LLAMADO UEP MOPC N° 02/2018
ID Nº300.223

LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL DE FIRMAS CONSTRUCTORAS PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL ARROYO PARAGUARI – BARRIO OBRERO DE ASUNCION - SEGUNDA ETAPA

ESTUDIOS GEOTECNICOS, HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

Equipo Técnico y de Trabajo

Director del Proyecto	Prof. Ing. Luis Paulino Segovia
Estudios Topográficos	Prof. Ing. José María Vargas
Estudios Hidrológicos e Hidráulicos y Proyecto de Canalización	Ing. Pedro Gaete Ing. Cynthia Gisela Aveiro Ing. Herminia González Rivas
Estudios Geotécnicos	Prof. Ing. Juan Carlos Bernie Prof. Ing. Luis Amabile
Parquización, Mobiliario Urbano	Arq. Suely Zárate
Cálculos Estructurales	Ing. Rafael Prieto
Estudios Ambientales	Ing. Agr. Claudia Macchi Ing. Carla López
Preparación de Informes	Ing. Cynthia Gisela Aveiro Ing. Herminia González

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Asunción

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Contenido

1. ESTUDIOS GEOTECNICOS DEL CAUCE PRINCIPAL Y AREA DE INFLUENCIA.....3
1.1. METODOLOGÍA.....3
1.2. INTRODUCCIÓN.....3
1.3. OBJETO.....3
1.4. DESCRIPCIÓN.....4
1.5. ANTECEDENTES.....4
1.6. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....6
1.7. EXCAVACIONES O MOVIMIENTO DE SUELOS.....6
1.8. FUNDACIONES.....7
1.9. CAPACIDADES DE CARGA MEDIA ADMISIBLE DE CONTACTO ESTIMADAS.....8
1.10. RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS GENERALES.....8
1.11. REFERENCIAS.....9
1.12. PLANILLAS SPT.....9
2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DEL CAUCE PRINCIPAL Y LA CUENCA.....14
2.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO.....14
2.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS CON GRÁFICOS DEL PROGRAMA SWMM.....25
2.3. CÁLCULOS DE CAUDALES.....25
2.4. PERFILES.....26
2.5. GRÁFICOS DE RESULTADOS HIDRÁULICOS.....29

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

ESTUDIOS GEOTECNICOS

1. ESTUDIOS GEOTECNICOS DEL CAUCE PRINCIPAL Y AREA DE INFLUENCIA

1.1. METODOLOGÍA

Para la elaboración y definición de las características geomecánicas del suelo en los sectores del estudio, se ha efectuado una recopilación bibliográfica de los informes técnicos disponibles, catálogos y publicaciones varias existentes sobre los aspectos geológicos, geotécnicos y alternativas probables de soluciones, analizados de acuerdo a los requerimientos establecidos dentro del alcance del trabajo.

Se ha establecido una lista de prioridades Geotécnicas, programadas y definidas en visitas previamente realizadas.

Los resultados, producto de los ensayos de campo, han sido procesados en gabinete; los mismos han sido definidos en función a las características medias (probables) y cargas estimadas del suelo.

Se ha configurado una estratigrafía típica del suelo a lo largo del trazado, función a los resultados de Barrenado, SPT y Análisis Tacto Visual.

Se han estimado tensiones medias admisibles en el tramo longitudinal de la calle Paraguari y transversales desde 12 a 21 Proyectadas, a fin de proponer estructuras de fundaciones probables para las protecciones de barrancos y superestructuras de Puentes.

1.2. INTRODUCCIÓN

Los trabajos encomendados en este informe hacen parte del Anexo II – Propuesta Técnica – Arroyo Paraguari, realizado por el equipo técnico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción - FIUNA.

1.3. OBJETO

Desarrollar propuestas, resumir conclusión y recomendación geotécnica en función de la información obtenida, resultado de los trabajos de exploración de campo realizados en el tramo del proyecto que incluye entre otros a:

a) Barrenado

Descripción estratigráfica y propuesta del Sistema de Protección de Borde o Taludes convenientemente adecuado, seguro y económico.

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

b) Ensayos de SPT en la intercepción de la calle 19 Proyectada.

Descripción estratigráfica y estimativa de cargas admisibles del suelo a objeto de proponer alternativas de fundaciones para el proyecto y construcción de puentes. Figura 2 y 3.

1.4. DESCRIPCIÓN

Se describe en tabla, la ubicación de los sondeos y barrenados respectivos, Figura 1 y Tabla1.

1.5. ANTECEDENTES

a) Estudios Geológicos

El Paraguay está localizado en el extremo sur del Escudo Central Brasileño de la Placa Sudamericana. El área del proyecto se encuentra ubicada en el centro oeste del área metropolitana de Asunción, que hace parte de la cuenca del arroyo Salamanca, incluye al arroyo Paraguarí -Laguna Yrupé.

La columna estratigráfica desde el punto de vista geológico de la región, centralizado en el tramo del estudio, está constituida por una secuencia sedimentaria superficial de un suelo fuertemente contaminado con material orgánico variado (escombros - residuos – heterogéneamente dispuestos, entre otros), siguiendo con niveles arenosos de la Formación Patiño de espesor variable, irregularmente depositados, limosos – tobáceos (fluvial – lacustre), con una base arenosa parte de la Formación Río Paraguay, fundamentalmente estructurados por Areniscas de partículas finas a medias cuarzosas, de unidad fanglomerática, conglomerática y localmente silicificados, de coloración clara a marrón/rojiza oscura, del Terciario/Cuaternario.

b) Macro Clima Local

Verano:	21diciembre	-	20 marzo.
Otoño:	21 marzo	-	20 junio.
Invierno:	21 junio	-	20 septiembre.
Primavera:	21 septiembre	-	20 diciembre.

Localmente se diferencia claramente dos estaciones climáticas anuales:

• Una cálida y lluviosa, que registra una temperatura promedio de 31,5ºC, con más de 38,0ºC de máxima, y vientos predominantes del noreste, húmedos y portadores de lluvia.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

• Otra fría y seca, con temperaturas bajas, aunque no extremas de 14,5ºC promedio y mínimas de 0°C, escasas lluvias y vientos predominantes del sur, fríos y secos, relacionados con el frente polar antártico.

Las isoyetas tienen una dirección aproximada de Norte-Sur; las precipitaciones anuales aumentan desde valores de 1200 mm a lo largo del Río Paraguay a 1400 mm en inmediaciones de la cuenca que hace parte del presente trabajo.

La concentración de precipitaciones entre los meses de Noviembre y Marzo genera una pronunciada temporada seca entre Junio a Octubre.

La presión atmosférica media mensual y anual es de 745 HPa.

La temperatura media nacional de los últimos 10 años es de 15º C y local de 21° C (Asunción).

Dirección de los vientos predominantes son los provenientes del Este con inclusiones de Centro Anticiclónicos del Sur.

La velocidad máxima del viento del sector Este es de 25 Km por hora y la del Sur de 70 Km por hora y la media predominante es de 15 y 35 Km por hora, respectivamente.

El viento Sur más frecuente, durante el otoño y el invierno tiene gran influencia sobre la creciente de los ríos del Delta.

La niebla presenta frecuencias e intensidades según las estaciones, destacándose los meses de otoño e invierno, abarcando periodos comprendidos entre el ocaso y cerca del medio día siguiente.

Las restantes estaciones, en muy pocas ocasiones, presentan nieblas y, de existir, es de poca duración.

Se nota, además, que no existe incidencia directa sobre el nivel del agua en el sector.

Los períodos de bajante de los causes principales en la cuenca son producidos por los vientos del sector NE, N, NW en temporada de verano.

La visibilidad en general se puede definir de buena a muy buena.

El área de afectación del proyecto, de preferencia, es de clima cálido, con precipitaciones que se encuentran en el entorno de 1200 mm.

