

SISTEMA DE DEFENSA CONTRA INUNDACIONES DE PILAR

DISEÑO DE INGENIERÍA Y OPERACIÓN

Ing. Sergio Encina
Ing. Liza Chamorro
Ing. René Gómez
Ing. César López Bosio
Ing. Felipe Ramírez Cantero
Ing. Carolina Velázquez

DATOS DE LA OBRA



DESCRIPCIÓN DE LA OBRA:	CONTRATO Nº 19/2020; LICITACIÓN PÚBLICA NACIONAL CONSTRUCCIÓN DE AMPLIACIÓN DE LA FRANJA COSTERA DE PILAR, DEPARTAMENTO DE ÑEEMBUKU – 14,9KM AD REFERENDUM A LA AMPLIACIÓN PRESUPUESTARIA. ID 371819.
CONTRATISTA:	CONSORCIO CTC, conformado por las Empresas CONSTRUPAR S.A., TECNOEDIL S.A., TOCSA S.A., CONCRETMIX S.A.
FISCALIZACIÓN:	SUPERVISIÓN MOPC
MONTO CONTRACTUAL:	(c/IVA): Gs. 532.619.090.146
MONTO C.M.Nro 1:	(c/IVA): Gs. 638.667.187.035
MONTO CM Nro 2:	(c/IVA): Gs. 638.667.187.035
FUENTE DE FINANCIAMIENTO:	F,ONDO LOCAL
% Avance Físico Acumulado	85,93%
FECHA DE CONTRATO:	13.02.2020
RESOLUCIÓN DE ADJUDICACION:	Nº 30/2020
PLAZO DE EJECUCION:	40 meses – AGOSTO 2023
ORDEN DE INICIO:	24 de Abril de 2020.

LA REVISIÓN DEL PROYECTO



CONSORCIO CTC - CONTRATISTA

SUPERINTENDENTE DE OBRAS:

ING. RENÉ GÓMEZ

COORDINADORA DEL PROYECTO:

ING. CAROLINA VELÁZQUEZ

OFICINA TÉCNICA:

ING. DIEGO GÓMEZ

ING. LUIS CÉSPEDES

CADISTAS:

LUIS MEZA

FERNANDO SALINAS



LOGOS S.R.L.
Ingeniería - Consultoría

LOGOS S.R.L. - CONSULTORÍA

COORDINADOR GENERAL:

ING. CESAR LÓPEZ BOSIO

RESPONSABLE DE INGENIERÍA:

ING. FELIPE RAMÍREZ CANTERO

RESPONSABLE DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA:

ING. PEDRO GAETE

CONSULTOR EN GEOTÉCNIA Y GEOLOGÍA:

ING. OSCAR VARDÉ

CONSULTOR EN HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA:

ING. JORGE VÍCTOR PILAR

PROYECTISTA:

ING. SERGIO MARTÍN ENCINA

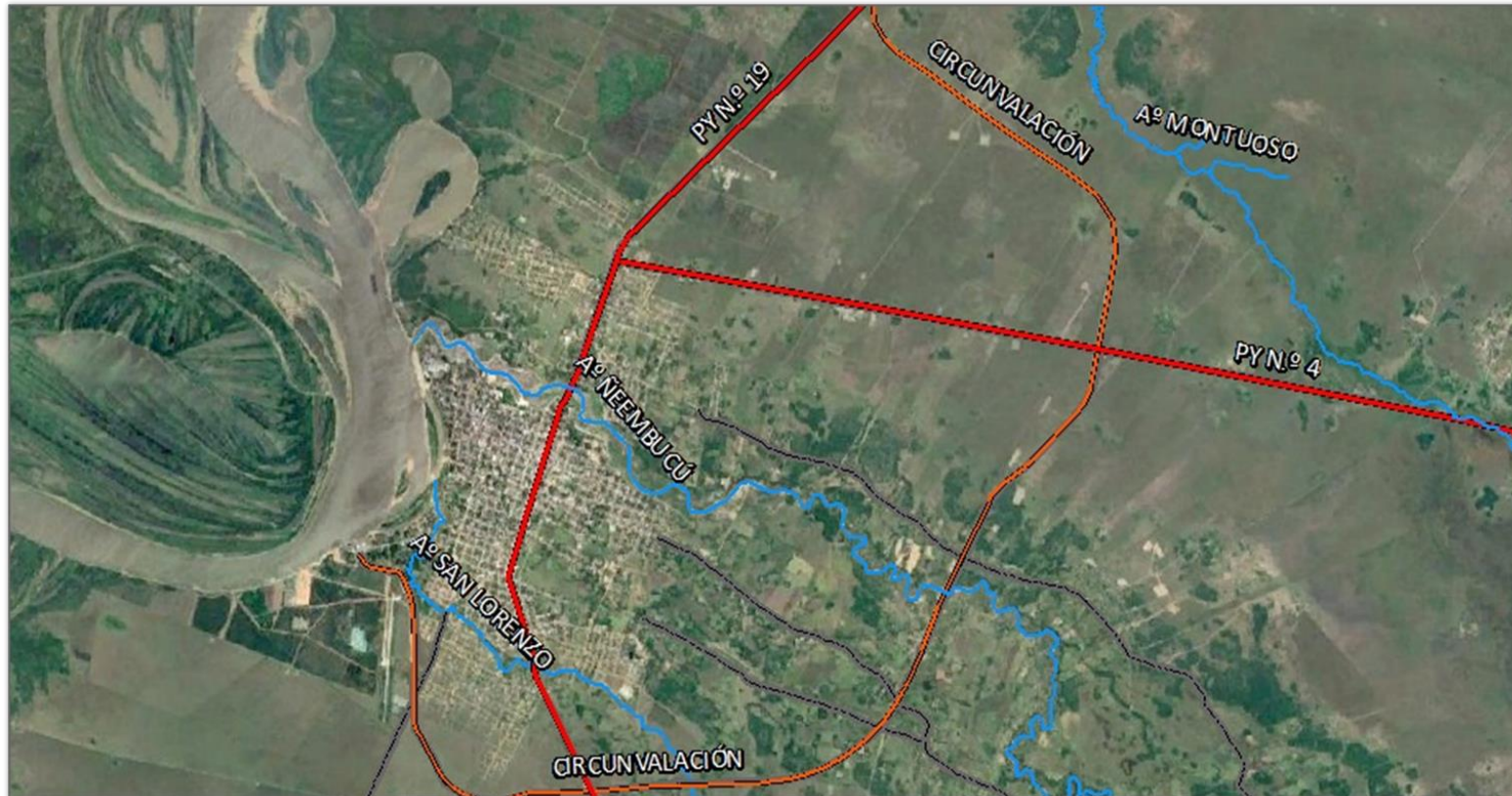
CADISTAS:

NATHALIA JIMÉNEZ

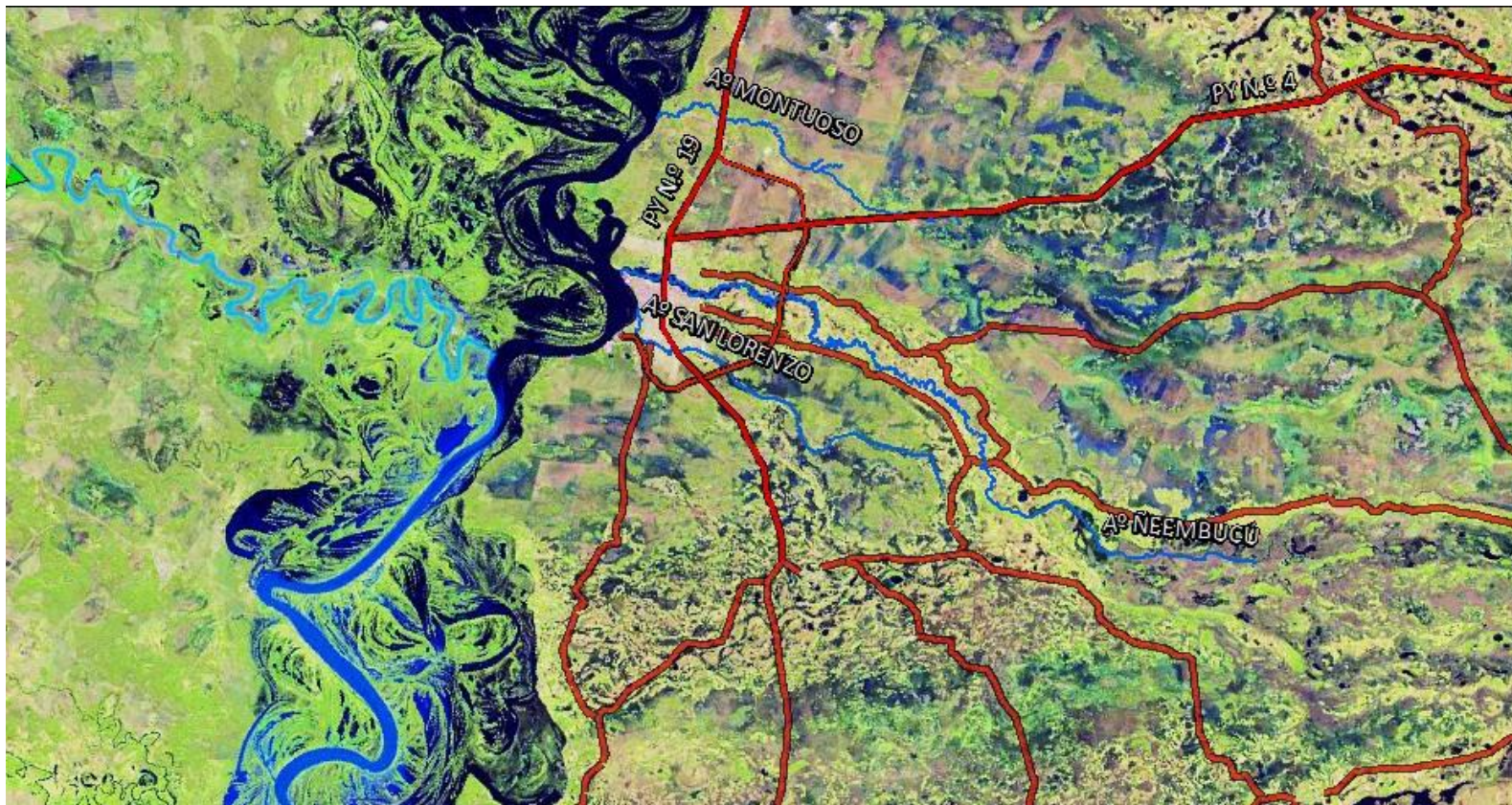
SARA BÁEZ FERRER

MACARENA GOMEZ

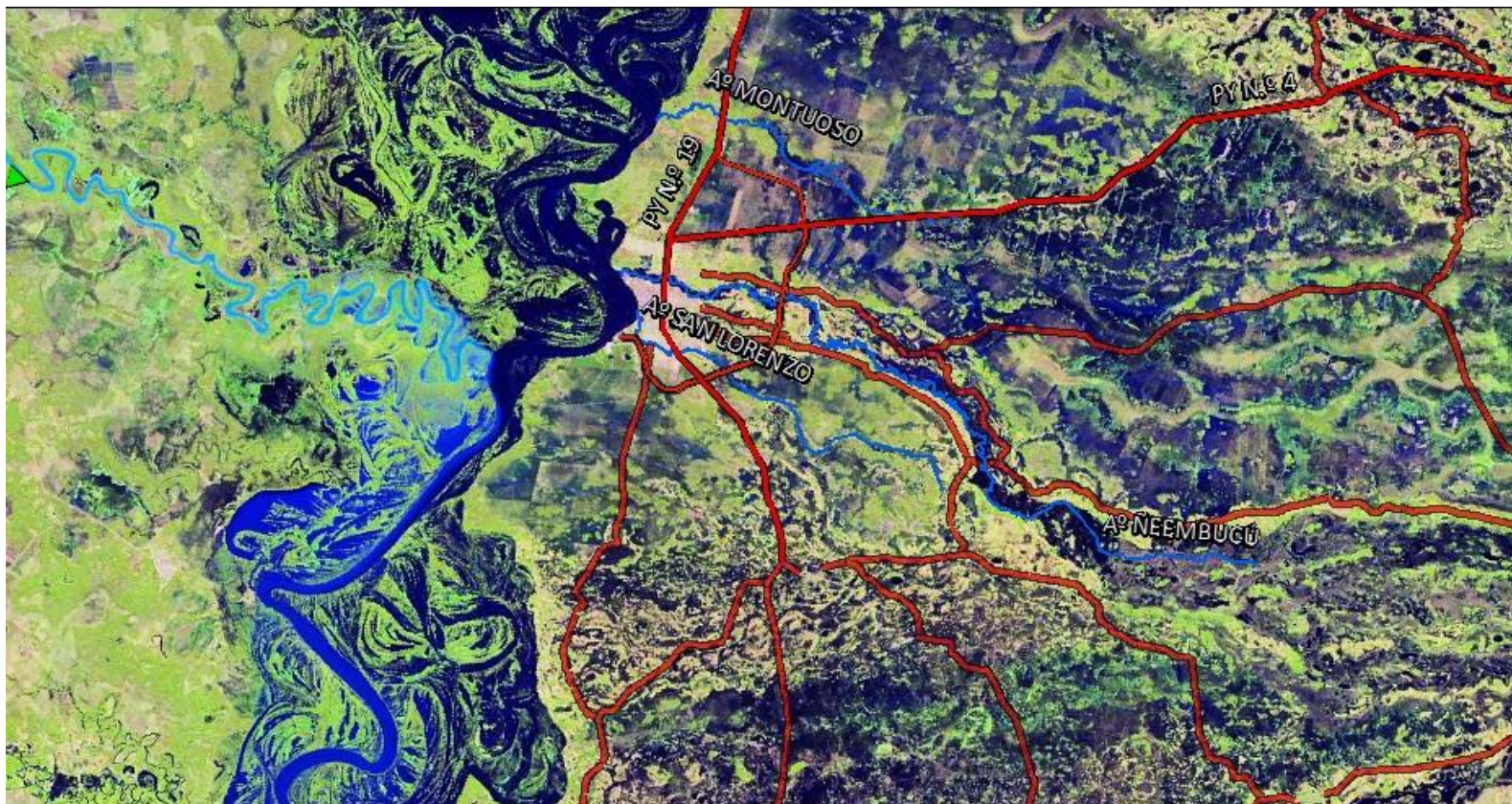
SISTEMA DE DRENAJE: RÍO PARAGUAY – ARROYOS SAN LORENZO – ÑEEMBUCÚ – MONTUOSO – RUTA IV – RUTA 19 - CIRCUNVALACIÓN



