compañía de Ingenieros Asociados S.A.

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

Ing. HECTOR M. MALUF
CIA S.A.
Compañía de Ingenieros Asociados S.A.

Dirección Oliva y Alberdi Nº 411, C.P. Nº 1221
Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 4149000

Sra. Sandra Carolina Nuñez Castigliani 19/06/2024 15:00:18

166 (ciento sesenta y seis)

PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN DE LA RUTA NACIONAL PY 12, Tramo Chaco'i – Triángulo – Gral. Bruguez y Accesos.

Revisión de los estudios de hidrología e hidráulica entre las progresivas 80+200 y 122+000

Informe Final – Rev 03

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

165 (ciento sesenta y cinco)

Resumen Ejecutivo

Este informe describe el proceso de revisión del Documento ANEXO 03. HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA, realizado en el marco del *Proyecto de Pavimentación de la Ruta PY12, Tramo "Chaco'i – Triángulo – Gral. Bruguez y Accesos"*, sector comprendido las progresivas 80+200 y 122+000.

De la revisión llevada a cabo se concluye lo siguiente:

- Los métodos utilizados en la etapa de proyecto para determinar el escurrimiento superficial se consideran en general adecuados para el área de estudio. Sin embargo, la memoria de proyecto identifica, para cada alcantarilla propuesta, una cuenca de aporte específica. En la información provista para esta revisión no ha sido posible identificar la correspondencia entre cada alcantarilla y su cuenca correspondiente. De hecho, a criterio de esta revisión, no es posible asignar una cuenca de aporte a cada alcantarilla debido al carácter laminar del escurrimiento. Para resolver este problema se han delimitado cuencas de aporte que abarcan varias obras de arte, y se distribuye en caudal de la cuenca entre las obras de arte.
- El primer análisis realizado y entregado como Informe Preliminar en marzo del 2024 identificó que, de un total de 94 obras propuestas, 80 verificaban el caudal de diseño, pero algunas de estas obras con exceso de capacidad. En este segundo informe se complementó la metodología presentada en el Informe Preliminar, incluyendo el relevamiento de campo y un análisis adicional de imágenes satelitales. Estos elementos fueron utilizados, junto al cálculo de hidrología, para la recomendación final de obras de arte.
- Estos análisis adicionales permitieron ubicar mejor las obras de arte para optimizar la capacidad de las mismas. En la tabla 1 se muestra la nueva distribución de obras para el tramo:

Tabla 1: cantidad de alcantarillas según proyecto y según revisión

Obra	Proyecto	Revision
ACSH	50	50
ACDH	34	42
ACTH	10	6
	94	98

- En la Tabla 2 se muestra la obra propuesta para cada progresiva. En la columna 1 se tiene la progresiva; en la columna 2 se tiene la obra propuesta en proyecto (PRY), en la columna 3 la obra propuesta en esta revisión, y en la columna 4 se tiene un número que indica si la obra propuesta en revisión aumenta en cantidad de líneas (resaltados en verde) o disminuye en cantidad de líneas (resaltado en rojo). Así por ejemplo, el número -1 indica que una Alcantarilla Celular Simple de Hormigón (ACSH) se sustituye por una Alcantarilla Celular Doble de Hormigón (ACDH); es decir, se aumenta una línea de celulares.

- La metodología que se muestra en la tabla 4 tuvo como objetivo tratar de aprovechar la cantidad de obras propuestas sin tener un aumento considerable de obras. Al realizar una sumatoria en la columna 4 se tiene que solo se requieren 4 líneas adicionales de ACSH.

HECTOR M. MALIIF

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

169 (ciento sesenta y cuatro)

Tabla 2: Obras de arte propuestas en base al análisis llevado a cabo en la presente revisión (REV)

Progr.	PRY	REV	Bal.	Progr.	PRY	REV	Bal.	Progr.	PRY	REV	Bal.
80+579	ACDH	ACDH	0	95+983	ACSH	ACSH	0	108+833	ACSH	ACSH	0
81+072	ACDH	ACSH	1	96+089	ACSH	ACSH	0	109+000	-	ACSH	-1
81+240	ACTH	ACDH	1	96+274	ACSH	ACSH	0	109+184	ACSH	ACSH	0
82+341	ACSH	ACDH	-1	96+772	ACDH	ACDH	0	109+389	ACSH	ACSH	0
82+825	ACSH	ACDH	-1	96+782	ACTH	ACDH	1	109+614	ACSH	ACSH	0
83+258	ACTH	ACDH	1	97+307	ACSH	ACDH	-1	109+872	ACSH	ACSH	0
83+663	ACTH	ACDH	1	97+695	ACDH	ACDH	0	109+895	ACSH	ACSH	0
84+510	ACDH	ACDH	0	98+468	ACDH	ACDH	0	110+787	ACSH	ACSH	0
85+076	ACDH	ACSH	1	99+350	ACDH	ACDH	0	111+258	ACSH	ACDH	-1
85+474	ACSH	ACSH	0	99+360	ACDH	ACDH	0	111+521	ACSH	ACDH	-1
85+955	ACSH	ACSH	0	99+907	ACDH	ACDH	0	112+062	ACTH	ACTH	0
86+496	ACSH	ACSH	0	100+467	ACDH	ACDH	0	112+640	ACSH	ACDH	-1
87+116	ACSH	ACSH	0	100+736	ACSH	ACSH	0	112+903	ACDH	ACDH	0
87+504	ACSH	ACSH	0	100+912	ACSH	ACSH	0	113+314	ACSH	ACSH	0
88+257	ACTH	ACSH	2	100+987	ACDH	ACDH	0	113+618	ACSH	ACSH	0
89+012	ACDH	ACDH	0	101+527	ACDH	ACDH	0	114+114	ACTH	ACDH	1
89+279	ACSH	ACSH	0	102+127	ACDH	ACDH	0	114+365	ACSH	ACSH	0
89+757	ACSH	ACSH	0	102+522	ACSH	ACSH	0	115+084	ACSH	ACSH	0
90+725	ACDH	ACDH	0	103+080	ACTH	ACDH	1	115+514	ACDH	ACDH	0
91+032	ACDH	ACDH	0	103+359	ACSH	ACTH	2	116+035	ACDH	ACDH	0
91+364	ACDH	ACSH	1	103+613	-	ACTH	-1	116+578	ACSH	ACSH	0
91+759	ACDH	ACDH	0	103+860	ACSH	ACTH	2	117+054	ACDH	ACDH	0
92+280	ACTH	ACDH	1	104+029	ACDH	ACTH	-1	117+283	ACSH	ACDH	-1
92+860	ACSH	ACSH	0	104+451	ACTH	ACDH	1	117+554	-	ACSH	-1
93+259	ACSH	ACSH	0	105+079	ACSH	ACSH	0	118+136	ACDH	ACSH	1
93+612	ACSH	ACSH	0	106+314	ACDH	ACDH	0	118+892	ACSH	ACSH	0
94+069	ACSH	ACDH	-1	106+459	ACDH	ACDH	0	119+433	ACDH	ACSH	1
94+259	ACDH	ACDH	0	106+586	ACSH	ACSH	0	119+537	ACSH	ACSH	0
94+314	ACDH	ACSH	1	106+999	ACSH	ACDH	-1	120+123	ACSH	ACDH	-1
94+597	ACDH	ACDH	0	107+424	ACSH	ACSH	0	120+568	ACSH	ACDH	-1
95+010	ACDH	ACSH	1	108+200	ACSH	ACSH	0	121+460	ACSH	ACDH	-1
95+297	ACDH	ACSH	1	108+591	ACSH	ACSH	0	121+900	-	ACSH	-1
95+667	ACDH	ACSH	1	108+706	ACSH	ACSH	0	**Balance total =**			**-4**

HECTOR M. MALUF

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

163 (ciento sesenta y tres)

1. Introducción

El presente documento tiene como objetivo revisar los aspectos de hidrología e hidráulica correspondientes a la pavimentación de la Ruta PY 12 entre las progresivas 80+200 y 122+000. En este sentido, el informe se limita a la etapa de revisión y no pretende abarcar el proceso de construcción de la obra. Considerando los Términos de Referencia (TdR) correspondientes al proyecto, se realizó una evaluación completa de las obras de drenaje propuestas en el proyecto. La evaluación comprendió estudios hidrológicos para determinar el caudal en cada obra, y estudios hidráulicos para verificar la capacidad de las obras propuestas.