El terreno en el área de influencia es parte de la cuenca del arroyo Paraguarí y presenta relieves decrecientes hacia la Laguna Yrupé con cotas medias variando desde 104 msnmm en 12 Proyectada a 83 msnmm en 21 Proyectada, totalizando una distancia de 823,0 metros.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

El tramo presenta una pendiente razonablemente importante que se encuentra en el entorno de 2,55 %, lo que en periodo de lluvia genera situaciones potencialmente torrentosas y turbulentas, responsables por arrastres, desprendimientos y erosiones localizadas que indudablemente son consideradas de riesgo para las personas y viviendas ubicadas en el entorno, causantes de un proceso de deterioro progresivo, especialmente en los barrancos no protegidos.

c) Niveles de Agua

Se registran niveles freáticos de manera aleatoria y esto es función de las particularidades geológicas, geotécnicas e hidráulicas locales. De todas maneras, se han detectado alturas de aguas freáticas colgadas en el Pozo SPT 1, coincidentes con la cota de fondo del cauce.

1.6. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Descripción gráfica aproximada de perfiles estratigráficos longitudinal y transversal (varios tramos), según información Topográfica, Figura 1.

a) Nivelación

Las cotas del terreno en las bocas de sondeos corresponden con las del terreno natural en los puntos ensayados y las mismas están referidas a la información topográfica disponible, Figura 1.

b) Descripción estratigráfica general

Sintéticamente se define al material de superficie hasta aproximadamente 1,0 m, constituidos por una secuencia de relleno, basura y escombros superficializado, presentando un suelo fuertemente contaminado con material orgánico variado heterogéneamente depositados, entre otros.

De 1,0 m hasta aproximadamente 3,0 m se describe a un suelo predominantemente arenoso fino a media con limo, marrón grisáceo "SM", siguiendo una transición arena fina arcillosa, marrón grisáceo con incrustaciones de gravilla o areniscas (comúnmente denominado Tosca) de baja compresibilidad "SC" hasta profundidades medias de 4,0 m, donde se da inicio al techo de arenisca relativamente consolidada y firme, adecuado para recibir cargas de cierta importancia, en condiciones naturales y confinadas (previo contraste con sondeos).

1.7. EXCAVACIONES O MOVIMIENTO DE SUELOS

Es recomendable utilizar métodos manuales y/o mecánicos a cielo abierto para operar y movilizar los suelos del entorno, utilizando sistemas de apuntalamiento o sostenimiento y

ING. DIETER KRAUCH
OPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

señalizaciones que correspondan para cada caso y tramo en particular, a fin de proteger eventuales desmoronamientos que son típicos en estos tipos de suelos.

Los trabajos deberán ser adecuadamente programados, considerando la posibilidad de precipitaciones en la cuenca, cuya influencia podrá dificultar las actividades de campo.

Los suelos del lugar, producto de la excavación, en la mayoría de los casos no son adecuados (no aptos) para su utilización como relleno, compactación y/o terraplén. Por lo que, en estos casos, será necesario y conveniente optar por material de préstamos, siempre que se ajusten a las condiciones mínimas y necesarias para estos tipos de obras.

Las verificaciones técnicas recomendadas para los suelos del terraplén o de préstamo, son entre otros:

- Propiedades expansivas del material fino presente en la masa.
- Rangos de densidades secas máximas y humedades óptimas adecuadas para el relleno y compactación.
- Verificación de ángulos de taludes máximos del terraplén y/o excavaciones que eventualmente puedan quedar desprotegidas.
- Permeabilidades medias, para diferentes estados de densidades a fin de dimensionar convenientemente el sistema de drenajes en los taludes y/o muros.
- Estabilización de los suelos de relleno o terraplén a objeto de verificar el proceso de consolidación y/o densificación de los suelos, de tal modo a permitir un asentamiento controlado y seguro de las estructuras.
- Grado de compactación por los procedimientos Normal y Modificado, CBR (caso sea necesario).

1.8. FUNDACIONES

Podrán eventualmente ser adoptadas fundaciones superficiales (Bloques, Zapatas) y/o profundas (Tubulones – Pre Excavados y protegidos).

Las mismas serán función de las cargas en las estructuras y limitaciones establecidas del diseño ante eventuales asentamientos diferenciales inadmisibles, que dependerá del suelo, tipo de esfuerzos y sistema de drenaje en cada caso.

Para estructuras de gran porte o aquellas en la cual se transmitan cargas elevadas, ejemplo puentes, se recomienda preferentemente optar por fundaciones intermedias a profundas del tipo preperforados y apoyados en cotas de contacto con el material resistente o techo de roca (areniscas), estimado en el entorno de los 5,0 metros, (previo contraste).

Las fundaciones propuestas presentarían capacidades de cargas admisibles relativamente adecuadas, para estos tipos de obras (muros y bases de puentes urbanos).

En todos los casos, las capacidades de carga de los suelos son propiedades meramente relativas y no pueden ser consideradas absolutas. La misma es característica específica y

particular de los suelos, función exclusiva de sus respectivos parámetros cohesivos y friccionantes, responsable por la "capacidad de carga admisible final del suelo", base para el correcto dimensionamiento o diseño de las protecciones o muros y fundaciones, que correspondan en cada caso.
Por tanto, la fundación más apropiada para cada estructura será, directamente función de las características y particularidades del suelo, incluyendo las condiciones de drenaje natural en el entorno y características específicas de las cargas aplicadas.

1.9. CAPACIDADES DE CARGA MEDIA ADMISIBLE DE CONTACTO ESTIMADAS

Profundidad (m)	Tipo de Suelo o Material	σadmisible de contacto (kN/m2)	Observación
1,0	Mezcla suelo orgánico/inorgánico	70,0	escombro/basura.
2,0	Suelo inorgánico SM/SC	200, 0	suelo/SM/SC.
3,0	Suelo inorgánico SM/SC	220,0	suelo/SM/SC.
4,0	Arenisca/Tosca	≥ 300,0	suelo/Arenisca.
5,0	Arenisca/Tosca	≥ 300,0	Arenisca/Rechazo.

De las investigaciones realizadas, se ha podido configurar las columnas estratigráficas que representan de manera aproximada el perfil correspondiente.

Para la identificación se ha adoptado el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, procedimientos tacto – visual. Se adjunta planillas resúmenes con fotos relacionada a sondeos de Barrenado y SPT, según Figura 1; 2 3, 4 y 5.

1.10. RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS GENERALES

Se puede decir que el comportamiento probable de los suelos encontrados podrá ser relativamente variado en cuanto a su estructuración y disposición, basado en informaciones de campo, puntuales y limitadas en relación a la cantidad, profundidad y extensión explorada (Barrenos y SPT).

Eventualmente, se podrá encontrar distorsiones en las estimativas de los comportamientos de los suelos, en especial el superficial, lo que podría generar situaciones particularmente diferentes a lo esperado, función al tipo de obra a ser planteada (protección de barrancos y fundaciones de puentes).

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - DEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Por lo que, en caso de existir eventualidades no previstas y por ende no recomendadas, será necesaria la participación de un ingeniero especialista, a fin de definir adecuadamente los criterios básicos de ajustes y/o modificaciones que corresponda y que sean necesarias de manera segura y conveniente tanto desde el punto de vista técnico como económico.

1.11. REFERENCIAS

Antecedentes Geotécnicos de obras en el área de influencia.

Carga admisible em fundaçoes profundas, José Carlos A. Cintra y Nelson Aoki, EESC/USP, Projeto REENGE, Brasil

Comte, D. (1968). Observaciones geológicas recientes del Paraguay Oriental. C. R. Acad. Sc. Paris, 267:5.

Varios extractos de Harrington, H. J. (1950/56/72).

Varios extractos Hutchison, D.S. (1979/80).

Varios extractos de Palmieri, J. H. (1973/75/74).

Varios extractos de Wiens, F. (1981/86/91/93).

Varios extractos bibliográficos de varios autores de Mecánica de Suelos y Fundaciones.

Orué, D. Disertación de Maestría USP/Brasil (1996).

Amábile L. F, acervo y resúmenes bibliográfico FIUNA / UNINORTE

Manual Pratico de Escavaçao, Helio de Souza Ricardo / Guilherme Catalani, Editora McGraw Hill do Brasil, Ltda./1976.

El Desarrollo del Semi – Graben de Asunción, Wilmar Bartel, Ing. Geólogo.