PILAR - 02 – MAYO – 2.019 - SITUACIÓN CON AGUAS MEDIAS RÍO PARAGUAY



PILAR - 17 – MAYO – 2.019 - SITUACIÓN CON AGUAS MEDIAS RÍO PARAGUAY



EL SISTEMA DE DEFENSA

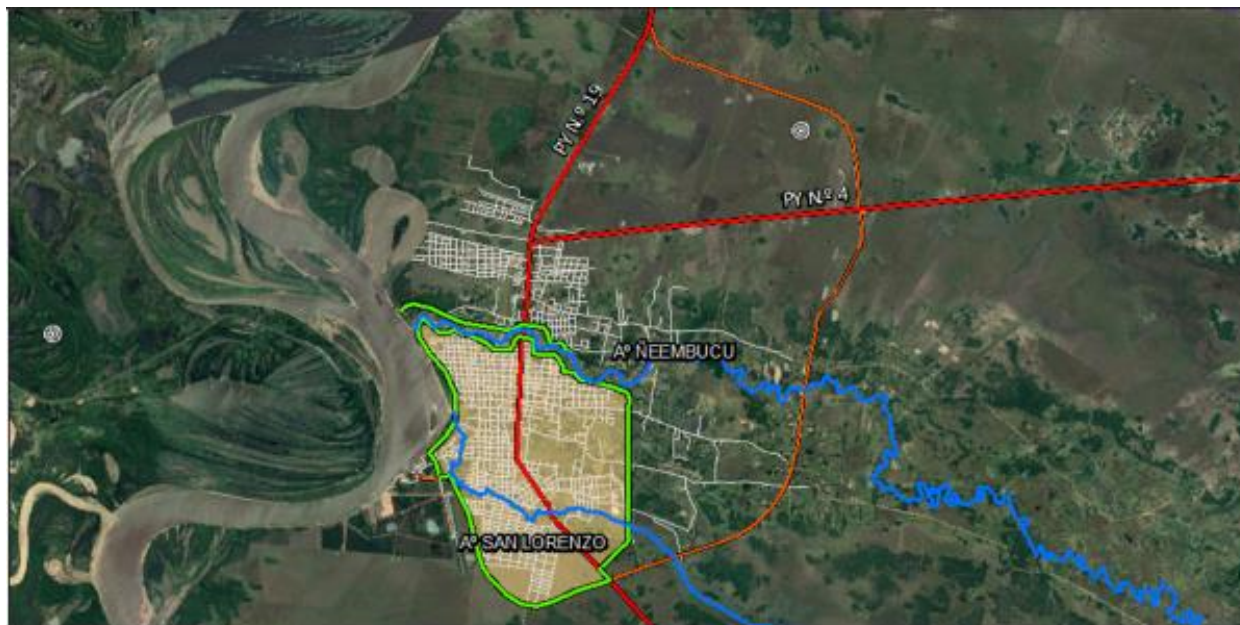
- **Las defensas o muros**
- **El desagüe pluvial**
- **El canal de derivación**



ASUNCIÓN
2022



TRAZA ELEGIDA Y OPERACIÓN DEL SISTEMA



TRAZADO DE LICITACIÓN

AREA PROTEGIDA:

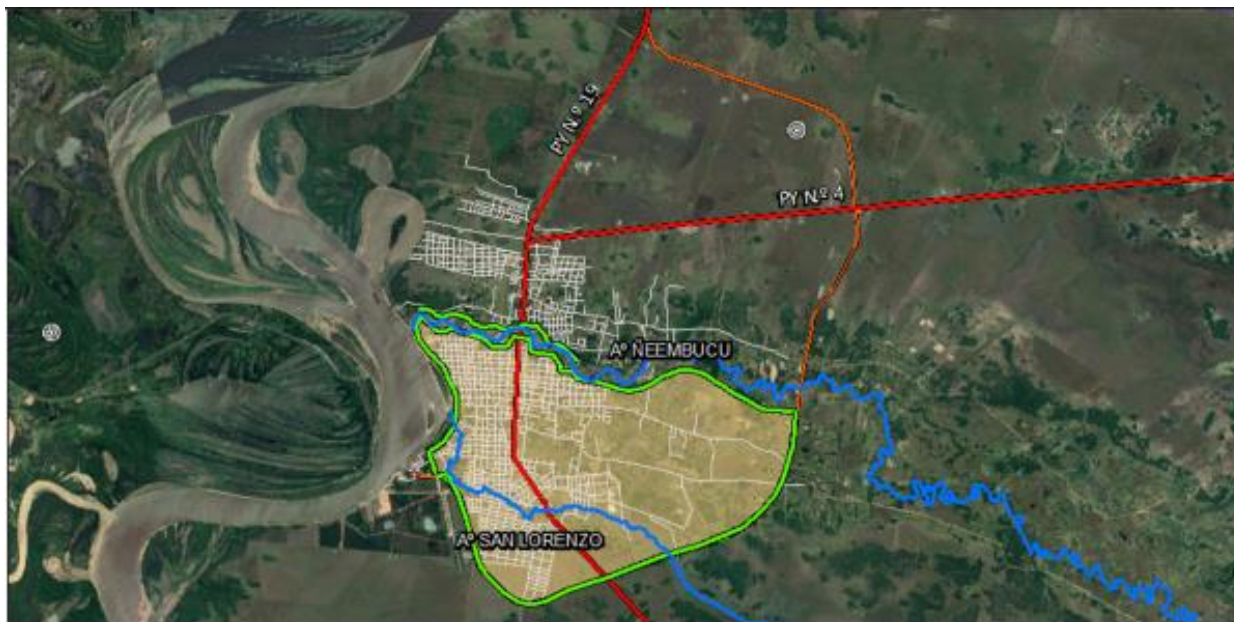
1.300 Ha.

7.310 viviendas (72%)



SISTEMA DE DEFENSAS – TRAZADO LICITACIÓN

- 17 RESERVORIOS Y ESTACIONES DE BOMBEO
- 1 ESTACIONES DE CONTROL



VARIANTE YATAITY

AREA PROTEGIDA:

2.100 Ha. (+61%)

7.583 viviendas (74% +2%)



SISTEMA DE DEFENSAS – VARIANTE YATAITY

- 17 RESERVORIOS Y ESTACIONES DE BOMBEO
- 1 ESTACIONES DE CONTROL



VARIANTE NORTE

AREA PROTEGIDA:

4.200 Ha. (+223%)

10.181 viviendas (100% +28%)



SISTEMA DE DEFENSAS – VARIANTE NORTE

- 2 RESERVORIOS Y ESTACIONES DE BOMBEO (ÑEEMBUCÚ Y SAN LORENZO)
- 2 ESTACIONES DE CONTROL

COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

	PROYECTO DE LICITACIÓN	VARIANTE CIRCUNVALACIÓN	VARIANTE NORTE
VIVIENDAS	72%	74%	100%
ÁREA PROTEGIDA	1.300 Ha.	2.100 Ha.	4.200 Ha. + 1.300 Ha.
EST. DE BOMBEO	17	16	2
EST. DE CONTROL	1	1	2

