5. OBSERVACIONES

Se deben tomar todas las precauciones para que no se produzca el corte del pilote en el hormigonado. Se debe además extremar las precauciones en lo que respecta a la limpieza de la excavación antes del vertido del hormigón en el interior de la misma en caso de optarse por la solución de pilotes perforados.
En todos los casos, siempre es recomendable, especialmente en zonas donde no existe información geotécnica, la ejecución de una prueba de carga en un pilote tipo.

6. REFERENCIAS

El Índice de Penetración, Np (Bosio, 1.991, IXCPMSYF) es una forma de interpretación de pequeñas penetraciones logradas con el equipo y energía del SPT en suelos endurecidos y rocas extremadamente blandas. Viene expresado por la relación Np = 4.51 (P50 - P30) donde P50 y P30 son las penetraciones acumuladas para 50 y 30 golpes respectivamente.
El Índice Bosio está dado por la relación 100/Np.

Asunción, 12 de Diciembre de 2.019.

Ing. César López Bosio

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

SONDEOS	COORDENADAS		COTAS
	X	Y	
P1	442441.116	7206647.455	+85.34
P2	442463.196	7206636.399	+85.18
P3	442496.160	7206618.831	+86.00
P4	442521.136	7206604.871	+86.18

OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	LOGOS Ingeniería - Consultoría	HOJA: 1 ESTUDIO 248/2019
UBICACION: Avenida Primer Presidente Predio Botánico	PLANTA DE UBICACION DE SONDEOS	RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000122
(ciento veintidos)

LOGOS Ingeniería - Consultoría	OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	SONDEO P1	RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO	HOJA: 2
	UBICACIÓN: Avenida Primer Presidente - Predio Botánico	Cota de Boca (m) +85.34	Profundidad de sondeo (m): 13.11 Prof. de Nivel Freatico (m): 4.00	ESTUDIO 248/2019

PROFUND (m)	COTA (m)	ENSAYO DE CAMPO: N.F.	Numero de Golpes 10	20	30	40	50	N	N_B	ENSAYOS DE LABORATORIO: Humedad Natural(%)	LIMITES DE ATTERBERG: L.L. (%)	L.P.(%)	I.P.(%)	GRANULOMETRIA #10	#40	#100	#200	C.U.S	DESCRIPCION
0																			
1								34		10.5	26.0	11.8	14.2	100.0	893.2	60.5	55.2	CL	Arcilla arenosa, de baja plasticidad, marrón rojiza.
2								40											
3	81.89				Bolsón			5		6.0	27.0	10.8	16.2	100.0	80.5	67.5	51.7	3.45	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, marrón amarillenta.
4	81.34	4.00 n.p.						8		13.8	26.6	14.2	12.4	100.0	78.8	51.5	47.0	SC	Arena arcillosa, gris, con motas verdosas y rojizas.
5								7											
6	78.94							>50		16.5	23.1	15.1	8.0	100.0	77.4	52.8	48.0	6.40	
7									11.1										RECHAZO
8									11.1										
9									11.1										
10									11.1									SC	Arena arcillosa, marrón rojiza y gris.
11									11.1										
12									1.4										
13	72.23								5.5									13.11	
																			Fin del Sondeo

Coordenadas: X 442441.116 ; Y 7206647.455

Fecha de Inicio de sondeo: 04-11-2019
Fecha de finalización de sondeo: 04-11-2019

N.F.: nivel freatico
n.p.: napa potente
n.d.: napa debil

N: numero de golpes SPT
N_B: Indice de Bosio

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO

0000121
(ciento veintiuno)

LOGOS Ingeniería - Consultoría	OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	SONDEO P2	RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO	HOJA: 3
	UBICACIÓN: Avenida Primer Presidente - Predio Botánico	Cota de Boca (m) +85.18	Profundidad de sondeo (m): 12.06 Prof. de Nivel Freatico (m): 5.00	ESTUDIO 248/2019

PROFUND (m)	COTA (m)	ENSAYO DE CAMPO: N.F.	Numero de Golpes 10	20	30	40	50	N	N_B	ENSAYOS DE LABORATORIO: Humedad Natural(%)	LIMITES DE ATTERBERG: L.L. (%)	L.P.(%)	I.P.(%)	GRANULOMETRIA: #10	#40	#100	#200	C.U.S	DESCRIPCION
0																			
1								33											
2								20		8.8	27.6	12.2	15.4	100.0	86.0	66.5	61.8	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris amarillenta, con motas rojizas.
3						Bolsón		14											
4	80.73							13										4.45	
5	80.18	5.00 n.p.						24		11.2	33.0	15.0	18.0	100.0	82.2	49.6	43.4	SC	Arena arcillosa, gris verdosa.
6	78.91							>50		11.0	21.8	13.1	8.7	100.0	77.2	42.0	35.7	6.27	
7									7.4										RECHAZO
8									11.1										
9									7.4										
10									11.1									SC	Arena arcillosa, gris, con motas verdosas y rojizas.
11									11.1										
12	73.12								11.1									12.06	
13																			Fin del Sondeo

Coordenadas: X 442463.196 ; Y 7206636.399

Fecha de Inicio de sondeo: 06-11-2019
Fecha de finalización de sondeo: 06-11-2019

N.F.: nivel freatico
n.p.: napa potente
n.d.: napa debil

N: numero de golpes SPT
N_B: Indice de Bosio

ELECTROMA... Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA

Representante Legal

0000120
(ciento veinte)

LOGOS Ingeniería - Consultoría	OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	SONDEO P3	RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO	HOJA: 4
	UBICACIÓN: Avenida Primer Presidente - Predio Botánico	Cota de Boca (m) +86.00	Profundidad de sondeo (m): 12.06 Prof. de Nivel Freatico (m): 5.00	ESTUDIO 248/2019

PROFUND (m)	COTA (m)	ENSAYO DE CAMPO: N.F.	Numero de Golpes 10	20	30	40	50	N	N_B	ENSAYOS DE LABORATORIO: Humedad Natural(%)	LIMITES DE ATTERBERG: L.L. (%)	L.P.(%)	I.P.(%)	GRANULOMETRIA #10	#40	#100	#200	C.U.S	DESCRIPCION
0																			
1								40											
2								39		9.2	29.5	12.0	17.5	100.0	83.0	28.0	51.6	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris amarillenta, con motas rojizas.
3						Bolsón		27											
4	81.55							35										4.45	
5	81.00	5.00 n.p.																SC	Arena arcilosa, gris verdosa.
	80.55							34		17.3	25.2	13.0	12.2	100.0	81.7	51.7	47.0	5.45	
6						Bolsón		28		11.2	20.0	13.4	6.6	100.0	69.0	38.7	32.0	SM-SC	Arena limo arcillosa, gris amarillenta, con motas verdosas y rojizas.
7	78.60							>50										7.40	
8									11.1										RECHAZO
9									11.1										
10									11.1									SM-SC	Arena limo arcillosa, gris amarillenta, con motas verdosas y rojizas.
11									11.1										
12	73.94								11.1									12.06	
13																			Fin del Sondeo

Coordenadas: X 442496.160 ; Y 7206618.831

Fecha de Inicio de sondeo: 06-11-2019
Fecha de finalización de sondeo: 07-11-2019

N.F.: nivel freatico
n.p.: napa potente
n.d.: napa debil

N: numero de golpes SPT
N_B: Indice de Bosio

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO

0000119
(ciento diecinueve)

LOGOS Ingeniería - Consultoría	OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	SONDEO P4	RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO	HOJA: 5
	UBICACIÓN: Avenida Primer Presidente - Predio Botánico	Cota de Boca (m) +86.18	Profundidad de sondeo (m): 12.06 Prof. de Nivel Freatico (m): 8.00	ESTUDIO 248/2019

PROFUND (m)	COTA (m)	ENSAYO DE CAMPO: N.F.	Numero de Golpes 10	20	30	40	50	N	N_B	ENSAYOS DE LABORATORIO: Humedad Natural(%)	LIMITES DE ATTERBERG: L.L. (%)	L.P.(%)	I.P.(%)	GRANULOMETRIA: #10	#40	#100	#200	C.U.S	DESCRIPCION
0																			
1								42		10.7	43.5	27.0	16.5	100.0	84.0	64.8	60.0	CL	Arcilla arenosa, de mediana plasticidad, gris oscura.
2	83.73					Bolsón		25										2.45	
3								33		5.6	22.0	11.4	10.6	100.0	78.4	44.8	37.5		
4								38										SC	Arena arcillosa, gris amarillenta.
5								38											
6	79.93							>50		5.3	26.4	12.0	14.4	100.0	63.6	35.8	29.0	6.25	
7									11.1										***RECHAZO***
8	78.18	8.00 n.p.							5.5	15.0	22.3	13.6	8.7	100.0	80.7	47.2	40.4		Arena arcillosa, marrón rojiza, con motas rojizas.
9									11.1									SC	
10									11.1										Arena arcillosa, gris amarillenta, con motas rojizas.
11									11.1										
12	74.12								11.1									12.06	
13																			Fin del Sondeo

Coordenadas: X 442521.136 ; Y 7206604.871

Fecha de Inicio de sondeo: 08-11-2019
Fecha de finalización de sondeo: 08-11-2019

N.F.: nivel freatico
n.p.: napa potente
n.d.: napa debil

N: numero de golpes SPT
N_B: Indice de Bosio

ELECTROS Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO

SUELOS COHESIVOS CL – CH	
NUMERO DE GOLPES	CONSISTENCIA
<2	Muy blando
2 - 4	Blando
4 - 8	Medianamente rigido
8 - 15	Rigido
15 - 30	Muy rigido
>30	Duro

SUELOS GRANULARES SP–SC–SM	
NUMERO DE GOLPES	DENSIDAD
0 - 4	Muy suelto
4 - 10	Suelto
10 - 30	Medianamente denso
30 - 50	Denso
>50	Muy denso

HN	Humedad Natural
LL	Limite Liquido
LP	Limite de plasticidad
#200	Pasante Tamiz 200

RECHAZO	>50 (Número de Golpes mayor que 50)

$Np = 4,51 * (P_{50} - P_{30})$ Indice de Penetración $Nb = 100 / Np$ Indice de Bosio	Donde P_{50} y P_{30} son las penetraciones acumuladas en centímetros, obtenidas con la energía del SPT, para 50 y 30 golpes respectivamente. (BOSIO 1991)

OBRA: VIADUCTO INTERCONEXION COSTANERA	LOGOS Ingeniería - Consultoría ESPECIFICACIONES DE TIPO DE SUELOS	HOJA: 6 ESTUDIO 248/2019
UBICACION: Avenida Primer Presidente Predio Botánico		RESPONSABLE: ING. CESAR LOPEZ BOSIO

ELECTRO Ingenieros Cons...

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000117
(ciento diecisiete)

Diseño y verificación de canales de desagüe y alcantarillas en las inmediaciones de la PTAR y la Costanera

Contratista
Consorcio D-R Costanera
CDD Construcciones SA y Benito Roggio SA

Marzo 2019
Ing. Juan P. Nogues, PhD

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Objetivo

Atendiendo que las obras de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bella Vista (PTAR) y la Costanera Norte Fase II (Costanera) pueden afectar el régimen de flujo de las aguas superficiales creadas por lluvias y subidas del rio Paraguay; y que está a su vez pueden impactar de forma negativa a los pobladores de la zona, se ha propuesto el estudio de medidas de mitigación.

Este estudio propone el diseño y verificación de un sistema de canales de desagüe y alcantarillas para drenar la acumulación de agua en las inmediaciones del Barrio Cerrito, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Bella Vista (PTAR) y la Costanera Norte Fase II (Costanera).

Antecedentes

En febrero del 2018 se presentó un estudio hidrológico e hidráulico, a la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP) para verificar el impacto que las obras de la PTAR y la Costanera tienen en forma conjunta sobre el régimen de inundación del Barrio Cerrito. En específico el estudio demostró, a través del desarrollo de modelos hidrológicos e hidráulicos, que sin obras de mitigación existiría la posibilidad de un impacto negativo sobre los pobladores del Barrio Cerrito (ver Fig. 1). El estudio a su vez propuso obras de mitigación para reducir el impacto.

Como propuesta de mitigación a los impactos se estudiaron dos posibles diseños de mitigación. La primera propuesta nacía de un estudio previo de la consultora INSASA, realizado en el año 2017, que proponía canales de desagüe como los que se ven en la Figura 1. En esta opción las aguas del Barrio Cerrito tenían como salida un canal que cruzaba la extensión de la calle Cañadon Chaqueño en dirección Noreste.

Una segunda opción (Figura 2), trabajada por el consultor del estudio, proponía utilizar la pendiente natural del terreno y direccionar las aguas de lluvia a través de una serie de canales que cruzaban tanto la ruta de acceso a la PTAR, y la ruta de Cañadón Chaqueño hasta llegar al Rio.

Basados en los resultados de las simulaciones hidráulicas el estudio de febrero 2018 (de ahora en más "EF2018") recomendó a la ESSAP que se adopte la segunda opción de mitigación. La razón detrás de esta propuesta fue que la opción de mitigación en su segunda versión mejoraba el drenaje del área y no se apreciaba una mayor huella de inundación sobre el Barrio Cerrito.

Específicamente el modelo hidráulico, del EF2018, demostró que al tratar de drenar las aguas utilizando los canales propuestos en la opción de mitigación 1 se encontraba con una zona critica, entre el Barrio Cerrito y la extensión de Cañadón Chaqueño, que acumula agua y reducía la capacidad de drenaje debido a la falta de pendiente. Esta acumulación de agua producía un remanso que afectaba directamente al Barrio Cerrito.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Para entender el efecto mencionado, la Figura 3 presenta la máxima extensión de la mancha de inundación sobre el Barrio Cerrito bajo diferentes escenarios hidrológicos. Lo resaltante a notar es que la propuesta de Mitigación en su primer primera versión (Mitigación v1) crea una huella de inundación más grande sobre el Barrio Cerrito que la propuesta de Mitigación en su segunda versión (Mitigación v2). Esto se debe, como se mencionó anteriormente, a la existencia de una zona critica entre el Barrio Cerrito y la extensión de Cañadón Chaqueño.

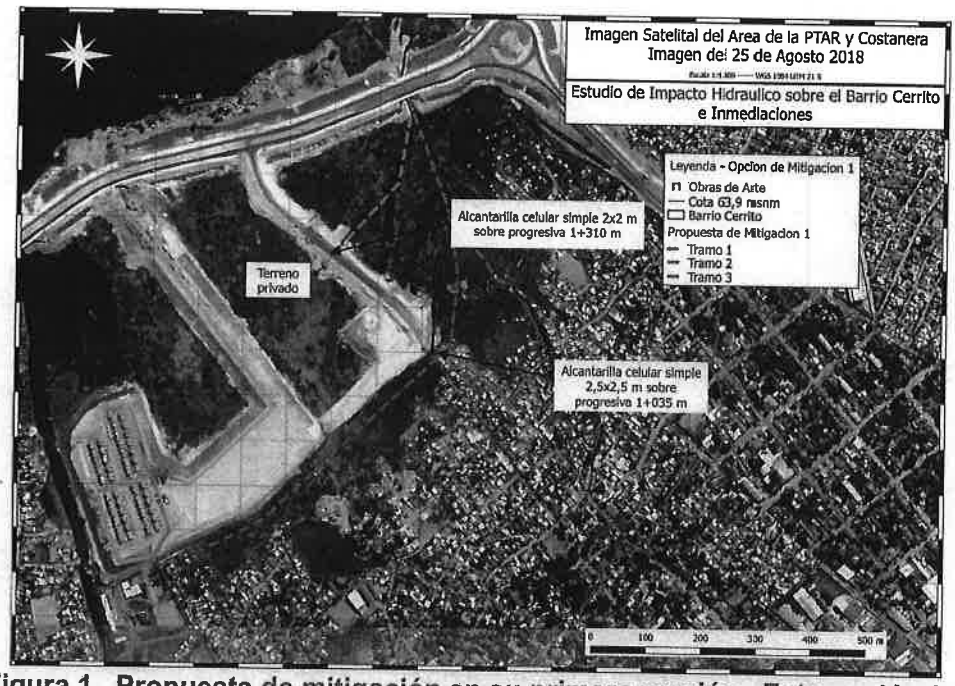


Figura 1. Propuesta de mitigación en su primera versión. Esta opción fue desestimada en el estudio de febrero del 2018.