1.12. PLANILLAS SPT

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

ING. PETER KRAUCH
CPAS - UEP - MOPC

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Ensayo de Percusión – ASTM D1586-08

PUENTE SOBRE A° PARAGUARI
MÉXICO Y 30 PDA.
TACUMBÚ

PLANILLA DE ESTUDIO DE SUELOS - S.P.T.

Pozo N°:	SP2	**Muestreador:**	Terzaghi-Peck
Sondeo N°:	2	**Diámetro interno:**	1,5"
Cota Topográfica:		**Diámetro externo:**	2"
Progresiva:		**Ubicación:**	Asunción-Tacumbú
Método de Perforación:	manual	**Coordenada X (UTM):**	0434801,1
Tipo de sonda:	Terzaghi	**Coordenada Y (UTM):**	7200483,8
Realizado por:	J.C.Bernie	**Fecha Inicio/hora:**	
Verif. por:	L.F.Amábile	**Fecha Finalización/hora:**	
		Temperatura media:	
		Estado del tiempo:	

Referencias
CH:
CL:
SM-SC:
MS:
MH:
ML:
SS-SI-SSSSSSS

PERFORACIÓN ♦ — De metros	♦ metros	ENSAYO TERZAGHI N° de golpes	Penetración (cm)	RECUPERACIÓN	MUESTRA N°	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	NIVEL DE MAPA	PERFIL LITOGRÁFICO	S.P.T. dice (N) — 30 fin. ice (N') — 30 inic	Datos de Ensayos de Laboratorio: HUMEDAD NATURAL ♦, LIMITE LIQUIDO ■, LIMITE PLASTICO ●, PASA TAMIZ 200 ★ En %
0,55	1,00	1				0,00 a 0,70 m - relleno de basura y cascajo	1			
		-	0,45							
		-								
1,55	2,00	2	15			0,70 a 1,70 m - arena limo arcillosa, marrón grisáceo claro, baja plasticidad.	1			
		5	15							
		7	15							
2,55		19	15			1,70 a 2,00 m - arena fina arcillosa, compacto con fragmentos de arcillosa - arcillosa alterada.	2			
		18	15							
		27	5							
							3			
							4			
							5			
							6			
							7			
							8			
							9			
							10			

Revestimiento: SI ( ) NO (X) TIPO:

CONTROL DEL NIVEL DE AGUA

h: 1,30 m FECHA: __/__/__ HORA: ____ 2° LECTURA: ____ m FECHA: __/__/__ HORA: ____

Observaciones: Rechazo 2,80 m fin de sondeo.

Nivel o cota de inicio procedimiento de lavado (injección):

Describir Impenetrabilidad (función directrices):

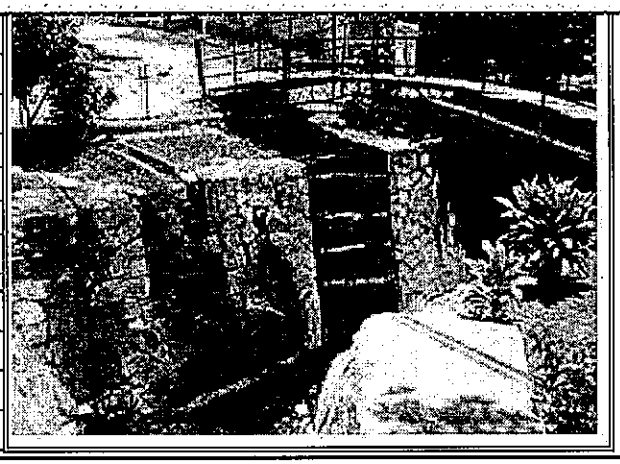
Firma:	Firma:	Firma: .....
Fecha: ...../...../.....	Fecha: ...../...../.....	Fecha: ...../...../.....

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

SECCION ; 01				
COORDENADAS;	X;0.435.025,1			
	Y;7.200.859,4			
COTA;				
Prof. CAUCE;	4,80 m			
ANCHO CAUCE;	4,5 m (con muro de PB)			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	7,0 md		7,50	SM
B	1,2 md		6,8	SM
C	1,5 mi		6,40	SM
D	6,5 mi		6,5	SC



SECCION ; 02				
COORDENADAS;	X;0434.987,6			
	Y;7.200.799,6			
COTA;				
Prof. CAUCE;	4,20 m			
ANCHO CAUCE;	12,5 m (sin muro de PB)			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	9,0 md		8,50	SM
B	2,8 md		8,00	Basura
C	3,5 mi		7,60	Basura
D	7,8 mi		7,80	SM

SECCION ; 03				
COORDENADAS;	X;0.434.942,8			
	Y;7.200.737,1			
COTA;				
Prof. CAUCE;	10,60 m			
ANCHO CAUCE;	15,0 m			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	6,0 md		2,50	SM-SP
B	2,5 md		2,80	SM-SP
C	3,8 mi		4,10	SM
D	7,5 mi		4,40	SM

M; mojon **TN**; terreno natural **TR**; techo de roca **Sucs**; Sistema unificado de clasificación de suelos

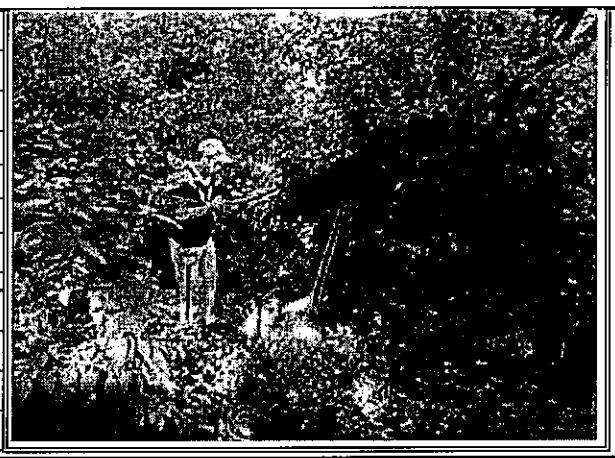
md; margen derecha **mi**; margen izquierda - Distancia al borde del arroyo

ING. PETER KRAUCH
DAS - UEP - MOPC

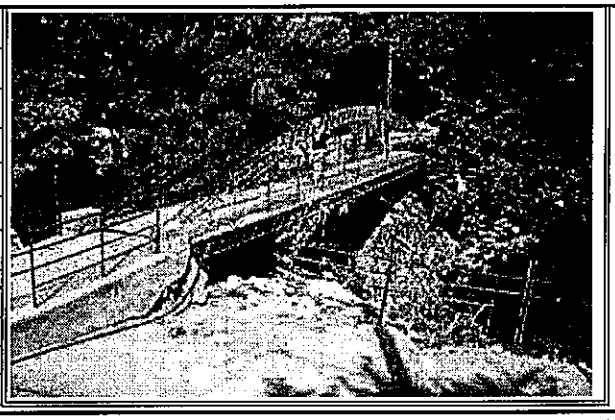
Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

SECCION : 04				
COORDENADAS:	X:0.434.892,6			
	Y:7.200.674,6			
COTA:				
Prof. CAUCE:	7,00 m			
ANCHO CAUCE:	16,0 m			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	4,5 md		5,00	Basura
B	2,0 md		4,50	Basura
C	1,5 mi		4,00	Basura
D	3,5 mi		3,80	Basura



SECCION : 05				
COORDENADAS:	X:0.434.865,5			
	Y:7.200.608,8			
COTA:				
Prof. CAUCE:	5,50 m			
ANCHO CAUCE:	10,0 m			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	7,8 md		4,50	SC
B	2,5 md		3,50	Basura
C	2,8 mi		3,70	Basura
D	6,3 mi		5,50	SC



SECCION : 06				
COORDENADAS:	X:0.434.831,0			
	Y:7.200.546,0			
COTA:				
Prof. CAUCE:	0,30 m			
ANCHO CAUCE:	Indefinido			
BARREN	Dist. Ao m	Cota TN	Prof. TR m	Clas. sucs
A	2,3 md		0,40	Basura
B	0,8 md		0,50	Basura
C	0,5 mi		0,50	Basura
D	2,0 mi		0,70	Basura