ASUNCIÓN
2022



TRAZA ELEGIDA Y COMPONENTES DEL SISTEMA



SISTEMA DE DEFENSAS – VARIANTE NORTE

- 2 RESERVORIOS Y ESTACIONES DE BOMBEO (ÑEEMBUCÚ Y SAN LORENZO)
- 2 ESTACIONES DE CONTROL

ASUNCIÓN
2022



EL MURO O DEFENSAS



PARQUE LINEAL, AVENIDA Y BICISENDA





PUENTES SOBRE EL A° ÑEEMBUCÚ Y A° SAN LORENZO



ROTONDAS Y RETORNOS EN SECTOR C

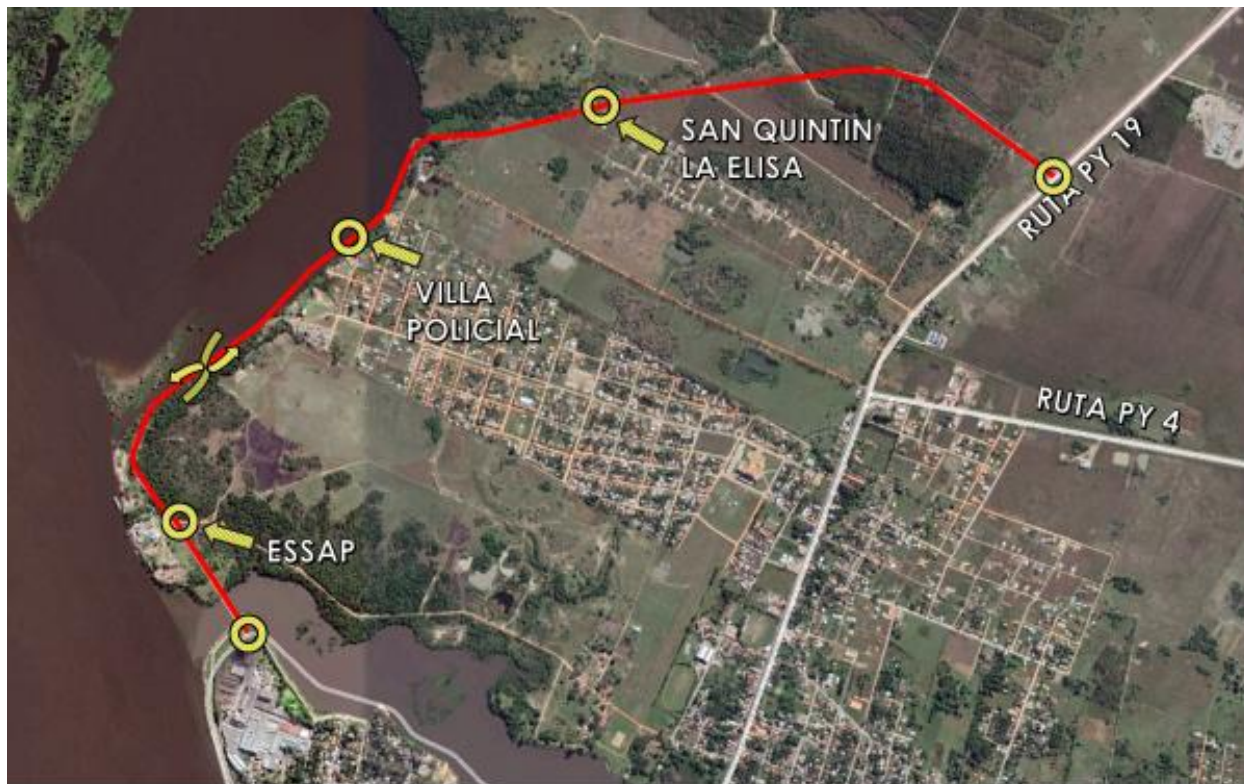




PUENTE SOBRE EL ARROYO ÑEEMBU CÚ



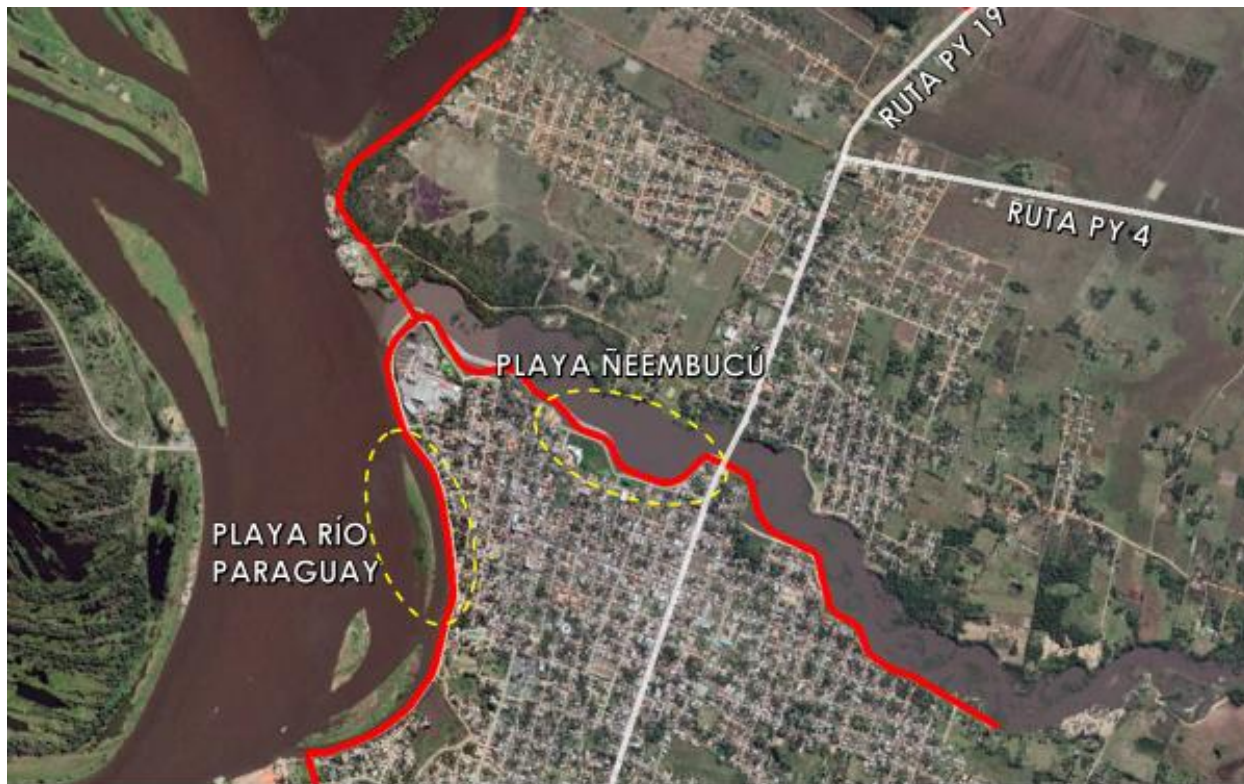
ROTONDAS Y RETORNOS EN SECTOR N



ACCESOS EN EL SECTOR N



ACCESOS EN SECTOR B



SECTORES DE PLAYAS



RAMPAS PARA EMBARCACIONES

ASUNCIÓN
2022



EL DESAGÜE PLUVIAL



CONDUCTOS ENTERRADOS – GALERÍAS CELULARES



CONDUCTOS ENTERRADOS – A° ÑEEMBUCÚ



CONDUCTOS ENTERRADOS – A° SAN LORENZO



8 DE DICIEMBRE, CRUCECITA Y YATAITY
MEJORAMIENTO PA' I ZANJA (FASE A)



PUERTO NUEVO, COLINAS, YTORORÓ, SAN JOSÉ
LIMPIEZA Y PERFILADO DE CUNETAS EXISTENTES





MBOKAJATY, GUARANÍ, DEL ESTE, KAMBA KUA
CANALIZACIONES ZONA NORESTE

ASUNCIÓN
2022

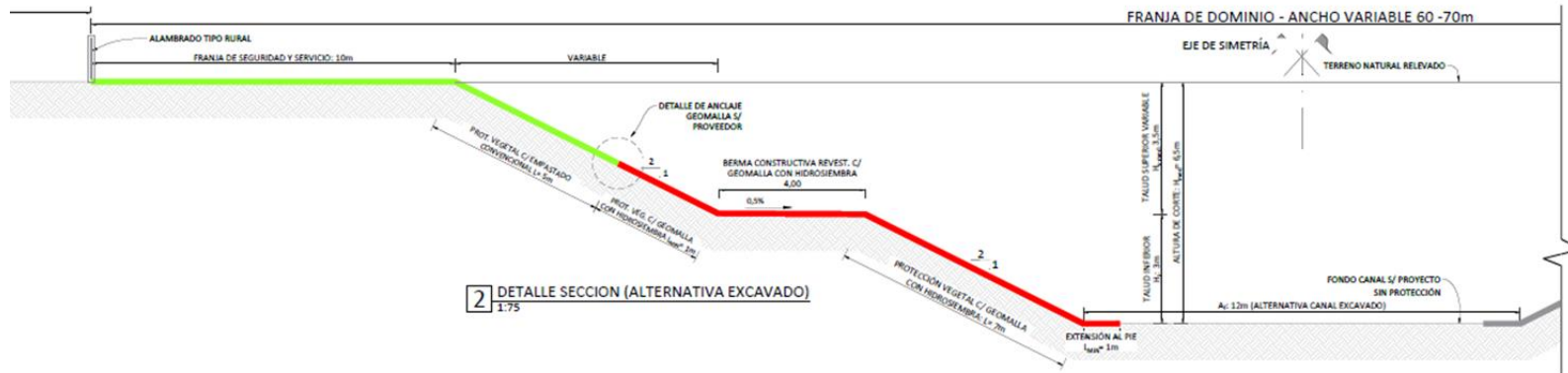


CANAL DE DERIVACIÓN

CANAL DE DERIVACIÓN



SECCIÓN TÍPICA CANAL DERIVACIÓN



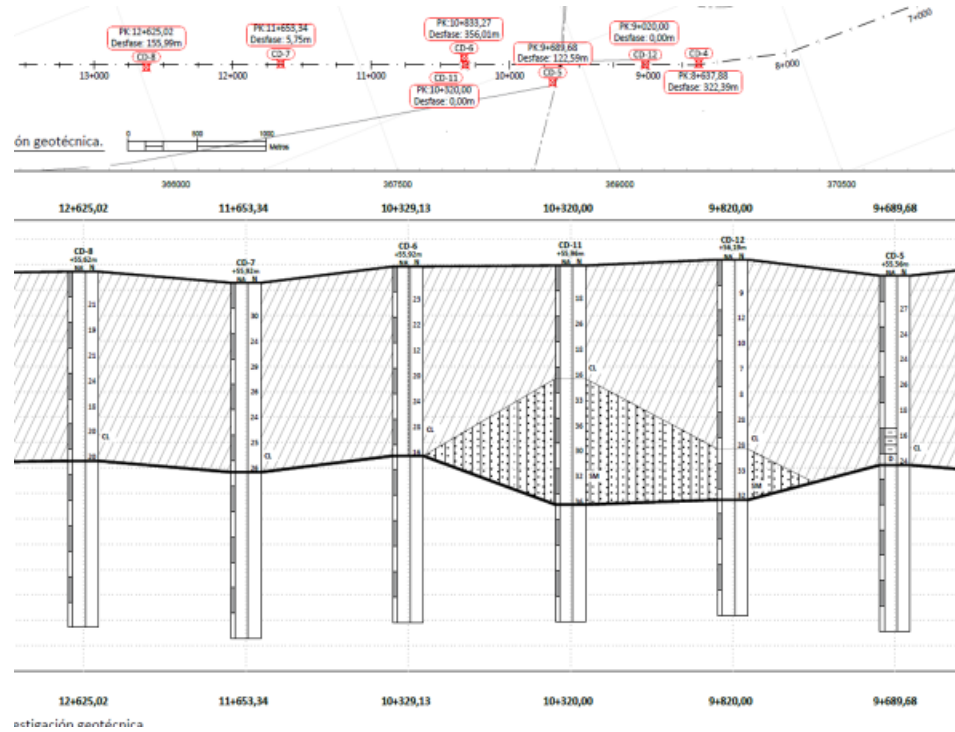
Longitud: 15 km

Ancho: 60 m

Revestimientos: - Geomalla con hidrosiembra

- Pasto

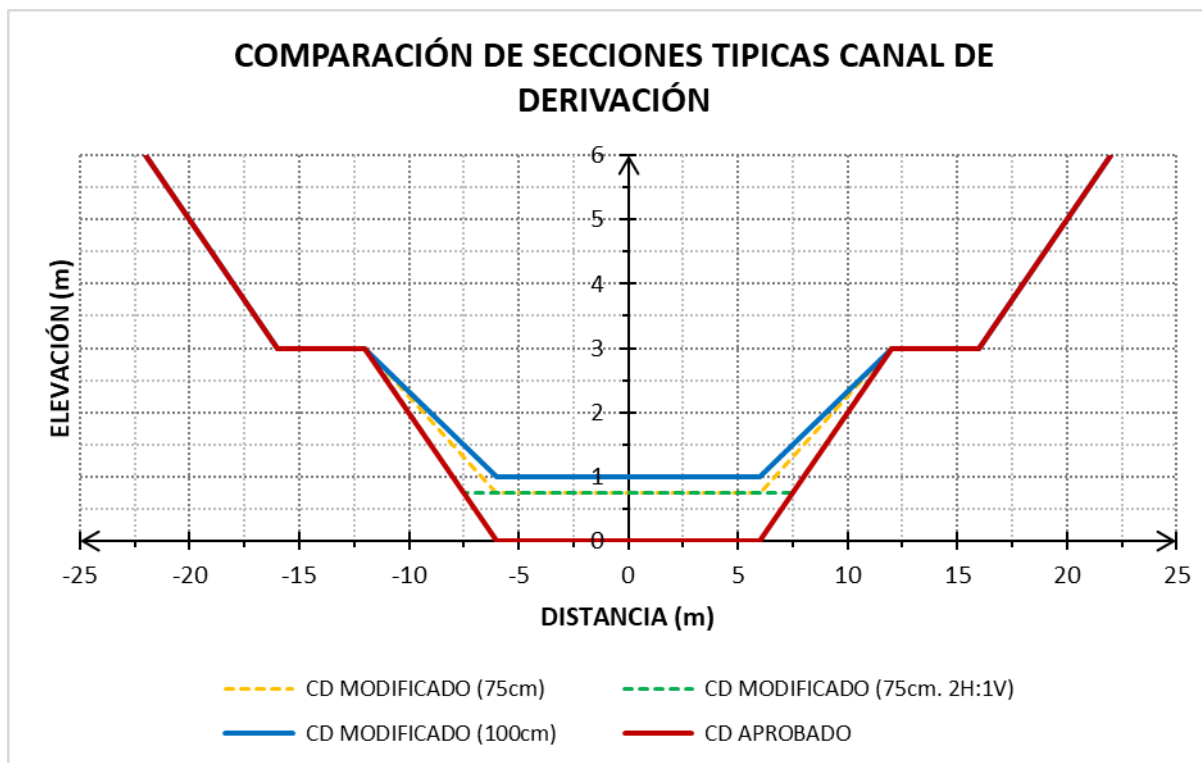
DIFICULTADES EN LA EXCAVACIÓN



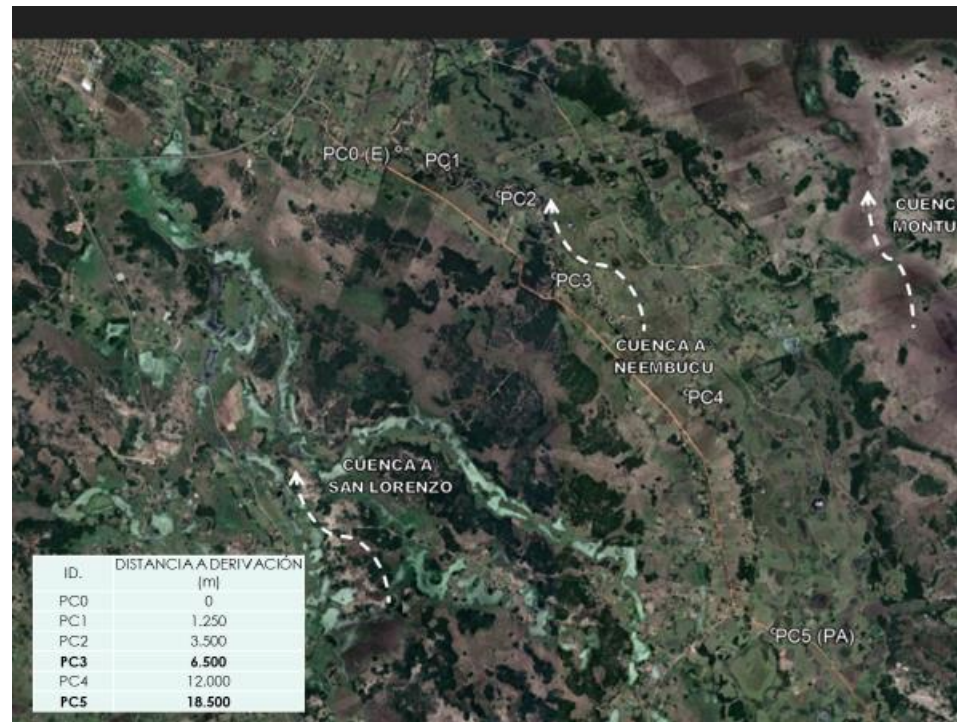
PRESENCIA DE LENTES ARENOSAS Y AGUA



CAMBIO EN LA GEOMETRÍA - COMPARACIÓN



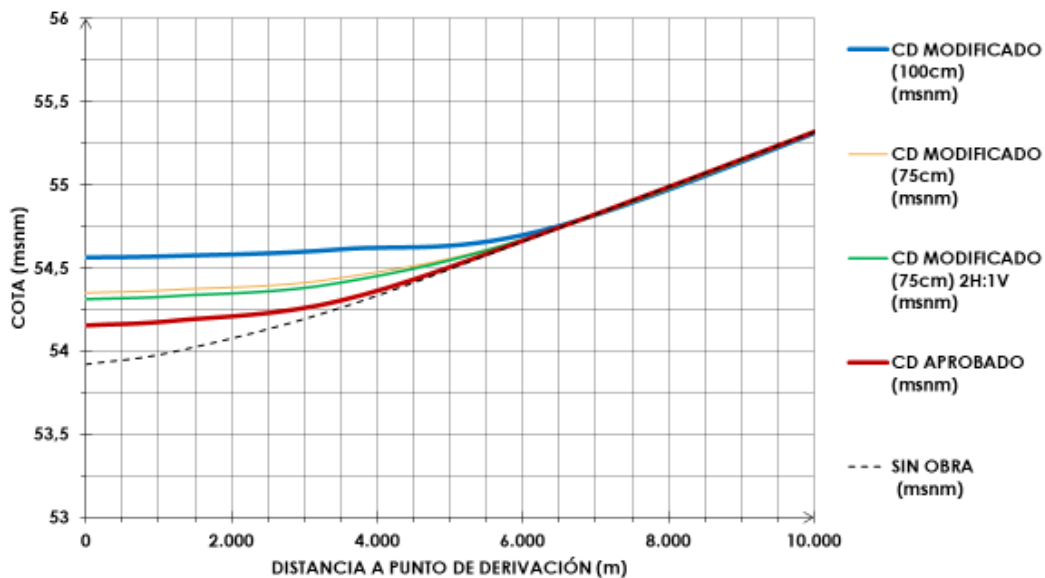
ESTUDIO DE NIVELES – PERMANENCIA LÁMINA DE AGUA



COMPARACIÓN EFECTOS DE REMANSO

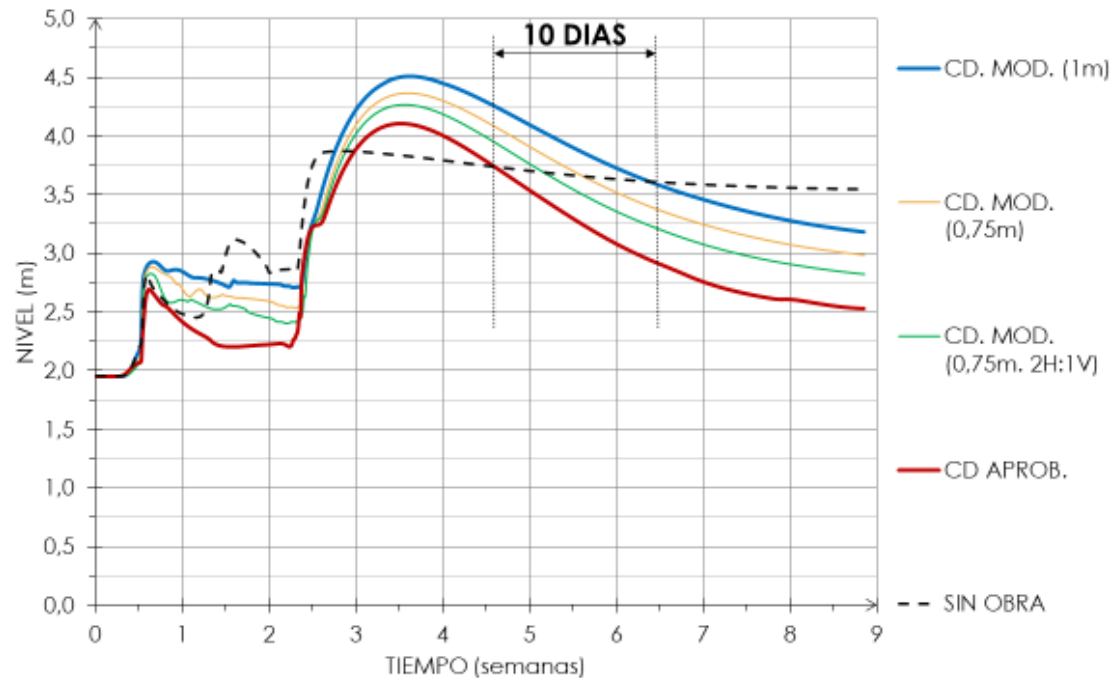


COMPARACION DE EFECTOS DE REMANSO (TR 100)



