
“Acueducto Entrerriano La Paz - Estacas”



Junio 2010

CONTENIDO

1 - INTRODUCCIÓN	3
2 - OBRA DE TOMA	5
2.1 - UBICACIÓN	5
2.2 - DISEÑO - GEOMETRÍA	7
2.3 - CONCLUSIÓN PARCIAL.....	11
3 - CANAL PRINCIPAL	12
3.1 - GENERALIDADES.....	12
3.2 - ACUEDUCTO.....	14
3.3 - CANAL TRAPEZOIDAL.....	15
3.3.1 - CAUDALES	15
3.3.2 – DISEÑO - GEOMETRÍA	17
3.3.3 – ESTACIONES DE BOMBEO.....	21
3.4 – PERFIL LONGITUDINAL.....	25
4 - CONCLUSIÓN FINAL	28

1 - INTRODUCCIÓN

En una primer instancia se determinó la traza tentativa del canal principal para abastecer de agua al área de proyecto reducida (43.224 ha aproximadamente). Dicho trazado obedeció a la información topográfica con la cual se disponía. La misma consistía en las cartas topográficas con las curvas de nivel digitalizadas.

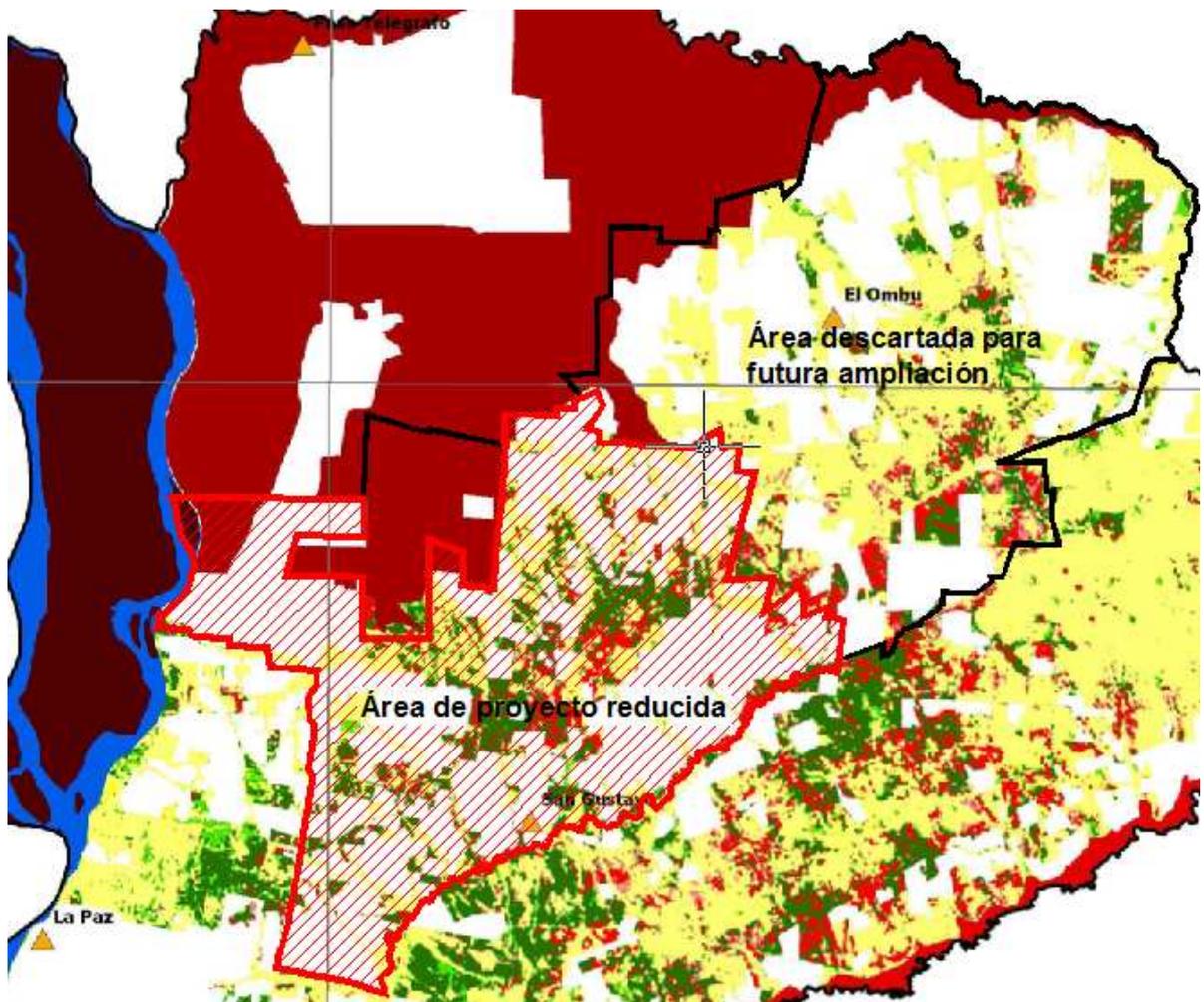


Gráfico 1.1 – Áreas de proyecto original y reducido. Mapa de bosques nativos

Con la traza tentativa del canal principal se realizó el primer trazado de la red de canales secundarios.

La traza del canal principal y la red de canales secundarios se ajustaron tanto a la topografía como a la distribución de los bosques nativos protegidos por la Ley Nacional N° 26.331.

Con el trazado tentativo del canal principal se elaboró el perfil longitudinal y se ubicó sobre el mismo las distintas estaciones de bombeo en función de los desniveles topográficos.