M; mojon **TN**; terreno natural **TR**; techo de roca **Sucs**; Sistema unificado de clasificación de suelos

md; margen derecha **mi**; margen izquierda - Distancia al borde del arroyo

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Tabla 1 - Resumen ubicación de los sondeos de barrenos con fotos

SECCION	FOTOS	COORDENADAS		CALLE
1	409 a 410	435025,1	7200859,4	De las Cordilleras
2	388 a 391	434987,6	7200799,6	Picada Duarte
3	392 a 396	434942,8	7200737,1	Acosta Ñu
4	397 a 399	434892,6	7200674,6	Capitan Bado
5	400 a 404	434865,5	7200608,8	Isla Poí
6	405 a 406	434881,0	7200546,0	Capitan Fariña S.
7 *	407 a 408	434801,1	7200483,8	B. Lezcano
Sondeos p/	414 a 422			
puente				

Página 1

*** No se pudo realizar, muro caido y arenisca aflorando**

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

ESTUDIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS DEL CAUCE PRINCIPAL Y LA CUENCA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

El arroyo Paraguarí es un curso de agua de unos 4000 m de longitud, con una cuenca total de unas 134 hectáreas, que fluye por tramos totalmente urbanos, excepto en su trecho final antes de la desembocadura, en la planicie de inundación del río Paraguay (fig4.1).

Fig2.1: Vista de la Cuenca total del Aº Paraguarí desde 21 Pyda (Milano), hasta desembocadura en río Paraguay, pasando por la zona inundable con la laguna

Gran parte de la cuenca se encuentra en el trecho donde ya se han ejecutado las obras de mejoramiento hidráulico, sanitario, urbanístico, desde la 12 Pyda hasta la 21 Pyda(117 ha), mientras el trecho en proyecto desde la 21 Pyda hasta la 32 Pyda, tiene escasa área de aporte (17 ha).

Aparece como cauce recién desde la 12 Pyda siendo el trecho inicial de escorrentía superficial por las cunetas de las calles, llenándolas en algunos casos, hasta confluir en la cabecera del cauce, desde donde fluye por cauce superficial que se va profundizando, llegando a su máxima profundidad en antes y después del cruce con la 21 Pyda (doble avenida ItáYbaté).

Desde este sector el cauce se hace más ancho y comienza a disminuir su profundidad, hasta casi enrasar con las márgenes en la 30 Pyda, depositando en el trecho los arrastres más pesados, como rocas y arenas gruesas, que van colmatando progresivamente el cauce.

Se tienen así dos problemáticas opuestas en estos trechos, de erosión (trecho 1) en la primera y sedimentación en la segunda (trecho 2) (fig 4.2).

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.2: Vista de la Cuenca incremental del Ao Paraguarí desde 21 Pyda hasta 32 Pyda (tramo 2)

El trecho sujeto a la erosión es más fácilmente controlable con medidas de protección del fondo y márgenes, tratamiento ya ejecutado hasta la 21 Pyda y que debe continuar hasta completar la protección necesaria para este sector.
El trecho sujeto a sedimentación es de tratamiento más difícil, ya que es imposible modificar la pendiente longitudinal del cauce, ya bastante baja, en el tramo final encausado por muros construidos por los vecinos, hasta cerca de la entrada de la laguna.

Este trecho ya habría experimentado una colmatación de unos 2 metros de profundidad, reduciendo significativamente su capacidad de transporte, por reducción de la sección útil y también reducción de la pendiente.

En el aspecto de ocupación de las márgenes, el trecho inicial ha sido el más disminuido en sus dimensiones del cauce, con viviendas construidas directamente sobre las márgenes, ingresando en el cauce, cuando éstas no tenían grandes alturas. Esta situación ha condicionado fuertemente la ubicación de las pasarelas longitudinales en las márgenes, llegando a ser imposible su construcción en ciertos casos.

En el trecho siguiente con grandes alturas de márgenes, las ocupaciones no han avanzado sobre el cauce natural, debido a las importantes obras necesarias para sostener las viviendas, siendo así posible proyectar las pasarelas longitudinales. El trecho donde la altura de las márgenes vuelve a disminuir presenta nuevamente condiciones favorables para las ocupaciones llegando a estrechar el cauce desde unos 6 metros en promedio, a solamente unos 4 metros. En el tramo 2 (en proyecto), el estrechamiento más perjudicial ocurre justo antes del puente vehicular existente en la 30 Pyda. También en este tramo

ING. PETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil
15

ocurren las descargas cloacales de sistemas condominiales o individuales, directamente en el cauce.

Se proyecta colectar estas descargas con una colectora secundaria paralela a la colectora primaria (que viene desde el tramo 1), hasta descargar en un registro cloacal ubicado en la 32 Pyda (lado izquierdo).

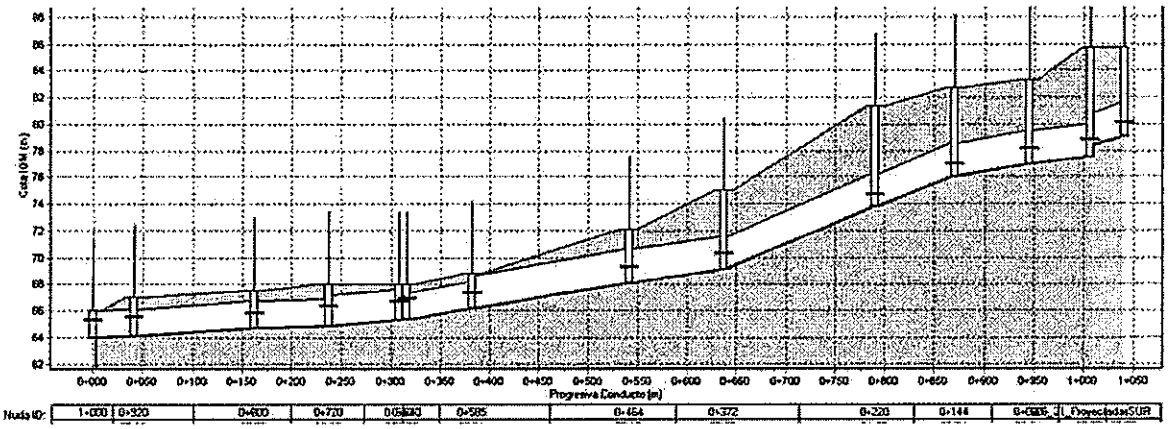


Fig 2.3 : Perfil longitudinal del arroyo Paraguarí desde la 21Pyda hasta después de la 32 Pyda

Fig 2.4 : Imagen de trecho aguas arriba de los puentes de 21 Pyda.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS / UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Fig 2.5 : Imagen de trecho aguas abajo de los puentes de 21 Pyda.

Fig 2.6 : Imagen de trecho arriba del puente peatonal de 22 Pyda, con muros de protección.

ING. WALTER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.7 : Imagen de trecho muy estrecho causando un salto aguas abajo del puente peatonal de la 22 Pyda, con muros de protección en margen derecha, parcialmente descalzado.

Fig 2.8: Imagen de trecho aguas abajo del puente peatonal de 24 Pyda, margen derecha.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

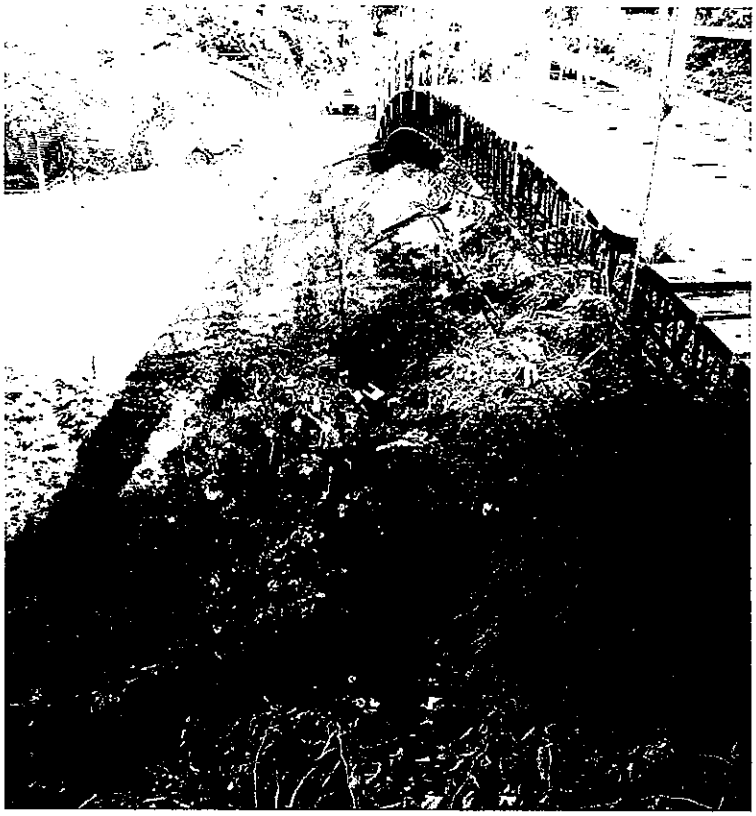


Fig 2.9 : Imagen bajo el puente peatonal de 24 pyda, margen derecha.