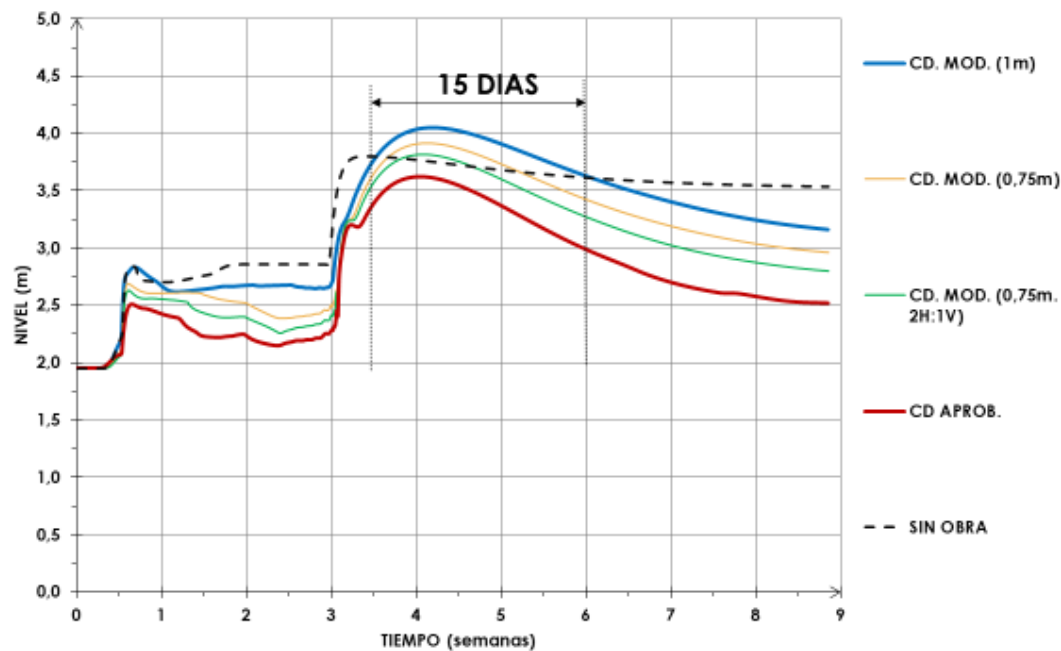
COMPARACIÓN PERMANENCIA – TR 100 AÑOS

COMPARACIÓN DE PERMANENCIAS (TR 100 AÑOS)



COMPARACIÓN PERMANENCIA – TR 25 AÑOS

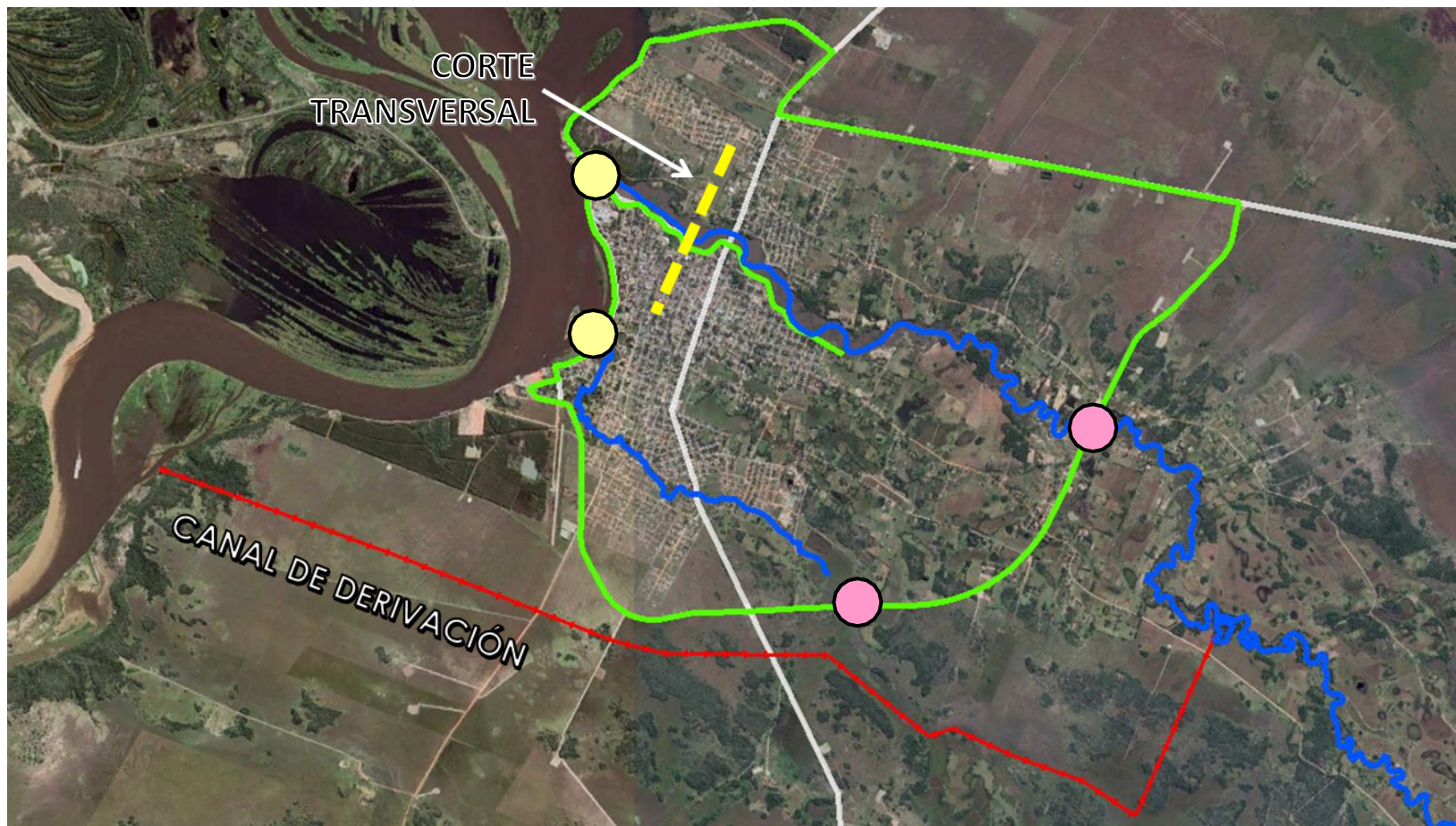
COMPARACIÓN DE PERMANENCIAS (TR 25 AÑOS)



ASUNCIÓN
2022



OPERACIÓN DEL SISTEMA





COMPUERTAS
ABIERTAS

ESTACIÓN DE BOMBEO
APAGADA

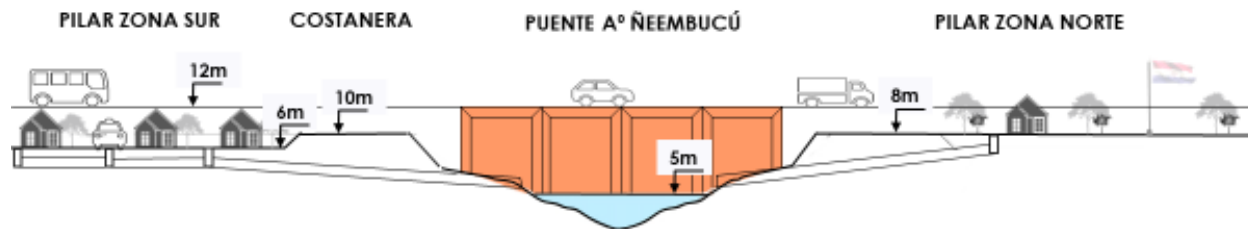
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

RÍO PARAGUAY HASTA 5,5m
75% del tiempo

BANDERA
VERDE

COMPUERTAS ABIERTAS

ESCURRIMIENTO POR GRAVEDAD

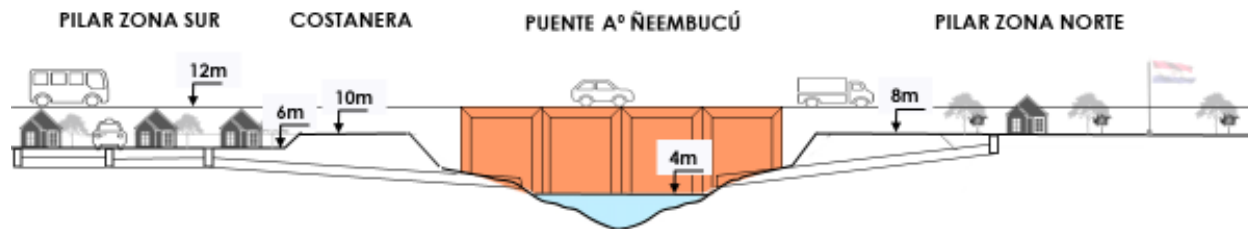


COMPUERTAS
CERRADAS

ESTACIÓN DE BOMBEO
INICIO BOMBEO

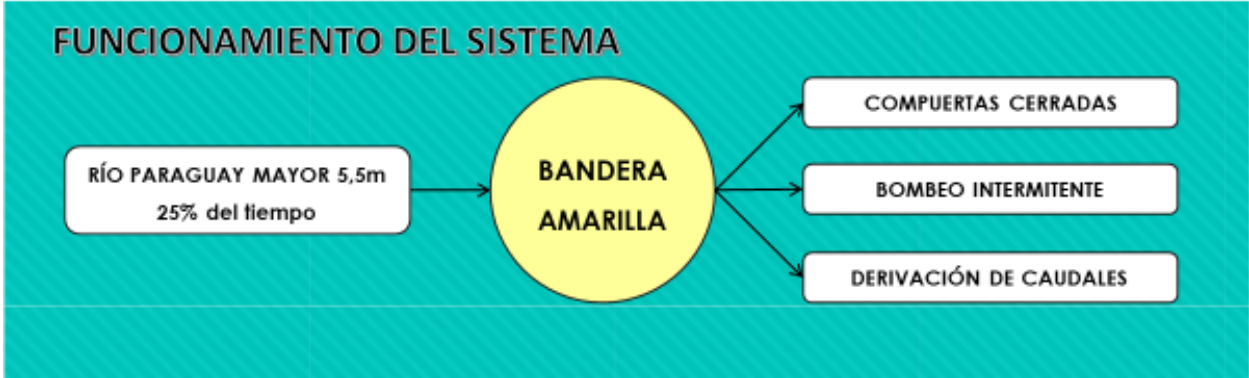
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

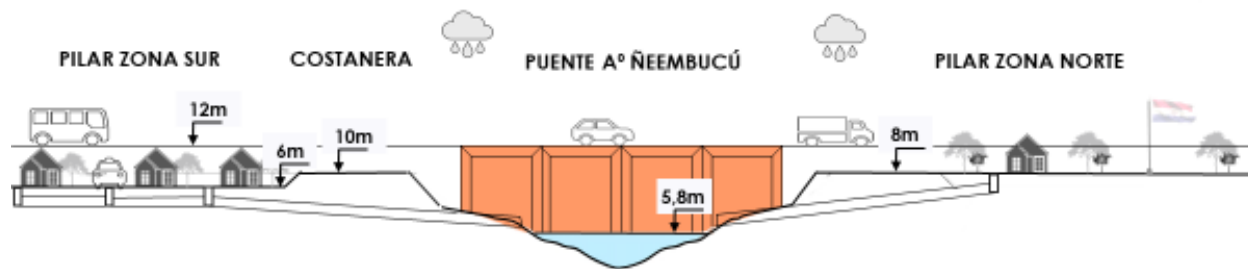




**COMPUERTAS
CERRADAS**

**A° Ñ° NIVEL REGULADO
BOMBEO PARCIAL**





COMPUERTAS
CERRADAS

BOMBEO A POTENCIA
MÁXIMA

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

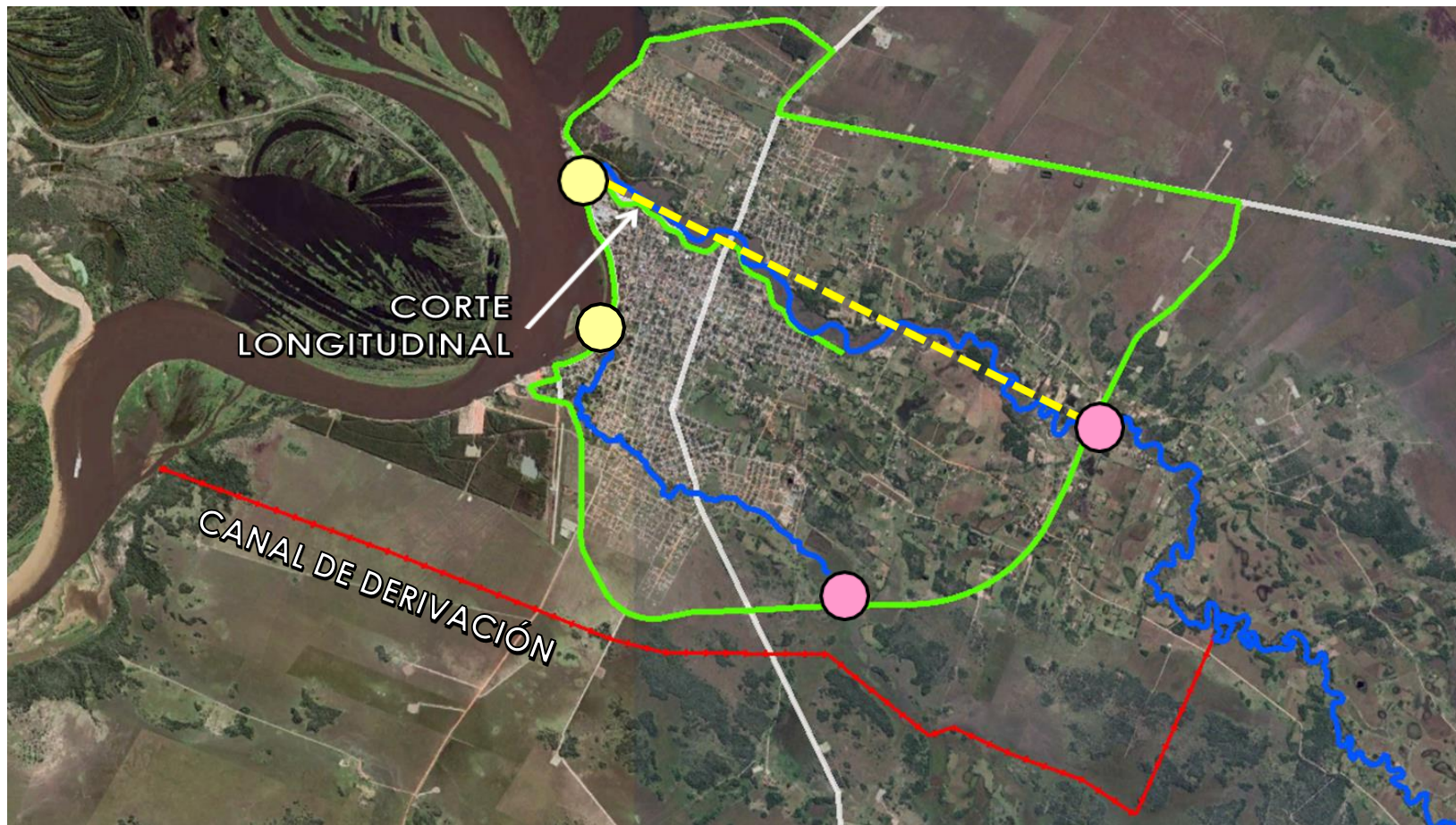
RÍO PARAGUAY MAYOR 5,5m
TORMENTA CRÍTICA (TR 100)