A partir de la nueva información proporcionada por el relevamiento topográfico realizado recientemente, se ajustaron planialtimétricamente tanto el canal principal como las estaciones de bombeo.

Dichos ajustes se trasladaron a la red de canales secundarios, con lo cual se pudieron modificar las secciones del canal principal.

Por otra parte esta nueva información, sumada a los datos de las batimetrías disponibles permitió definir la ubicación final de la obra de toma

En el presente informe se describen las definiciones a las que se arribaron a partir del relevamiento topográfico realizado. Estas definiciones, sumadas a las que se generen a partir del relevamiento que se está iniciando, permitirán definir los aspectos faltantes para la confección del proyecto ejecutivo.

2 - OBRA DE TOMA

2.1 - UBICACIÓN

Del estudio de las batimetrías disponibles y de los datos proporcionados por el relevamiento topográfico, se concluyó que la ubicación propuesta originalmente, es la que cumple con las exigencias de las bombas seleccionadas para la obra de toma tipo muelle.

La zona de emplazamiento seleccionada se ubica a unos 20 km aproximadamente al norte de la ciudad de La Paz en coordenadas Gauss Kruger $X=5.541.364,290$ $Y=6.617.117,125$. Gráfico 2.1

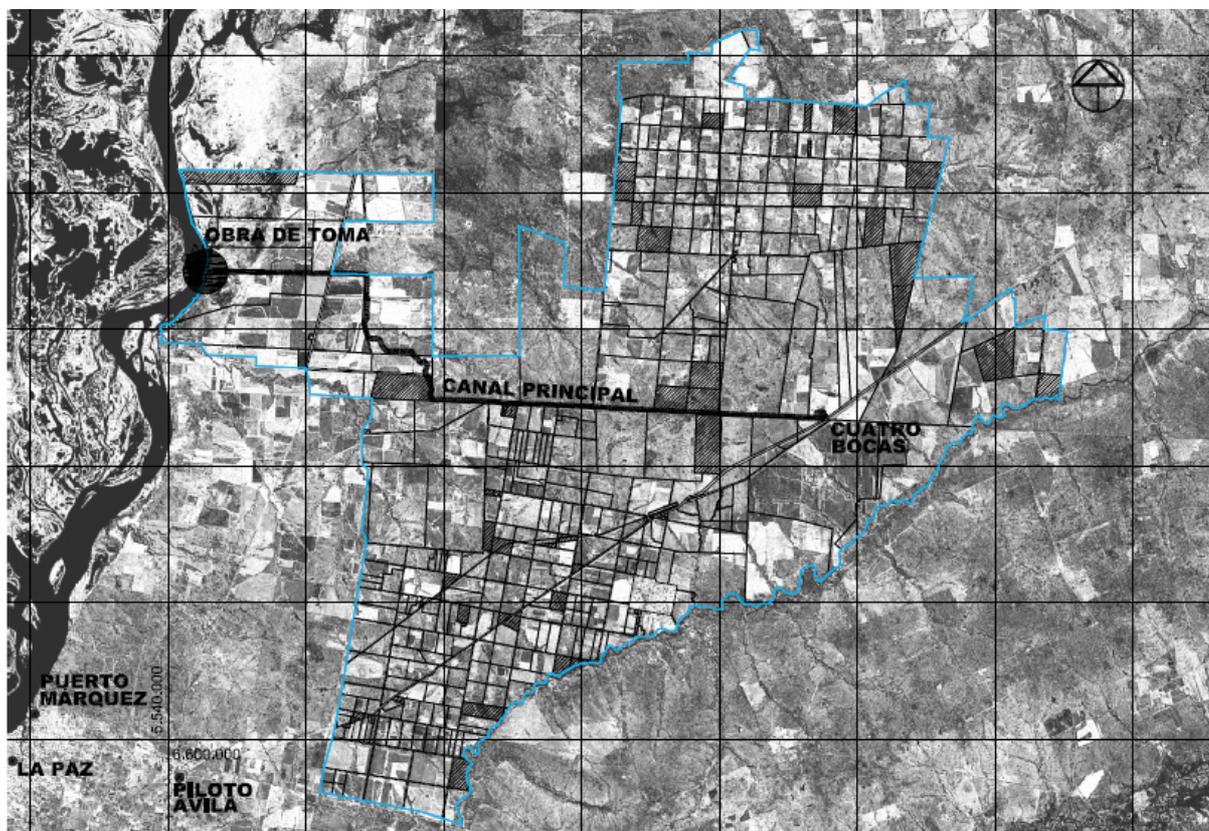


Gráfico 2.1 – Ubicación Obra de Toma

Las cotas de fondo de la zona de emplazamiento presentan valores que van desde los +13,60 m IGM a los + 14,00 m IGM. Corresponde a una zona donde el meandro del río garantiza la existencia de alturas mínimas de aspiración para las bombas seleccionadas.

La cota del coronamiento de la toma muelle es de +27,57 m IGM. La cota máxima alcanzada por el río es de +25,83 m IGM, con lo cual se garantiza el correcto funcionamiento de la toma.

Como alternativa al emplazamiento seleccionado se estudio la posibilidad de ubicar

la obra de toma unos 400 metros al norte. La existencia de un arroyo y las cotas de fondo más elevadas hicieron que se descarte dicha alternativa. Gráfico 2.2.

Las cotas de fondo en dicho sector hacen necesario que las bombas se ubiquen en el centro del río para obtener las alturas mínimas de aspiración de las bombas y para garantizar que frente a un nivel mínimo del río las mismas funcionen correctamente. Dicha ubicación, además de traer inconvenientes para la navegación, requiere de una inversión tanto en la superestructura como en la subestructura muy superior a la del emplazamiento seleccionado.