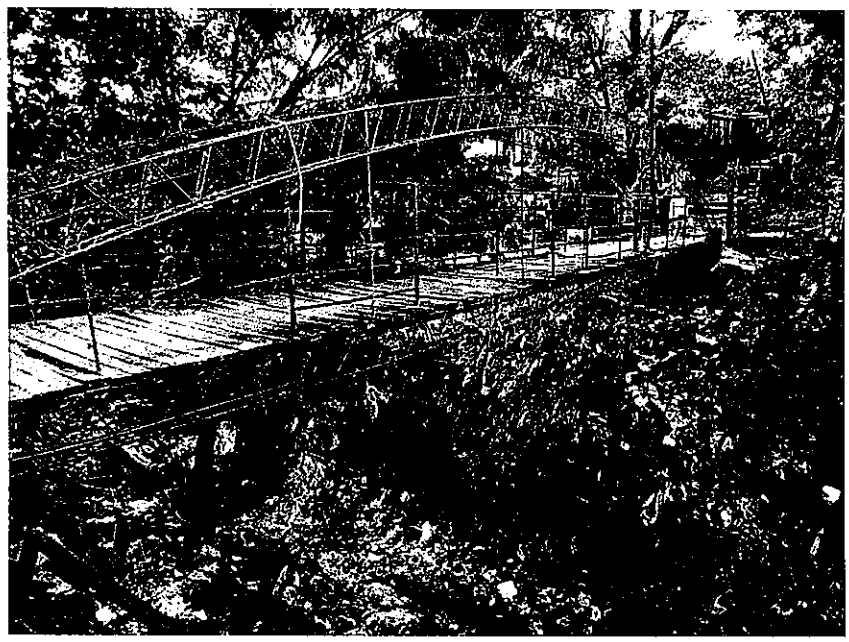


Fig 2.10 : Imagen bajo el puente peatonal de 25 -26 pyda.

DIETER KRAUCH
AS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.11 : Vivienda precaria en margen izquierda, ubicada a muy bajo nivel, 27 pyda.

Fig 2.12 :Tubos de descarga cloacal condominiales, que deben ser captados por una colectora

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.13 :Vivienda con muros altos en margen izquierda y precarias en la margen derecha, 28 pyda.

Fig 2.14 : Estrechamiento desde la 29 pyda hasta la 30 pyda

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.15 : Estrechamiento de unos 4 m, visto desde el puente de la 30 pyda

Fig 2.16 : Puente de 30 pyda visto desde 31 pyda, con frecuentes limpiezas de escombros, basuras, arena, etc. En la margen derecha existe una calle libre, hasta la 32 pyda.

ING. DIETER KRAUCH
DAAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

Fig 2.17 : Puente peatonal en arco, de Ho Ao, en la 31 pyda.

Fig 2.18 : Trecho aguas abajo del puente peatonal de 32 pyda.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

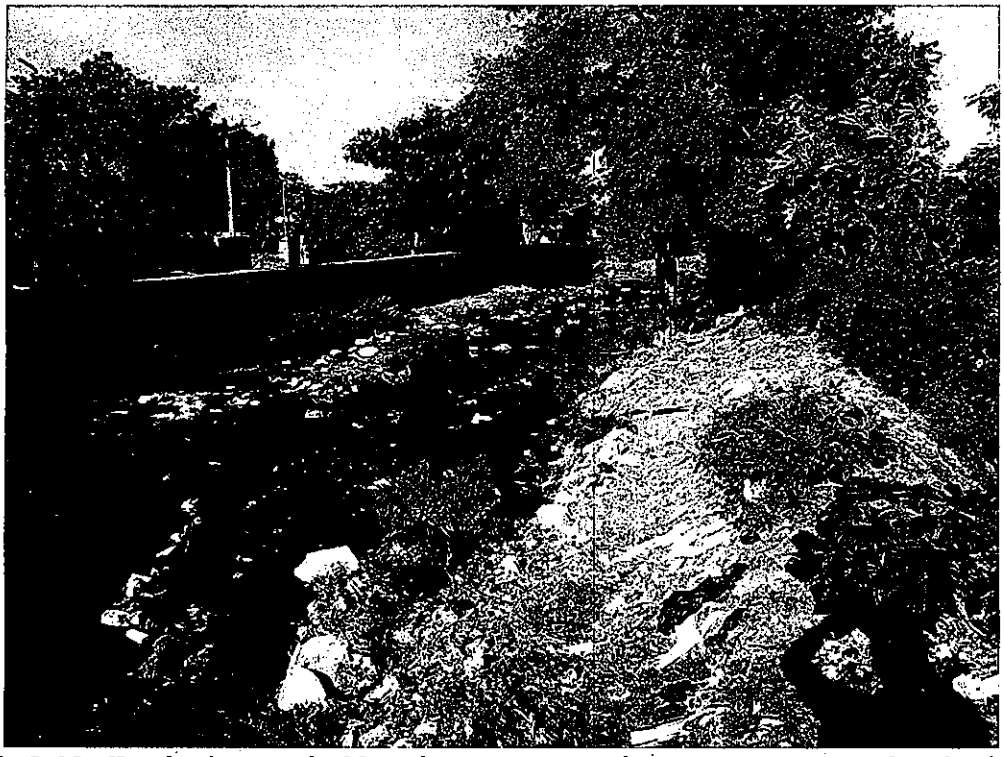


Fig 2.19 : Trecho junto a la 33 pyda, con muro solamente en margen izquierda.

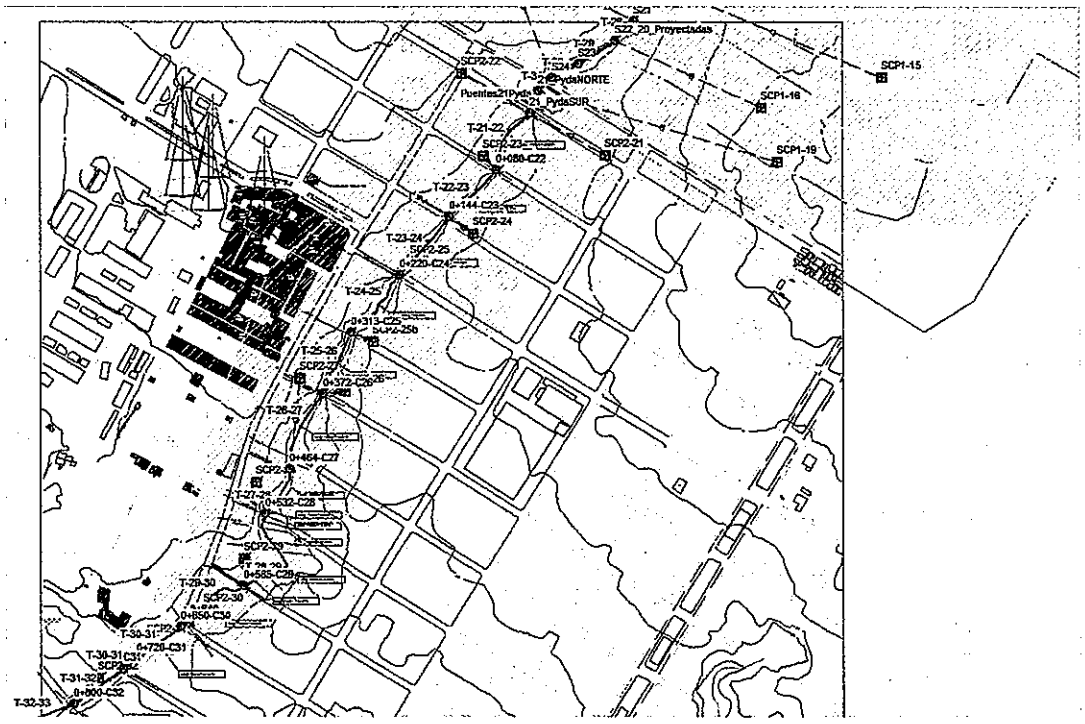
Fig2.20 : trecho entre 33 pyda y 34 pyda, con alivio lateral hacia la laguna, en margen derecha.