A efectos del presente documento y con el objeto de facilitar la lectura, se denomina ***PRY*** al conjunto de estudios realizados por la empresa IDOM en la etapa de proyecto, los cuales son objeto de la presente revisión, y ***REV*** al proceso de revisión del proyecto.

2. Metodología

La metodología empleada en la presente REV consistió en:

1. Análisis de la documentación recibida, la cual incluye memoria de ingeniería, planos en planta y perfil de las obras propuestas y mapas de grandes cuencas.
2. Estudio de hidrología paralelo para verificar el orden de los caudales obtenidos
3. Análisis de la capacidad hidráulica de las obras propuestas
4. Inspección en terreno de la ubicación de las obras propuestas

El estudio de hidrología se realizó considerando las características del área de estudio. Esta área se encuentra ubicada en el abanico aluvial del Río Pilcomayo; la zona presenta una geomorfología muy particular, con relieve sumamente bajo y un sistema de cauces y paleocauces que divergen de un canal principal y en algunos casos se vuelven a entrelazar. Los cauces alternan con extensos bañados y lagunas, y no son productos de cuencas específicas (a nivel del área de estudio). El PRY realiza una descripción suficientemente completa del área de estudio.

Debido a estas características, no es posible aplicar técnicas convencionales de hidrología para el cálculo de caudales, en particular en lo que se refiere a la delimitación de cuencas. El PRY adopta una metodología apoyada fuertemente en el uso de Sistemas de Información Geográfica - SIG (QGIS, GRASS) e interpretación de imágenes satelitales, que, a criterio de esta revisión, es en general apropiada aunque presenta ciertas limitaciones.

A criterio de esta revisión, la principal limitación es la del propio modelo de elevación digital (DEM) utilizado, que en zonas extremadamente planas no representa adecuadamente el terreno. En ocasiones la propia vegetación es identificada como zona alta. Otra limitación se tiene al introducir modificaciones al DEM, como es el llenado de puntos bajos (fill sinks) que se realiza en PRY. Estos puntos bajos existen en terreno y tienen efectos importantes en el escurrimiento. Independientemente de estas limitaciones, tal como se dijo anteriormente, se considera adecuada la metodología utilizada.

Considerando que este estudio corresponde a una verificación de proyecto, se adopta un enfoque similar pero simplificado. Se realiza un análisis visual de imágenes satelitales (Landsat, falso color) y Google Earth (color verdadero). Este análisis visual representa de alguna manera un "control cruzado" a la metodología basada en DEM adoptada en PRY.

HECTOR M. MALO

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

162 (ciento sesenta y dos)

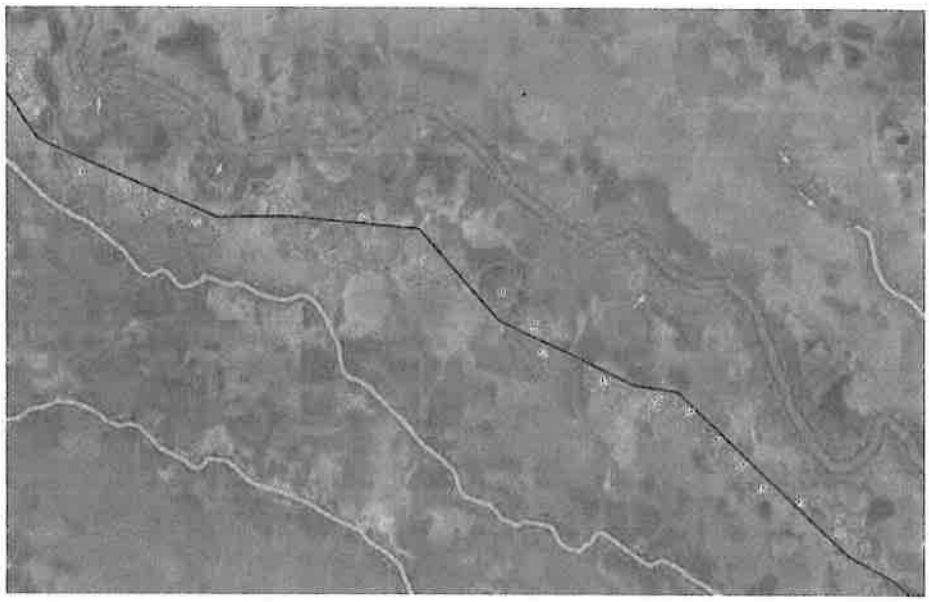
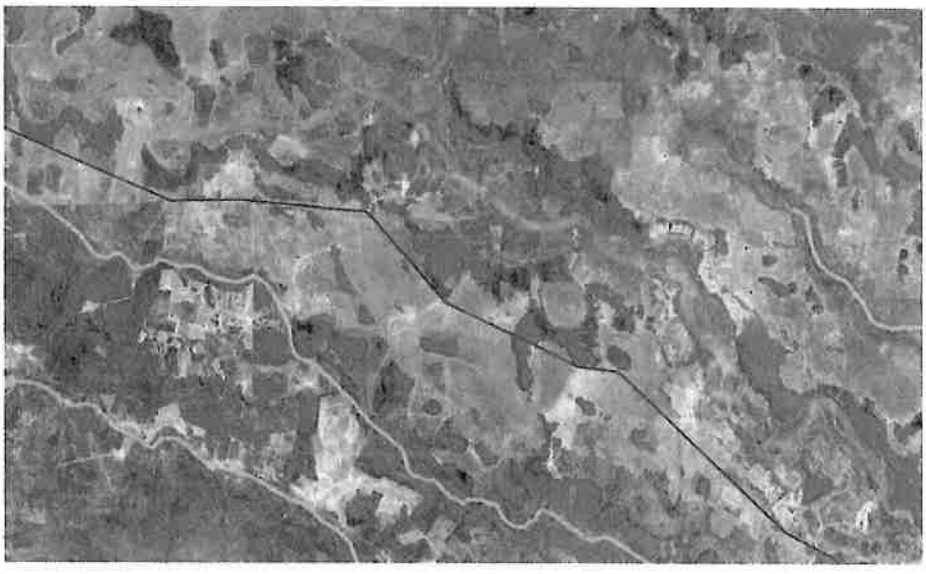


Figura 1a: imagen del área de estudio sobre Google Earth. La línea negra representa el eje de la ruta. En celeste claro se muestran los paleocauces y en celeste oscuro los arroyos identificados.

Este análisis permite identificar sectores con acumulación de agua en superficie y también permite extraer conclusiones acerca de las direcciones de escurrimiento mediante las geoformas que se aprecian en terreno. En las figuras 1a y 1b se muestra el área de estudio utilizando como fondo una imagen Google



Earth y una imagen Landsat 8 correspondiente a Mayo de 2019 (la misma época seleccionada en PRY).

Figura 1b: imagen del área de estudio sobre Landsat 8

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

Las líneas celestes corresponden a cauces y bañados identificados de manera visual sobre Google Earth. Nótese la correspondencia de estas líneas con los patrones que se aprecian sobre la imagen Landsat, en particular el cauce del extremo superior izquierdo de la figura 1b. Este patrón es también coherente con las descripciones realizadas en PRY sobre el área de estudio.

3. Análisis del Escurrimiento

Las figuras 1a y 1b muestran que en general, el patrón de escurrimiento (líneas celestes) es paralelo a la traza; esto tiene sentido, ya que muchos de los caminos del Chaco se construyen buscando zonas altas menos susceptibles de inundación, y éstas se conectan mediante pequeños terraplenes para cruzar los bañados y zonas bajas.

El hecho de que el escurrimiento es principalmente paralelo a la traza a nivel de macro-drenaje es un indicativo de que no se esperan obras de importancia en el tramo de estudio; no se tienen cauces concentrados ni caudales significativos. Sin embargo, se observa una gran cantidad de sitios donde el escurrimiento busca cruzar de un lado al otro de la traza.