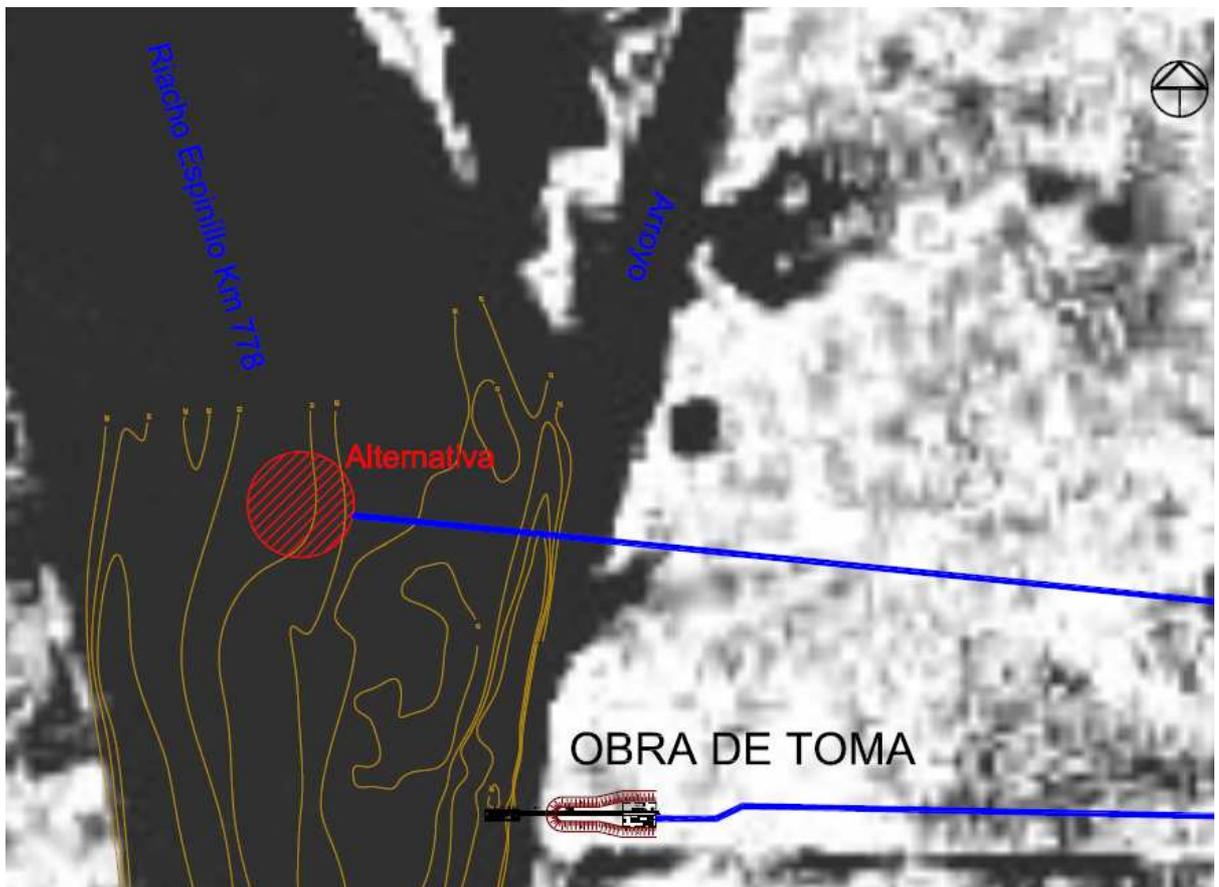


Gráfico 2.2 – Ubicación Obra de Toma - Alternativa

2.2 - DISEÑO - GEOMETRÍA

La obra de toma quedó conformada por un muelle de 16,20 metros de ancho por 54,30 metros de largo, apoyado sobre una estructura conformada por 14 pilotes. Dichos pilotes se encuentran separados cada 10,00 metros y presenta un diámetro preliminar de 1,00 metro con una ficha de 30 metros. Gráfico 2.3 – 2.4 – 2.5.

Al respecto cabe mencionar que el estudio de suelo proporcionado por la provincia (Estudio N° 674-A – Sondeo S3 bis) alcanza una profundidad de solo 15,50 metros, con lo cual se hace necesaria la profundización de dicho estudio hasta los 30,00 metros.

Observando el Gráfico 2.1 se puede apreciar el meandro del río en la zona de emplazamiento de la obra de toma. Dicho meandro originará que durante las crecientes extraordinarias se puedan producir erosiones del lecho del río en dicho sector, con lo cual la profundidad de 30 metros propuesta para los pilotes de fundación asegura la estabilidad de la obra.

CAPACIDAD PORTANTE

En función a los resultados de campaña, gabinete, las características particulares que presenta el terreno por la ubicación del sondeo solicitado y la capacidad portante, se brinda el siguiente cuadro de cotas y tensiones admisibles.

Cota (m)	Tensión Admisible (Kg / Cm ²)
	S3 bis
10.00	4.20
12.00	6.50
13.00	7.00
15.00	8.50


 Ing. MARIA MARTA QUIROGA
 Directora
 Tecnología de Materiales
 Dirección Provincial de Vialidad
 Entre Ríos

Resumen Estudio N° 674-A – Sondeo S3 bis

Sobre el muelle de bombeo se ubican seis bombas de las cuales cinco se encuentran en continuo funcionamiento y una permanece de reserva. Gráfico 2.3 – 2.4

El muelle de bombeo se vincula con la casa de toma a través de un viaducto de 56,50 metros de longitud apoyado sobre tres cabezales de 6,90 metros con dos pilotes cada uno, separados cada 13,50 metros. Dicho viaducto, además de servir de apoyo para la cañería de impulsión, sirve como camino de servicio para el muelle de toma.