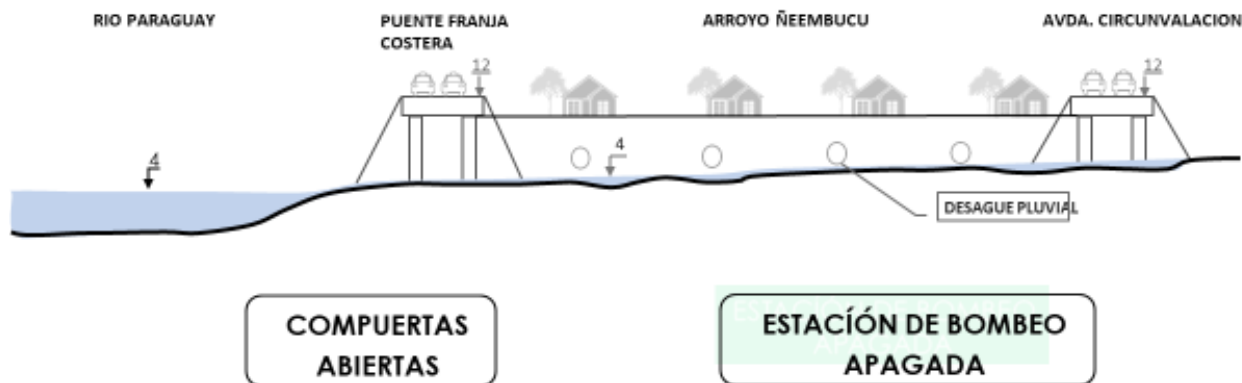
**BANDERA
ROJA**

COMPUERTAS CERRADAS

BOMBEO A POTENCIA MÁXIMA

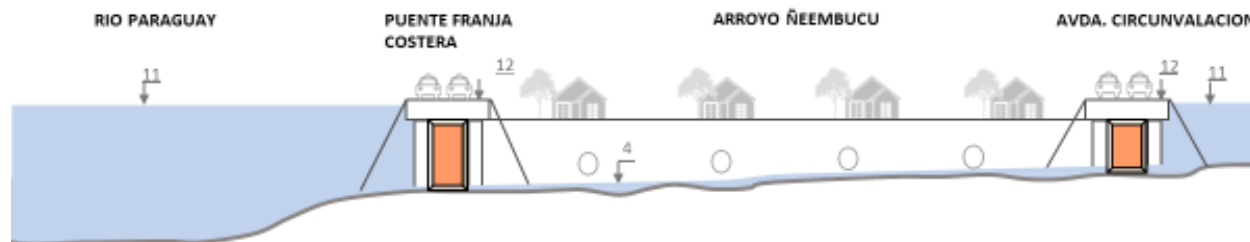
DERIVACIÓN DE CAUDALES





FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

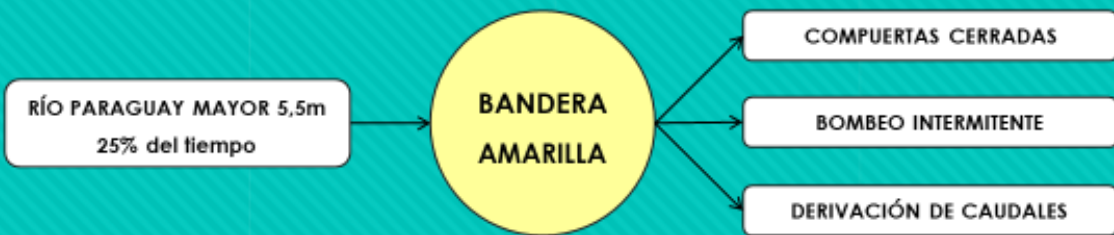


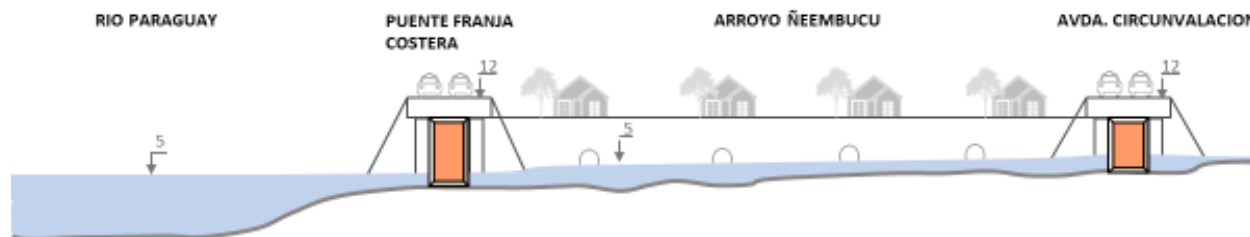


**COMPUERTAS
CERRADAS**

**A° Ñ° NIVEL REGULADO
BOMBEO PARCIAL**

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA





COMPUERTAS
CERRADAS

ESTACIÓN DE BOMBEO
INICIO BOMBEO

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

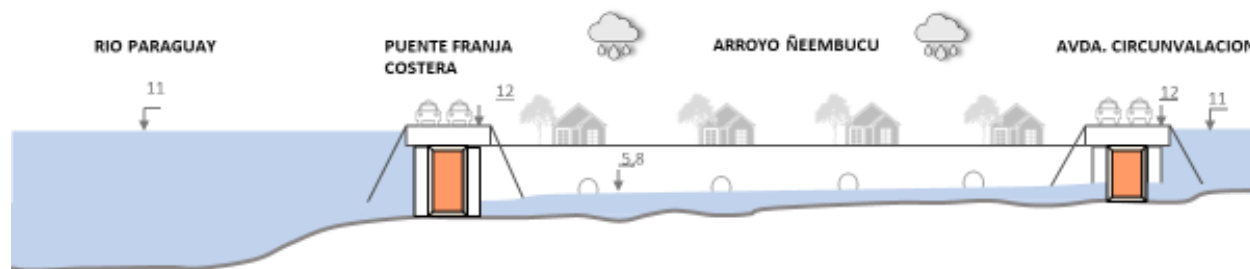
RÍO PARAGUAY MAYOR 5,5m
25% del tiempo

BANDERA
NARANJA

COMPUERTAS CERRADAS

EL BOMBEO DEPRIME EL Aº Ñº

DERIVACIÓN DE CAUDALES



COMPUERTAS
CERRADAS

BOMBEO A POTENCIA
MÁXIMA

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

RÍO PARAGUAY MAYOR 5,5m
TORRENTE CRÍTICA (TR 100)

**BANDERA
ROJA**

COMPUERTAS CERRADAS

BOMBEO A POTENCIA MÁXIMA

DERIVACIÓN DE CAUDALES

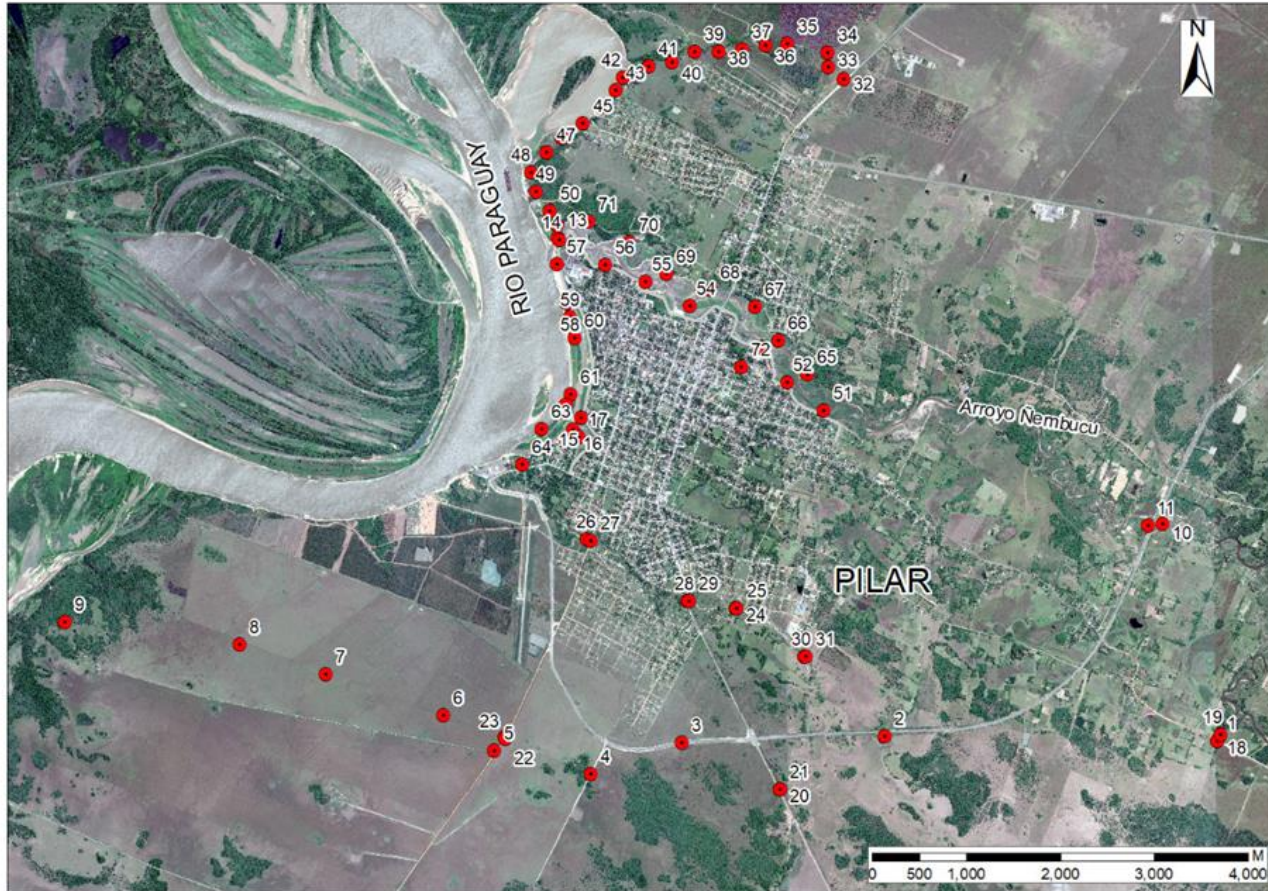
ASUNCIÓN
2022



ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **SUELOS**
- **YACIMIENTOS SUELOS**
- **YACIMIENTOS ROCAS**
- **YACIMIENTOS ARENAS RELLENO HIDRÁULICO**
- **ENSAYOS LABORATORIO**





SECTOR B

SONDEO	MD-SC1	MD-SC2	MD-SC3	MD-SC4
PROG.	5+890	6+440	6+930	7+880
COTA	48,94	49,54	48,21	54,10
55				TN
54				SM
53				SM
52				SM
51				SM
50				SM
49		TN	TN	SM
48	TN	SM	TN	ML
47	ML	SM	CL	ML
46	ML	SM	CL	ML
45	ML	SM	SP-SM	SM
44	ML	SM	SP-SM	SM
43	ML	SM	SP-SM	SM
42	ML	SM	SP-SM	SM
41	ML	SM	SP-SM	SM
40	ML	SM	SP-SM	SM
39	ML	SM	SP-SM	
38	ML	SM	SP-SM	
37	ML	SM	SP-SM	
36	ML	SM	SP-SM	
35	ML	SM	SP-SM	
34	ML	SM	SM	
33	ML		SM	

SECTOR C

SONDEO	MD-SC1	MD-SC2	MD-SC3	MD-SC4	MD-SC5	MD-SC6	MD-SC7
PROG.	8+300	8+460	8+700	9+300	9+420	9+800	10+300
COTA	48,40	50,67	51,26	48,67	50,08	51,17	56,04
56							TN
55							CL
54							CL
53							CL
52							CL
51			TN			TN	CL
50		TN	SM		TN	CL	SC
49		SM	SM		SP-SM	CL	SP-SM
48	TN	SM	SM	TN	SP-SM	CL	SP-SM
47	SM	SM	SM	ML	SP-SM	CL	SP-SM
46	SM	SP-SM	ML	ML	SP-SM	CL	SP-SM
45	SM	SP-SM	ML	CL-ML	SP-SM	ML	SP-SM
44	ML	SP-SM	ML	CL-ML	SP-SM	ML	SP-SM
43	ML	SP-SM	ML	CL-ML	SM	ML	SP-SM
42	ML	SP-SM	ML	ML	SM	ML	SP-SM
41	ML	SM	ML	ML	SM	ML	SM
40	ML	SM	ML	ML	SP-SM	ML	
39	ML		ML	ML		ML	
38	SM		ML	ML		ML	
37	SM		SM	ML		ML	
36	SM		SM	ML		ML	
35	SM			ML			
34	SM			ML			
33	SM			ML			

SECTOR N

SONDEO	MD-SN1	MD-SN2	MD-SN3	MD-SN4	MD-SN5	MD-SN6	MD-SN7	MD-SN8	MD-SN9	MD-SN10
PROG.	0+000	0+250	0+500	0+750	1+000	1+250	1+500	1+750	2+000	2+250
COTA	58,11	55,98	56,10	55,46	55,40	55,30	54,70	55,25	53,00	55,20
58	TN									
57	CL	TN	TN							
56	CL			TN	TN	TN		TN		TN
55	CL	CL	CL				TN			
54	CL	CL	CL	CL	CL	CL		CL	TN	CL
53	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL		CL
52	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
51	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
50	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
49	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
48	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
47	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
46		CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
45		CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
44				CL	CL	CL	CL	CL	CH	CL
43						CL	CL	CL	CH	
42						CL	CL	CL	CH	
41						CL	CL	CL		
40						CL	CL	CL		
39							CL			