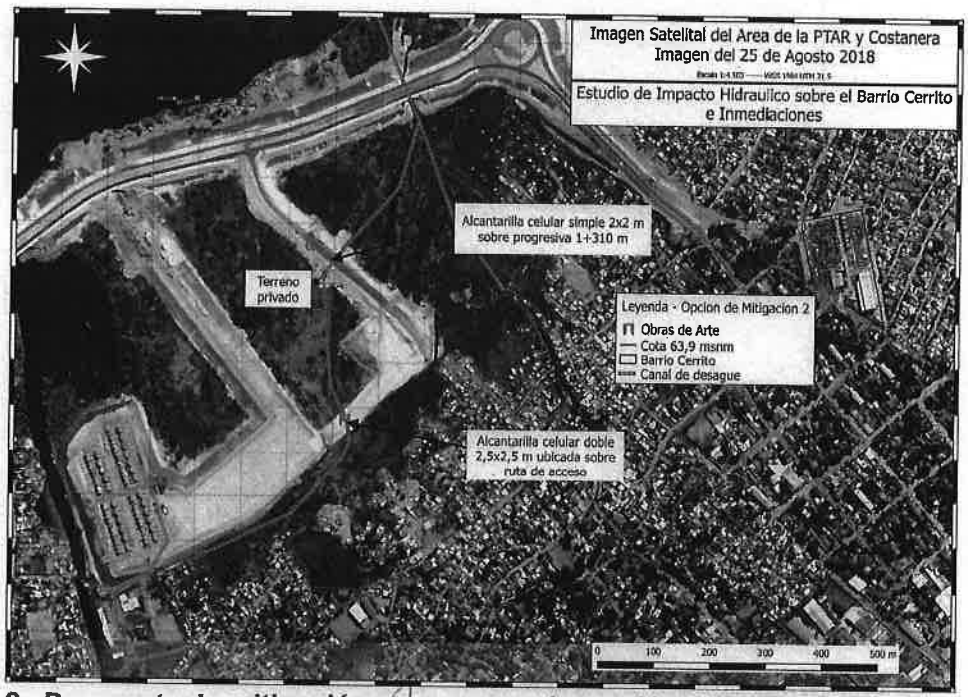


Figura 2. Propuesta de mitigación en su segunda versión. Esta opción fue propuesta a la ESSAP en febrero del 2018.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

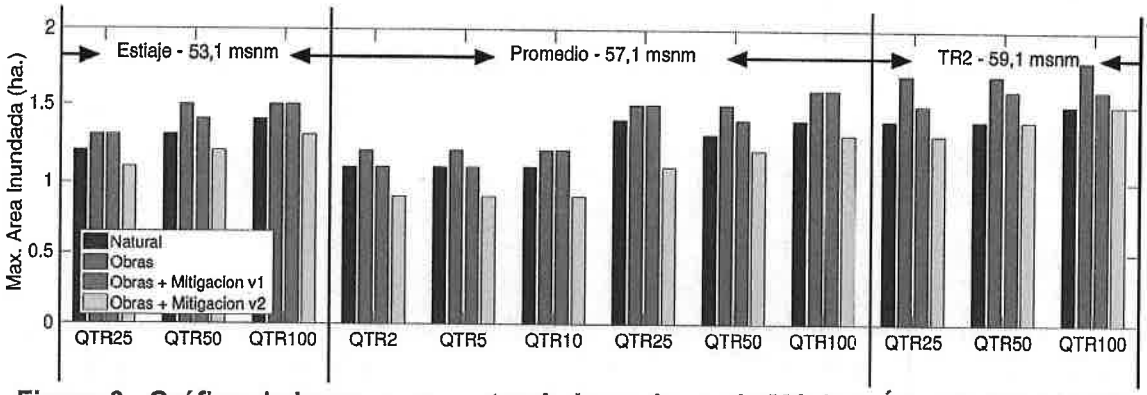


Figura 3. Gráfico de barra representando los valores de Máxima Área de Inundación para los 12 Escenarios considerados solo sobre el área del barrio Cerrito en EF2018. El eje horizontal representa las lluvias con períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, y 100 años (QTR2, QTR5, QTR10, QTR25, QTR50, y QTR100).

La zona critica, entre el Barrio Cerrito y la extensión de Cañadón Chaqueño, es también presentada en la Figura 4 donde se presenta la profundidad de la huella de inundación en la zona (ovalo rojo). Esta misma zona es señalada en la Figura 5, que presenta una fotografía panorámica de la zona quitada en febrero del 2019. La acumulación de agua en esta zona critica se debe a la baja elevación de la zona con respecto a sus alrededores. Cabe resaltar que esta fotografía se tomó con el rio a una cota de 56,5 msnm (rio bajo) y en un periodo acumulado de casi dos semanas sin lluvia.

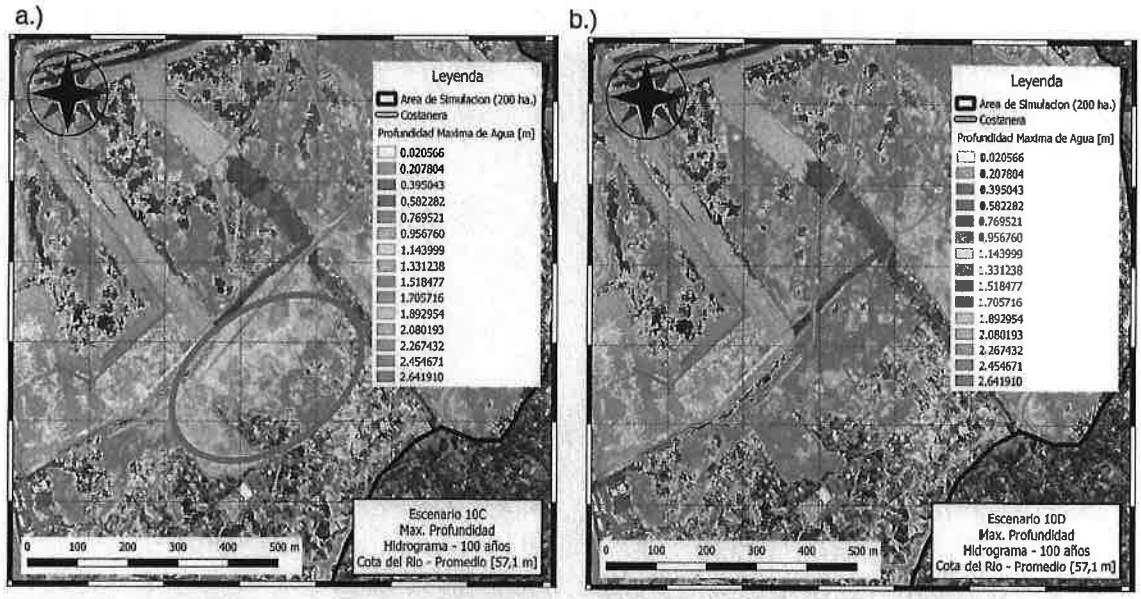


Figura 4. Diferencia entre las opciones de mitigación del EF2018. a.) La versión 1 de mitigación muestra que existe una zona critica (ovalo rojo) de acumulación de agua. b.) La versión 2 de mitigación reduce esta acumulación y permite el drenaje del barrio Cerrito.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Figura 5. Fotografía de la zona critica entre Barrio Cerrito y Cañadon Chaqueño. Fotografía de febrero 2019. Claramente se ve que en la zona critica hay una acumulación de agua. Esta fotografía coincide con un estado del rio bajo (56,5 msnm) y con una condición seca, más de unas 2 semanas sin lluvias substanciales.

Situación Actual

Al día de hoy (febrero 2019) ya se está construyendo el terraplén que sostiene la ruta de acceso a la PTAR, así mismo ya existe una alcantarilla simple de 2,0x2,0 metros sobre la proyección de Cañadón Chaqueño a la altura de la progresiva 1+310, y en conocimiento que el terreno donde debería cruzar el canal de desagüe propuesto en el EF2018 es privado el Consorcio CDD Construcciones SA y Benito Roggio SA (de ahora en más "el Consorcio") propone volver estudiar la primera alternativa de mitigación con ciertas modificaciones. Precisamente se propone:

a.) Nivelar el terreno en la zona critica para crear una pendiente favorable.
b.) Incluir un dique en la zona noreste del canal de desagüe que cruza la alcantarilla en el cruce 1+035m para prevenir un contra flujo.
c.) Incluir una alcantarilla celular simple de 2,0x2,0m sobre la ruta de acceso a la PTAR como aliviadero. Esta alcantarilla debería estar perpendicular a la ruta de acceso.

El Consorcio estima que con la incorporación de nuevos datos de campo y en conocimiento que esta primera alternativa conlleva la adecuación de las pendientes del terreno, a través de movimiento de tierra, se puede diseñar un canal que mitigue los impactos sobre el Barrio Cerrito.

Como punto de inicio de la nueva opción de mitigación (Mitigación v3) se debe analizar el perfil de terreno actual que se tiene del área de estudio. La Figura 6 presenta un mapa con un modelo digital de terreno (MDT) desarrollado a través de una campaña de aerofotogrametría del 2017. Encima de este mapa se superpone datos de mediciones de campo de topografía realizado por el Consorcio en enero del 2019. La campaña de topografía tuvo el objetivo de contrastar los datos de elevación y verificar similitudes o diferencias substanciales con el MDT del 2017.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

La Figura 6 muestra la ubicación de la zona crítica y ciertos cortes de perfil realizados para comparar la diferencia entre el MDT 2017 y los datos topográficos del 2019. En el mapa de la Figura 6 también se delimita el área de simulación hidráulica donde se estudió en EF2018 la extensión de la huella de inundación.

La Figura 7 presenta la comparación de los cortes de perfiles de elevación entre el MDT y los datos topográficos. En líneas generales los datos comparan bien, con la salvedad que el MDT presenta valores cada 1 metro mientras los datos de campo están separados por mas distancia y esto implica una interpolación entre los datos. En la sección 1 y 2 (Figura 7a y 7b) se ve claramente que en la zona critica existe un área de baja elevación. Esta zona critica se visualiza tanto en los perfiles derivados del MDT 2017 y los perfiles derivados de la campaña de topografía 2019.

En la Figura 8 se profundiza el análisis y se compara puntualmente cada valor de campo con el valor del MDT correspondiente a la ubicación de medición. Se ve que la diferencia entre las dos bases de datos existe y que por lo general el MDT estima un valor mayor al dato de campo. Esta diferencia se debe a la metodología que usa la aerofotogrametría que infiere elevación del terreno utilizando un sensor de imágenes remotos y esto implica que un arbusto o un pastizal alto puede ser atribuido como suelo. La topografía por su lado es más preciso y se puede constatar exactamente la ubicación del suelo utilizando un teodolito electrónico. De todas formas las diferencias no son substanciales y no se justifica cambiar el MDT debido a estas.

Basado en este análisis de antecedentes y la situación actual se propuso proseguir con el diseño y verificación de la opción de mitigación v3 siguiendo los siguientes lineamientos:

1.) Utilizar el MDT del 2017 como base considerando su extensión y precisión horizontal, y dado que las diferencias con los datos topográficos no son substanciales.
2.) Asumir que para superar la zona critica que existe actualmente en el área de estudio se deberá "peinar" el terreno cargando tierra en algunos lugares y cortando en otros. Para ellos se propone definir un terreno nuevo con cotas de elevación que permita el flujo de agua a través de la superficie y los canales por gravedad.
3.) Considerar, basado en el Manual de Carreteras Paraguayas, un periodo de retorno de 25 años para verificar el diseño de las alcantarillas y canales.
4.) Comparar los mismos escenarios que se hicieron en el EF2018 con la salvedad que no se simularán los escenarios de lluvias con periodos de retorno menores a 25 años.
5.) Focalizar el análisis de impacto estudio del impacto sobre el Barrio Cerrito.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

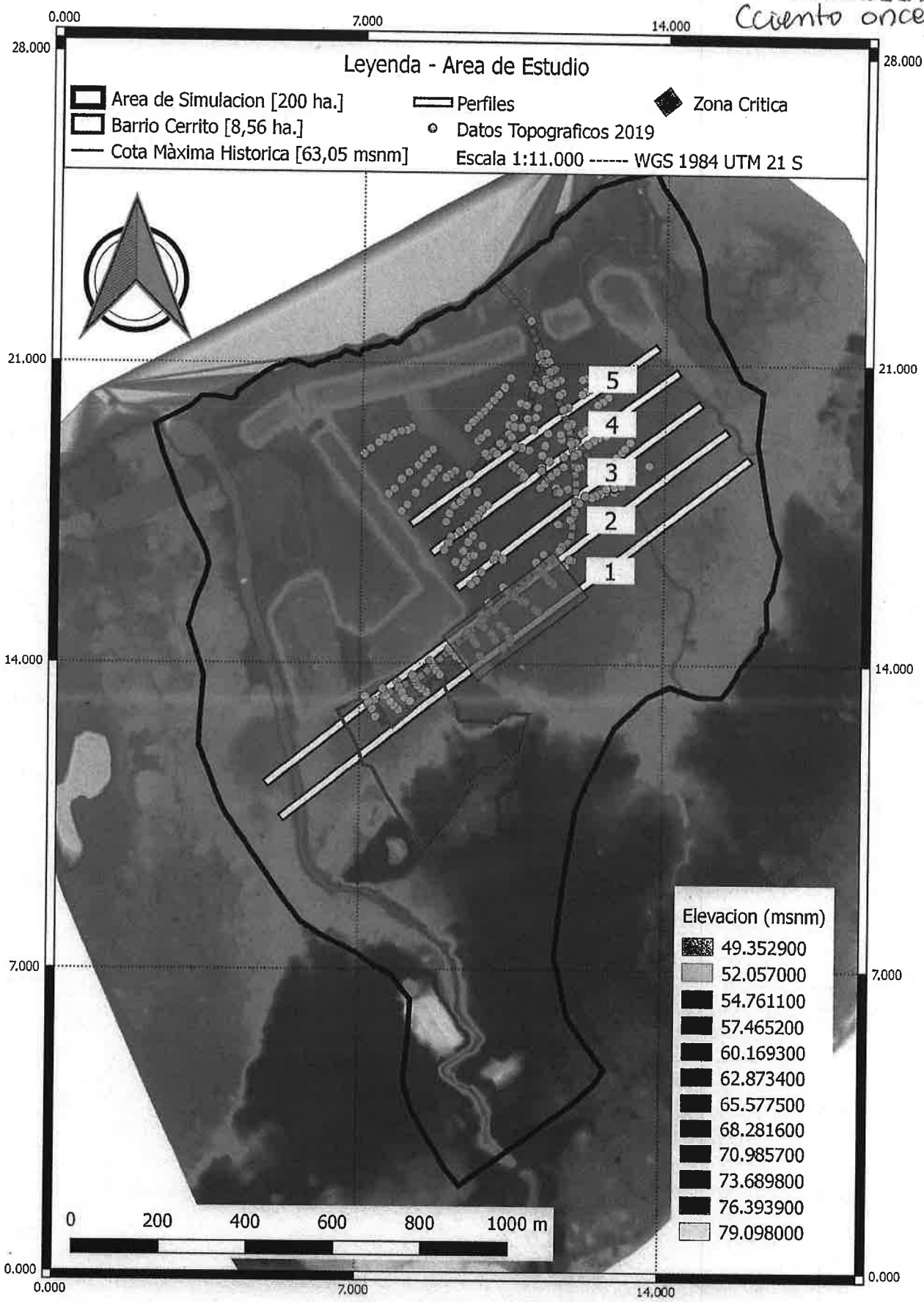


Figura 6. Mapa del área de estudio. Se visualiza de fondo el modelo digital de terreno del 2017. la ubicación de mediciones topográficas de campo realizada en enero del 2019 y ciertos cortes del modelo digital de terreno.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