La casa de toma se encuentra a unos 100 metros del viaducto y a la misma cota que el muelle de bombeo +27,57 m IGM. Para alcanzar dicha cota se prevé la ejecución de un terraplén de 16.000 m² de superficie y 5,00 metros de altura con taludes 1:3. La cota +27,57 m IGM asegura el resguardo de la casa de toma frente a una creciente extraordinaria del río.

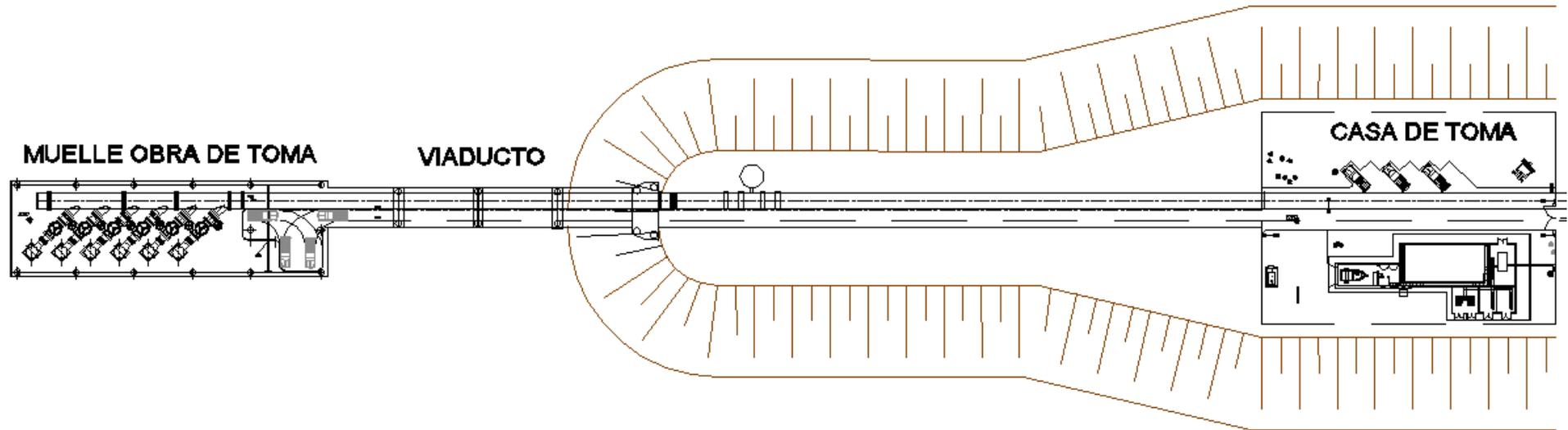


Gráfico 2.3 – Obra de Toma – Muelle – Viaducto – Casa de Toma.

MUELLE OBRA DE TOMA

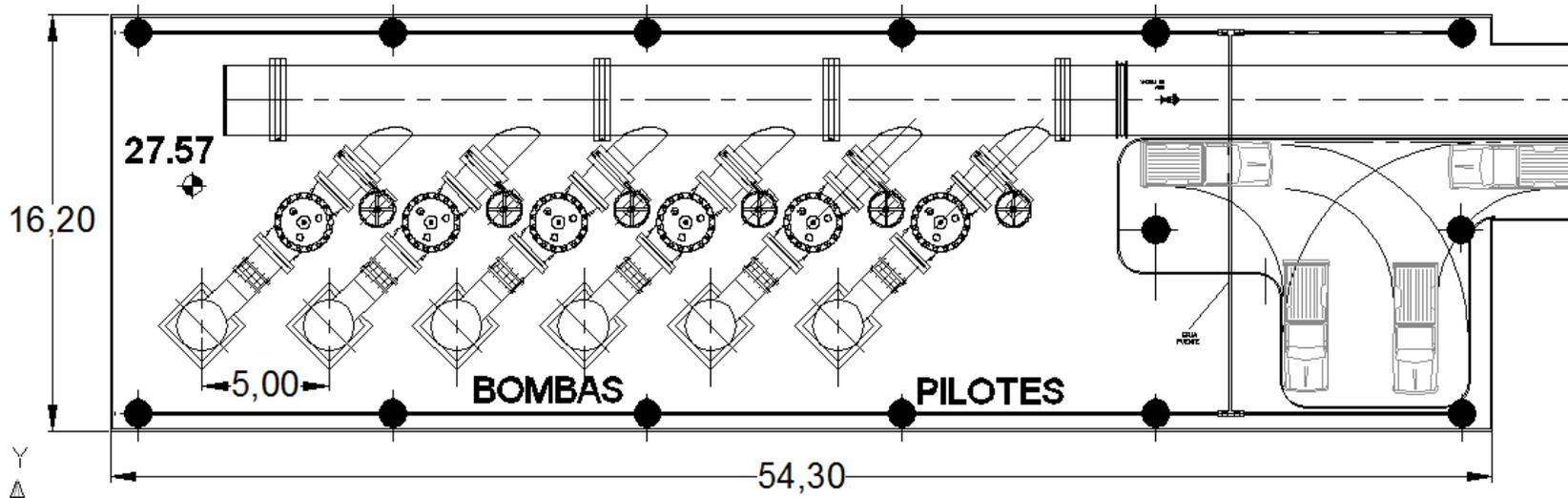


Gráfico 2.4 – Obra de Toma - Muelle.