ING. DIETER KRAUCH
UPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

2.2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS CON GRÁFICOS DEL PROGRAMA SWMM



Cuencas incrementales del Ao Paraguarí desde la Av. Itá Ybaté (21 pyda)

2.3. CÁLCULOS DE CAUDALES

Los caudales han sido calculados en la totalidad de la cuenca, siendo presentados aquí los correspondientes a las cuencas desde la Avenida 21 proyectada.

El tiempo de recurrencia adoptado es de 10 años y el cálculo ha sido efectuado dentro de la modelación del SWMM, por el método racional. Los coeficientes de escorrentía son relativamente elevados, considerando el grado de ocupación del suelo, con techos y pisos en patios, en grande parte de la superficie de los terrenos.

La curva I-D-F utilizada es la de Asunción, ajustada en el 2010.

Parámetros Curva *idf*

	ASUNCION
C	*2943*
n	*0.129304*
m	*0.89684*
d	*34*

PETER KRAUCH
... - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

La siguiente tabla muestra los caudales calculados:

Elemento ID	Área (m^2)	Nudo de drenaje	coef. de Escorr.	Pend. prom (%)	long flujo (m)	Precip acum (mm)	Escorr. total (mm)	Caudal Máx (cms)	Intens. lluvia (mm/hr)	Tiempo de Concentración (hh:mm:ss)
SCP2-21	9403.23	21_Pyda	0.7700	4.0	379.3	16.85	12.97	0.31	155.518	00:06:30
SCP2-22	8797.13	21_Pyda	0.7500	6.0	112.0	7.82	5.86	0.39	216.414	00:02:10
SCP2-23	17397.16	0+080-C22	0.7700	5.0	241.0	36.53	28.13	0.45	121.767	00:17:55
SCP2-24	10585.23	0+144-C23	0.7500	4.5	115.0	36.53	27.40	0.27	121.767	00:17:55
SCP2-25	20396.57	0+220-C24	0.7500	4.3	230.0	36.53	27.40	0.51	121.767	00:17:55
SCP2-25b	16705.68	C-25	0.7500	4.0	135.0	8.22	6.17	0.73	211.398	00:02:22
SCP2-26	7736.69	0+372-C26	0.7500	4.0	86.4	7.31	5.48	0.35	219.146	00:02:04
SCP2-27	22192.54	0+464-C27	0.7500	3.5	120.0	36.53	27.40	0.56	121.767	00:17:55
SCP2-28	10530.88	C28	0.7500	2.2	115.3	10.68	8.01	0.42	192.183	00:03:24
SCP2-29	9819.35	0+585-C29	0.7500	2.5	110.0	10.78	8.09	0.39	194.037	00:03:16
SCP2-30	7347.36	0+650-C30	0.7700	3.2	632.9	25.49	19.63	0.22	141.198	00:10:46
SCP2-31	2951.83	0+720-C31	0.6500	2.1	70.0	8.29	5.39	0.11	213.090	00:02:18
SCP2-32	1532.26	0+800-C32	0.6500	1.0	81.5	10.69	6.95	0.05	192.335	00:03:23

2.4. PERFILES

En el siguiente gráfico se muestra el perfil longitudinal total del proyecto, con efecto estrieción entre 29 y 30 pyda.

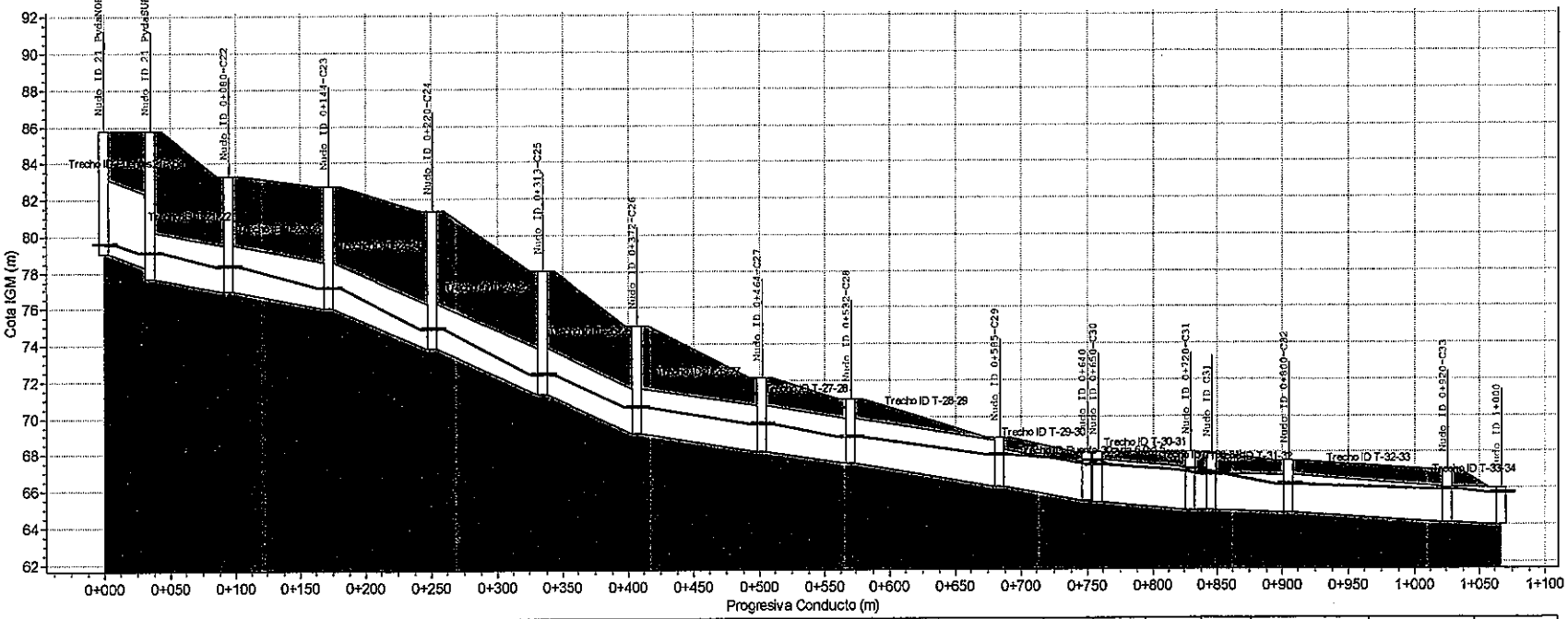
ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