Para determinar de manera aproximada los caudales que podrían esperarse en estos sitios, se utilizó el Modelo de Elevación Digital (DEM) generado por el SRTM[1]. Mediante análisis del DEM se identificaron de manera aproximada 22 cuencas que generan caudales hacia la traza (Figura 2).

En la Figura 2 se observa que, para cada cuenca delimitada, se tiene una cantidad importante de obras de arte. Este hecho es común en zonas de llanura como el Chaco, donde predomina el escurrimiento laminar. El DEM utilizado y las imágenes analizadas no permitieron una mayor discretización en la delimitación de cuencas. En el PRY se presenta una tabla en la que cada obra de arte corresponde a una cuenca dada; sin embargo, durante el proceso de revisión no fue posible acceder a un mapa con suficiente detalle que muestre cómo se delimitaron estas cuencas.

Adicionalmente a los métodos descritos anteriormente para determinar el patrón de escurrimiento, se procedió al cálculo del NDWI (Normalized Difference Water Index). *El NDWI es el índice de diferencia normalizada de agua. El Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) se utiliza para resaltar el aspecto de las masas de agua en una imagen de satélite. Para ello, se reduce considerablemente la reflectancia del suelo y la vegetación, lo que permite que dichas masas de agua "destaquen" en la imagen.* (https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/).

Para las imágenes de Landsat 8, el NDWI se calcula utilizando las bandas "verde visible" (Green) e "infrarojo cercano" (NIR), de la siguiente manera:

$$NDWI = \frac{(Banda\ 3 - Banda\ 5)}{(Banda\ 3 + Banda\ 5)}$$

En la Figura 3 se muestra el NDWI para la zona de estudio, donde las manchas celestes corresponden a píxeles con presencia de agua en terreno. Nótese como las manchas de agua tienen coherencia con los cauces hídricos identificados (azul oscuro). Cabe notar también la acumulación de agua que se tiene en las cuencas 3, 4, 5 y 22 (indicativo de posible efecto barrera del terraplén).

[1] https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.

160 (ciento sesenta)

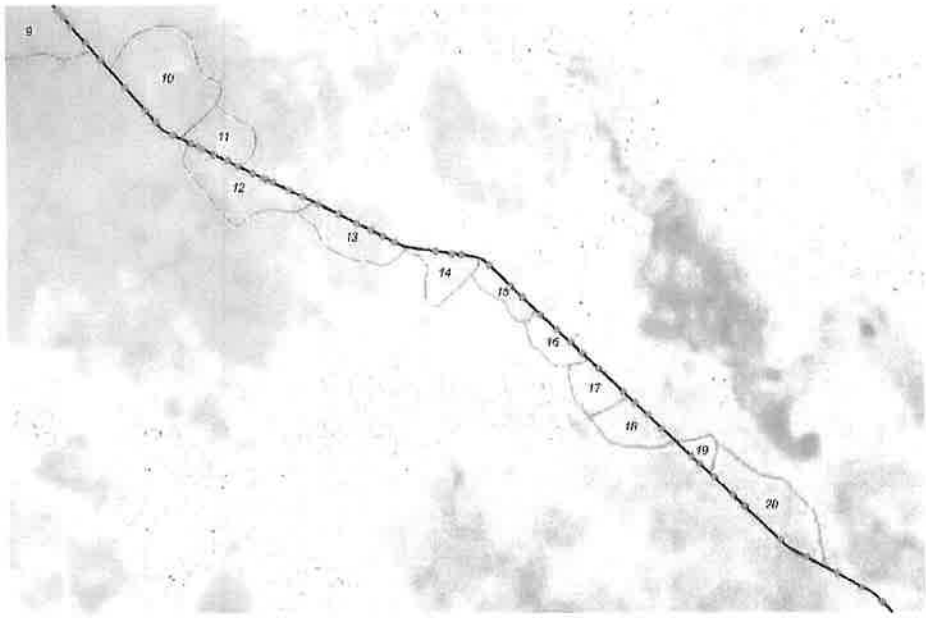


Figura 2a: Modelo de Elevación Digital y delimitación de cuencas en el área de estudio. Cuencas 1 a 12

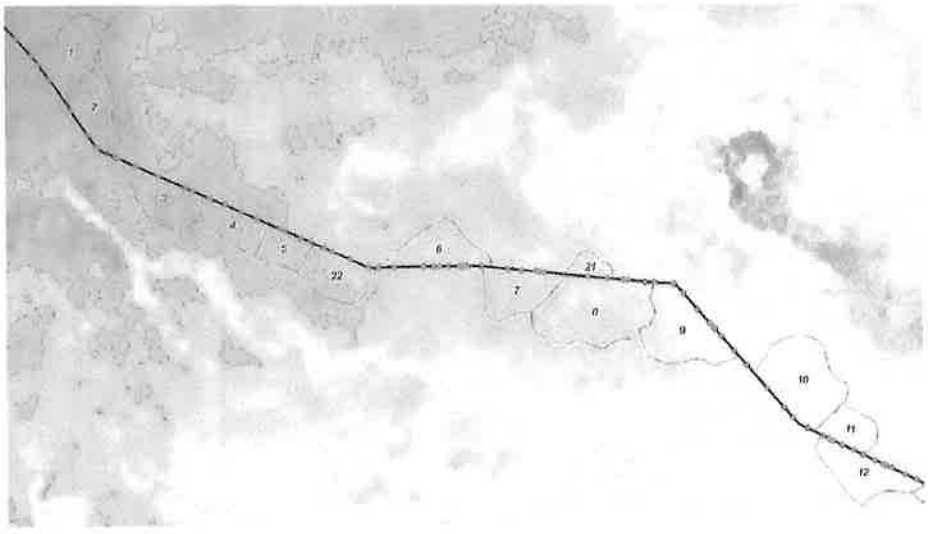


Figura 2b: Modelo de Elevación Digital y delimitación de cuencas en el área de estudio. Cuencas 10 a 20

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra
MOPC

159 (ciento cincuenta y nueve)

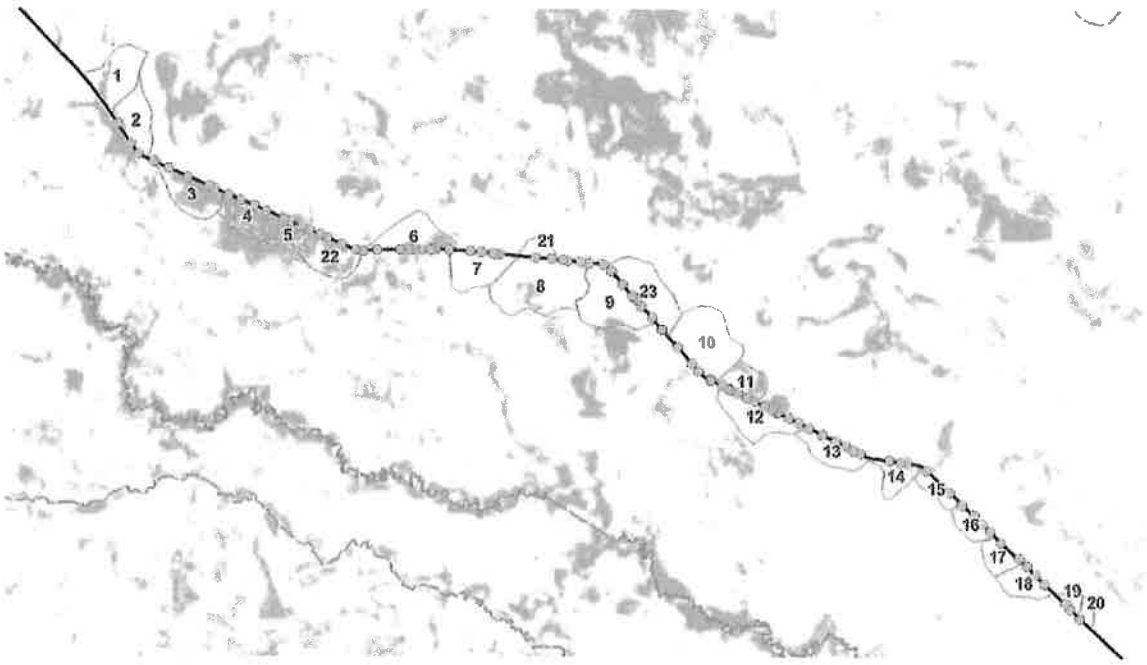


Figura 3: existencia de agua en terreno en base al Índice Normalizado de Agua (NDWI, manchas celestes).