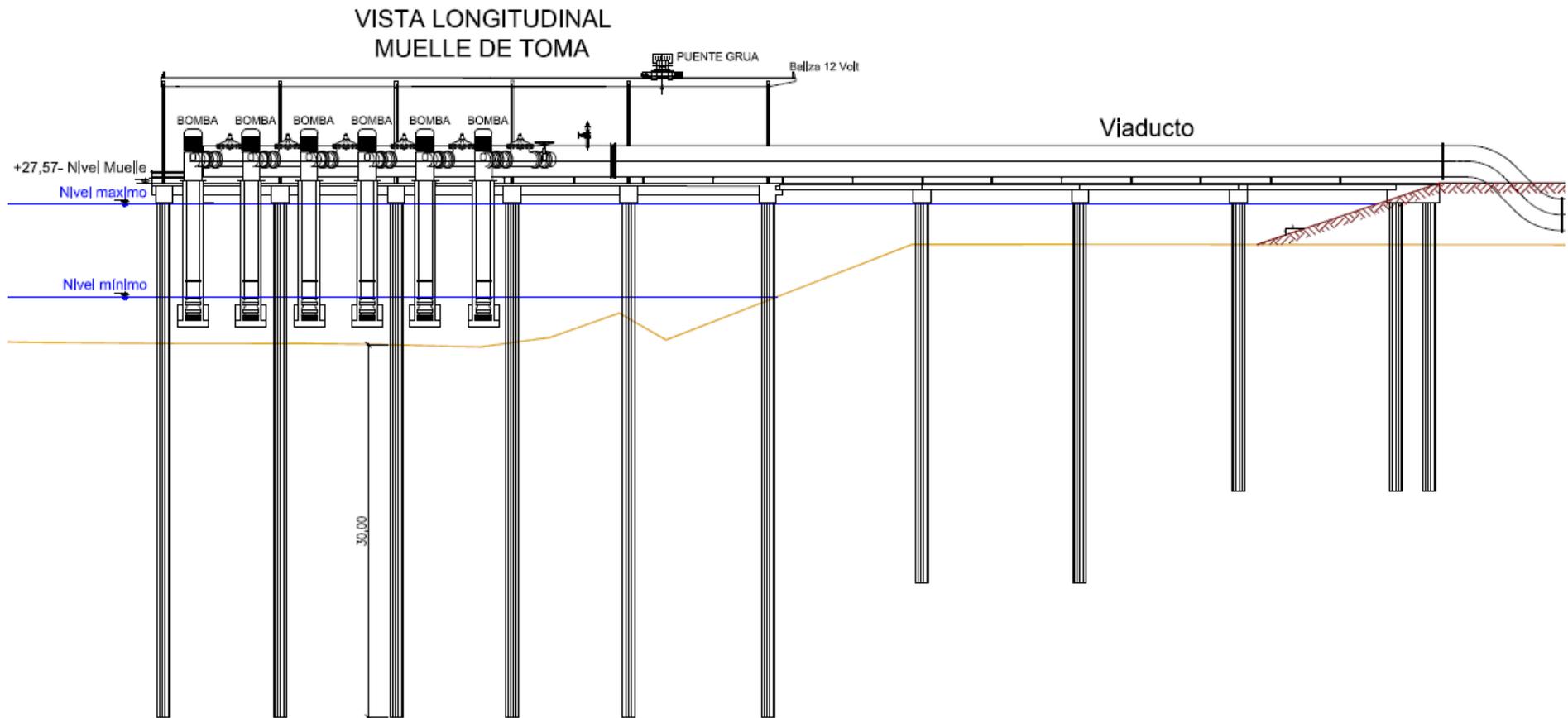


Gráfico 2.5 – Obra de Toma - Vista.

2.3 - CONCLUSIÓN PARCIAL.

La ubicación propuesta para el emplazamiento de la obra de toma, se ajusta a los requerimientos de las bombas diseñadas para ser instaladas sobre el muelle de toma.

Tanto el meandro del río como las cotas de fondo del mismo en dicho sector, contribuyen con la economía de la obra de toma.

3 - CANAL PRINCIPAL

3.1 - GENERALIDADES

El canal principal de 26.583 metros se diseño de 13 tramos, con un acueducto de 1.496 metros como tramo inicial y 12 tramos de sección trapezoidal con taludes 1:1 y una longitud total de 25.087 metros. Gráfico 3.1.

Los tramos trapezoidales quedan definidos por la presencia de 11 estaciones de bombeo necesarias en virtud de la topografía relevada.

La geometría de la traza obedece a la presencia de montes Categorías I y II de acuerdo al plano de bosques de la zona de estudio.