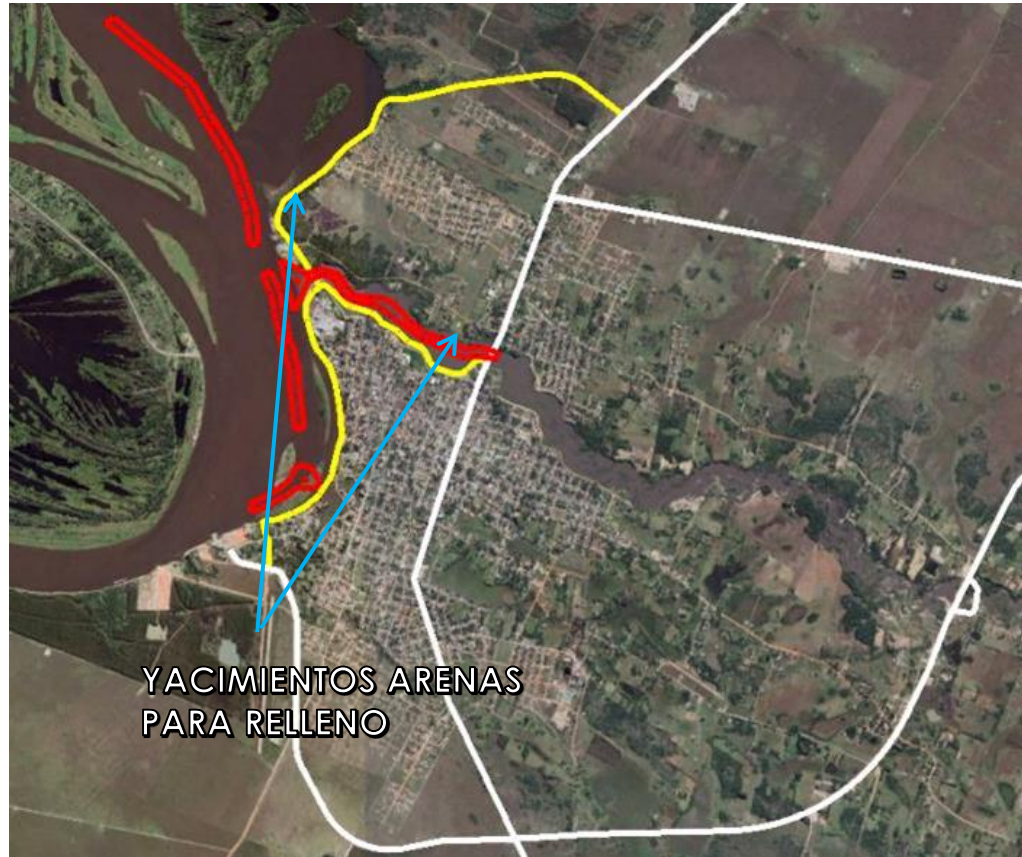
SECTOR N – CONT.

SONDEO	MD-SN11	MD-SN12	MD-SN13	MD-SN14	MD-SN15	MD-SN16	MD-SN17	MD-SN18	MD-SN19
PROG.	2+500	2+750	3+000	3+250	3+500	3+750	4+000	4+250	4+500
COTA	49,70	48,05	48,17	48,54	49,57	50,05	52,70	54,90	56,98
58									TN
57									
56									CL
55								TN	CL
54							TN		CL
53								CH	CL
52							CL	CH	CL
51						TN	CL	CH	CL
50	TN				TN		CL	CH	CL
49		TN	TN	TN		CL	CL	CH	CL
48	SP-SM				CL	CL	CL	CH	
47	SP-SM	SP-SM	SM-SC	SC	ML	CL	CL	CH	
46	SP-SM	SP-SM	SM-SC	SC	ML	CL	CL	CH	
45	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	ML	CL	CL		
44	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	ML	CL			
43	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	CL	CL			
42	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	CL	CL			
41	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	CL	CL			
40	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM	CL	CL			
39	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	CL	CL			
38	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM	CL	SP-SM			
37	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM		SP-SM			
36	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM		SP-SM			
35	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM		SP-SM			
34	SP-SM	SP-SM	SP-SM	SP-SM					
33		SP-SM	SP-SM	SP-SM					

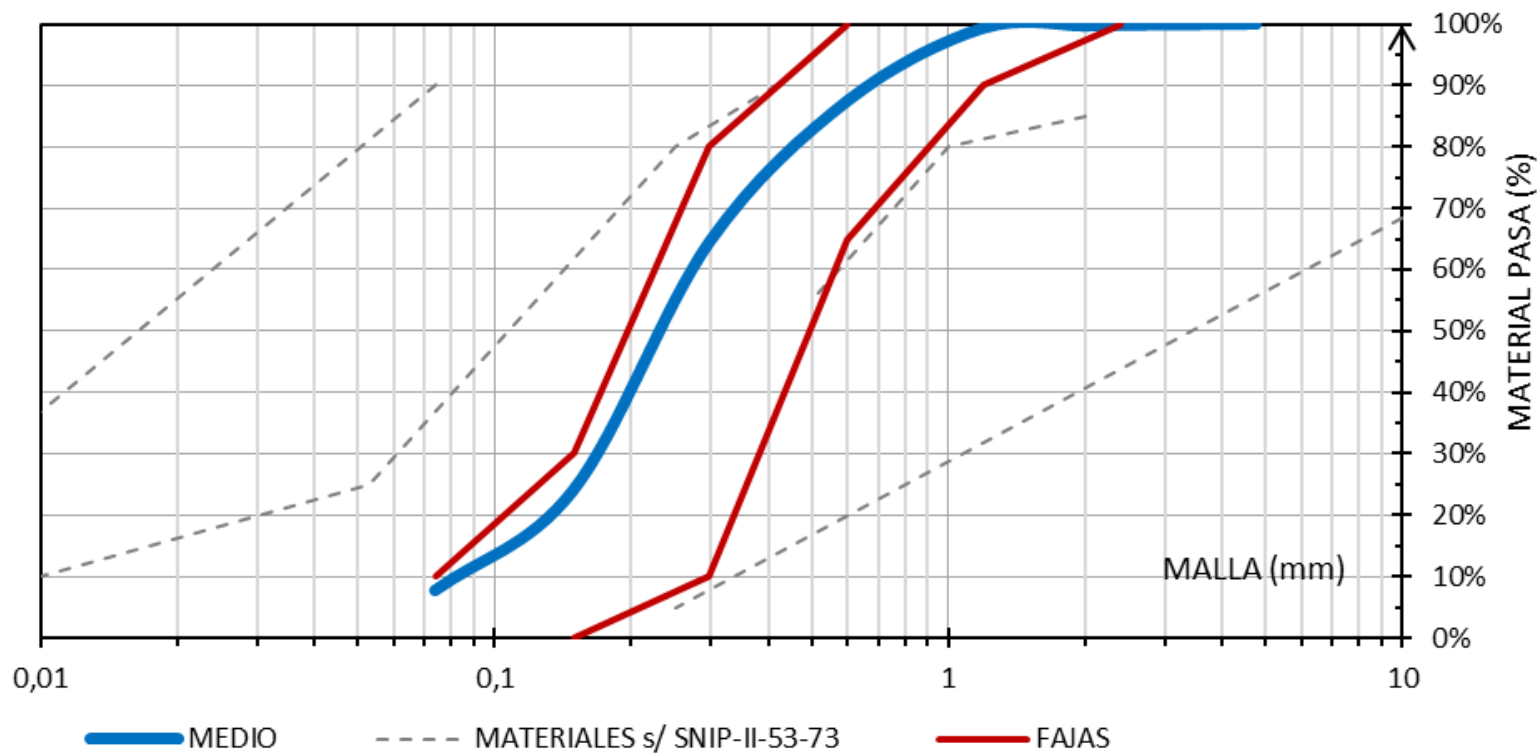
CANAL DE DERIVACIÓN

SONDEO	CD-1	CD-2	CD-3	CD-4	CD-5	CD-6	CD-7	CD-8	CD-9
PROGRESIVA	0+400	0+250	0+500	0+750	1+000	1+250	1+500	1+750	2+000
COTA	56.40	55.74	56.34	56.13	55.56	55.92	55.18	55.62	55.55
56	TN	TN	TN	TN	TN	TN		TN	TN
55	SM	CL	CL	CL	CL	CL	TN	CL	CL
54	SM	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
53	SM	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
52	SM	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
51	SM	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
50	SC	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
49	SC	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
48							CL		

YACIMIENTO ARENAS PARA RELLENO HIDRÁULICO



GRANULOMETRÍA DE LAS ARENAS DEL RÍO PARAGUAY



ASUNCIÓN
2022



CONCLUSIONES CAMPAÑA GEOTÉCNICA

RESUMEN DE TIPO DE SUELOS

En términos generales, los suelos registrados se pueden clasificar en dos grandes grupos:

Sobre el río Paraguay (traza de franja costera), predominan los suelos arenosos (SM, SP-SM Y SC), coincidentes con las arenas registradas en toda la región en toda la cuenca del río Paraná.

Posterior a la ribera del río Paraguay y del Arroyo Ñeembucú, predominan las arcillas arenosas (CL) de consistencia firme.

En la traza del canal de derivación, a partir del albardón del Arroyo Ñeembucú solo han sido registradas arenas arcillosas de buena capacidad portante.

POTENCIAL DISPERSIVO

Se registraron reacciones moderadas a fuertes de dispersividad en los ensayos de Crumb Test realizados en los estratos arcillosos de los sondeos.

Estos resultados se ven ratificados con los estudios de base realizados para el proyecto de licitación, por lo que se consideran a los suelos del lugar con dispersividad moderada, adoptándose respectivamente todas las medidas de mitigación y control necesarias durante el proceso constructivo.

PERMEABILIDAD

Existe una amplia experiencia en obras de importancia ejecutadas con arenas de los ríos Paraguay y el Paraná.

Debido a la fábrica de las mismas, muestras relaciones anisotrópicas variables con predominancia de la permeabilidad horizontal en relaciones variables desde 2 hasta 10.

Se ha demostrado que en depósitos formados por hidromezclas en terraplenes efectuados en Paraguay y Argentina y aún aquellos conformados por compactación mecánica, los granos adoptan una orientación preferencial que conduce a permeabilidades horizontales predominantes.

Estas condiciones no se reflejan en ensayos de laboratorio, sino con mediciones in situ a partir de registros piezométricos en sectores de prueba a escala natural.

INSTRUMENTACIÓN

PIEZOMETRÍA

En el caso particular de esta obra se considera que no es necesario la utilización de piezómetros eléctricos debido a las condiciones geotécnicas del subsuelo de fundación de los rellenos hidráulicos y al tipo de obra.

El subsuelo en el espesor activo interesado por la carga de los rellenos en general presenta suelos areno limosos, limos arenosos y algunos sectores con arcillas de moderada plasticidad con lentes arenosas intercaladas. Este tipo de formación, como ya se ha experimentado en obras similares, drena con facilidad en un tiempo relativamente corto, del orden de no más de 6 meses.

Por estas consideraciones hemos recomendado no utilizar este tipo de aparatos, y en último caso, reemplazarlos por piezómetros tipo Casagrande de fácil instalación y costo mucho menor.

INSTRUMENTACIÓN

ASENTÍMETROS

Las placas asentimétricas son de real utilidad en este proyecto ya que permiten definir claramente la marcha de las deformaciones en el tiempo.

Su instalación realizada en el inicio de las obras permite además controlar los volúmenes en exceso a los teóricos por el hundimiento de los suelos de fundación.

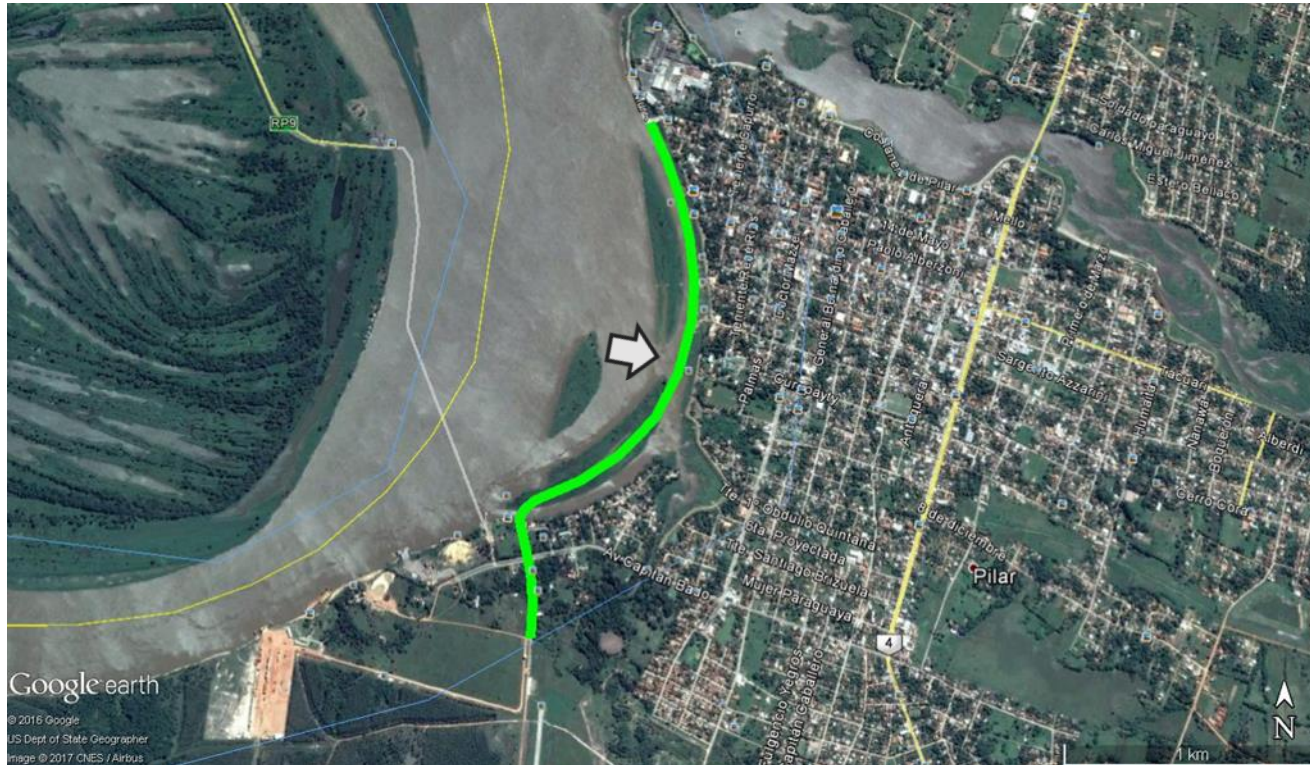
Se recomienda la instalación de placas asentimétricas en el suelo de fundación para seguir la marcha de las deformaciones y controlar los volúmenes reales de colocación del material refulado.