4. Cálculo de caudales

El cálculo de caudales se realizó con el Método Racional (MR). El MR se utiliza generalmente en áreas urbanas, pero la utilización del Coeficiente de Escorrentía C calculado por el método ponderado, que tiene en cuenta el relieve, la cobertura, capacidad del suelo, etc, lo hace válido para ser aplicado en áreas rurales. El PRY también utiliza el MR para la generación de caudales. Este método se describe en el Manual de Carreteras del Paraguay (MCP).

Además del Coeficiente C mencionado arriba, el MR depende fundamentalmente del Tiempo de Concentración (Tc). Existen diversos métodos y formulaciones para el cálculo del Tc; cada uno de estos es apropiado a diversas condiciones de terreno, topografía, etc. Para este caso particular se utilizó la formulación de Kerby-Kirpich, la cual permite incorporar el efecto de escurrimiento laminar característico del área. La formulación consiste en separar el escurrimiento en dos tipos, y asignar un "tiempo de viaje" a cada tipo de escurrimiento (laminar y concentrado).

$Tc = t_{sup} + t_{con}$ ..... (1)

$t_{sup} = K.(L * N)^{0.467}.S^{-0.235}$ ..... (2), Ecuación de Kerby para componente laminar del escurrimiento

$t_{con} = K.L^{0.770}.S^{-0.385}$ ..... (3), Ecuación de Kirpich para componente concentrado del escurrimiento

Otro elemento que le hace a la formulación de Kerby-Kirpich particularmente apropiada para el área de estudio es la utilización de un factor de retardo, similar al coeficiente de rugosidad N de Manning, el cual toma en cuenta el efecto de almacenamiento y retardo que se produce debido a la vegetación. Nótese que la ecuación de Kirpich comúnmente utilizada (3) no incorpora N, mientras que la Ecuación (2) si.

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.

En la tabla 3 se muestra el cálculo de caudales para cada cuenca. Cabe recordar que se tienen 20 cuencas que generan caudales que se reparten entre 94 obras. Tal como se explicó anteriormente, considerando las limitaciones del área de estudio, de la información disponible, y el hecho que este análisis se da en el marco de una verificación, el método se considera adecuado.

Tabla 3: cálculo de caudales para cada cuenca

Cuenca	area (ha)	long (m)	pend llln (m/m)	C	Tc 1 (min)	Tc 2 (min)	Tc total	i50 As (mm/hr)	i50 ME (mm/hr)	Q50
1	289	2920	0.0005	0.35	86	152	238	35.51	31.30	9.68
2	225	2492	0.0006	0.35	83	126	210	39.27	35.33	8.35
3	253	1703	0.0010	0.35	74	72	146	51.57	48.85	12.48
4	178	1663	0.0009	0.35	76	75	151	50.34	47.49	8.56
5	137	1067	0.0010	0.35	74	45	118	59.99	58.30	7.91
6	260	1616	0.0012	0.35	71	64	135	54.74	52.40	13.66
7	253	1738	0.0007	0.35	79	83	162	47.83	44.70	11.52
8	583	3263	0.0008	0.35	77	139	216	38.37	34.36	21.06
9	401	2644	0.0004	0.35	90	152	242	35.05	30.80	13.16
10	452	2267	0.0006	0.35	82	113	195	41.51	37.76	17.76
11	157	1306	0.0006	0.35	83	67	150	50.66	47.84	7.59
12	282	1572	0.0013	0.35	69	59	128	56.83	54.74	15.41
13	185	1264	0.0015	0.35	67	45	112	62.36	60.97	11.14
14	132	1639	0.0004	0.35	93	102	196	41.38	37.62	5.17
15	90	1199	0.0004	0.35	89	69	158	48.71	45.68	4.20
16	105	837	0.0004	0.35	92	47	140	53.33	50.82	5.38
17	124	1241	0.0008	0.35	77	56	133	55.34	53.07	6.57
18	150	1765	0.0011	0.35	73	73	145	51.72	49.03	7.41
19	48	662	0.0009	0.35	76	24	100	67.53	66.81	3.16
20	44	950	0.0010	0.35	73	38	112	62.50	61.13	2.65
21	67	750	0.0007	0.35	80	33	113	62.05	60.61	3.99
22	242	1299	0.0014	0.35	68	48	116	60.87	59.28	14.23
23	338	3166	0.0001	0.35	121	286	406	23.14	18.54	7.15

Columna 1: número de cuenca
Columna 2: superficie en hectáreas
Columna 3: longitud del escurrimiento (concentrado + superficial)
Columna 4: pendiente media de la línea más larga de escurrimiento
Columna 5: Coeficiente de rugosidad de Manning, utilizado como coeficiente de retardo en Ec. (2)
Columna 7: Tiempo de viaje laminar, Ec. (2) (L max = 350 m)
Columna 8: Tiempo de viaje concentrado, Ec (3) (L = long. – 350 m)
Columna 9: Tiempo de viaje total, = Tiempo de Concentración, Ec. (1)
Columna 10 = Intensidad de precipitación. Curva IDF Asunción
Columna 11 = Intensidad de precipitación. Curva IDF Mcal. Estigarribia
Columna 12 = Caudal estimado para toda la cuenca

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

157 (ciento cincuenta y siete)

Una vez calculado el caudal de cada cuenca identificada en la Tabla 3, se procede a verificar la capacidad de evacuación que tienen las alcantarillas de cada cuenca. Este mismo ejercicio se realizó para el informe preliminar (Tabla 2), en el cual se identificaron las alcantarillas que tienen exceso de capacidad y las que tienen una capacidad insuficiente.

Considerando que las alcantarillas celulares dobles, triples y cuádruples están conformadas por líneas paralelas de alcantarillas simples, se movieron las líneas de alcantarillas de un sitio con exceso a un sitio con déficit de capacidad, según se muestra en la tabla 2 de este informe.

En la tabla 4 se muestra la verificación de la capacidad de las obras propuestas en esta revisión, luego de haber movido las alcantarillas para optimizar la capacidad de estas. El cálculo realizado fue el siguiente:

Columna 1: progresiva
Columna 2: alcantarilla propuesta en proyecto (PRY)
Columna 3: alcantarilla propuesta en revisión (REV)
Columna 4: número de la cuenca que aporta caudal a cada alcantarilla
Columna 5: cantidad de alcantarillas existentes en cada cuenca
Columna 6: caudal generado en la cuenca, según tabla 3
Columna 7: caudal de diseño a ser evacuado por cada alcantarilla (Col. 6/Col.5)
Columna 8: capacidad máxima de cada alcantarilla propuesta en esta revisión
Columna 9: ratio entre la capacidad de evacuación de la alcantarilla propuesta y el caudal de diseño a ser evacuado

En la columna 9 de la Tabla 4 se observan algunos valores con ratio inferir a 1 (resaltados en rojo claro). Estos valores indican que la capacidad de cada alcantarilla de manera individual es insuficiente para evacuar el caudal de diseño. Pero es importante recordar que las alcantarillas trabajan en conjunto, y las alcantarillas adyacentes tienen en muchos casos capacidad por exceso. Por otro lado, estas obras no presentan un nivel de agua por encima del recomendado en el MCP, tal como se explica más abajo.

Además de verificar la capacidad del conjunto, se verificó el nivel de aguas máximas correspondiente a cada alcantarilla. Los cálculos se muestran en la tabla 5.