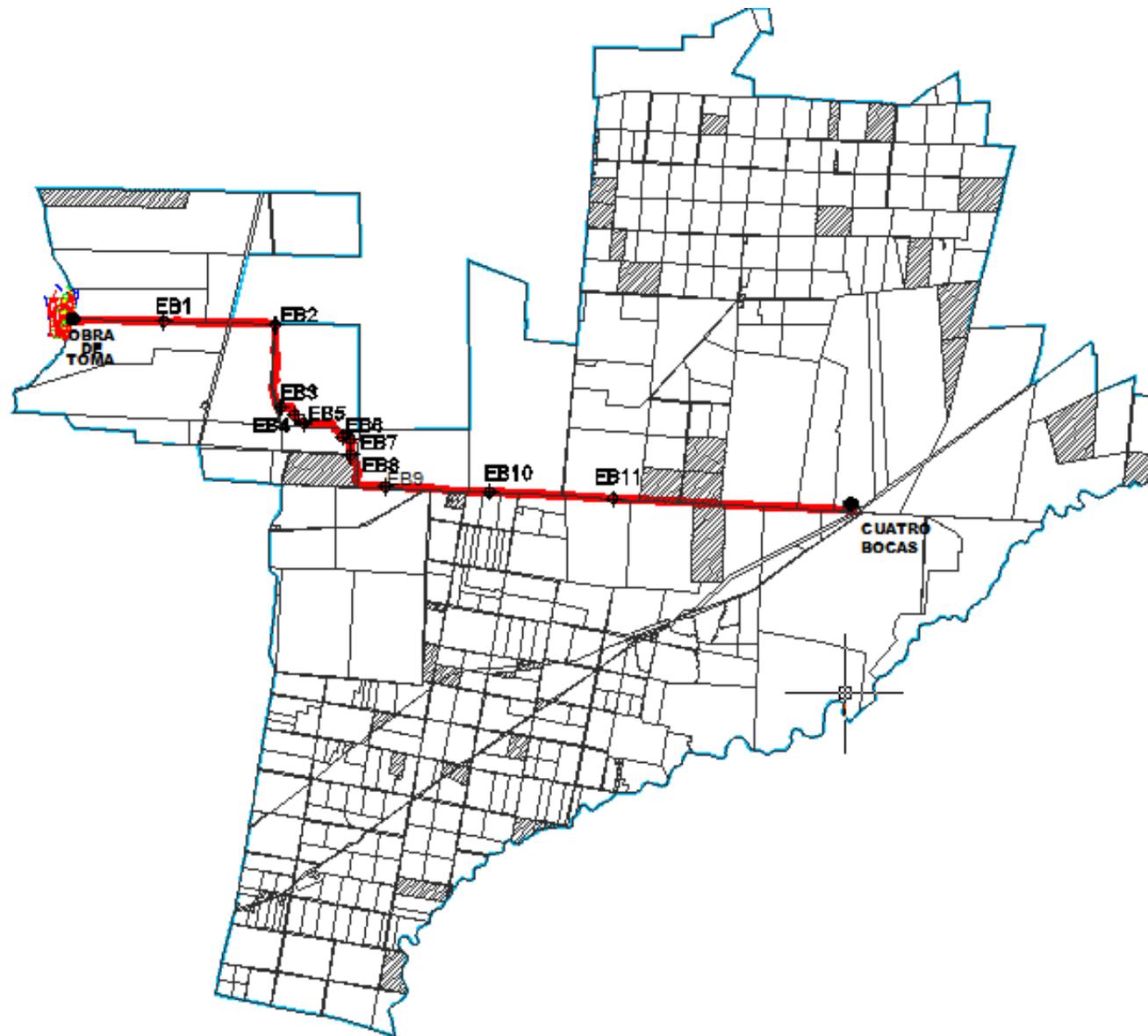


Gráfico 3.1 – Traza Canal Principal

3.2 - ACUEDUCTO

El primer tramo del canal principal consiste en un acueducto de diámetro 2700 mm y una longitud total de 1.496 metros, desde el muelle de bombeo (progresiva 64) hasta la progresiva 1560.

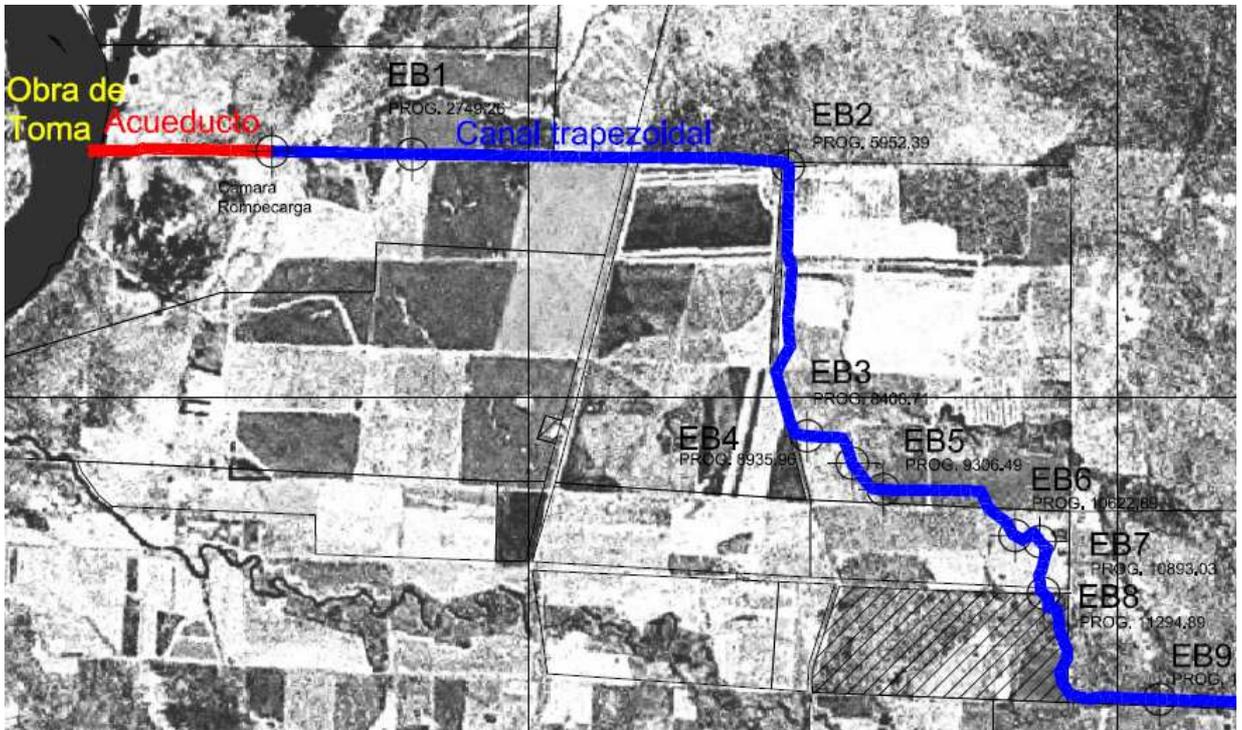


Gráfico 3.2 – Acueducto – Canal trapezoidal.