SISTEMA DRENAJE PLUVIAL

PERFIL LONGITUDINAL



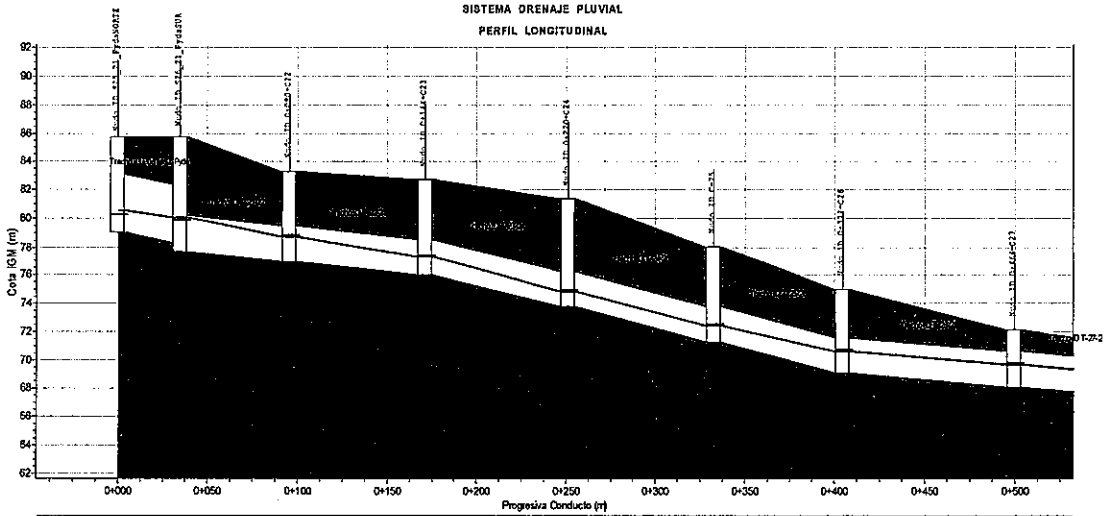
Nudo ID:	21_PydaNORTE	21_PydaSUR	0+080-C22	0+144-C23	0+220-C24	0+313-C25	0+372-C26	0+464-C27	0+532-C28	0+585-C29	0+640-C30	0+720-C31	0+800-C32	0+920-C33	1+000
Cota Rasante (m):	85.73	85.73	83.34	82.74	81.39	78.02	75.05	72.13	70.97	68.81	68.00	68.67.89	67.50	67.00	
Cota Fondo (m):	79.09	77.70	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09	68.10	67.42	66.16	65.30	64.84.82	64.70	64.10	64.00
Cobertura (m):	2.64	3.39	3.84	4.19	5.13	4.24	3.46	1.53	1.05	0.15	0.40	0.85.07	0.80	0.90	
Max Nivel Agua (m):	79.55	79.10	78.34	77.15	74.86	72.37	70.58	69.63	68.90	67.88	67.29	67.66.77	66.23	65.95	65.70

Trecho ID:	Puentes21	Pyda-21-22	T-22-23	T-23-24	T-24-25	T-25-26	T-26-27	T-27-28	T-28-29	T-29-30	Pyda-6.00-31	T-30-31b	T-31-32	T-32-33	T-33-34
Long (m):	34.74	60.83	75.72	79.70	83.34	72.05	95.56	68.58	113.35	66.31	8.00	71.65	16.10	59.13	120.24	41.28
Galeria: H o D (m):	4.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.00	1.80	2.30	2.00	2.00	2.00	2.00
Pendiente (m/m):	0.02159	0.01151	0.01255	0.02873	0.02976	0.03040	0.01036	0.00992	0.01112	0.01191	0.00875	0.00628	0.00186	0.00203	0.00499	0.00242
Fondo entrada (m):	79.09	77.70	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09	68.10	67.42	66.16	65.37	65.30	64.85	64.82	64.70	64.10
ta salida galeria (m):	78.34	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09	68.10	67.42	66.16	65.37	65.30	64.85	64.82	64.70	64.10	64.00
Max Q (cms):	22.43	22.42	22.82	23.07	23.54	23.52	23.47	23.98	23.92	23.73	23.73	23.76	23.73	23.71	23.63	23.56
lax Velocidad (m/s):	3.87	2.72	3.18	3.63	3.71	3.06	2.55	2.62	2.55	3.20	2.20	1.94	2.00	2.38	2.01	1.66
Max Prof. Agua (m):	0.61	1.37	1.22	1.10	1.10	1.29	1.51	1.50	1.60	1.86	1.80	2.08	1.97	1.74	1.69	1.78

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

27

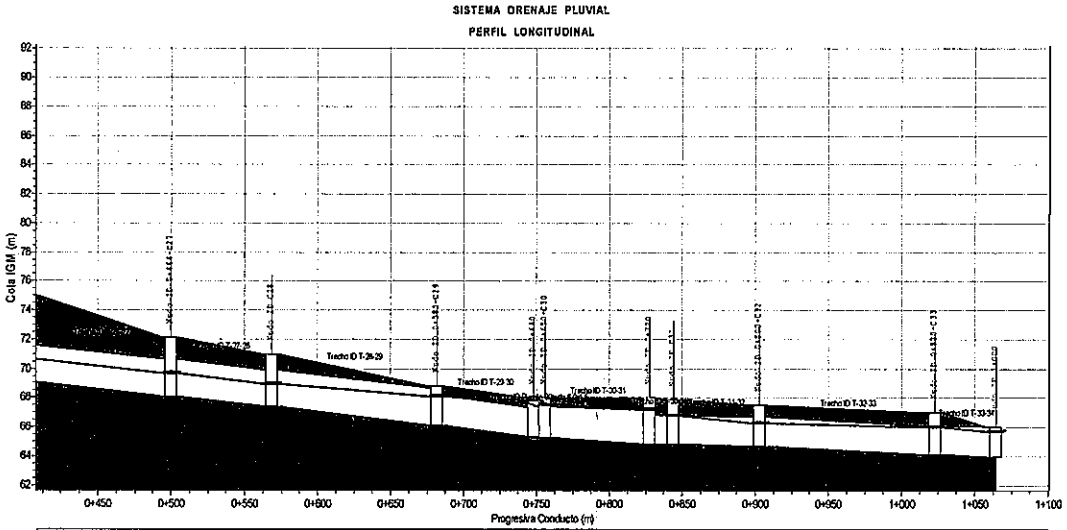
Luis P. Segovia P.
Ing. Civil



Nudo ID:	S25_21_PydaNG	T21_PydaSUR	0+080-C22	0+144-C23	0+220-C24	C25	0+372-C26	0+464-C27
Cota Rasante (m):	85.73	85.73	83.34	82.74	81.39	78.02	75.05	72.13
Cota Fondo (m):	79.09	77.70	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09	68.10
Cobertura (m):	2.64	3.39	3.84	4.19	5.13	4.24	3.46	1.53
Max Nivel Agua (m):	80.56	80.04	78.75	77.33	74.90	72.41	70.65	69.69

Tramo ID:	Puentes21Pyda	T-21-22	T-22-23	T-23-24	T-24-25	T-25-26	T-26-27
Long (m):	34.74	60.83	75.72	79.70	81.39	72.05	95.56
Galeria: H o D (m):	4.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Pendiente (m/m):	0.02159	0.01151	0.01255	0.02873	0.03047	0.03040	0.01036
Fondo entrada (m):	79.09	77.70	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09
ta salida galeria (m):	78.34	77.00	76.05	73.76	71.28	69.09	68.10
Max Q (cms):	60.45	53.77	33.34	28.22	25.12	25.07	25.35
lax Velocidad (m/s):	4.93	5.00	4.39	4.50	4.18	3.92	2.97
Max Prof. Agua (m):	1.26	1.72	1.31	1.14	1.14	1.35	1.57

Perfil longitudinal con buen flujo entre 21 y 27 pyda.



Nudo ID:	0+464-C27	C28	0+585-C29	0+680-C30	0+720-C31	0+800-C32	0+920-C33	1+000
Cota Rasante (m):	72.13	70.97	68.81	68.00	67.89	67.50	67.00	
Cota Fondo (m):	68.10	67.42	66.16	65.37	64.85	64.82	64.70	64.10	64.00
Cobertura (m):	1.53	1.05	0.15	0.63	0.85	1.07	0.80	0.90	
Max Nivel Agua (m):	69.69	68.96	68.08	67.27	67.48	67.24	66.82	66.28	66.00	65.75

Tramo ID:	T-26-27	T-27-28	T-28-29	T-29-30	Puente30Pyda-6.0x1.5	T-30-31	T-31-32	T-32-33	T-33-34
Long (m):	95.56	68.58	113.35	68.31	8.00	71.65	16.10	59.13	120.24	41.28
Galeria: H o D (m):	2.50	2.50	2.50	2.00	1.50	2.30	2.00	2.00	2.00	2.00
Pendiente (m/m):	0.01036	0.00992	0.01112	0.01191	0.00875	0.00528	0.00186	0.00203	0.00499	0.00242
Fondo entrada (m):	69.09	68.10	67.42	66.16	65.37	65.30	64.85	64.82	64.70	64.10
ta salida galeria (m):	68.10	67.42	66.16	65.37	65.30	64.85	64.82	64.70	64.10	64.00
Max Q (cms):	25.35	25.75	25.66	25.16	25.16	24.97	25.16	24.64	24.50	24.47
lax Velocidad (m/s):	2.97	2.78	2.58	3.24	2.33	1.98	2.10	2.64	2.10	1.68
Max Prof. Agua (m):	1.57	1.56	1.72	1.96	1.80	2.24	2.00	1.79	1.74	1.82

Perfil longitudinal con niveles altos entre 29 y 31 pyda, por causa de estricción del cauce, y ahogamiento del puente en 30 pyda.