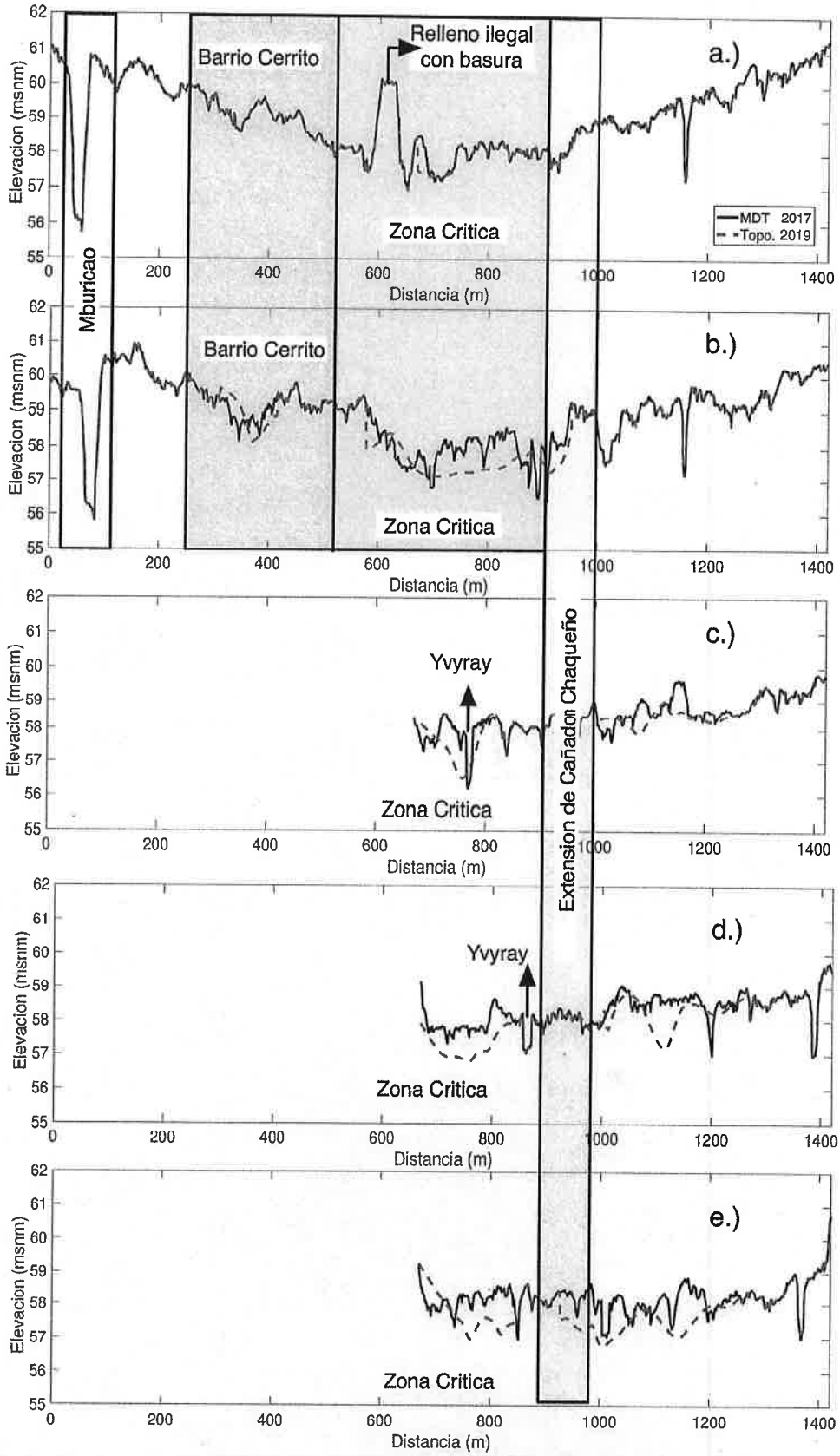


Figura 7. Cortes presentadas en el mapa de la Figura 6. Se compara las cortes del modelo digital de terreno (MDT) con los datos de campo (enero 2019). a.) Corte 1 b.) corte 2 c.) corte 3 d.) corte 4 e.) corte 5.

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

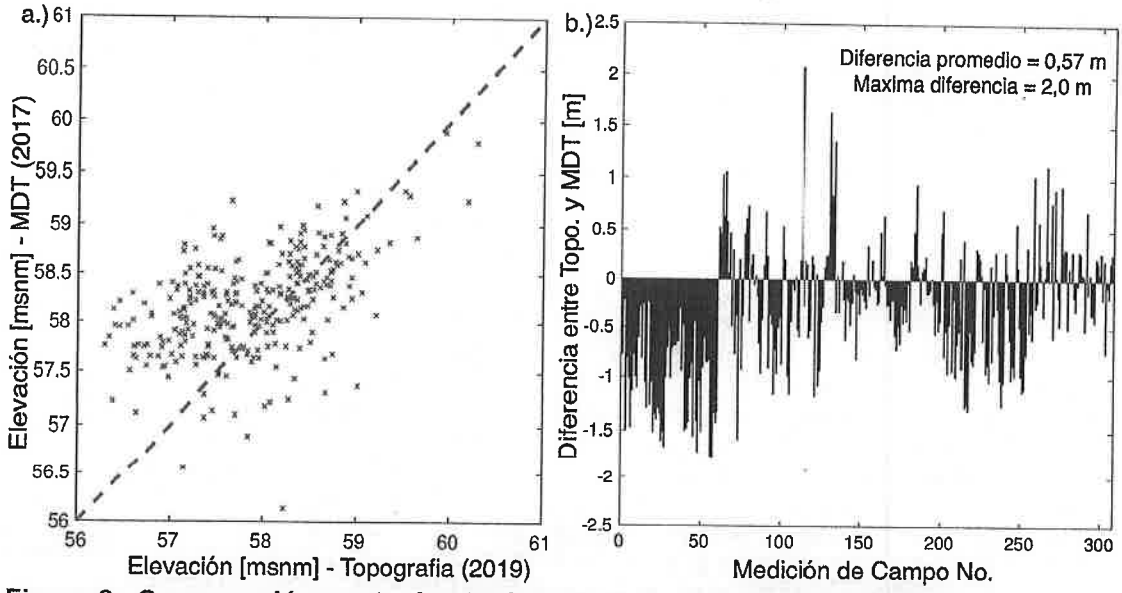


Figura 8. Comparación puntual entre los datos de elevación del MDT con los datos de campo recogidos con topografía. a.) Visualización de los datos puntuales. b.) Diferencia entre datos de topografía y MDT.

Nueva propuesta de terreno

La nueva opción de mitigación, denominada mitigación v3 (versión 3), propone trabajar sobre el diseño realizado por la consultora INSASA en el 2017. El tramo propuesto está definido en la Figura 1, y nuevamente en la Figura 9, así como las obras de arte que deberían acompañarlas. En la Figura 9 también se detalla la ubicación de los datos topográficos de campo.

Para entender el movimiento de tierra que se necesita hacer se presenta en la Figura 10 los perfiles de terreno de los diferentes tramos de los canales. De los tres tramos que se ven en la Figura 10, el tramo 2 que se extiende desde el inicio del bañado hasta la desembocadura con el rio es claro que se necesita cortar el terreno para llegar a una cota similar a la que está el rio (alrededor d 56 msnm). Con respecto al tramo 3 se ve que existe una pendiente general entre la zona del Barrio Cerrito y el acople con el tramo 2. Pero también se ve que hay zonas bajas y por ello se debe condicionar el terreno ya que estas zonas limitan el flujo. Esta zona baja, con pendientes desfavorable, es más evidente en el perfil de terreno derivado el MDT que en el modelo derivado de los datos de campo.

Para conseguir una pendiente favorable se propone cortar ciertas zonas y rellenar otras. En la Figura 11 se ven estas zonas de corte y de carga. Esta adecuación se detalla más en la Figura 12 y 13 donde se muestran las isoyetas de elevación necesarias para adecuar el terreno y el modelo digital de terreno después de la intervención.

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CESAR DANIEL DELGADO

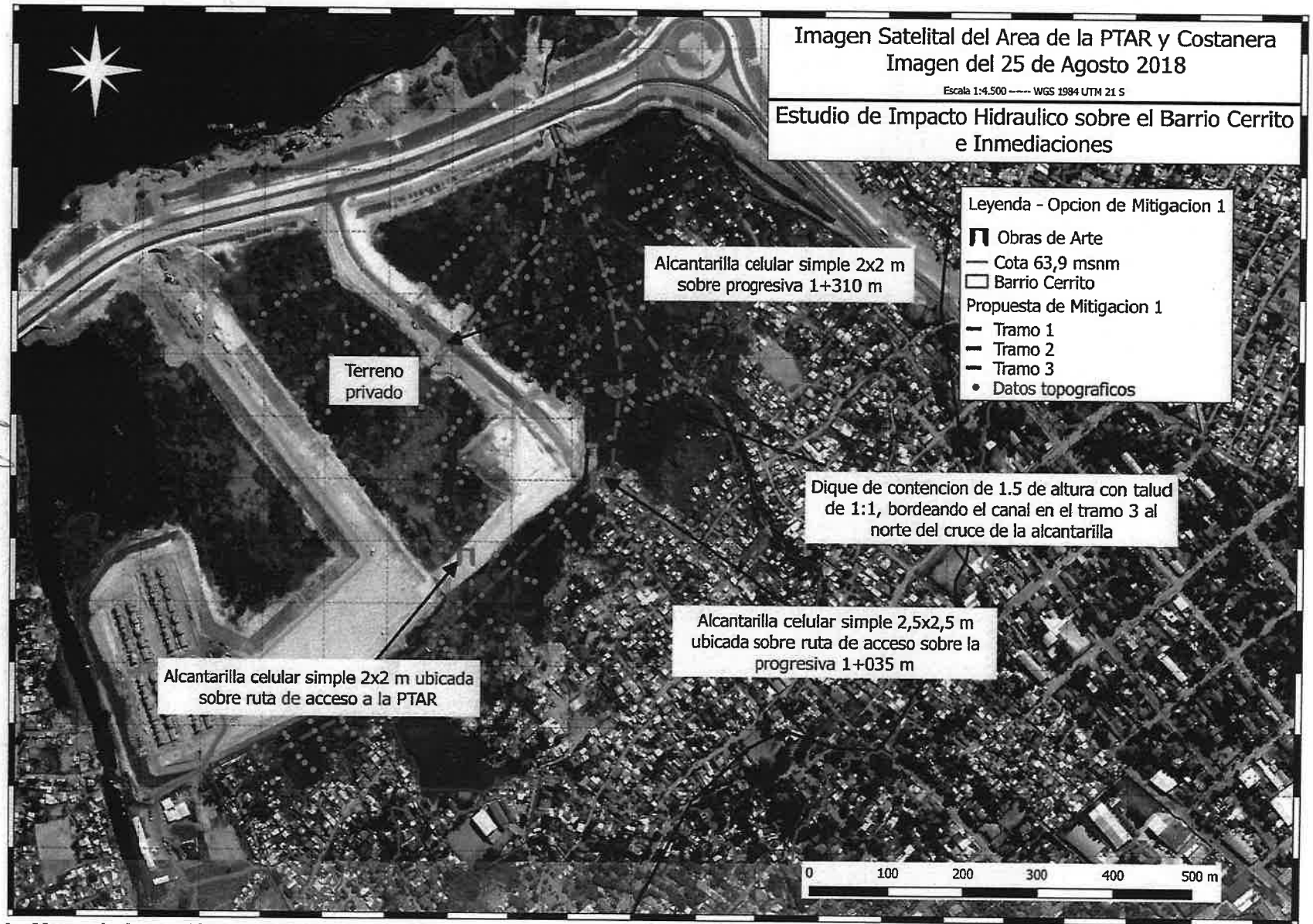


Figura 9. Mapa de la opción de mitigación versión 3 con los datos de las alcantarillas y la ubicación de los puntos topográficos recogidos en enero del 2019.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CESAR DANIEL DELGADO
000108
Ciento ocho

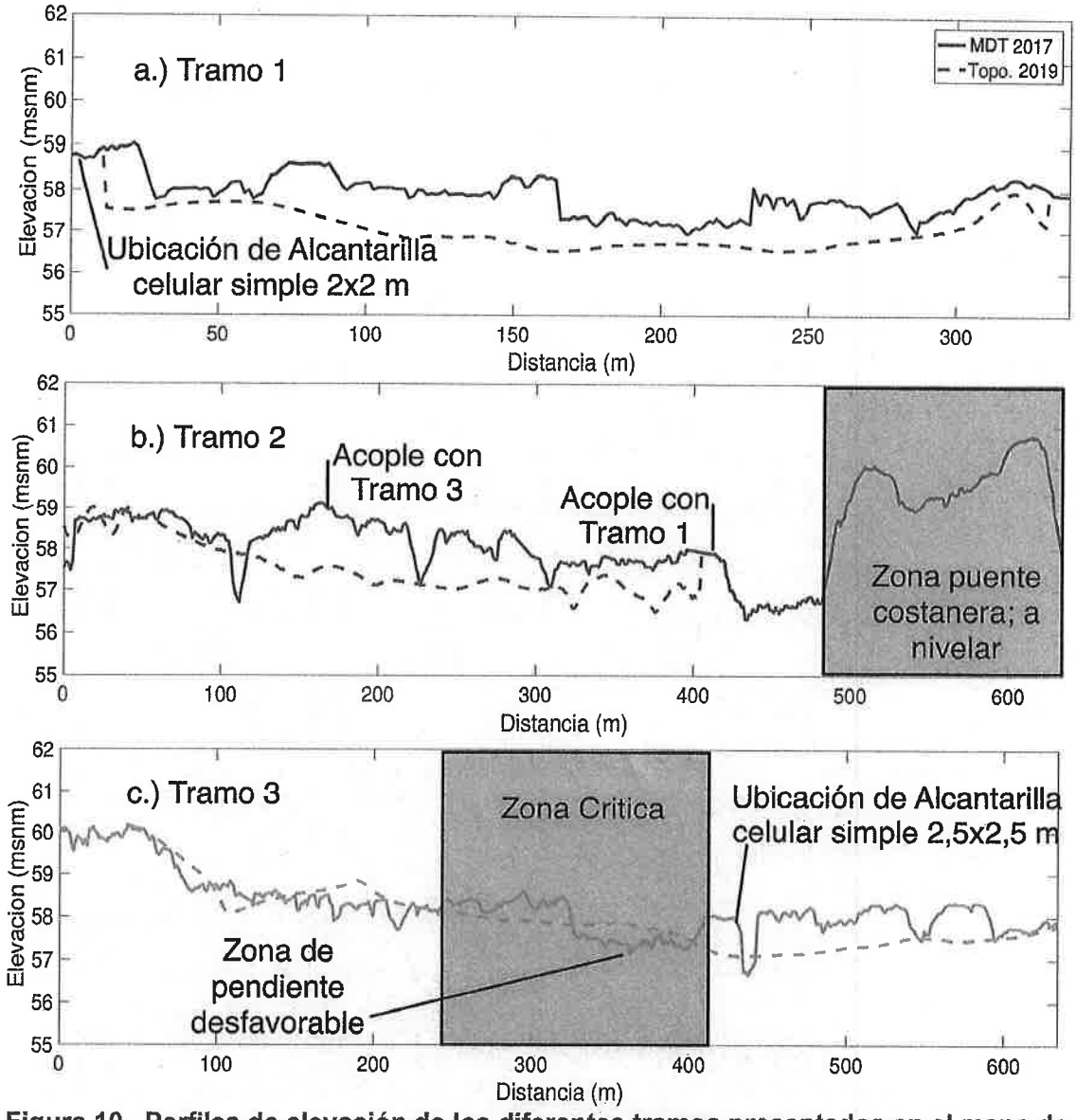


Figura 10. Perfiles de elevación de los diferentes tramos presentados en el mapa de la Figura 9. Se presentan los cortes de elevación basado en el MDT 2017 y los datos topográficos del 2019.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