La vinculación entre el acueducto y el canal trapezoidal se realiza a través de una cámara rompecarga de 10,00 metros de ancho por 10,00 metros de alto. Gráfico 3.3.

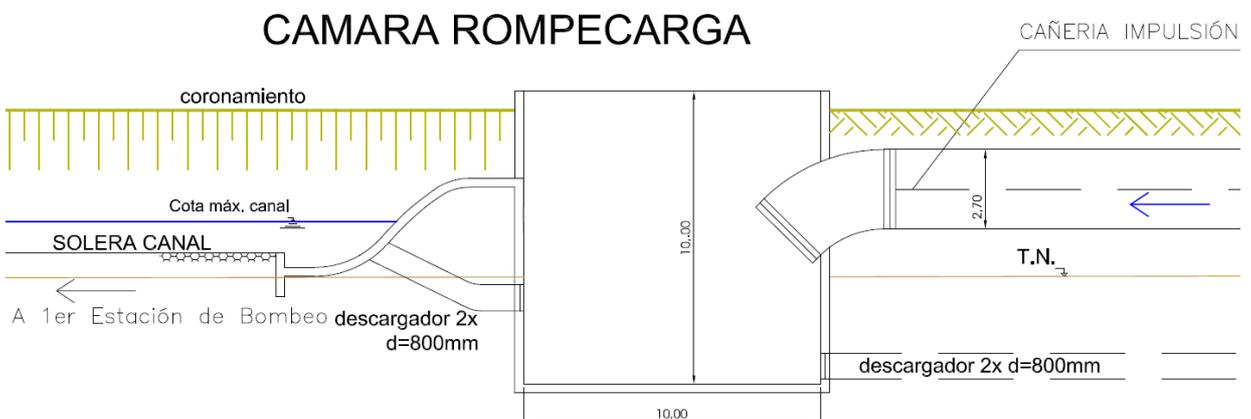


Gráfico 3.3 – Cámara rompecarga.

3.3 - CANAL TRAPEZOIDAL

3.3.1- CAUDALES

Con los datos proporcionados por el relevamiento topográfico se ajusto la planialtimetría del canal principal y se rediseñó la red de canales secundarios.

Con el rediseño de la red de canales secundarios y teniendo en cuenta los modelos productivos (Gráfico 3.4) servidos por cada uno de los canales, se calcularon los caudales transportados por cada uno de los 12 tramos que componen dicho canal.

Los caudales calculados para cada tramo son:

Tramo	Prog. inicio [m]	Prog final [m]	Longitud [m]	Q [m³/s]
1	1560	2749	1189	15
2	2749	5952	3203	15
3	5952	8406	2454	13.7
4	8406	8935	529	12.5
5	8935	9306	371	11.2
6	9306	10622	1316	8.7
7	10622	10893	271	8.4
8	10893	11294	401	8.2
9	11294	13133	1839	8.2
10	13133	16126	2993	7.9
11	16126	19665	3539	7.7
12	19665	26647	6982	5.0