ING. DIETER KRAUCH
GFAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Nudo ID:	0+585-C29		0+640	0+650-C30	0+720-C31	C31
Cota Rasante (m):	68.81		68.00	68.00	68.00	67.89
Cota Fondo (m):	66.16		65.37	65.30	64.85	64.82
Cobertura (m):	0.15		0.63	0.40	0.85	1.07
Max Nivel Agua (m):	67.88		67.56	67.29	67.02	66.77

Tramo ID:	T-29-30	Puente-30pyda-6.0x1.5	T-30-31	T-30-31b
Long (m):	66.31	8.00	71.55	16.10
Galería: H o D (m):	2.00	1.80	2.30	2.00
Pendiente (m/m):	0.01191	0.00875	0.00628	0.00186
Cota Fondo entrada (m):	66.16	65.37	65.30	64.85
Cota salida galería (m):	65.37	65.30	64.85	64.82
Max Q (cms):	23.73	23.73	23.76	23.73
Max Velocidad (m/s):	3.20	2.20	1.94	2.00
Max Prof. Agua (m):	1.86	1.80	2.08	1.97

Perfil longitudinal entre 29 y 31 pyda, zona crítica.

2.5. GRÁFICOS DE RESULTADOS HIDRÁULICOS

Gráfico de caudales en todos los tramos desde 21 pyda a 34 pyda.

DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

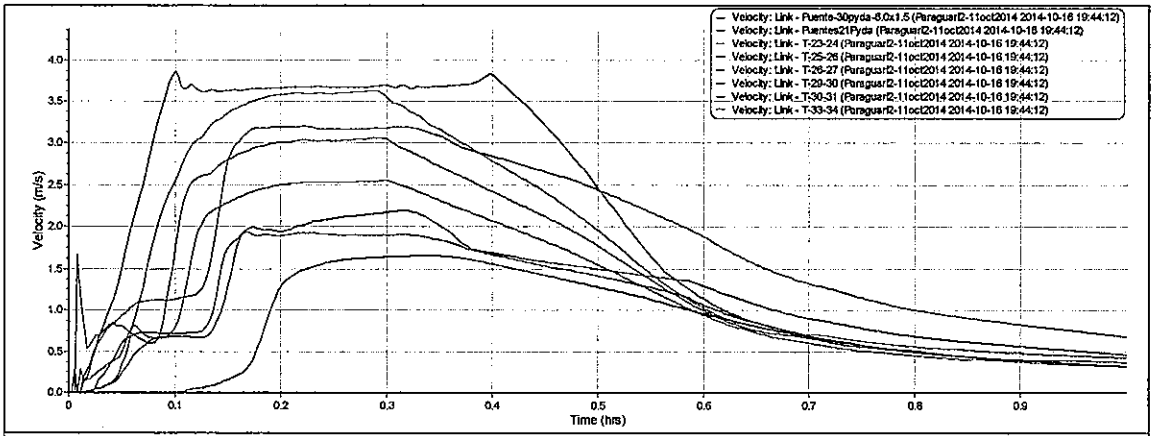


Gráfico de velocidades en algunos tramos desde 21 pyda a 34 pyda. Se destaca la alta velocidad bajo el puente de la 30 pyda, que debe tener estribos y fondo adecuadamente protegidos.

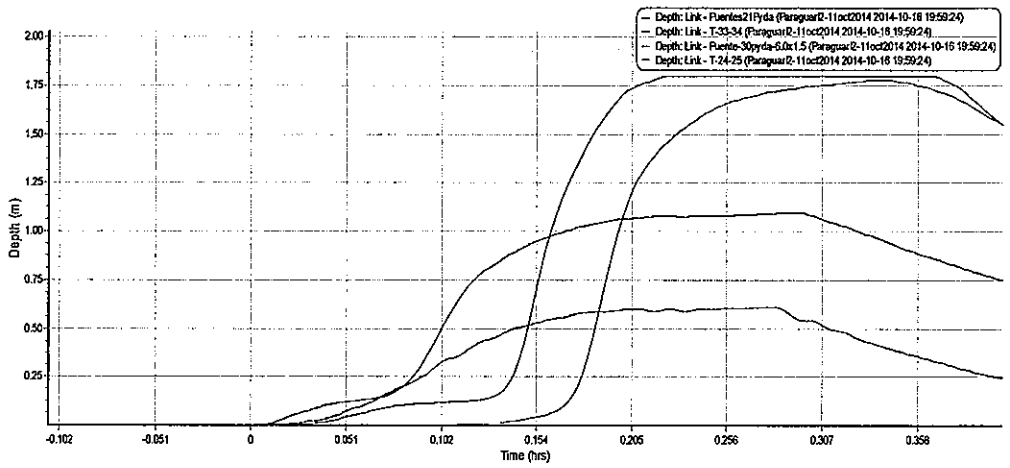


Gráfico de profundidades en algunos tramos desde 21 pyda a 34 pyda.

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000

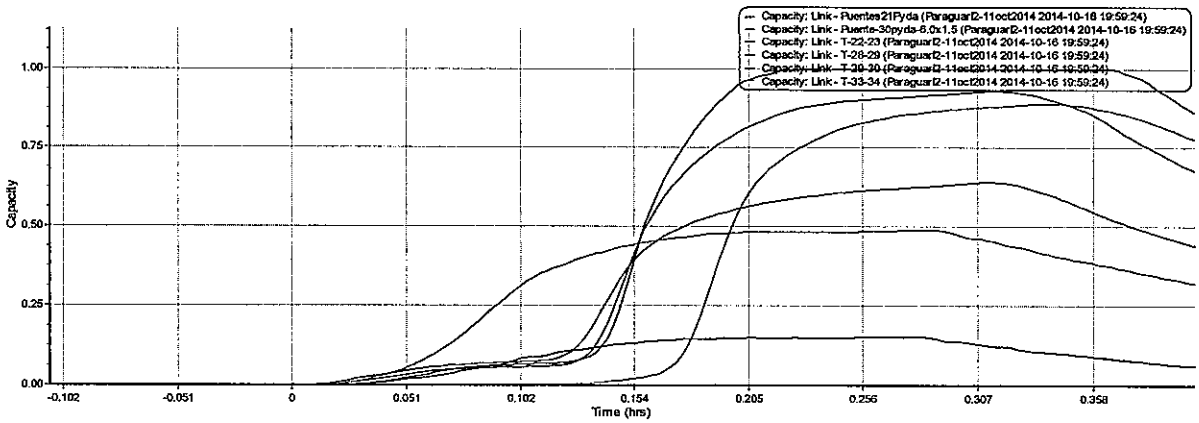


Gráfico de capacidad de flujo utilizada, en algunos tramos desde 21 pyda a 34 pyda. Se destaca que la sección bajo el puente de la 30 pyda funciona al máximo de su capacidad, otros tramos del extremo de aguas abajo también se acercan al máximo, mientras los tramos superiores, que tienen mayor pendiente, funcionan a menos del 50 % de su capacidad.

****

ING. DIETER KRAUCH
GPAS - UEP - MOPC

Luis P. Segovia P.
Ing. Civil

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Avda. España y Avda. Brasilia-Edificio España, Asunción, Paraguay
Tel: 595 (021) 235-3000