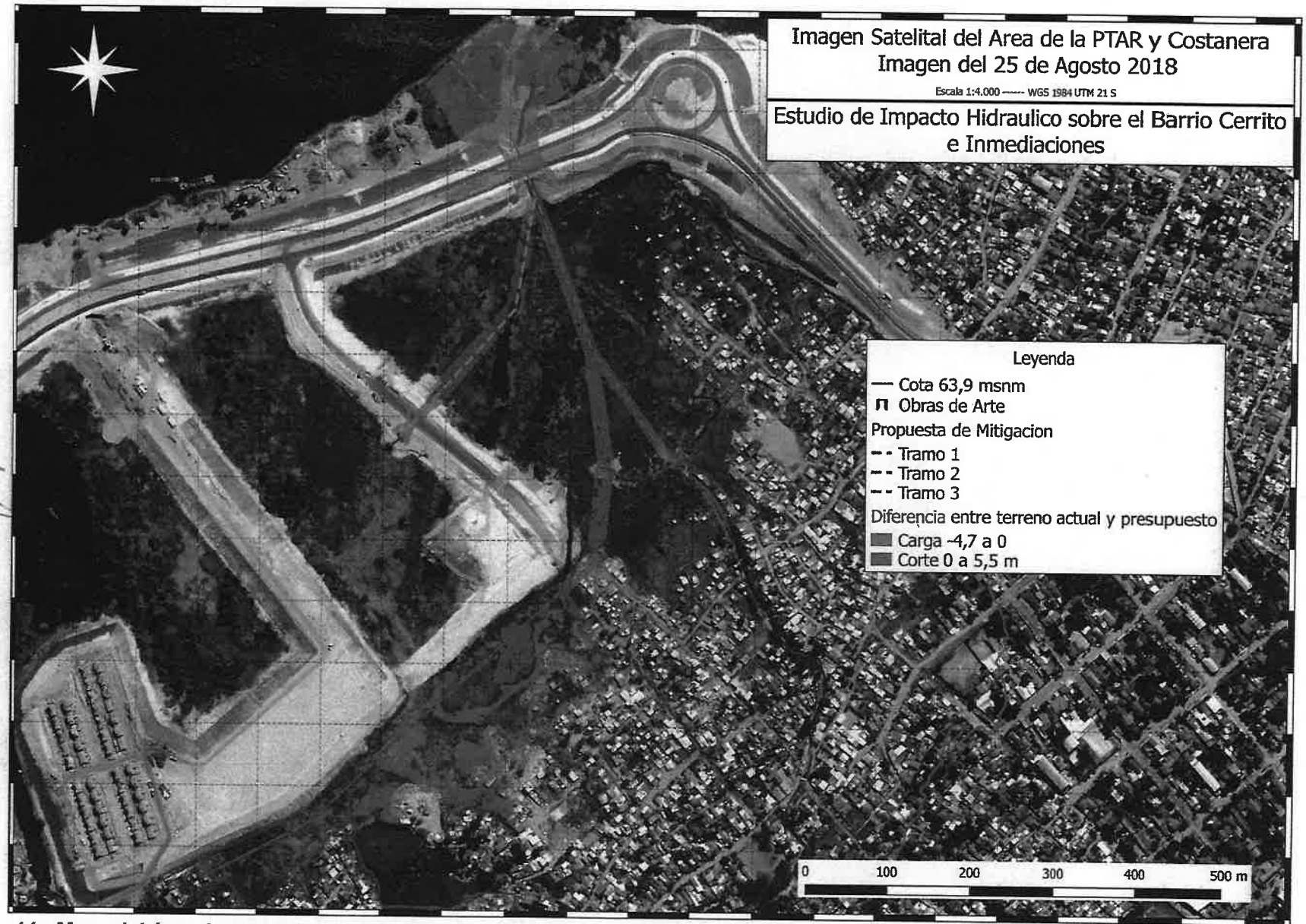


Figura 11. Mapa del área de estudio donde se identifica las zonas de corte y carga de tierra que se necesita realizar para adecuar el terreno.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
0000106
(ciento seis)

Figura 12. Mapa del área de estudio donde se detallan las isoyetas de elevación necesarias para adecuar el terreno.

ELECTROSAR Ingenieros Consultores S.R.L.
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal
0000105
(ciento cinco)

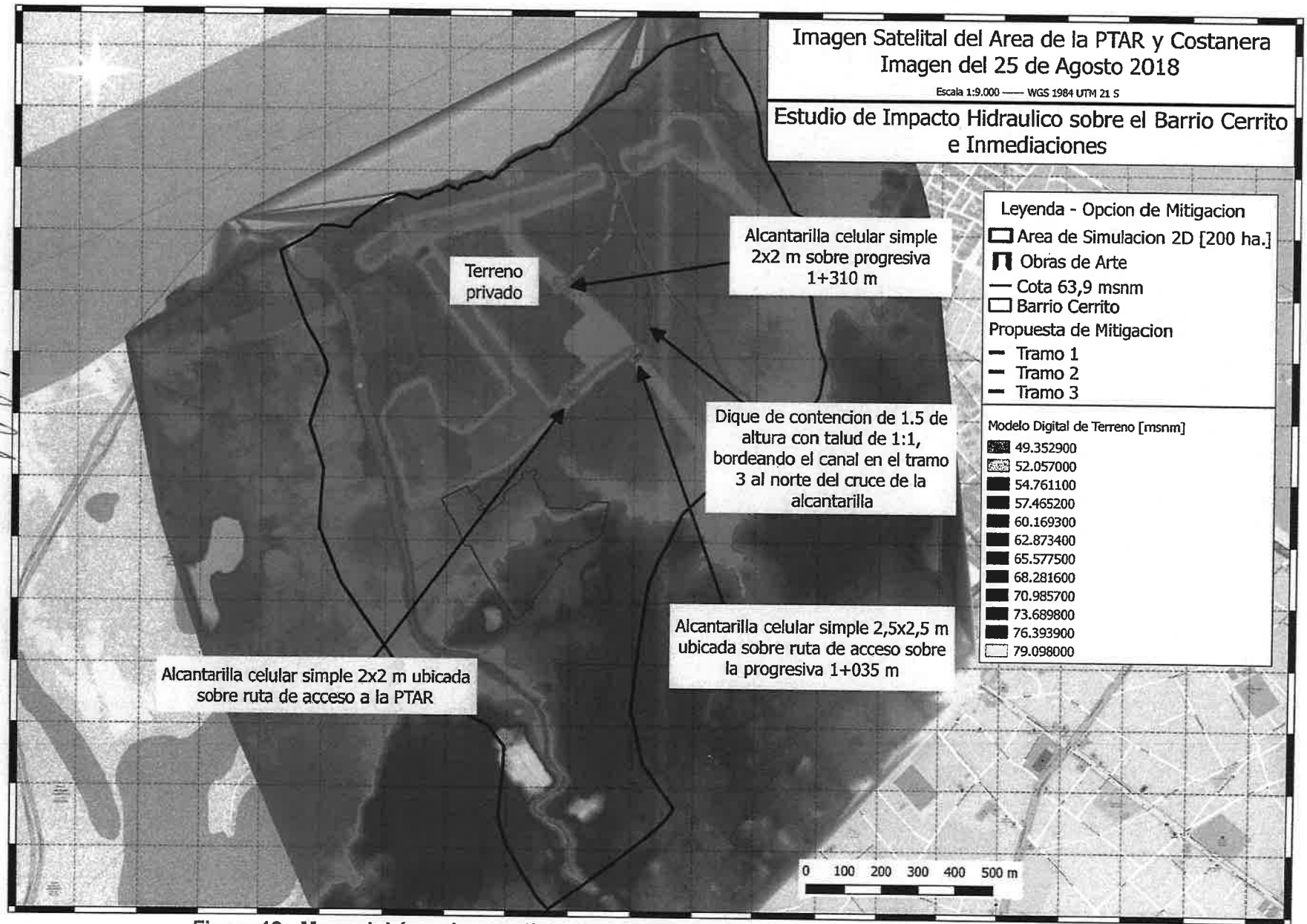


Figura 13. Mapa del área de estudio y simulación donde se presenta el MDT de intervención.

ELECTROPAR Ingeniería Consultores S.R.L.
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal
0000104
(ciento cuatro)

Diseño de Sistema de Canales y Alcantarillas.

A modo indicativo el diseño del sistema de canales y alcantarillas se define en las siguientes tablas. Los nodos de referencia están presentados en la Figura 14. **Notar que estos datos (cotas y longitudes) son a modo indicativo y deben ser verificados en campo y luego replanteados para su diseño ejecutivo.** Los datos de canal tramo 1, 2 y 3 (Figura 14) se presenta en la Tabla 1 y 2, con sus cotas, pendientes y coordenadas. Todos los canales propuestos son trapezoidales con talud 1:1, y con una rugosidad de 0,032. Los detalles de las dos alcantarillas diseñadas se presentan en la Tabla 3. Los datos del puente de la costanera solo son indicativos y no deben ser tomados como una propuesta de diseño.

Tabla 1. Cotas indicativas de los nodos del Tramo 1,2 y 3, presentado en la Figura 14.

Reg. Entrada	Reg. Salida	Longitud (m)	Cota Entrada (m)	Cota Salida (m)	Grada en la Salida (m)	Desnivel Total (m)	Pendiente Media (%)	Altura (m)	Ancho (m)
NCaraCara	N12	153.76	57.58	56.3	0.5	1.28	0.83	1.5	23
N01	N02	56.5	58.5	57.6	0	0.9	1.59	1	4
N12	N16	184.78	55.8	55.6	0	0.2	0.11	2	24
N19	N20	27.74	55.45	55.4	0	0.05	0.18	2	25
N24	N25	177.09	57.5	57	0	0.5	0.28	1.5	13
N25	N16	112.46	57	56.5	0.9	0.5	0.44	1.5	13
N02	N03	79.85	57.6	57.4	0	0.2	0.25	1	4
N03	N04	117.09	57.4	57.15	0	0.25	0.21	1	6
N04	N05	132.05	57.15	57	0	0.15	0.11	1	6
N05	N06	159.69	57	56.9	0	0.1	0.06	1	6
N06	N07	13.65	56.9	56.9	0	0	0	2	4
N10	N11	11.47	56.9	56.9	0	0	0	2	3
N11	N12	242.16	56.9	56.3	0.5	0.6	0.25	1	12

Table 2. Coordenadas de los nodos que corresponden al canal tramo 1, 2 y 3.

Nombre	Coord X	Coord Y	Nombre	Coord X	Coord Y
N01	440001.08	7206907.38	N12	440456	7207530.74
N02	440051.3	7206933.26	N16	440391.81	7207703.95
N03	440121.86	7206970.63	N17	440374.95	7207743.35
N04	440207.39	7207050.59	N18	440359.54	7207780.26
N05	440303.64	7207141.01	N19	440350.25	7207802.51
N06	440419.89	7207250.48	N21	440232.9236	7207437.051
N07	440429.93	7207259.74	N22	440243.0563	7207449.717
N08	440436.07	7207266	N23	440253.6956	7207462.89
N09	440445.63	7207274.28	N24	440263.3216	7207473.529
N10	440452.75	7207281.73	N25	440363.1284	7207593.601
N11	440461.07	7207289.63	NCaraCara	440552.3	7207410.88

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Tabla 3. Datos del diseño de las alcantarillas del Sistema. La inclusión de los datos del puente debe ser tomados como indicativos ya que no es el objetivo de este estudio proponer dicho diseño.

Nombre	Reg. Entrada	Reg. Salida	Longitud (m)	Cota Entrada (m)	Cota Salida (m)
ACS 2x2m –1	N21	N22	11.08	57.5	57.5
ACS 2x2m – 2	N22	N23	12.75	57.5	57.5
ACS 2x2m – 3	N23	N24	14.83	57.5	57.5
ACS 2.5x2.5m – 1	N07	N08	8.77	56.9	56.9
ACS 2.5x2.5m – 2	N08	N09	12.64	56.9	56.9
ACS 2.5x2.5m – 3	N09	N10	10.31	56.9	56.9
Puente	N17	N18	40	55.57	55.5
T11	N16	N17	42.86	55.6	55.57
T12	N18	N19	24.11	55.5	55.45

No incluido en estos datos son el **dique de contención al margen derecho del canal sobre su tramo 3, del Nodo 10 al Nodo 12, que debe tener una altura de 1,5 metros con taludes de 1:1** y una alcantarilla de aliviadero sobre la ruta de acceso a la PTAR. Como se mencionó anteriormente **esta alcantarilla debería ser una ACS de 2x2 m con cota de fondo de 57,55 m y sin pendiente. El centro de la alcantarilla se da por las coordenadas Long. -57º35'35,216", Lat. -25º15'1,978".**

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

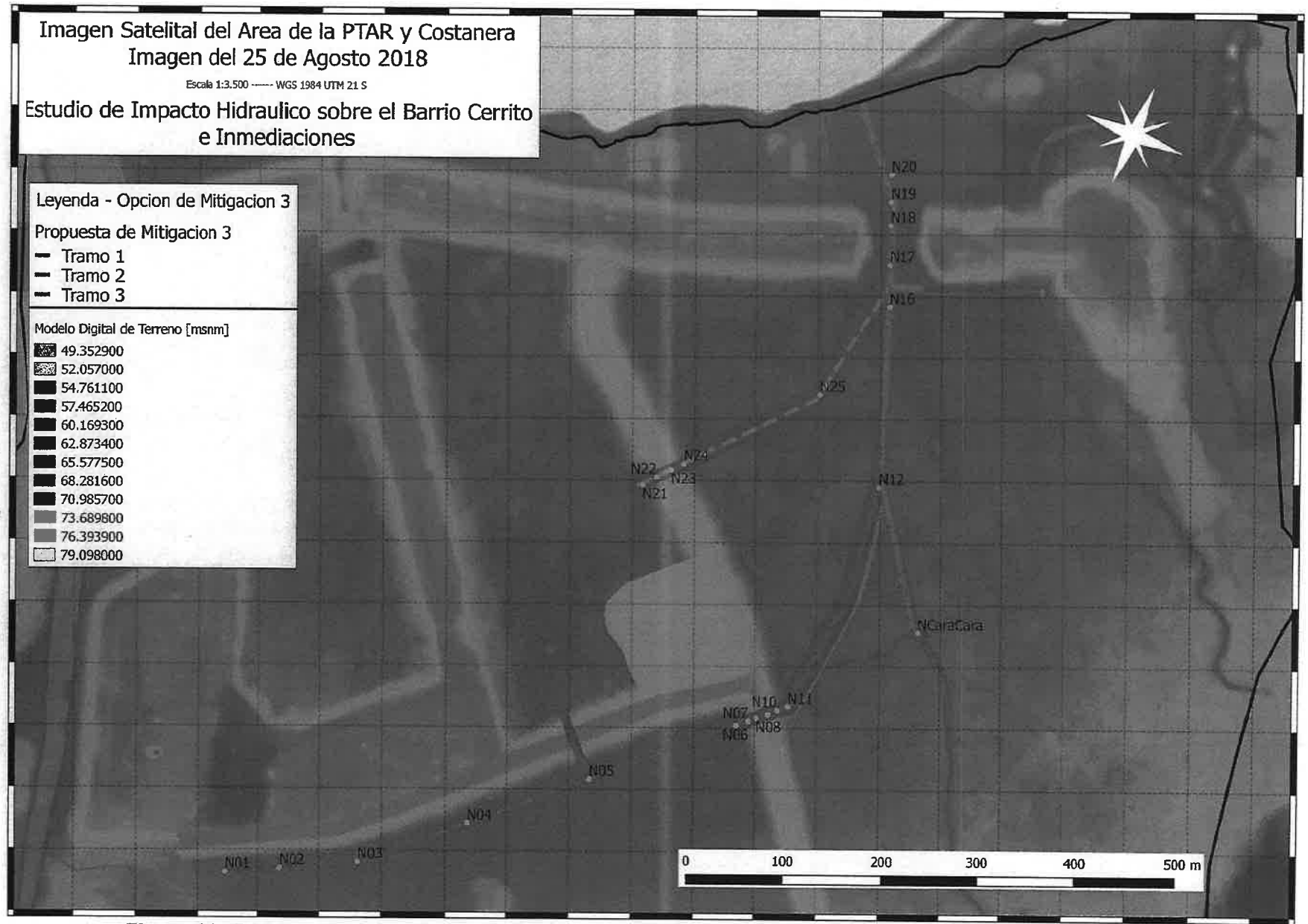


Figura 14. Representación planimétrica de los canales y nodos que definen la propuesta de mitigación v3.