ASUNCIÓN
2022



CAMBIO TRAZA PROYECTO LICITACIÓN

CAMBIO TRAZA PROYECTO LICITACIÓN



DEFORMACIONES VERTICALES

Los suelos correspondientes al área de estudio se han formado por sucesivas deposiciones de material resultante de las avenidas del río y de los arroyos que llegan a la ciudad.

Aun si se pudieran ejecutar esos ensayos de consolidación, los resultados solo representarían a esa lente de material en particular coexistente en una masa arenosa heterogénea y por lo tanto no representarían a la estratigrafía del suelo que interesa y que pueda deformarse por aplicación de la carga vertical, para la definición de la curva tensión-deformación del estrato.

En conclusión, se recomienda la determinación de los asentamientos por medio de la medición de asentímetros de placa tomando lecturas antes, durante y posteriores al relleno hidráulico.

DRENES VERTICALES

Los drenes verticales se colocan en el terreno para llevar a cabo la consolidación acelerada de suelos cohesivos saturados, aumentando la permeabilidad vertical del suelo de fundación y disminuyendo el tiempo de disipación de las presiones de poros.

En el caso del Proyecto de la Costanera de PILAR, durante la campaña de investigación geotécnica de este contrato, en trabajos preliminares y en los estudios geotécnicos del proyecto de base no se han registrado estratos cohesivos blandos de gran espesor. Es por esto que se espera que los asentamiento de la fundación sean producidos durante el misma proceso constructiva, sin necesidad de la instalación de drenes verticales prefabricados.

En consecuencia, para la obra que nos ocupa se desaconseja el empleo de drenes verticales prefabricados.

CONFORMACIÓN DE TALUDES

HIPOTESIS DE CÁLCULO

El diseño de ingeniería de la conformación final de los taludes de los terraplenes por rellenos hidráulicos fue calculada para etapa constructiva y verificada en servicio de la obra. En todos los casos, se consideró la influencia de un nivel freático en temporada de estiajes. Se considera que el efecto de carga liviana que posee el tránsito liviano por la futura implantación de una avenida costanera es despreciable.

En todos los casos se emplearon secciones de cálculo teóricas, con perfiles estratigráficos representativos de las condiciones más desfavorables existentes en cada tramo. Los perfiles teóricos fueron obtenidos a partir del análisis y consideraciones desde la experiencia del proyectista para garantizar la seguridad de las estructuras de tierra según los sondeos ejecutados. Esto se debe a que es imposible determinar el perfil estratigráfico crítico mediante campañas de investigación convencionales empleando sondeos puntuales, aun cuando se ejecuten perforaciones distanciadas 50m entre sí.

CONFORMACIÓN DE TALUDES

PROGRAMA DE CALCULO

Para modelar el comportamiento de estabilidad al deslizamiento parcial o profundo en medios porosos y cohesivos se emplea el software GeoStudio 2021 versión 11.0.1.21429, corriendo modelos con la extensión SLOPE/W empleando el método de Morgenstern – Price.

Como bibliografía de referencia se emplea el "SLOPE STABILITY" o EM 1110-2-1902 del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU.

CONFORMACIÓN DE TALUDES

FACTOR DE SEGURIDAD

Se muestra a continuación los factores a seguridad requeridos establecidos en la tabla 3-1 del EM 1110-2-1902

TALUD	CONDICIÓN	FS MIN	SECTORES
Mojado – Seco	Fin de construcción	1,25	C, N y B
Mojado – Seco	Largo plazo	1,5	C, N y B

A fines prácticos, se adopta un FS MIN de 1,5 para todas el final de la construcción y el largo plazo.

CONFORMACIÓN DE TALUDES

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS

ID.	DESCRIPCIÓN	Y	c	ϕ
		KN/m ³	kPa	°
1	Arena limosa de fundación	16,5	0	28
2	Arena limosa de fundación*	17,0	0	30
3	Arcilla arenosa de fundación	17,5	30	3
4	Terraplén de arcilla	18,5	70	3
5	Relleno hidráulico con recintos	17,2	0	32
6	Relleno hidráulico libre	16,5	0	28

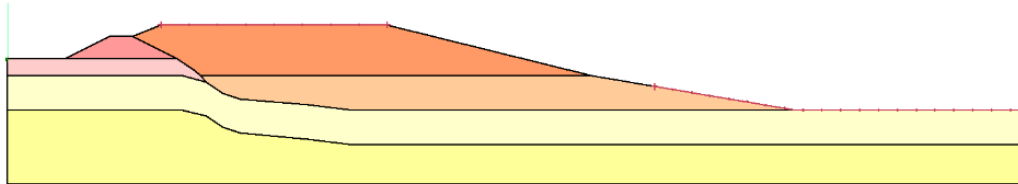
TRAMO MANUFACTURA

Este tramo posee una cota de fondo mínima en la cota +43m y un ancho de coronamiento de 40m.

Los taludes externos una relación 4H:1V desde el coronamiento en la cota +58m hasta la cota +49m, a partir de allí posee un talud más suave producto del relleno hidráulico libre con una relación que ronda el 6H:1V.

El talud interno con relación 2,5H:1V se encuentra apoyado sobre el muro o dique existente de la ciudad, donde el muro y camino actual constituyen una berma de 5m de ancho hasta el terreno natural ubicado detrás de él.

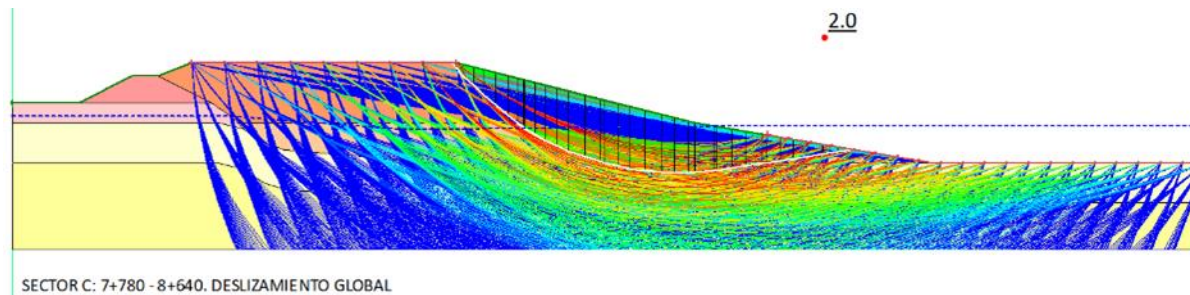
Se dispone a continuación, el modelo y los resultados obtenidos para los taludes secos y mojados respectivamente.



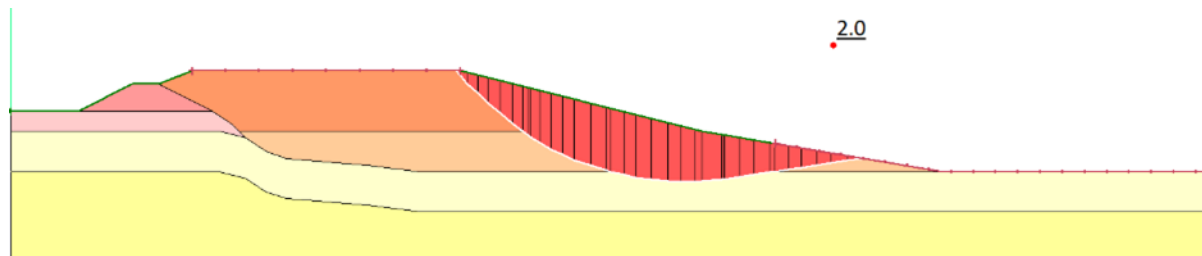
SECTOR C: 7+780 - 8+640. DESLIZAMIENTO GLOBAL

		(kN/m ³)	(kPa)	(°)
01.	ARENA LIMOSA DE FUNDACIÓN	16.5	0	28
02.	ARENA LIMOSA DE FUNDACIÓN**	17	0	30
03.	ARCILLA ARENOSA DE FUNDACIÓN	17.5	30	3
04.	TERRAPLEN DE ARCILLA	18.5	70	5
05.	TERRAPLEN REFULADO MEDIANTE RECINTOS	17.2	0	32
06.	TERRAPLEN REFULADO BAJO AGUA	16.5	0	28

TRAMO MANUFACTURA - RÍO PARAGUAY – TALUD EXTERNO

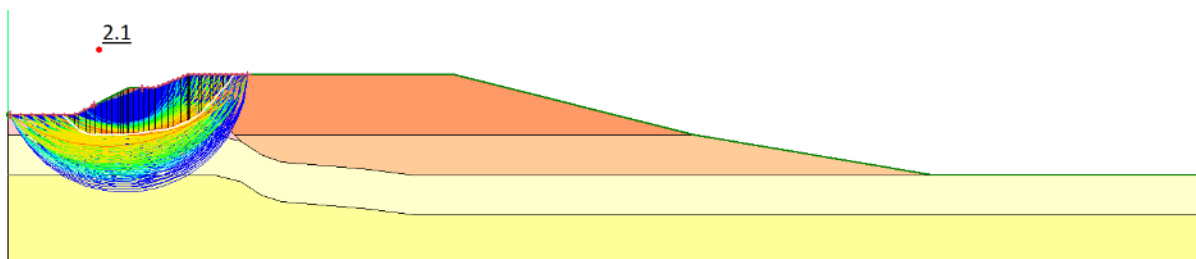


Superficies de falla en talud mojado

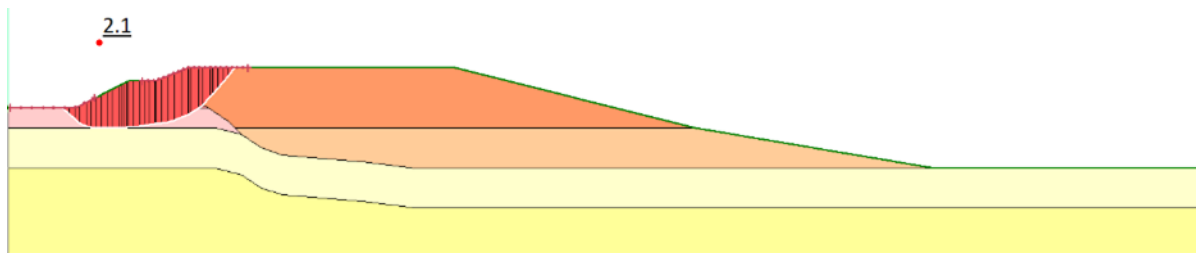


Superficie de falla crítica talud mojado

TRAMO MANUFACTURA – RÍO PARAGUAY – TALUD INTERNO



Superficies de falla en talud seco



Superficie de falla crítica en talud seco

CONFORMACIÓN DE TALUDES

RESUMEN TALUDES MUROS

ID.	SECTOR	PK INICIAL	PK FINAL	TALUD INTERNO	ALTURA INTERNA	FS	TALUD EXTERNO	ALTURA EXTERNA	FS
1	C	7+780	8+640	2,5H:1V	2m	2,1	4H:1V	15m	2,0
2	C	8+640	9+640	2,5H:1V	2m	1,9	4H:1V	10m	1,9
3	C	9+640	10+620	2,5H:1V	2m	1,7	4H:1V	10m	2,1
4	C	10+620	10+937	2,5H:1V	2m	1,7	2,5H:1V	2m	1,7
5	B	5+720	7+780	-	-	-	3H:1V	8m	1,5
6	B	5+720	7+780	-	-	-	3H:1V	8m	1,8
7	N	0+000	2+500	2,5H:1V	4m	2,5	2,5H:1V	4m	2,5
8	N	2+500	3+750	-	-	-	3H:1V	15m	1,6
9	N	2+500	3+750	-	-	-	3H:1V	15m	1,5
10	CD	0+000	0+300	2H:1V	6	1,9	-	-	-
11	CD	0+300	15+800	2,5H:1V	6	1,5	-	-	-

ANÁLISIS DE FILTRACIONES

PROGRAMA DE CALCULO

Para modelar el comportamiento de las filtraciones en los terraplenes de defensa, se emplea el software GeoStudio 2021 versión 11.0.1.21429, corriendo modelos con la extensión SEEP/W empleando modelos de filtraciones PERMANENTES.

FACTOR DE SEGURIDAD

Los gradientes verticales, de acuerdo a la bibliografía citada resultan críticos cuando adoptan el valor unitario (1). En el caso de los gradientes oblicuos, se tornan críticos cuando alcanzan valores superiores al unitario (1,25). En ambos casos, el factor de seguridad adoptado es 3 (tres). Bajo este esquema, el gradiente vertical admisible es de 0,33 (1/3) mientras que para los gradientes oblicuos se admite un valor de 0,42 (1,25/3).

Siguiendo las recomendaciones establecidas por los desarrolladores de SEEP/W, a fines de evitar errores por cambios bruscos de geometría, los gradientes serán evaluados a por lo menos un metro del pie de la estructura.

ANÁLISIS DE FILTRACIONES

CRECIDA DE DISEÑO

La crecida de diseño se encuentra en cota +57m según los estudios hidrológicos y presenta una revancha de 1m respecto a la cota del coronamiento +58m. Dichos parámetros constituyen condiciones de borde que se introducen para los análisis de filtración.

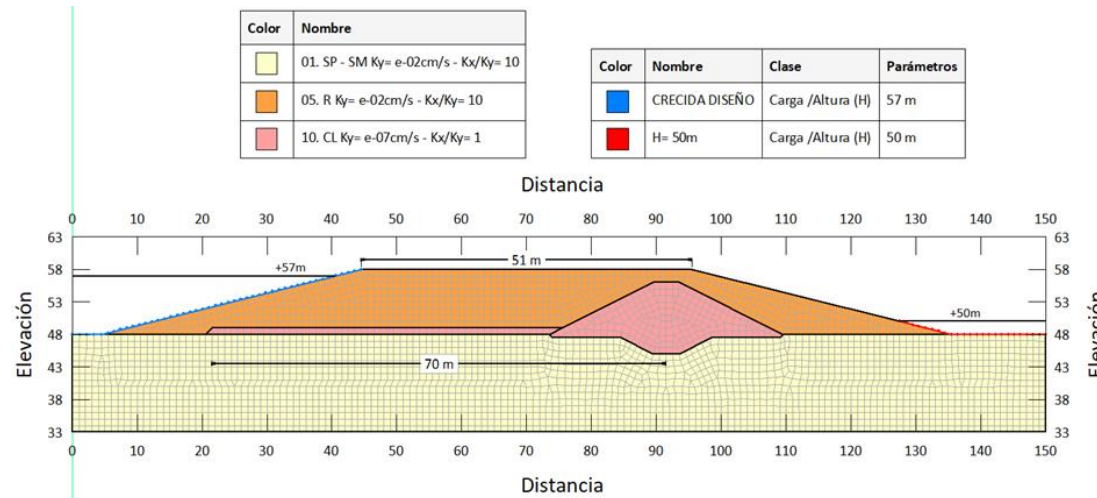
La crecida de diseño **+57m** posee una recurrencia **TR ≥ 100 años** según la nueva distribución probabilística de Gumbel con la serie actualizada al 2020 presentada en el Informe de Avance.