Columna 1: progresiva
Columna 2: alcantarilla propuesta en proyecto (PRY)
Columna 3: Terreno natural indicado en plano, el cual es incorrecto porque corresponde al terraplén existente
Columna 4: cota de fondo de entrada, extraído de planos recibidos
Columna 5: nivel de aguas máximas en cada alcantarilla, calculado asumiendo "Control de Entrada" para el caudal de diseño. Este es el nivel que se tendría si existiesen cauces que confinen el agua.
Columna 6: nivel de aguas máximas promediado para cada cuenca, asumiendo una repartición de caudal que genere un nivel de agua uniforme para el tramo. Este nivel es más probable que el N.A.M para cada obra, pero tampoco es el nivel real debido a que las divisorias de aguas entre cuencas no son suficientemente elevado.
Columna 7: profundidad de agua sobre el TN. Dado que el TN es incorrecto en el plano recibido, se tienen profundidades exageradamente bajas, en muchos casos por debajo del TN.
Columna 9: nivel del Sobreancho de Plataforma (SAP), estimado para referencia en base a Rasante
Columna 10: nivel de agua disponible entre NAM y SAP

Ing. HECTOR M. MALO

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de CIA

156 (ciento cincuenta y seis)

Tabla 4a: Cálculo de capacidad de alcantarillas propuestas en revisión

Progr.	AlcPRY	AlcRev	Cuenca	Cant.	QCuen	Qdis	Qalc	Ratio
80+579	ACDH	ACDH	20	1	2.65	2.65	3.6	1.36
81+073	ACDH	ACSH	19	2	3.16	1.58	1.9	1.20
81+340	ACTH	ACDH	19	2	3.16	1.58	3.6	2.28
82+341	ACSH	ACDH	18	3	7.41	2.47	3.6	1.46
82+825	ACSH	ACDH	18	3	7.41	2.47	3.6	1.46
83+258	ACTH	ACDH	18	3	7.41	2.47	3.6	1.46
83+663	ACTH	ACDH	17	2	6.57	3.28	3.6	1.10
84+510	ACDH	ACDH	17	2	6.57	3.28	3.6	1.10
85+076	ACDH	ACSH	16	4	5.38	1.35	1.9	1.41
85+474	ACSH	ACSH	16	4	5.38	1.35	1.9	1.41
85+955	ACSH	ACSH	16	4	5.38	1.35	1.9	1.41
86+496	ACSH	ACSH	16	4	5.38	1.35	1.9	1.41
87+116	ACSH	ACSH	15	3	4.20	1.40	1.9	1.36
87+504	ACSH	ACSH	15	3	4.20	1.40	1.9	1.36
88+257	ACTH	ACSH	15	3	4.20	1.40	1.9	1.36
89+012	ACDH	ACDH	14	3	5.17	1.72	3.6	2.09
89+279	ACSH	ACSH	14	3	5.17	1.72	1.9	1.10
89+757	ACSH	ACSH	14	3	5.17	1.72	1.9	1.10
90+725	ACDH	ACDH	13	6	11.14	1.86	3.6	1.94
91+032	ACDH	ACDH	13	6	11.14	1.86	3.6	1.94
91+364	ACDH	ACSH	13	6	11.14	1.86	1.9	1.02
91+759	ACDH	ACDH	13	6	11.14	1.86	3.6	1.94
92+280	ACTH	ACDH	13	6	11.14	1.86	3.6	1.94
92+860	ACSH	ACSH	13	6	11.14	1.86	1.9	1.02
93+259	ACSH	ACSH	12	7	15.41	2.20	1.9	0.86
93+612	ACSH	ACSH	12	7	15.41	2.20	1.9	0.86
94+063	ACSH	ACDH	12	7	15.41	2.20	3.6	1.63
94+259	ACDH	ACDH	12	7	15.41	2.20	3.6	1.63
94+314	ACDH	ACSH	12	7	15.41	2.20	1.9	0.86
94+597	ACDH	ACDH	12	7	15.41	2.20	3.6	1.63
95+010	ACDH	ACSH	12	7	15.41	2.20	1.9	0.86
95+297	ACDH	ACSH	11	5	7.59	1.52	1.9	1.25
95+657	ACDH	ACSH	11	5	7.59	1.52	1.9	1.25
95+983	ACSH	ACSH	11	5	7.59	1.52	1.9	1.25
96+089	ACSH	ACSH	11	5	7.59	1.52	1.9	1.25
96+274	ACSH	ACSH	11	5	7.59	1.52	1.9	1.25
96+772	ACDH	ACDH	10	5	17.76	3.55	3.6	1.01
96+782	ACTH	ACDH	10	5	17.76	3.55	3.6	1.01
97+307	ACSH	ACDH	10	5	17.76	3.55	3.6	1.01
97+695	ACDH	ACDH	10	5	17.76	3.55	3.6	1.01
98+468	ACDH	ACDH	10	5	17.76	3.55	3.6	1.01
99+350	ACDH	ACDH	23	3	7.15	2.38	3.6	1.51
99+360	ACDH	ACDH	23	3	7.15	2.38	3.6	1.51
99+907	ACDH	ACDH	23	3	7.15	2.38	3.6	1.51
100+467	ACDH	ACDH	9	8	13.16	1.64	3.6	2.19
100+736	ACSH	ACSH	9	8	13.16	1.64	1.9	1.16

ING. HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

155 (ciento cincuenta y cinco)

CIA S.A.
COMPAÑIA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Tabla 4b: Cálculo de capacidad de alcantarillas propuestas en revisión

Progr.	AlcPRY	AlcRev	Cuenca	Cant.	QCuen	Qdis	Qalc	Ratio
100+912	ACSH	ACSH	9	8	13.16	1.64	1.9	1.16
100+967	ACDH	ACDH	9	8	13.16	1.64	3.6	2.19
101+527	ACDH	ACDH	9	8	13.16	1.64	3.6	2.19
102+127	ACDH	ACDH	9	8	13.16	1.64	3.6	2.19
102+522	ACSH	ACSH	9	8	13.16	1.64	1.9	1.16
103+080	ACTH	ACDH	9	8	13.16	1.64	3.6	2.19
103+359	ACSH	ACTH	8	4	21.06	5.26	6.2	1.18
103+613		ACTH	8	4	21.06	5.26	6.2	1.18
103+860	ACSH	ACTH	8	4	21.06	5.26	6.2	1.18
104+029	ACDH	ACTH	8	4	21.06	5.26	6.2	1.18
104+451	ACTH	ACDH	21	2	3.99	2.00	3.6	1.80
105+079	ACSH	ACSH	21	2	3.99	2.00	1.9	0.95
106+314	ACDH	ACDH	7	5	11.52	2.30	3.6	1.56
106+459	ACDH	ACDH	7	5	11.52	2.30	3.6	1.56
106+566	ACSH	ACSH	7	5	11.52	2.30	1.9	0.82
106+999	ACSH	ACDH	7	5	11.52	2.30	3.6	1.56
107+424	ACSH	ACSH	7	5	11.52	2.30	1.9	0.82
108+200	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
108+591	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
108+706	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
108+833	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+000		ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+164	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+383	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+614	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+872	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
109+895	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
110+737	ACSH	ACSH	6	12	13.66	1.14	1.9	1.67
111+258	ACSH	ACDH	6	12	13.66	1.14	3.6	3.16
111+521	ACSH	ACDH	22	5	14.23	2.85	3.6	1.27
112+062	ACTH	ACTH	22	5	14.23	2.85	6.2	2.18
112+640	ACSH	ACDH	22	5	14.23	2.85	3.6	1.27
112+903	ACDH	ACDH	22	5	14.23	2.85	3.6	1.27
113+314	ACSH	ACSH	5	4	7.91	1.98	1.9	0.96
113+618	ACSH	ACSH	5	4	7.91	1.98	1.9	0.96
114+114	ACTH	ACDH	5	4	7.91	1.98	3.6	1.82
114+365	ACSH	ACSH	5	4	7.91	1.98	1.9	0.96
115+034	ACSH	ACSH	4	4	8.56	2.14	1.9	0.89
115+514	ACDH	ACDH	4	4	8.56	2.14	3.6	1.68
116+035	ACDH	ACDH	4	4	8.56	2.14	3.6	1.68
116+578	ACSH	ACSH	4	4	8.56	2.14	1.9	0.89
117+054	ACDH	ACDH	3	7	12.48	1.78	3.6	2.02
117+283	ACSH	ACDH	3	7	12.48	1.78	3.6	2.02
117+554		ACSH	3	7	12.48	1.78	1.9	1.07
118+136	ACDH	ACSH	3	7	12.48	1.78	1.9	1.07
118+892	ACSH	ACSH	3	7	12.48	1.78	1.9	1.07
119+433	ACDH	ACSH	3	7	12.48	1.78	1.9	1.07
119+537	ACSH	ACSH	3	7	12.48	1.78	1.9	1.07
120+123	ACSH	ACDH	2	4	8.35	2.09	3.6	1.72
120+568	ACSH	ACDH	2	4	8.35	2.09	3.6	1.72
121+460	ACSH	ACDH	2	4	8.35	2.09	3.6	1.72
121+900		ACSH	2	4	8.35	2.09	1.9	0.91

HECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

154 (ciento cincuenta y cuatro)

CIA S.A.
COMPAÑIA DE INGENIEROS ASOCIADOS

Tabla 5a: Estimación del nivel de aguas máximas

Progr.	Tipo	TN (*)	CF entr.	NAM	NAM prom	prof	Rasante	SAP	h Disp	Verificacion
80+579	ACDH	78.08	77.10	78.08	78.08	0.00	78.88	78.77	0.69	SI
81+073	ACSH	78.01	77.11	78.22	78.01	0.00	78.93	78.82	0.60	SI
81+340	ACDH	78.10	77.11	77.81	78.01	-0.09	78.99	78.88	1.07	SI
82+341	ACDH	78.22	77.39	78.32	78.50	0.28	79.29	79.18	0.86	SI
82+825	ACDH	78.39	77.78	78.71	78.50	0.11	79.64	79.53	0.82	SI
83+258	ACDH	78.74	77.51	78.45	78.50	-0.24	79.74	79.63	1.18	SI
83+663	ACDH	78.57	77.80	78.93	79.00	0.43	79.82	79.71	0.78	SI
84+510	ACDH	78.65	77.93	79.06	79.00	0.35	79.99	79.88	0.82	SI
85+076	ACSH	78.91	78.10	79.09	79.07	0.16	80.10	79.99	0.90	SI
85+474	ACSH	78.83	78.10	79.09	79.07	0.24	80.18	80.07	0.98	SI
85+955	ACSH	78.81	78.00	78.99	79.07	0.26	80.27	80.16	1.16	SI
86+496	ACSH	78.85	78.13	79.12	79.07	0.22	80.38	80.27	1.15	SI
87+116	ACSH	79.48	78.71	79.72	79.76	0.28	80.51	80.40	0.68	SI
87+504	ACSH	79.54	79.00	80.02	79.76	0.22	80.79	80.68	0.66	SI
88+257	ACSH	79.42	78.51	79.53	79.76	0.34	80.48	80.37	0.84	SI
89+012	ACDH	79.51	78.91	79.65	80.05	0.54	80.77	80.66	1.01	SI
89+279	ACSH	79.31	78.83	80.00	80.05	0.74	80.93	80.82	0.82	SI
89+757	ACSH	79.50	79.35	80.51	80.05	0.55	81.20	81.09	0.57	SI
90+725	ACDH	80.25	79.51	80.28	80.39	0.14	81.40	81.29	1.01	SI
91+032	ACDH	79.89	79.23	80.00	80.39	0.50	81.46	81.35	1.35	SI
91+364	ACSH	79.92	79.52	80.60	80.39	0.47	81.52	81.41	0.81	SI
91+759	ACDH	80.23	79.29	80.06	80.39	0.16	81.59	81.48	1.42	SI
92+280	ACDH	80.19	79.59	80.36	80.39	0.20	81.69	81.58	1.22	SI
92+860	ACSH	80.31	79.97	81.04	80.39	0.08	81.79	81.68	0.64	SI
93+259	ACSH	80.49	80.01	81.19	80.80	0.31	81.87	81.76	0.57	SI
93+612	ACSH	80.65	79.86	81.04	80.80	0.15	81.83	81.72	0.68	SI
94+063	ACDH	80.10	79.42	80.28	80.80	0.70	81.74	81.63	1.35	SI
94+259	ACDH	80.58	79.84	80.70	80.80	0.22	81.70	81.59	0.88	SI
94+314	ACSH	80.03	79.84	81.03	80.80	0.77	81.69	81.58	0.55	SI
94+597	ACDH	80.59	79.59	80.45	80.80	0.21	81.63	81.52	1.07	SI
95+010	ACSH	80.26	79.71	80.89	80.80	0.54	81.55	81.44	0.55	SI
95+297	ACSH	80.60	79.51	80.58	80.62	0.02	81.55	81.44	0.86	SI
95+657	ACSH	80.65	79.81	80.88	80.62	-0.03	81.55	81.44	0.56	SI
95+983	ACSH	80.48	79.51	80.58	80.62	0.14	81.55	81.44	0.86	SI
96+089	ACSH	80.26	79.51	80.58	80.62	0.36	81.55	81.44	0.86	SI
96+274	ACSH	80.24	79.41	80.49	80.62	0.38	81.55	81.44	0.95	SI
96+772	ACDH	80.89	79.83	81.03	81.31	0.42	81.64	81.53	0.51	SI
96+782	ACDH	81.03	79.85	81.04	81.31	0.28	81.65	81.54	0.50	SI
97+307	ACDH	80.68	80.10	81.29	81.31	0.63	81.95	81.84	0.54	SI
97+695	ACDH	80.96	80.41	81.60	81.31	0.35	82.15	82.04	0.44	SI
98+468	ACDH	81.22	80.42	81.62	81.31	0.09	82.67	82.56	0.94	SI

Ing. VECTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

159 (Ciento cincuenta y tres)