CONSORCIO DR COSTANERA
Ing. CESAR DANIEL DELGADO
Representante Legal
Ingenieros Consultores
ELECTROS
0000101
Ciento uno

Modelación Computacional

Para verificar los canales y las alcantarillas, asi como comprobar el efecto de las medidas de mitigación sobre el Barrio Cerrito se realizó un esquema de simulación compuesto de dos modelaciones: (1) una primera que produce la hidrología de entrada (modelado de hidrogramas) a la zona de estudio (ver Figura 13), y (2) otra que simula el movimiento del agua (modelo hidráulico) sobre el terreno, los canales y las alcantarillas. A su vez, la simulación hidráulica consistió de dos modelos hidráulicos, una para estudiar el diseño y verificación de las alcantarillas y otro para estudiar el impacto sobre el barrio Cerrito. El primer modelo hidráulico fue uni-dimensional, mientras que el segundo fue bi-dimensional. Todos los datos hidrológicos de entrada fueron extraídos del análisis del EF2018, donde se definen la lluvias, sus intensidades y su duración, y las cotas del rio.

Las cotas del rio impuestas en los modelos 1-D y 2-D fueron extraídos del análisis del EF2018 donde se definieron los diferentes periodos de retorno. Se definió una cota del rio en 53,1 msnm como el rio en estiaje, la cota promedio del rio como 57,1 msnm y una cota de 59,1 msnm como la cota máxima anual con un periodo de retorno de 2 años.

Modelo 1-D – Velicación de diseño de alcantarilla y canales

Para la verificación del diseño se utilizó el modelo uni-dimensional HEC-RAS 1D – modelo en el anexo digital. Las partes de simulación 1D se aplican directamente a las obras de artes (alcantarillas) y a los canales donde el flujo en primordialmente unidireccional y no se consideran los efectos de acumulación de agua sobre la planicie de inundación.

El uso del modelo 1-D facilita al diseño de estructuras hidráulicas como son las alcantarillas y canales ya que no dependen directamente de un modelo digital de terreno como es en el caso del modelo 2-D. Esto permite cambiar el diseño de forma rápida para probar diferentes propuestas si es necesario. Una vez que el modelo 1-D verifica el diseño se impone el canal y las obras de arte sobre el modelo de terreno digital y se realizan las simulaciones en el modelo 2-D.

La Figura 15 presenta el esquema del modelo uni-dimensional en el marco del software HEC-RAS 1D. El modelo cuenta con cuatro sub-cuencas que tienen aportes correspondientes a su tamaño. Para el modelo 1-D se montó una geometría que represente de la mejor forma posible la geomorfología del terreno a partir de secciones transversales ubicadas a lo largo de un trecho de canal – ver Figura 15. Considerando que se trata de un terreno particularmente llano, se priorizo la extensión de las mismas a fin de cubrir la mayor cantidad de terreno y representar de la mejor forma posible el escurrimiento y su esparcimiento en toda la extensión de la planicie. Dentro del modelo 1-D no se consideró la alcantarilla sobre la ruta de acceso a la PTAR porque su funcionamiento es solo de aliviadero. La verificación de dicha alcantarilla se da con el modelo 2-D – seguidamente.

Los hidrogramas utilizados para las cuencas están reflejados en la Figura 17, y estos fueron derivados utilizando las curvas IDF de Cuevas y Rolon (2009) – referirse al EF2018 – para un evento de 30 minutos. En la Figura 15 se enumera la ubicación de los 4 hidrogramas introducidos al modelo 1-D. Los hidrogramas, de las cuencas 1 al 4 de la Figura 15,

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

conjuntamente con los hietogramas derivados de Cuevas y Rolon (2009), están reflejados en la Figura 17. En el punto 5 se estableció un caudal constante de 10m^3/s.

Los valores de rugosidad de Manning utilizados para el modelo 1-D **son 0,075 para los canales,** correspondiente a un canal natural con vegetación de tamaño variante. **Para la planicie se consideró un valor de 0,12**, correspondientes a planicies con arbustos con una densidad media a alta. En la Figura 15 y 16 se muestra la planimetría del modelo 1-D. **El canal predial (tramo 3 – Figura 9) fue diseñado como un canal trapezoidal con una base de 3 metros, una altura de 0,8 metros y un talud de 1:1. El canal de desagote (tramo 1 – Figura 9) fue diseñado como un canal trapezoidal con una base de 3 metros, una altura de 1 metro y un talud de 1:1. El canal de rectificación (tramo 2 – Figura 9) fue diseñado como un canal trapezoidal con una base de 10 metros, una altura de 1,5 a 2 metros y un talud de 1:1.**

Figura 15. Esquema de simulación 1-D en el entorno de HEC-RAS 1-D.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Figura 16. Cuencas de aporte para calcular los flujos en el Modelo 1-D.

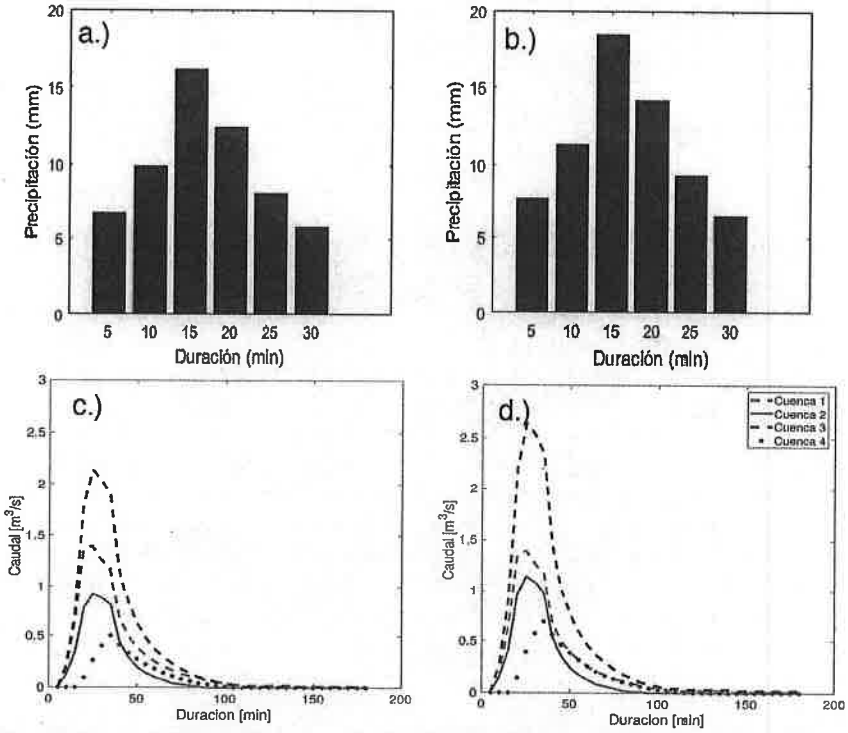


Figura 17. Hietogramas e hidrogramos derivados para forzar el modelo 1-D. Se presenta los hietogramas para una lluvias de a.) 25 años y b.) 50 años. También se presentan los caudales resultantes para los aportes de cada cuenca presentada en la Figura15, para los eventos de c.) 25 años y d.) 50 años.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Modelo 2-D – Verificación de huella de inundación.

Para entender el impacto de las lluvias, la acumulación de agua y la huella de inundación sobre el Barrio Cerrito se utilizó el modelo bi-dimensional de HEC-RAS que es capaz de simular el direccionamiento de flujo en diferentes ejes. El modelado 2D se aplica a zonas donde el flujo puede tomar varios caminos o bien donde existe una acumulación de agua.

La ventaja de modelar en 2D es que no se debe tocar de sobre manera el MDT para diseñar el canal y las alcantarillas. Otra ventaja de la simulación combinada es que la planicie de inundación no es fabricada, sino que es definida por el modelo digital de terreno (MDT) y permite que el flujo se desplace en varias direcciones.

El modelo hidrológico utilizado para la simulación 2D fue el mismo que fue desarrollado para el estudio original y los detalles de la derivación de los diferentes hietogramas e hidrogramas se encuentra en el EF2018. Los hietogramas fueron derivados de la curva IDF desarrolladas por Cuevas y Rolon (2009). Estos hietogramas fueron introducidos como valores de forzamiento a un modelo hidrológico subdividido en sub-cuencas denominado SWMM (Storm Water Management Model en ingles), que simulo las diferentes sub-cuencas que desembocan en la zona de estudio. Se modelaron tres cuencas, la cuenca del Mburicao, la cuenca del Cara Cara (también conocida como Molas López) y la Cuenca de Primer Presidente. La salida de las modelaciones hidrológicas fueron los hidrogramas que son utilizados como datos de entrada para la simulación hidráulica de la zona de estudio. Los periodos de retorno de los hidrogramas se definieron por los periodos de retorno de las lluvias – Una lluvia con un periodo de retorno de 25 años produce un hidrograma con un periodo de retorno de 25 años. La Figura 18 presentan los hidrogramas producidos para las tres cuencas grandes representadas en este estudio (Mburicao, Cara Cara, Primer Presidente). Claramente se puede ver que la cuenca del Mburicao es la que más aporta mientras que las otras dos cuencas tienen hidrogramas con un pico muy acentuado. Aunque vale recalcar que la cuenca del Mburicao no aporta al área de simulación del Barrio Cerrito ya que va encauzado hasta llegar al rio. La inclusión del hidrograma de la cuenca del Mburicao es simplemente para entender si en casos extremos el arroyo desborda hacia el Barrio Cerrito. Los hidrogramas presentados fueron utilizados principalmente para el modelo bi-dimensional.

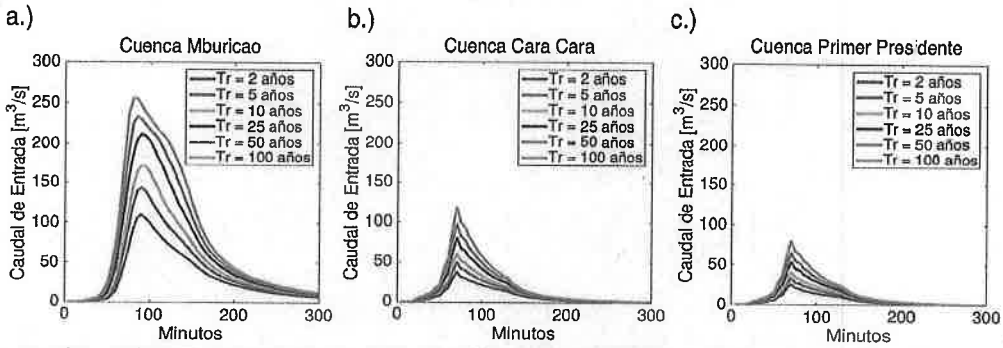


Figura 18. Hidrogramas de salida del modelo SWMM que fueron utilizados como caudales de entrada en el modelo hidráulico. Esta figura fue adaptada del EF2018.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

En la Figura 19 se muestra la malla utilizada para el modelo 2-D. Nótese que existen 3 áreas de simulación 2-D que se encuentran unidas por las alcantarillas celulares. Las celdas del modelo tienen un tamaño promedio de 10 x 10 metros para un total de 18.384 celdas numéricas. Los valores de Manning utilizados para el modelo 2-D están presentados en la Figura 20. Predomina el valor de 0,1 que define la zona del bañado Cara Cara.

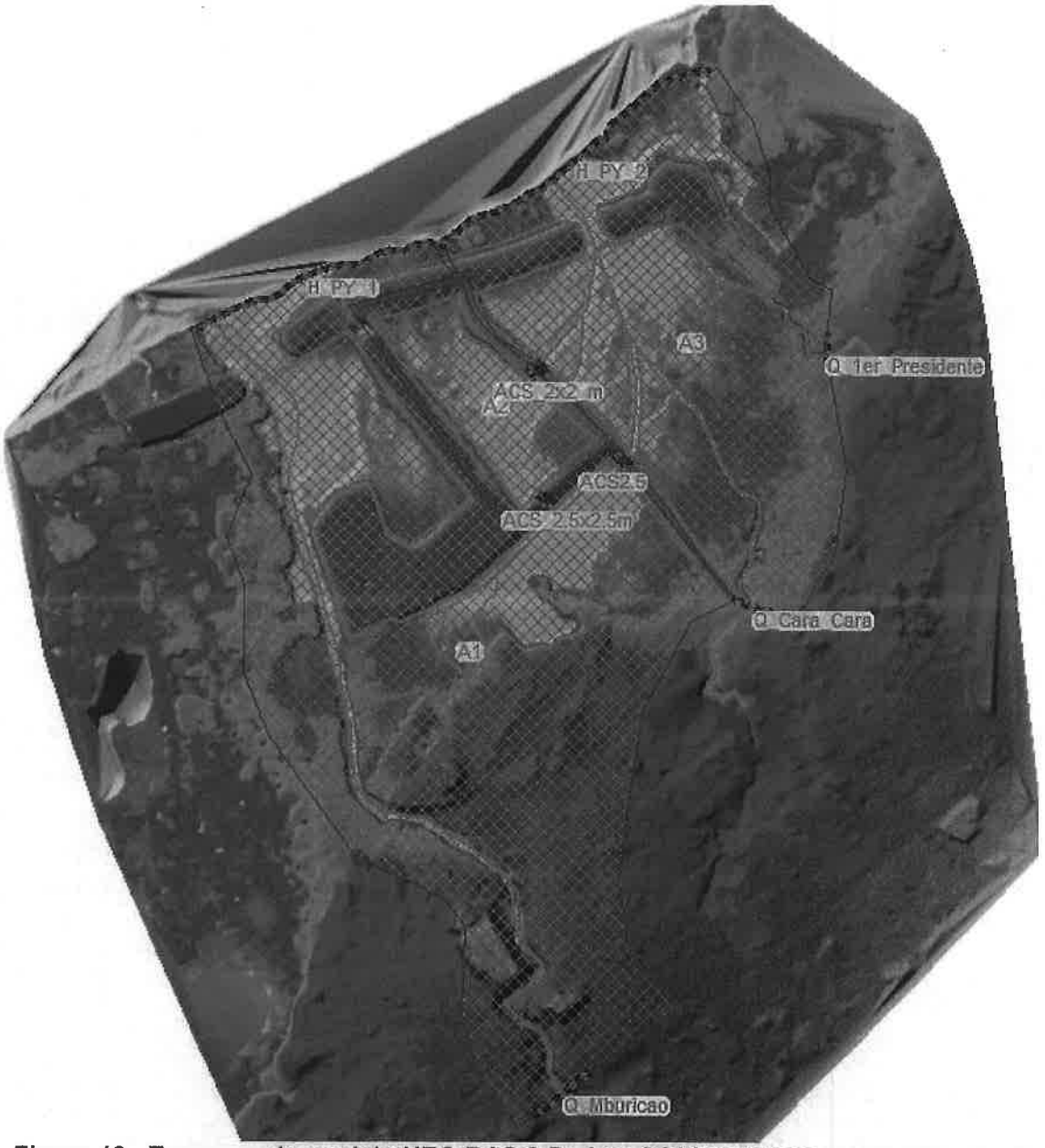


Figura 19. Esquema de modelo HEC-RAS 2-D. Los 3 hidrogramas producidos en el modelo SWMM fueron introducidos en los puntos del 'Q_Mburicao', 'Q_Cara_Cara', y 'Q_1er_Presidente'.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