ANÁLISIS DE FILTRACIONES

DESEMBOCADURA DEL ARROYO SAN LORENZO

Para este tramo en particular, se incorpora:

1. Un tratamiento a la fundación a través de un dentellón de hasta 3m de profundidad, que tiene como fin remover las arenas sueltas existentes en el cauce.
2. Un núcleo de suelo impermeable (ver yacimientos de suelos cohesivos).
3. Una pantalla horizontal (blanket) de suelo cohesivo.
4. Espaldón de arena para la protección del núcleo cohesivo frente a erosiones.

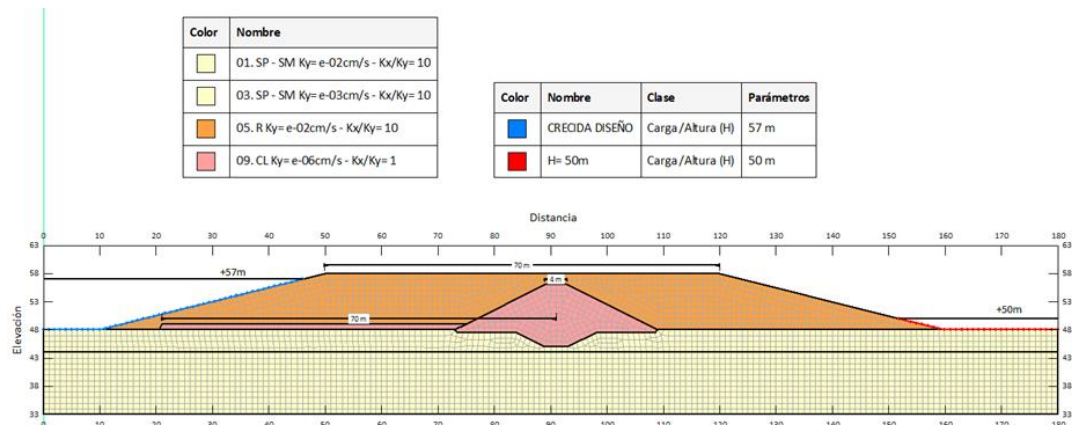


ANÁLISIS DE FILTRACIONES

DESEMBOCADURA DEL ARROYO ÑEEMBU CÚ

Posee como criterio general el mismo empleado en la desembocadura del Arroyo San Lorenzo, donde se incorpora como elemento de control de filtraciones los mismos elementos anteriormente descriptos para el tratamiento del Arroyo San Lorenzo (núcleo, blanket, dentellón, espaldón de arena)

1. Un tratamiento a la fundación a través de un dentellón de hasta 3m de profundidad, que tiene como fin remover las arenas sueltas existentes en el cauce.
2. Un núcleo de suelo impermeable (ver yacimientos de suelos cohesivos).
3. Una pantalla horizontal (blanket) de suelo cohesivo.
4. Espaldón de arena para la protección del núcleo cohesivo frente a erosiones.



ANÁLISIS DE FILTRACIONES – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En los cauces del río Paraguay y de los Arroyos San Lorenzo y Ñeembucú existen arenas aluviales de alta permeabilidad, con condiciones de anisotropía de relación 10/1.
- Se debe apoyar la nueva franja costera sobre el dique existente o la barranca según corresponda, ya que de este modo se tienen estratos poco permeables (arcillas arenosas) en el lado interno y se reducen sustancialmente las cargas hidráulicas.
- Se recomienda incorporar elementos de control de filtraciones en terraplenes de arena de 20m de ancho de coronamiento a partir 2m de altura (1m carga hidráulica). De manera análoga, en terraplenes de arena de 40m de ancho de coronamiento a partir 4m de altura (3m carga hidráulica).
- En los terraplenes contiguos a las estaciones de control y bombeo (desembocadura del Aº San Lorenzo y desembocadura del Aº Ñeembucú) se obtienen las alturas de terraplén máximas (10m) y cargas hidráulicas moderadas (7m), por lo que se requiere incorporar un núcleo, dentellón y blanket de suelo cohesivo de baja permeabilidad para lograr el manejo adecuado de las filtraciones.

ANÁLISIS DE FILTRACIONES – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Bajo las estructuras de control, se requiere en principio dar continuidad al blanket del terraplenado y conseguir mayor trayectoria en las líneas de flujo. En segunda instancia, se recomienda incorporar el filtro granular graduado aguas abajo de la losa de fundación como segunda barrera de defensas para producir una salida ordenada del flujo de filtración.
- El diseño estructural debe emplear hipótesis de cálculo conservadoras con respecto a los estados de subpresión, recomendándose para tal fin trabajar con el 100% de la carga de subpresión en combinación con coeficientes de seguridad reducidos por tratarse de eventos accidentales y de baja permanencia.
- Los terraplenes de la Circunvalación, ruta PY N.º 4 y PY N.º 19 existentes han sido construidos mayormente con suelos del lugar (cohesivos de baja permeabilidad) en sectores relativamente altos sobre arcillas arenosas, presentando buen comportamiento frente a filtraciones.
- En los terraplenes de cierre que acuden a la estación de derivación y bajo dicha estructura son válidas las consideraciones y recomendaciones establecidas para la desembocadura de ambos arroyos.

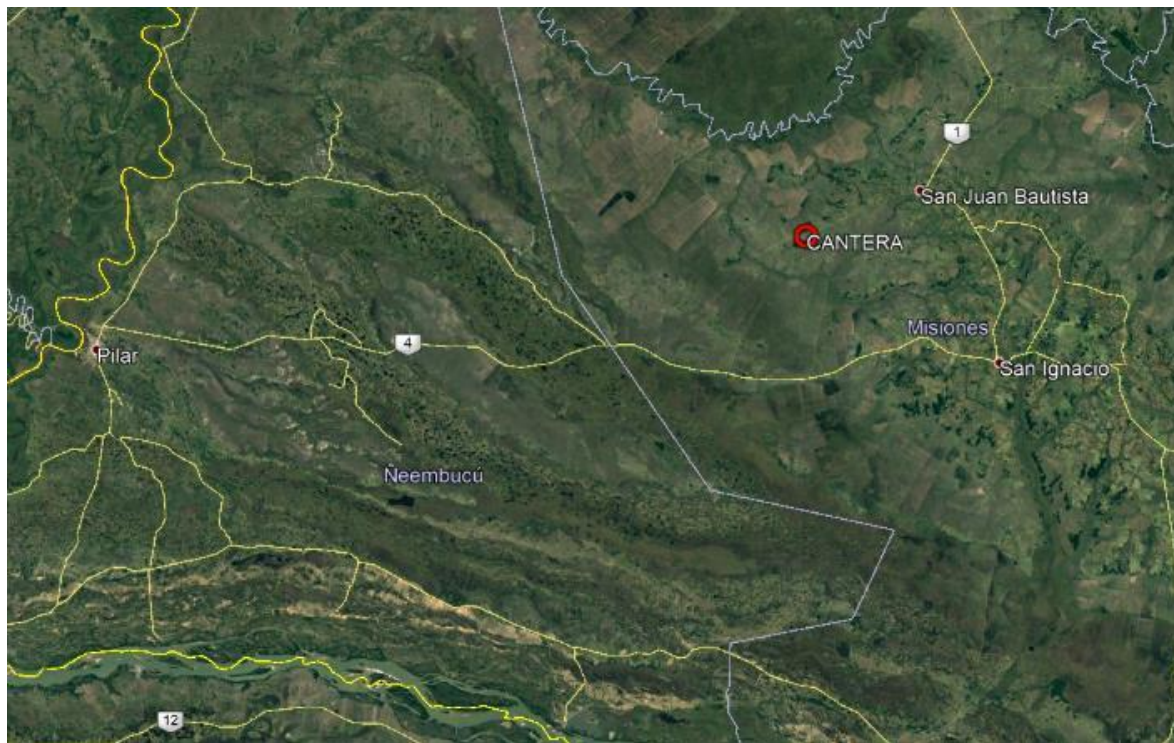
En todos los sectores donde el núcleo se compacte con las obras civiles, se debe mantener un talud de vinculación con relación 1H:10V.

YACIMIENTO DE CANTERAS PARA REVESTIMIENTOS Y FILTROS

Las canteras disponibles en la región, se encuentran en las cercanías de la ciudad de San Juan Bautista, siendo por ello conocida como “*Cantera TOCSA San Juan Bautista*” con una distancia promedio de transporte de 175 km.

De esta cantera o de las circundantes a San Ignacio, es posible obtener piedra bruta, cero y trituradas para la elaboración de hormigones y/o filtros granulares.

UBICACIÓN CANTERA FILTROS Y REVESTIMIENTOS



CANTERA TOCSA – SAN JUAN BAUTISTA



LOS INICIOS – LA PANDEMIA



LONGITUD: 10.5 Km

VOLUMEN: 4.719.514 m³

TERRAPLÉN POR REFULADO - MUROS





BETONFLEX: 50.100 m²

ARTICULADO: 150.000 m²

GEOSIEMBRA: 650.000 m²

REVESTIMIENTO TALUDES



ESTACIÓN DE BOMBEO ARROYO SAN LORENZO



VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO: 850.000 m³

VOLUMEN DE HORMIGÓN: 6.500 m³



EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO:

6 BOMBAS DE 348 HP

ESTACIÓN DE CONTROL ARROYO ÑEEMBUCÚ



VOLUMEN DE HORMIGÓN: 2.500 m³



ESTACIÓN DE BOMBEO ARROYO ÑEEMBUCÚ



VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO: 3.500.000 m³

VOLUMEN DE HORMIGÓN: 7.500 m³

EQUIPAMIENTO ELECTROMECAÁNICO:

8 BOMBAS DE 348 HP

CANAL DE DERIVACIÓN Y SALIDA AL RÍO PARAGUAY



LONGITUD: 15 Km

VOLUMEN: 3.200.000 m³



REVESTIMIENTO DE TALUDES

Geomalla e Hidrosiembra: 650.000 m²



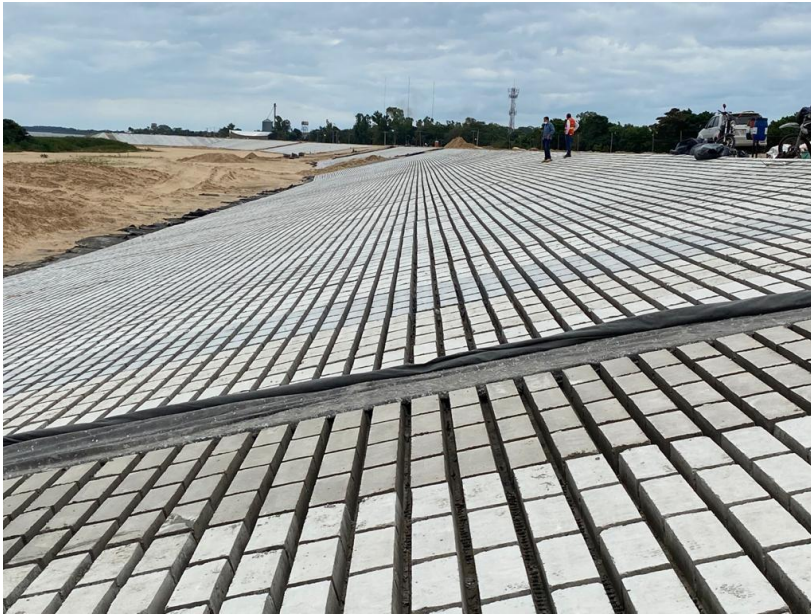


REVESTIMIENTO DE TALUDES

Colchones concreto encapsulado: 150.000 m²

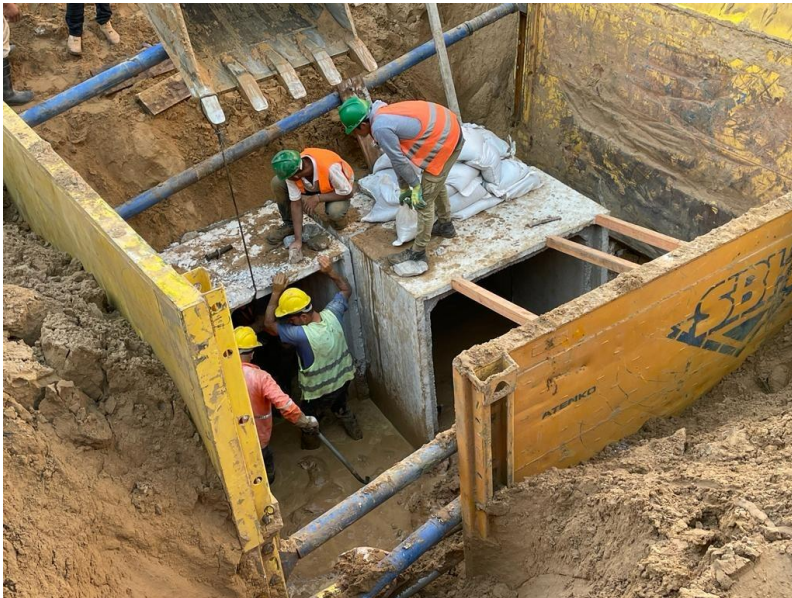


REVESTIMIENTO DE TALUDES



Betonflex con pasto: 50.100 m²

EXCAVACIONES URBANAS



Galerías celulares: 3.380 m (Zonas Terminal, Manufactura y Barrio San Antonio)

COMUNICACIÓN DEL PROYECTO



AUDIENCIA PÚBLICA

DIFUSIÓN DEL PROYECTO



VISITA TÉCNICA – ESTUDIANTES INGENIERÍA

LECCIONES APRENDIDAS

- **LA UBICACIÓN DEL PROYECTO**
- **LAS PARTES DEL PROYECTO**
- **LOS ESTUDIOS NECESARIOS**
- **LA EXPERIENCIA PROYECTUAL**
- **LAS EXPERIENCIAS EXITOSAS**
- **LA DINAMICIDAD DEL PROYECTO**
- **LA SIMULACIÓN VS LA MEDICIÓN**
- **LA COMUNICACIÓN**
- **LA DIFUSIÓN**



**SUEÑO QUE SE SUEÑA SOLO ES SOLO UN SUEÑO QUE SE SUEÑA
SOLO, SUEÑO QUE SE SUEÑA JUNTOS ES REALIDAD**

ASUNCIÓN
2022



MUCHÍSIMAS GRACIAS