Tabla 5b: Estimación del nivel de aguas máximas

Progr.	Tipo	TN (*)	CF entr.	NAM	NAM prom	prof	Rasante	SAP	h Disp	Verificacion
99+350	ACDH	81.72	80.84	81.75	81.81	0.09	82.76	82.65	0.90	SI
99+360	ACDH	81.72	80.84	81.75	81.81	0.09	82.76	82.65	0.90	SI
99+907	ACDH	81.90	81.01	81.93	81.81	-0.09	82.99	82.88	0.95	SI
100+467	ACDH	81.80	81.20	81.91	82.17	0.37	83.09	82.98	1.07	SI
100+736	ACSH	81.66	81.11	82.24	82.17	0.51	83.12	83.01	0.77	SI
100+912	ACSH	81.79	81.11	82.24	82.17	0.38	83.14	83.03	0.79	SI
100+967	ACDH	81.95	81.30	82.01	82.17	0.22	83.15	83.04	1.02	SI
101+527	ACDH	81.83	81.41	82.12	82.17	0.34	83.20	83.09	0.97	SI
102+127	ACDH	81.92	81.41	82.12	82.17	0.25	83.41	83.30	1.18	SI
102+522	ACSH	81.58	81.44	82.57	82.17	0.59	83.56	83.45	0.87	SI
103+080	ACDH	82.21	81.45	82.17	82.17	-0.04	83.75	83.64	1.48	SI
103+359	ACTH	82.29	81.72	82.90	83.00	0.71	83.85	83.74	0.85	SI
103+613	ACTH		81.82	83.00	83.00		83.94	83.83	0.83	SI
103+860	ACTH	82.49	81.92	83.10	83.00	0.51	84.03	83.92	0.82	SI
104+029	ACTH	82.71	81.83	83.01	83.00	0.29	84.09	83.98	0.97	SI
104+451	ACDH	82.73	81.91	82.72	82.93	0.20	84.22	84.11	1.38	SI
105+079	ACSH	82.59	82.02	83.14	82.93	0.34	84.39	84.28	1.14	SI
106+314	ACDH	83.49	82.94	83.84	83.80	0.31	84.77	84.66	0.83	SI
106+459	ACDH	83.05	82.66	83.56	83.80	0.75	84.81	84.70	1.14	SI
106+566	ACSH	83.16	82.67	83.89	83.80	0.64	84.82	84.71	0.81	SI
106+999	ACDH	83.21	82.68	83.57	83.80	0.59	84.86	84.75	1.18	SI
107+424	ACSH	83.08	82.94	84.16	83.80	0.72	84.90	84.79	0.62	SI
108+200	ACSH	83.19	82.87	83.75	83.88	0.69	84.98	84.87	1.11	SI
108+591	ACSH	83.25	82.87	83.76	83.88	0.63	85.02	84.91	1.15	SI
108+706	ACSH	83.22	82.87	83.76	83.88	0.66	85.03	84.92	1.16	SI
108+833	ACSH	83.17	82.88	83.76	83.88	0.71	85.04	84.93	1.17	SI
109+000	ACSH		83.04	83.93	83.88		85.06	84.95	1.02	SI
109+164	ACSH	83.28	83.21	84.10	83.88	0.60	85.07	84.96	0.87	SI
109+383	ACSH	83.36	83.31	84.19	83.88	0.52	85.10	84.99	0.80	SI
109+614	ACSH	83.38	83.12	84.01	83.88	0.50	85.12	85.01	1.00	SI
109+872	ACSH	83.45	83.02	83.90	83.88	0.43	85.15	85.04	1.13	SI
109+895	ACSH	83.6	83.01	83.90	83.88	0.28	85.15	85.04	1.14	SI
110+737	ACSH	83.73	82.95	83.83	83.88	0.15	85.23	85.12	1.29	SI
111+258	ACDH	83.41	83.14	83.70	83.88	0.47	85.28	85.17	1.47	SI
111+521	ACDH	83.38	83.04	84.07	83.96	0.58	85.31	85.20	1.13	SI
112+062	ACTH	84.01	83.02	83.80	83.96	-0.05	85.37	85.26	1.46	SI
112+640	ACDH	83.93	82.99	84.01	83.96	0.03	85.42	85.31	1.30	SI
112+903	ACDH	83.76	82.94	83.97	83.96	0.20	85.45	85.34	1.37	SI
113+314	ACSH	83.81	83.24	84.35	84.23	0.42	85.49	85.38	1.03	SI
113+618	ACSH	83.79	83.32	84.43	84.23	0.44	85.49	85.38	0.95	SI
114+114	ACDH	84.05	83.05	83.86	84.23	0.18	85.50	85.39	1.53	SI
114+365	ACSH	83.95	83.19	84.30	84.23	0.28	85.50	85.39	1.09	SI
115+034	ACSH	84.18	83.28	84.45	84.70	0.52	85.50	85.39	0.94	SI
115+514	ACDH	84.16	83.47	84.32	84.70	0.54	85.50	85.39	1.07	SI
116+035	ACDH	84.55	83.82	84.67	84.70	0.15	85.76	85.65	0.98	SI
116+578	ACSH	84.45	84.20	85.37	84.70	0.25	86.05	85.94	0.58	SI

VICTOR M. MALUF

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de Obra

152 (ciento cincuenta y dos)

Tabla 5c: Estimación del nivel de aguas máximas

Progr.	Tipo	TN (*)	CF entr.	NAM	NAM prom	prof	Rasante	SAP	h Disp	Verificacion
117+054	ACDH	84.96	84.01	84.76	85.34	0.38	86.37	86.26	1.50	SI
117+283	ACDH	84.97	84.01	84.76	85.34	0.37	86.51	86.40	1.63	SI
117+554	ACSH		84.07	85.27	85.34		86.53	86.42	1.15	SI
118+136	ACSH	85.07	84.20	85.40	85.34	0.27	86.57	86.46	1.06	SI
118+892	ACSH	85.1	84.43	85.62	85.34	0.24	86.68	86.57	0.94	SI
119+433	ACSH	85.76	84.56	85.76	85.34	-0.42	86.91	86.80	1.04	SI
119+537	ACSH	85.7	84.61	85.80	85.34	-0.36	86.94	86.83	1.03	SI
120+123	ACDH	86.25	84.99	85.83	86.18	-0.07	87.18	87.07	1.24	SI
120+568	ACDH	86.15	85.04	85.87	86.18	0.03	87.36	87.25	1.37	SI
121+460	ACDH	85.39	85.42	86.26	86.18	0.79	87.56	87.45	1.19	SI
121+900	ACSH		85.61	86.76	86.18		87.86	87.75	0.99	SI

VICTOR M. MALUF

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

151 (ciento cincuenta y uno)

CONSORCIO
VIAL CHACO

Nota CVC-R12 N°: 116/2024

Areguá, 19 de Diciembre de 2024

Señor
Ing. Hector Maluf
Representante Legal
Compañía de Ingenieros Asociados S.A – CIA
Presente

Ref: Contrato S.G N° 69/2023 Llamado MOPC N° 83/2022 "Solicitud de Ofertas (SDO) mediante Licitación Pública Internacional a Empresas Constructoras para la Ejecución de Obras Viales de Habilitación y mantenimiento de la ruta Nacional 12 (PY12) Tramo: Cruce Nanawa – Gral. Bruguez y accesos región Occidental. Ad Referéndum a la Promulgación de la Ley del Contrato de Préstamo N° 5108 Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ID N° 418.689.

Objeto: Informe Tecnico REV 05 Convenio Modificatorio N° 01

De nuestra consideración.

Me dirijo a ustedes, en representación del **CONSORCIO VIAL CHACO**, en el marco del Contrato de referencia, y atendiendo a las observaciones realizadas por la fiscalización mediante reunión de fecha 17/12/2024, cumplimos en remitir el **"Informe Técnico REV 05 (17/12/2024)"**, incluyendo las aclaraciones respecto a la cota de rasante y el informe hidrológico.

Solicitamos su estudio, aprobación, y remisión al Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarlo muy atentamente.

HECTOR M. MALUF

Ing. Gerardo Espínola
Representante Legal
CONSORCIO VIAL CHACO

Ing. Cristobal Cohene C.

19/12/2024

Exp. 2882/24

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y COMUNICACIONES PARAGUAY / PARAGUÁI TETÃ REMBIAPO HA MARANDU MOTENONDEHA	09/12/2024	Revisión 05	PÁGINA: 1
	CODIGO: **B011000000-CM-001.05**		

CONTRATISTA:

CONSORCIO VIAL CHACO

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LA RUTA NACIONAL PY12, TRAMO CRUCE NANAWA – GRAL. BRUGUEZ Y ACCESOS. – FINANCIACIÓN BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID) - CONTRATO DE PRÉSTAMO 5108/OC-PR

Contrato S.G. N° 69/2023 Llamado MOPC N° 83/2022 "Solicitud de Ofertas (SDO) mediante Licitación Pública Internacional a Empresas Constructoras para la Ejecución de Obras Viales de Habilitación y Mantenimiento de la Ruta Nacional 12 (PY12) Tramo: Cruce Nanawa – Gral. Bruguez y accesos región Occidental. Ad Referendum a la promulgación de la Ley del Contrato de Préstamo N° 5108 Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ID N° 418.689".

ASUNTO: INFORME TECNICO DE CONVENIO MODIFICATORIO N° 01

ING. SUPERINTENDENTE CONTRATISTA	ING. RESIDENTE FISCALIZACIÓN	SUPERVISOR DE OBRAS - MOPC
Ing. Dino Marzio Coronel	Ing. Víctor Giménez	Ing. Cristóbal Cohene – Supervisor

Documentos de referencia:

- Contrato S.G N° 547/2022
- EETT Constructivas
- ETAGs
- Planos
- Planilla de Análisis Precio

LISTA DE REVISIONES

REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	FECHA	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
Rev 00	Dpto. de Licitaciones y Costos	12/09/2024	LO/MC	MA	GE
Rev 01	Dpto. de Licitaciones y Costos	16/09/2024	LO/MC	MA	GE
Rev 02	Dpto. de Licitaciones y Costos	27/09/2024	LO/MC	MA	GE
Rev 03	Dpto. de Licitaciones y Costos	04/10/2024	LO/MC	MA	GE
Rev 04	Dpto. de Licitaciones y Costos	05/10/2024	LO/MC	MA	GE
Rev 05	Dpto. de Licitaciones y Costos	17/12/2024	LO/MC	MA	GE

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

Ing. Cristóbal Cohene C.
Supervisor de Obras
MOPC

CONSORCIO

Indice de Documentos - Convenio Modificatorio N° 1 Rev 05

CONTRATO S.G N° 69/2023 2023 Llamado MOPC N° 83/2022 "Solicitud de Ofertas (SDO) mediante Licitación Pública Internacional a Empresas Constructoras para la Ejecución de Obras Viales de Habilitación y mantenimiento de la ruta Nacional 12 (PY12) Tramo: Cruce Nanawa – Gral. Bruguez y accesos región Occidental. Ad Referéndum a la Promulgación de la Ley del Contrato de Préstamo N° 5108 Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ID N° 418.689.