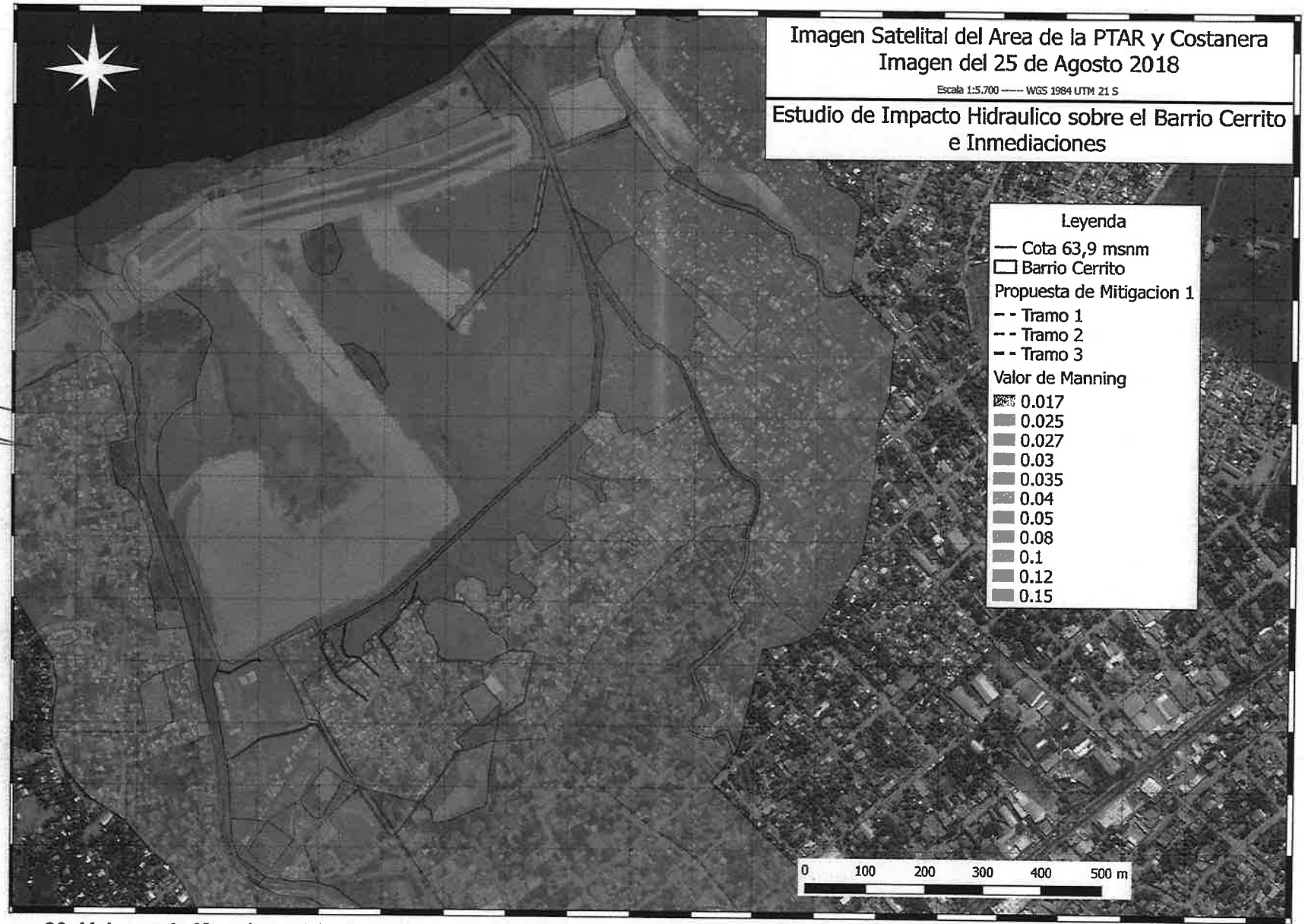


Figure 20. Valores de Manning utilizados en el Modelo HEC-RAS 2-D. Los valores más elevados se presentan en el bañado Cara Cara.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000095
(noventa y cinco)

Escenarios a Simular

En el EF2018 se determinó que independientemente a la situación del área de estudio, en estado natural, con la PTAR y la Costanera, con o sin obras de mitigación, la zona del Barrio Cerrito es inundada periódicamente cuando el rio sube. Cualquier lluvia que se simule con el rio en una cota elevada es inconsecuente ya que el área específica ya está inundada – es como "llover sobre mojado". Basado en este análisis se desestimó la simulación de escenarios con cotas mayores a 59,1 msnm.

Para este estudio se propuso simular con el modelo 2-D los mismos escenarios desarrollados en el EF2018 (ver Figura 3), con la excepción de la simulación de las lluvias con periodos de retorno de 2, 5 y 10 años ya que el impacto sobre el Barrio Cerrito se puede deducir de eventos de mayor magnitud. En la siguiente tabla (Tabla 4) se detalla los 9 escenarios simulados y los tiempos de simulación.

Para la verificación y validación del diseño de la alcantarilla y los canales en el modelo 1-D se simularon simplemente dos escenarios con la cota del rio en estiaje (53,1 msnm) una lluvia de 25 años y otra de 50 años para entender si el sistema funciona adecuadamente.

Tabla 4. Escenarios simulados en el modelo de HEC-RAS 2D y tiempo de simulación.

Periodo de Retorno de Hidrograma/Lluvia	Tr	Cota del Rio		
		Estiaje	Promedio	Crecida
		TR 100 (53,1 m)	**- (57,1 m)**	**TR 2 (59,1 m)**
	25**	24 hs	24 hs	24 hs
	50**	24 hs	24 hs	24 hs
	100**	24 hs	24 hs	24 hs

** Se tomo un paso de tiempo de 20 segundos, durante 24 horas en el modelo hidráulico.

Resultados y Análisis

Simulación 1D

Los resultados obtenidos del modelo 1-D se reproducen en la Figura 21 a 24. Estos resultados muestran que tanto los canales y las alcantarillas diseñadas verifican correctamente bajo las condiciones hidrológicas. También hay que notar que todos los resultados muestran el nivel máximo de agua por encima del nivel crítico indicando un flujo sub-critico (velocidad baja) cruzando las alcantarillas.

La Figura 21 muestra el nivel de la cota máxima en la alcantarilla celular simple de 2,0x2,0m sobre la progresiva 1+310 para dos escenarios (lluvias de 25 años y 50 años) con la cota en estiaje. En la Figura se ve que para los dos escenarios simulados la alcantarilla verifica. Hay una leve diferencia en cota máxima entre el periodo de retorno de 25 a 50 años debido a que el predio privado (Figura 1 y 9) es la única superficie que genera escorrentía. La Figura 22 muestra el perfil longitudinal de la ACSH sobre la progresiva 1+310 m.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

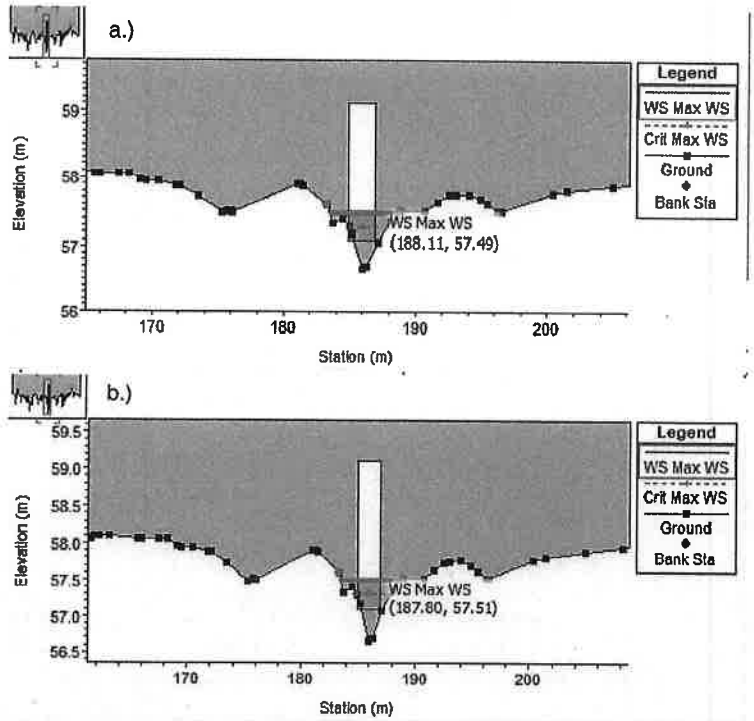


Figura 21. Nivel de altura máxima obtenido en la ACSH 2,0 x 2,0 m ubicada sobre la progresiva 1+310 para un periodo de retorno de a.) 25 años y b.) 50 años.

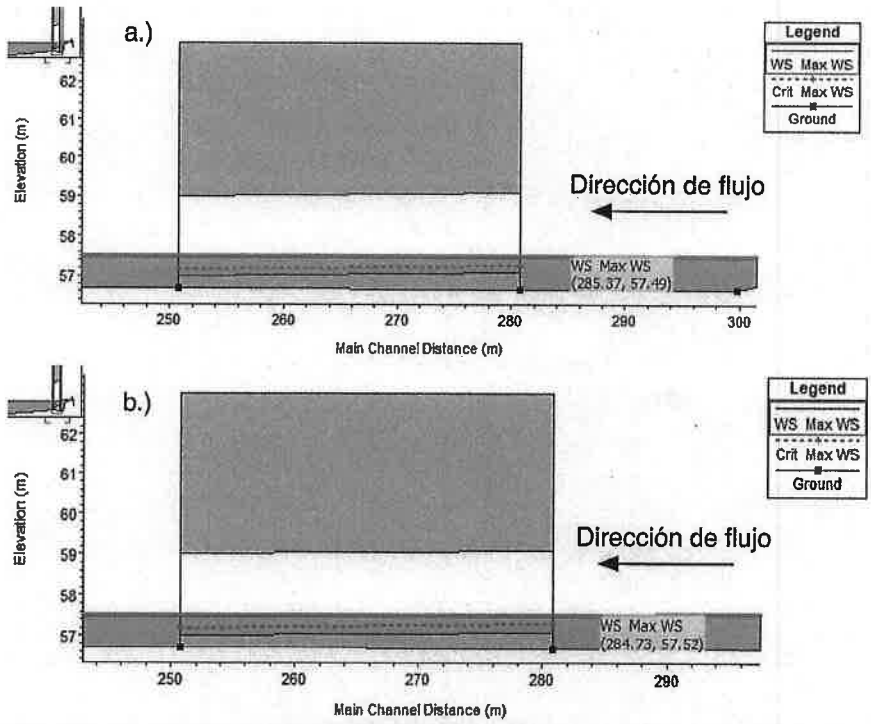


Figura 22. Perfil Longitudinal en la ACSH 2,00 x 2,00 m para un periodo de retorno de a.) 25 años y b.) 50 años.

Por su parte la Figura 23 muestra los resultados para ACSH 2,5x2,5m sobre la progresiva 1+035. Como en el caso de la primera alcantarilla se verifica su tamaño de forma holgada. En la Figura 24 se presenta el perfil longitudinal para los dos escenarios simulados y se observa

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

una lámina de agua del orden de los 30 cm, distribuida a lo largo del terreno llano. La Tabla 5 presenta los resultados de los flujos, alturas máximas aguas arriba asi como las perdidas de carga y velocidades aguas arriba y aguas abajo.

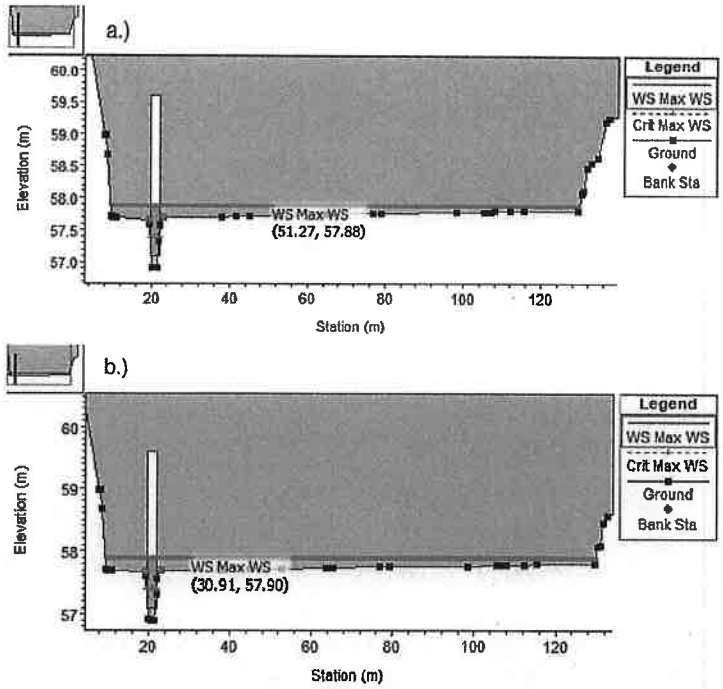


Figura 23. Nivel de altura máxima obtenida en la ACSH 2,50 x 2,50m ubicada sobre la progresiva 1+035 para un periodo de retorno de a.) 25 años y b.) 50 años.

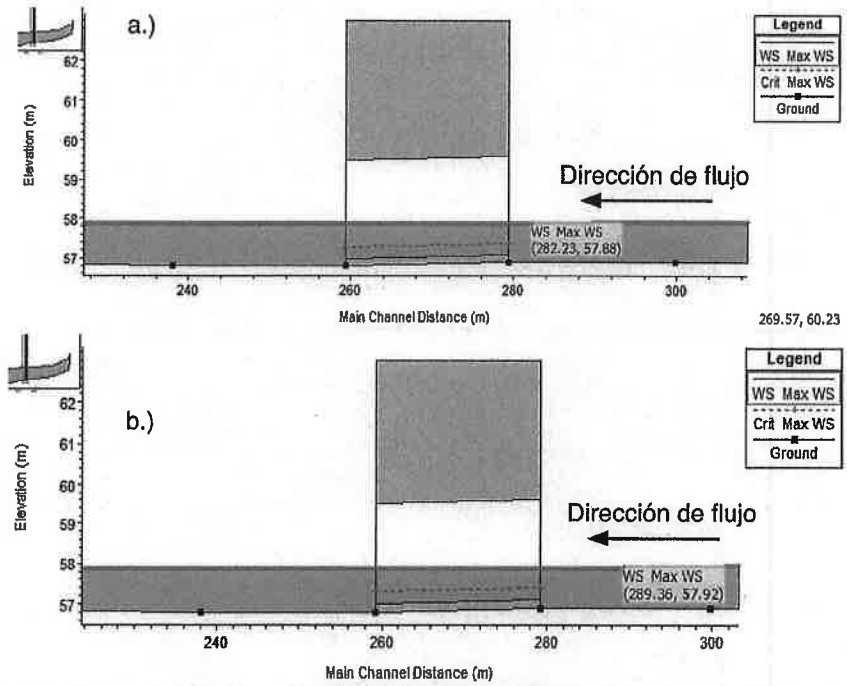


Figura 24. Perfil Longitudinal en la ACSH 2,50 x 2,50 m para un periodo de retorno de a.) 25 años y b.) 50 años.

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Tabla 5. Resultados obtenidos en Alcantarillas para la situación de máxima altura. Escenario de cota de 53,1 m y lluvias con tiempos de retorno de 25 y 50 años.

	OBRA	Altura de Agua Aguas Arriba (m)	Q max (m^3/s)	Pérdida de Carga (m)	Velocidad Aguas Arriba (m/s)	Velocidad Aguas Abajo (m/s)
Lluvia de 25 años	ACSH 2,50 x 2,50 m	57.90	1.16	0,03	0,6	0,53
	ACSH 2,50 x 2,50 m	57.94	1.37	0,04	0,68	0,61
Lluvia de 50 años	ACSH 2,00 x 2,00 m	57.51	0,45	0,03	0,57	0,46
	ACSH 2,00 x 2,00 m	57.55	0,59	0,04	0,73	0,59

Finalmente, para entender como las obras de arte funcionan bajo un escenario extremo se presenta el resultado de las simulaciones en con una cota alta del rio (59,1 msnm) y una lluvia con un periodo de retorno de 50 años. Se puede ver en el corte transversal que se presenta en la Figura 25 que las dos alcantarillas siguen funcionando sin estar ahogadas. La alcantarilla sobre la progresiva 1+310 está casi llena, aunque sigue habiendo un espacio de 5 cm; mientras que la alcantarilla sobre la progresiva 1+035 tiene un aire de alrededor de 30 cm.

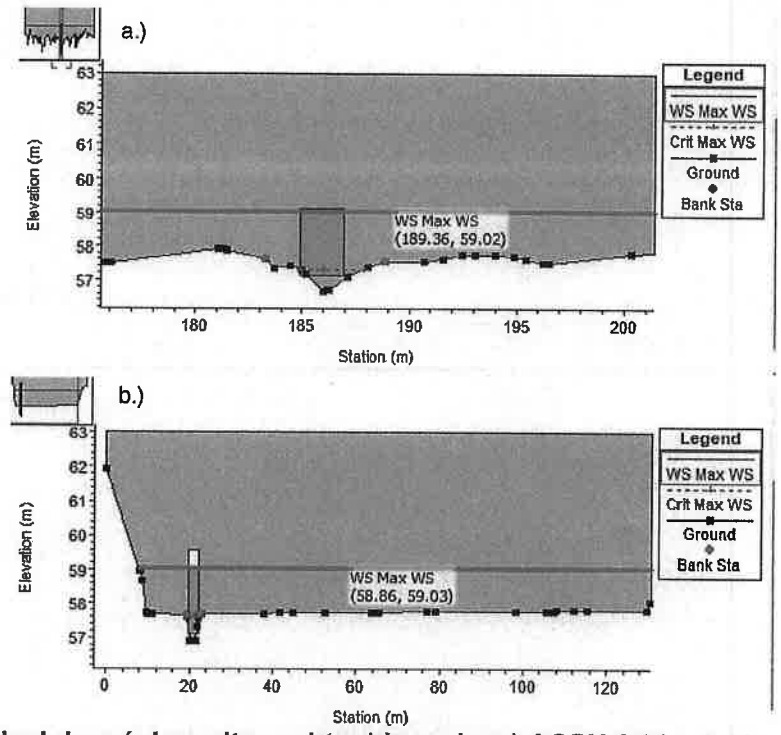


Figura 25. Nivel de máxima altura obtenido en la a.) ACSH 2,00 x 2,00 m y b.) ACSH 2,50 x 2,50 m para un periodo de retorno de 50 años.

Simulación 2D

Los resultados de la simulación 2-D se resumen en las Figura 26 y en la Tabla 6 donde se presentan las áreas de máxima inundación sobre el barrio Cerrito. En el gráfico de barra se comparan los resultados de 9 escenarios que corresponden a 3 modelos digitales de terrenos, a 3 cotas del rio y a 3 eventos de lluvia. Los tres modelos de terrenos corresponden al "Estado

CENTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Natural" del terreno sin la PTAR y la costanera, el terreno con la PTAR, la costanera y con la primera opción de mitigación estudiada en el EF2018 (Mitigación v1 2018) y finalmente con el terreno digital de este estudio que incluye la PTAR, la Costanera, y la tercera opción de mitigación (Mitigación v3 2019).

Del grafico de barra y los valores de la Tabla 6, se puede ver que la propuesta de mitigación diseñada en este estudio produce huellas de inundación de igual o menor extensión a los que se producen en el estado natural del terreno. En los escenarios precisos de lluvias de 25 años de retorno (QTR25) la opción de Mitigación v3 produce huellas de menor tamaño que las que se ven en el "Estado Natural". Para los de más escenarios las huellas son exactamente igual – ver Tabla 3. Como comparativo también se presentan los resultados del análisis del área máxima de la huella de inundación creados bajo la propuesta de Mitigación v1 - 2018. Para todos los casos dicha huella se tiene un área que es mayor a la creada en el estado natural y con la Mitigación v3 2019.

Para complementar el análisis de máxima huella de inundación se presentan la imagen de la huella de inundación sobre el barrio Cerrito con un terreno natural (Figura 27a) y con las obras de mitigación propuestas en este estudio (Figura 27b). La diferencia visual es casi nula, pero se puede ver que la acumulación de agua ocurre en el noreste del barrio hacia la zona del canal de desagüe.

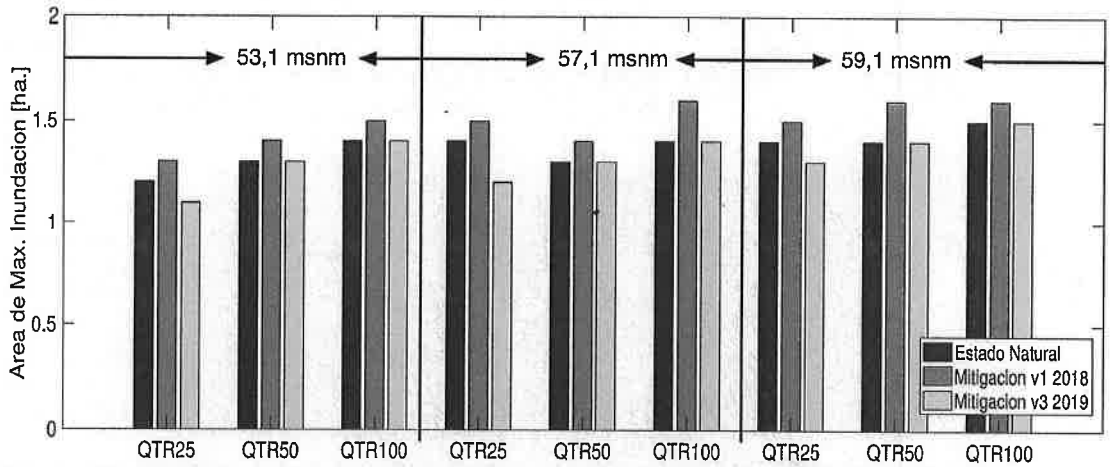


Figura 26. Máxima extensión de huella de inundación sobre el barrio Cerrito para los diferentes escenarios simulados.

Tabla 6. Máxima extensión de huella de inundación sobre el barrio Cerrito para los diferentes escenarios simulados.

	Terreno Natural [ha.]	Terreno Mitigación v1 – 2018 [ha.]	Terreno Mitigación v3 – 2019 [ha.]
QTR25 + 53,1 msnm	1.2	1.3	1.1
QTR50 + 53,1 msnm	1.3	1.4	1.3
QTR100 + 53,1 msnm	1.4	1.5	1.4
QTR25 + 57,1 msnm	1.4	1.5	1.2
QTR50 + 57,1 msnm	1.3	1.4	1.3
QTR100 + 57,1 msnm	1.4	1.6	1.4

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

	Terreno Natural [ha.]	Terreno Mitigación v1 – 2018 [ha.]	Terreno Mitigación v3 – 2019 [ha.]
QTR25 + 59,1 msnm	1.4	1.5	1.3
QTR50 + 59,1 msnm	1.4	1.6	1.4
QTR100 + 59,1 msnm	1.5	1.6	1.5

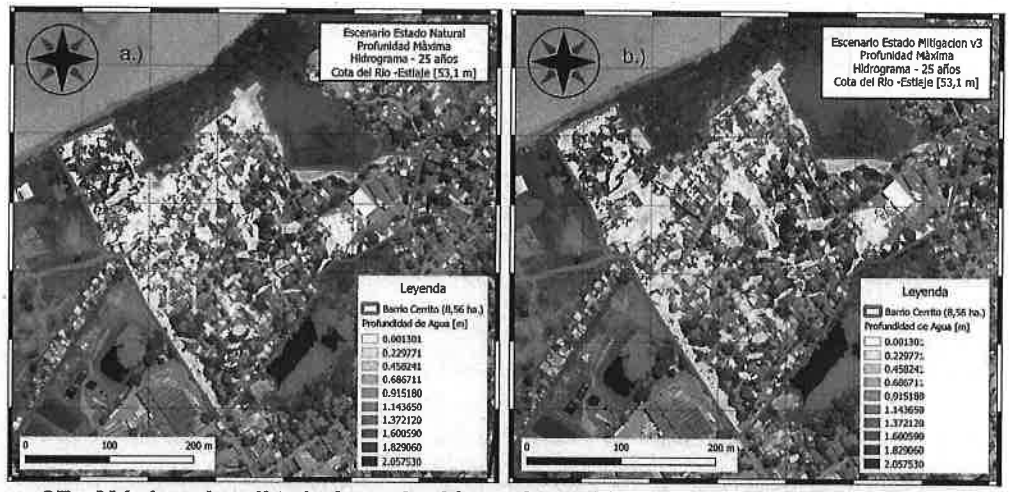


Figura 27. Máxima huella de inundación sobre el barrio Cerrito para el Escenario de QTR25 y rio en Estiaje con a.) Terreno natural y b.) Terreno con opción de Mitigación v1 2019.

Los valores de la extensión de la huella de inundación luego de 24 horas de simulación se presentan en la Tabla 7. Los valores de la extensión de las huellas de inundación no muestran mucha diferencia entre los resultados con el terreno natural y con las obras de mitigación. Esto implica que las obras de mitigación no reducen la capacidad de drenaje. Los valores correspondientes al terreno con las obras de mitigación en su segunda versión tienen valores similares (aquí no se muestran estos valores). Para una mejor comprensión de los resultados se presenta una imagen del barrio Cerrito con la huella de inundación después de 24 horas. Como se ve en la Figura 28 la diferencia es casi nula. Estos resultados indican que la acumulación vista en las figuras anteriores no es permanente y que el sistema drena correctamente el agua acumulada.

Tabla 7. Extensión de la huella de inundación después de 24 horas sobre el barrio Cerrito para los diferentes escenarios simulados.

	Terreno Natural [ha.]	Terreno Mitigación v1 – 2018 [ha.]	Terreno Mitigación v3 – 2019 [ha.]
QTR25 + 53,1 msnm	0,31	0,31	0,30
QTR50 + 53,1 msnm	0,32	0,31	0,30
QTR100 + 53,1 msnm	0,31	0,35	0,31
QTR25 + 57,1 msnm	0,31	0,31	0,30
QTR50 + 57,1 msnm	0,32	0,31	0,30
QTR100 + 57,1 msnm	0,32	0,32	0,31
QTR25 + 59,1 msnm	0,60	0,63	0,61
QTR50 + 59,1 msnm	0,61	0,63	0,61
QTR100 + 59,1 msnm	0,61	0,64	0,61

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

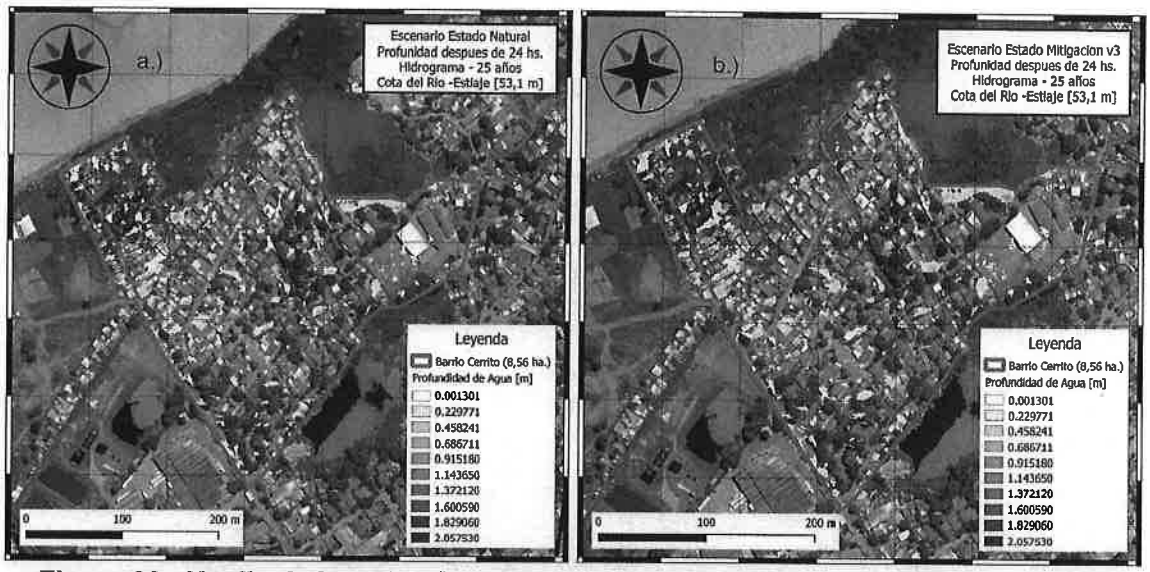


Figure 28. Huella de inundación sobre el barrio Cerrito luego de 24 horas para el Escenario de QTR25 y rio en Estiaje con a.) Terreno natural y b.) Terreno con opción de Mitigación v1 2019.

Recomendaciones Finales

Los resultados de la simulación de 1-D indican que el diseño de alcantarillas y canales son adecuados para manejar la cantidad de flujo y esto se verifico con flujos con periodos de retorno de 25 y 50 años.

Con respecto a la huella de inundación sobre el Barrio Cerrito, se propuso una nivelación del terreno del área con cotas representadas en la Figura 12, y con un sistema de canales de desagüe y alcantarillas (ver Tablas 1, 2 y 3). **Los resultados de la simulación 2D indican que la propuesta de mitigación en su versión 3 no tiene un impacto negativo sobre el Barrio Cerrito, y que el tamaño de las áreas de la huella de inundación sobre el barrio Cerrito son igual o menor a las calculadas en el estado natural del terreno.**

Estos resultados, aunque sean cuantitativos deberían ser tomados de forma cualitativa ya que igual a los numero del EF2018 son basados en un modelo numérico no calibrado de la zona. Esto implica que son resultados que pueden ser comparados entre si – "Estado Natural" vs "Mitigación v3"- pero no pueden ser interpretados como valores reales o bien valores a esperar. Dado esa salvedad, se pueden usar estos resultados para indicar que un diseño funciona adecuadamente. La propuesta de mitigación consiste en:

1.) Sistema de tres alcantarillas:
   a. Una ACSH 2x2 sobre la ruta de acceso a la PTAR perpendicular a la misma, aproximadamente centrado en las coordenadas Long. -57º35'35,216", Lat. -25º15'1,978". Esta alcantarilla funciona como aliviadero con una cota de fondo de 57,55 m y con una pendiente de cero.
   b. Una ASCH 2x2 sobre la ruta de Cañadon Chaqueño a la altura la progresiva 1+310 m con cota de fondo de 57,5 msnm.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

c. Una ASCH 2,5x2,5 sobre la ruta de Cañadon Chaqueño a la altura la progresiva 1+035 m con cota de fondo de 56,9 msnm.