N°	Descripcion	Desde	Hasta
1	**Anexo 1 - Documentación Tecnica**		
1.1	Introducción	150	147
	Sección Tranvsersal Tipo	146	146
1.2	Justificativos	145	140
	Plazo de Terminación de Obra	139	139
2	**Anexo 2**		
2.1	Planilla Comparativa de Cantidades y Precio (% de incidencia)	138	137
3	**Anexo 3**		
3.1	Computos metricos	136	110
4	**Anexo 4**		
4.1	Curva de Avance de Obra y Cronograma Ajustado	109	106
5	**Anexo 5**		
5.1	Analisis de precio nuevos Items	105	103
6	**Anexo 6**		
6.1	Especificaciones Tecnicas de nuevos Items (EETT)	102	78
7	**Anexo 7**		
7.1	Copia de Contrato S.G N° 566/2022	77	77
7.2	Copia Resolución de Adjudicación N° 3036/22	76	74
7.3	Copia Orden de Inicio	73	73
	Borrador de CM 01	72	71
	Anexo 9		
9.1	Estudios de Interes	70	1
8	**Anexo 8**		
8.1	Planos -Planimetria Actualizada	305	277
8.2	Sección Transversal Actualizada	276	1

Ing. Gerardo A. Espinola V.
Representante Legal

Ing. Cristobal Cohene C.

ANEXO I

INTRODUCCIÓN

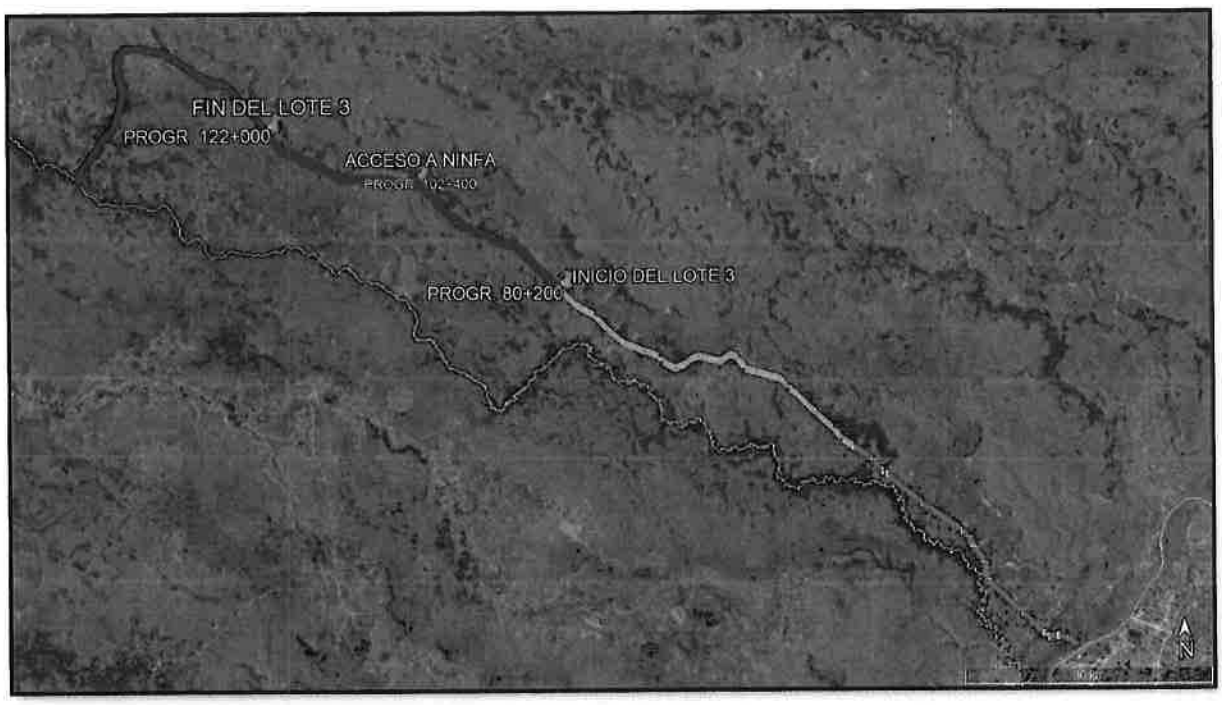
RESEÑA DEL PROYECTO

La Ruta Nacional PY-12 "Vice Presidente Sánchez", más conocida como Ruta Chaco'í, 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.

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 mes de noviembre de 2018 la Resolución MOPC Nº 2245/18 designa como "Proyecto Estratégico" del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones al proyecto de "Pavimentación Asfáltica de la Ruta Nacional N° 12 Chaco'í – Triángulo – Gral. Bruguez" y se incluye en la cartera de la Dirección de Proyectos Estratégicos.

El proyecto de pavimentación de la Ruta Nacional N° 12 Chaco'í – Triangulo – Gral. Bruguez está considerado de utilidad pública e interés social y como tal se encuentra recogido en la Ley de Nº 5389 que establece el procedimiento para la expropiación e indemnización de inmuebles comprendidos en las áreas destinadas a la franja de Dominio Público de Obras y Comunicaciones a cargo del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) y declara de utilidad Pública y expropia a favor del Estado paraguayo (Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones) varios inmuebles afectados por dicha condición.



La traza del proyecto del Lote 3 (verde) se inicia en la Prog. 80+200 y se dirige hacia el noroeste pasando por Ninfa y va hasta la progr. 122+000 donde se encuentra la comunidad nativa Toba Qom, Tooshec Qaltaq.

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

Ing. Cristóbal Cohene C.

OBRAS QUE ABARCA EL PROYECTO:

El proyecto consiste en el mejoramiento y conservación de la ruta nacional PY12, tramo Cruce Nanawa – Gral. Bruguez y accesos. Abarca la ejecución de obras viales de habilitación por un periodo de 2 años y el mantenimiento durante un periodo de 4 años.

El presente corresponde al Lote 3, que va desde la progresiva 80+200 hasta la prog. 122+000 (41,8 km) más el acceso a la comunidad de Ninfa (2,63 km), totalizando 44,43 km, e incluye tareas de movimiento de suelos, paquete estructural con dos capas de suelo-cal, sub base de granular cementada, base granular, base asfáltica y una carpeta de concreto asfáltico con polímeros; obras de drenaje con alcantarillas de hormigón armado, revestimiento de talud con suelo orgánico y obras complementarias de señalización vertical, horizontal y barandas metálicas flexibles de protección entre otras.

Para este tramo se pretende realizar algunos cambios en las cotas finales del proyecto, en las condiciones originales de construcción de terraplén y en el paquete estructural de la siguiente manera:

- Por un lado, el cambio en las cotas del proyecto que aseguren la altura del terraplén en relación al espejo de agua que se forma a ambos lados del tramo y, por ende, la durabilidad de la obra.
- Por otro lado, el encapsulamiento del terraplén con la construcción de "espaldones con suelo estabilizado con cal tipo 1", atendiendo las recomendaciones dadas en la "Memoria Descriptiva" de la Consultora proyectista.
- Por último, el reemplazo la Sub base Granular Cementada con una Sub base de suelo mejorado con cemento (Rc7≥2.0 MPa).

Estas modificaciones indefectiblemente traerán aparejados cambios de cantidades en los rubros que se encuentran directamente relacionados y que, junto con otras variaciones de cantidades en rubros independientes a las modificaciones mencionadas, son motivo del presente Convenio Modificatorio N°01.

En las secciones transversales a continuación, se tienen la que corresponde al Proyecto Original y la que corresponde a la Propuesta presentada.

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

Ing. Cristobal Cohene C.
Supervisor de CBR
PY - MOPC