2.) Movimiento de tierra que cree las pendientes propuestas en la Figurea 12. Este movimiento de tierra implica tanto un corte y una carga del terreno en diferentes lugares.

3.) Un dique de protección al canal perimetral (tramo 3) saliendo de la ASCH 2,5x2,5 m hasta llegar al acople con el canal de rectificación (tramo 2). El dique tendría que tener una altura de aproximadamente 1,5 m y un talud de 1:1,

4.) Un sistema de canales de desagüe como fue propuesto en las tablas 1 y 2 de este informe que dirija las aguas del barrio Cerrito y alrededores hasta la desembocadura con el Rio Paraguay.

Es de fundamental importancia para el funcionamiento adecuado del sistema que los canales diseñados y las alcantarillas se mantengan limpios y bien mantenidos (vegetación corta). De igual, o mayor importancia, es mantener los canales de desagüe del barrio Cerrito excavados, limpios y bien mantenidos.

ELECTROBAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

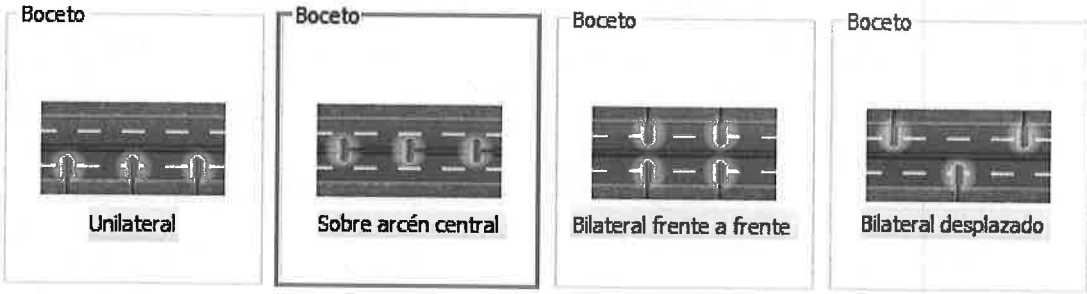
0000086
(ochenta y seis)

2154-4 - PROYECTO VIAL BOTÁNICO

VIADUCTO GRANDE

Cálculos de Iluminación con columnas de 12mt.
Distancia 30mt.
Luminaria de 250w.
Clase de iluminación M1.

Tipo de disposición:



Autopistas con carriles separados, libres de intersecciones al mismo nivel, con accesos completamente controlados, con Límite Máximo de Velocidad igual o mayor que 100 kilómetros / hora, de acuerdo a la siguiente Densidad de Tráfico y Complejidad del Trazado de Carreteras

Alta, superior a 1.200 vehículos/hora.	**M1**
Media, entre 500 y 1.200 vehículos/hora.	**M2**
Baja, menor que 500 vehículos/hora.	**M3**

Empresa: CDD Construcciones S.A.
Vendedor: Juan José Rosales

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

Fecha: 20.08.2020
Proyecto elaborado por: Departamento de Proyectos

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

Índice

2154 - PROYECTO VIAL BOTÁNICO
- Portada del proyecto 1
- Índice 2
- **VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1**
  - Datos de planificación 3
  - Lista de luminarias 4
  - Rendering (procesado) en 3D 5
  - Rendering (procesado) de colores falsos 6
  - **Recuadros de evaluación**
    - **Recuadro de evaluación Calzada 1**
      - Sumario de los resultados 7
      - Isolíneas (E) 8
      - **Observador**
        - **Observador 1**
          - Isolíneas (L) 9
        - **Observador 2**
          - Isolíneas (L) 10
    - **Recuadro de evaluación Calzada 2**
      - Sumario de los resultados 11
      - Isolíneas (E) 12
      - **Observador**
        - **Observador 3**
          - Isolíneas (L) 13
        - **Observador 4**
          - Isolíneas (L) 14

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000084 (ochenta y cuatro)

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

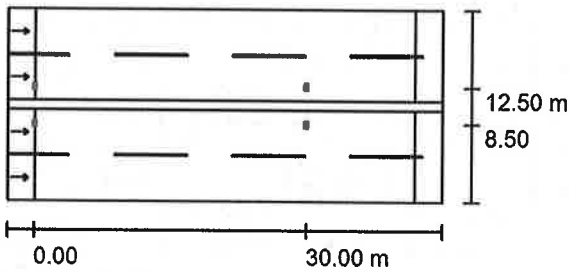
VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Datos de planificación

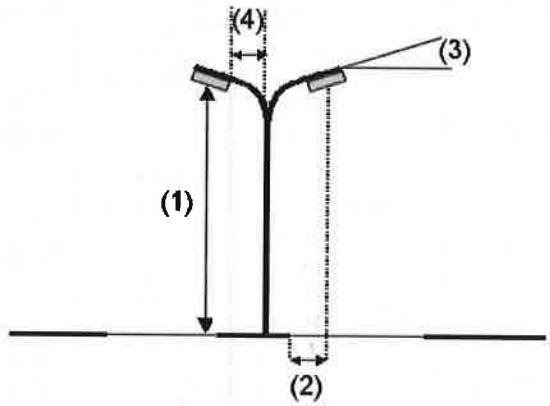
Perfil de la vía pública

Calzada 2	(Anchura: 10.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1	(Anchura: 1.000 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 10.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.67

Disposiciones de las luminarias





Luminaria:	ALCON 250 W LUXACRIL ALCON 250 W LUXACRIL ALCON 250 W LUXACRIL
Flujo luminoso (Luminaria):	35000 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	35000 lm
Potencia de las luminarias:	250.0 W
Organización:	sobre arcén central
Distancia entre mástiles:	30.000 m
Altura de montaje (1):	12.300 m
Altura del punto de luz:	12.200 m
Saliente sobre la calzada (2):	1.509 m
Inclinación del brazo (3):	5.0 °
Longitud del brazo (4):	2.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica

con 70°:	208 cd/klm
con 80°:	50 cd/klm
con 90°:	1.44 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 95°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G5.
La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.4.

ELECTROPAR Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000083 (ochenta y tres)

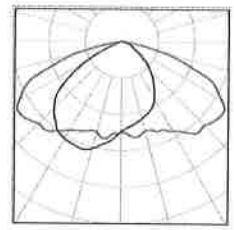
LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Lista de luminarias

ALCON 250 W LUXACRIL ALCON 250 W LUXACRIL ALCON 250 W LUXACRIL (Tipo 1)
N° de artículo: ALCON 250 W LUXACRIL
Flujo luminoso (Luminaria): 35000 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 35000 lm
Potencia de las luminarias: 250.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 79 98 100 100
Lámpara: 1 x Definido por el usuario (Factor de corrección 0.900).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



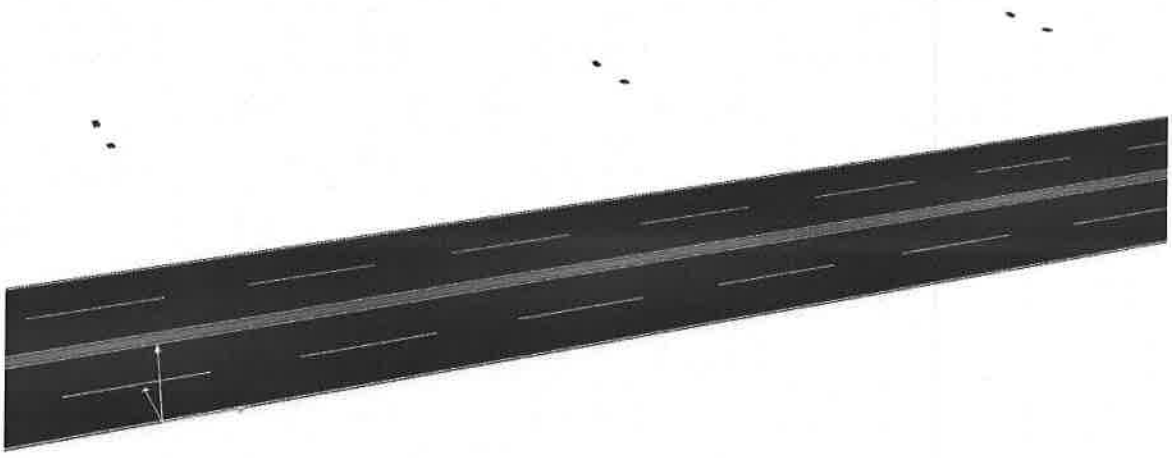
ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Rendering (procesado) en 3D



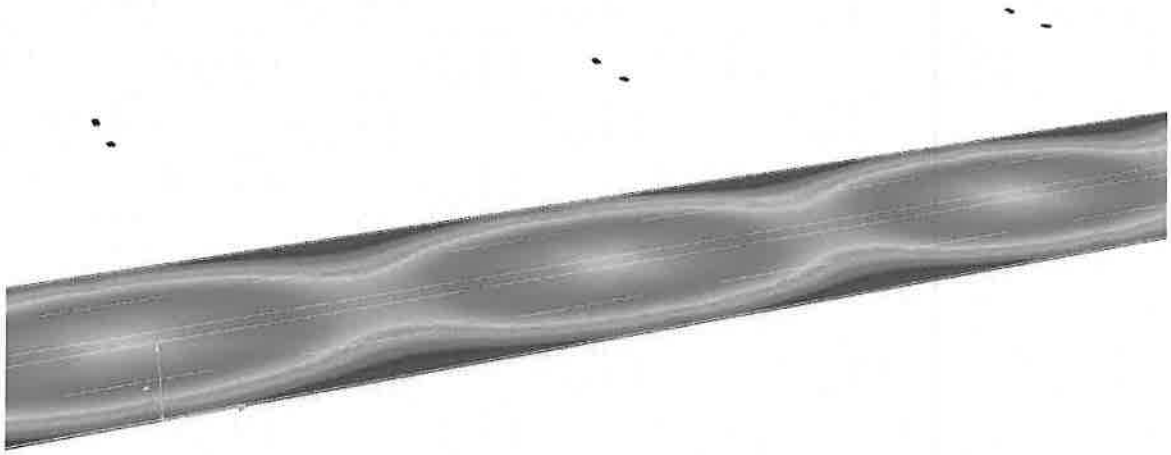
ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

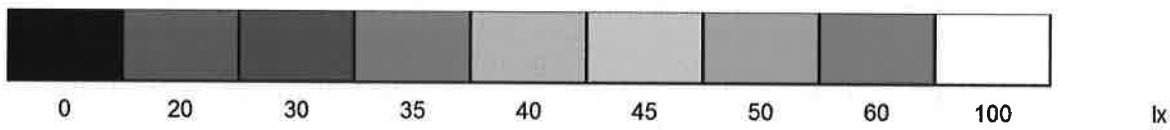
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Rendering (procesado) de colores falsos





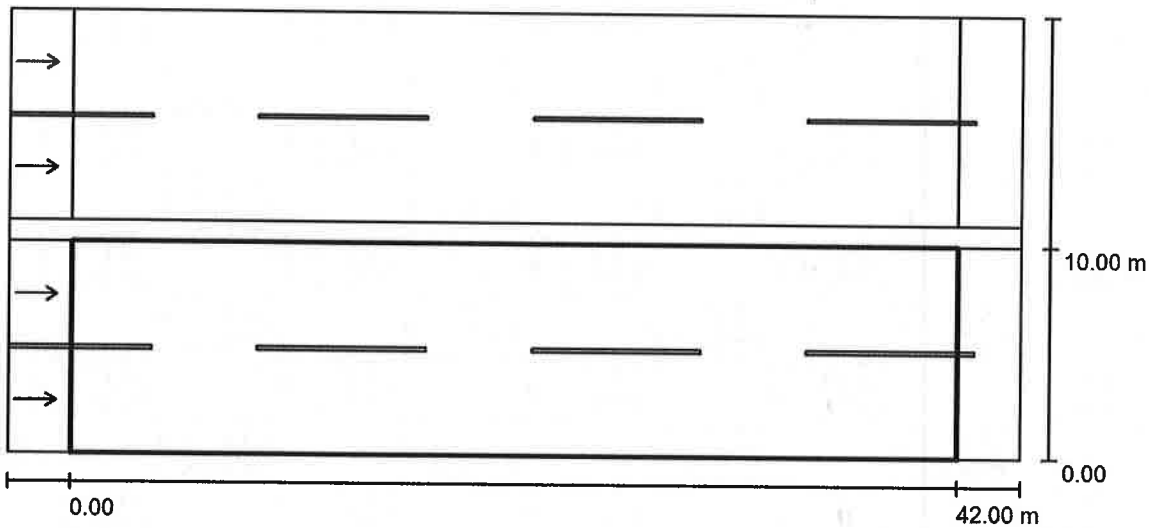
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:344

Trama: 10 x 6 Puntos
Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.
Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070
Clase de iluminación seleccionada: ME1

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reales según cálculo:	2.87	0.43	0.89	6	0.81
Valores de consigna según clase:	≥ 2.00	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumplido/No cumplido:					

Observador respectivo (2 Pieza):

N°	Observador	Posición [m]	L_m [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
1	Observador 1	(-60.000, 2.500, 1.500)	3.10	0.44	0.91	4
2	Observador 2	(-60.000, 7.500, 1.500)	2.87	0.43	0.89	6

ELECTRIPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

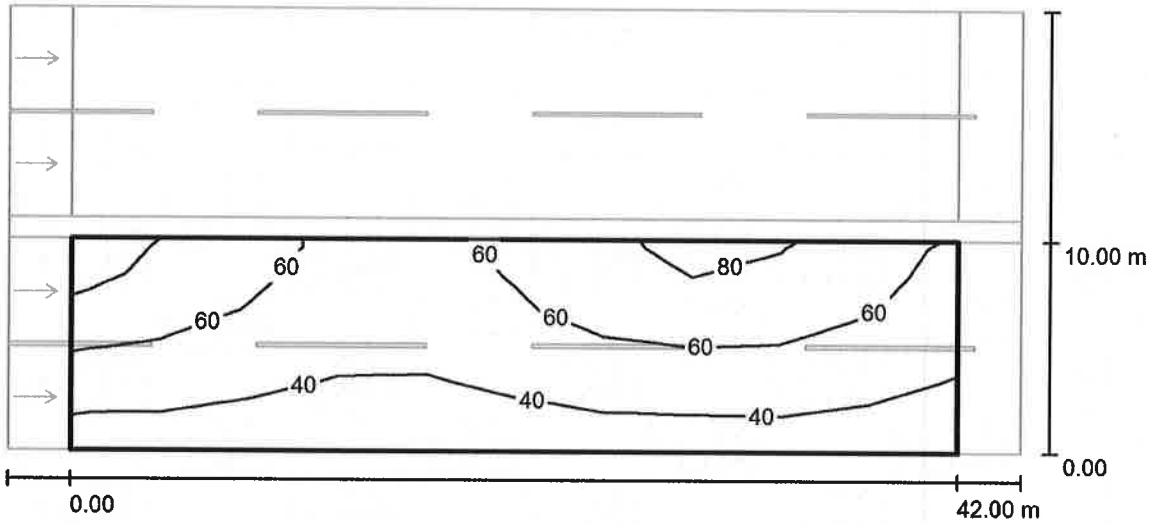
Consorcio D-R COSTANERA
Ing. CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal

0000079 (setenta y nueve)

LUXACRIL S.A.
Planta Industrial
Acceso Sur esq. Vapor Cue Nro 1230
Villa Elisa - Paraguay

Proyecto elaborado por Departamento de Proyectos
Teléfono 021 943 905/8
Fax 021 943 909
e-Mail proyectos@luxacril.com.py

VIADUCTO GRANDE- POSTES 12MT- M1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 344

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
53	26	86	0.501	0.306

ELECTROPAR
Ingenieros Consultores S.R.L.

Consorcio D-R COSTANERA
Ing CÉSAR DANIEL DELGADO
Representante Legal