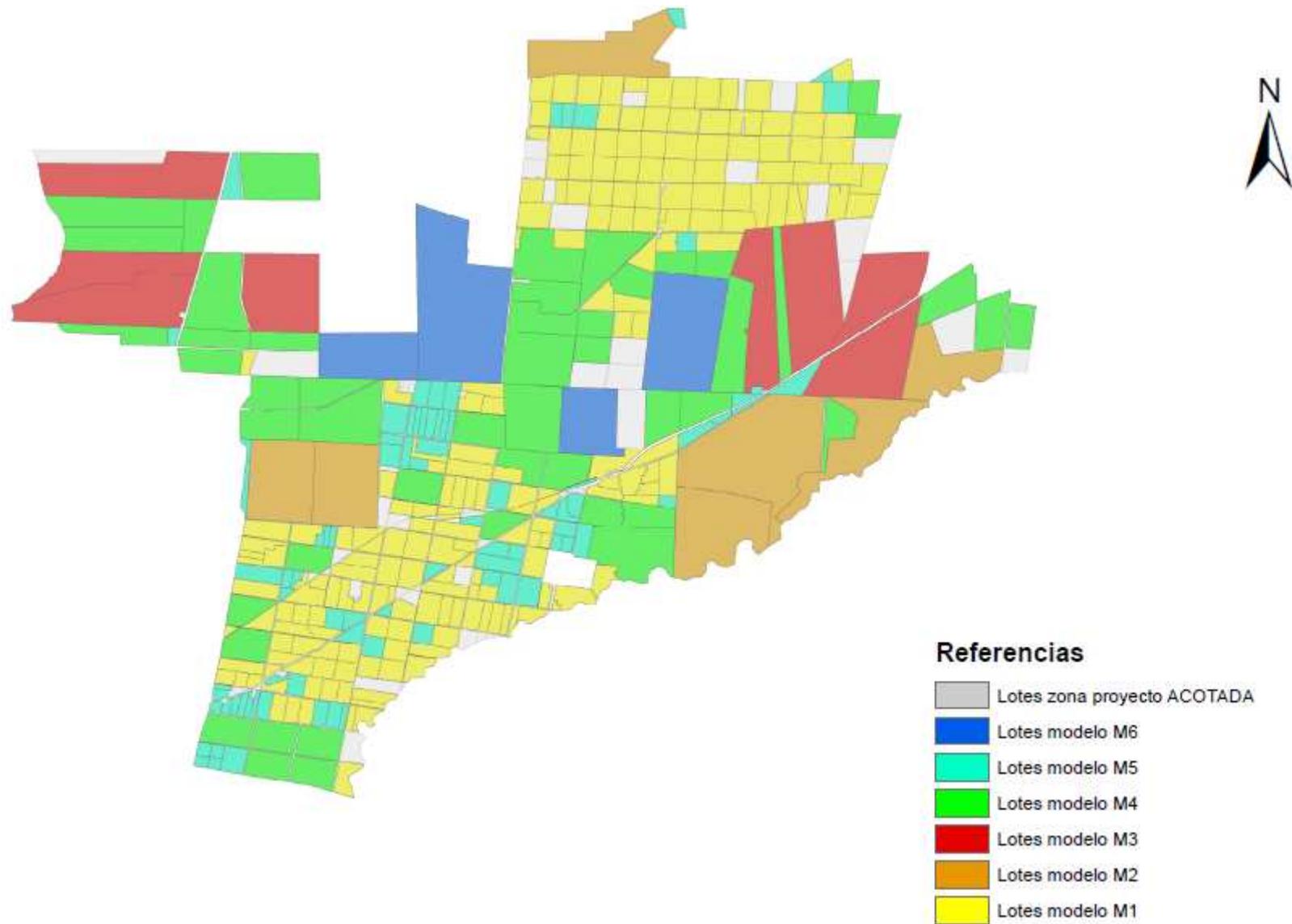


Gráfico 3.4 – Modelos identificados en los lotes a abastecer de agua para riego

3.3.2- DISEÑO - GEOMETRÍA

A partir de los caudales transportados por cada uno de los tramos se calcularon los anchos de base necesarios, para que el pelo de agua al final de los mismos se encuentre entre 0,90 y 1,00 metro (columna 9 de Tabla 3.3.2), condición de diseño al ingreso de las estaciones de bombeo.

De adoptarse una pendiente de fondo nula en el canal, el escurrimiento estaría dado por el efecto de bombeo desde cada estación. Dicho bombeo generaría un Δh (columna 19 de Tabla 3.3.2) entre el pelo de agua al inicio del tramo y el pelo de agua al final del mismo, que determinaría la pendiente de la línea de energía.

Para el cálculo de la pendiente de la línea de energía durante el bombeo (columna 18 de Tabla 3.3.2), se empleó la ecuación de Manning.

$$V(h) = C \sqrt{R(h) * S}$$

Donde:

$$C = \frac{1}{n} R(h)^{1/6} \quad (\text{coeficiente de Chezy})$$

$R(h)$ = Radio hidráulico = Área mojada / Perímetro mojado (columnas 10, 11 y 13 de Tabla 3.3.2)

n = coeficiente de Manning (columna 7 de Tabla 3.3.2)

S = pendiente de la línea de energía

$V(h)$ = Q [caudal] / A [área] (columnas 5, 10 y 12 de Tabla 3.3.2)

En busca de reducir tanto el número de estaciones de bombeo como el volumen de excavación, se adoptó para cada tramo una pendiente mínima igual a la de la línea de energía.

Adoptadas dichas pendientes, se procedió a realizar un retrocálculo de modo de verificar que, con los anchos de base calculados originalmente, se conserven las alturas del pelo requeridas al ingreso de las estaciones de bombeo.

Por otra parte se agruparon, dentro de las posibilidades, las secciones necesarias para cada uno de los tramos, con el objetivo de sistematizar el proceso constructivo de las mismas y reducir los costos de la obra.

Por último se verificó que con la velocidad calculada en cada tramo (columna 12 de Tabla 3.3.2) no se produzcan sedimentaciones del material transportado en suspensión por el agua derivada.

Para dicha verificación se empleó la expresión de Kennedy.

$$U = \beta \times h^{0.64}$$

Donde:

U = velocidad mínima [m/seg]

h = tirante [m]

β = coeficiente que depende del tipo de suelo en suspensión.

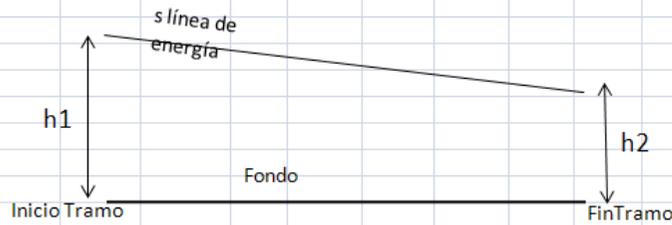
Suelo transportado	β
Limo muy fino	0.53
Limo grueso	0.7
Arena muy fina, limo no tan fino	0.58
Barro arenos	0.64

Adoptando un valor de β correspondiente a un limo grueso para obtener la mayor velocidad mínima requerida y de este modo encontrarnos del lado de la seguridad, se pueden observar que las velocidades calculadas superan a las mínimas requeridas para evitar problemas de sedimentación de material en el interior del canal (columnas 12 y 20 de Tabla 3.3.2).

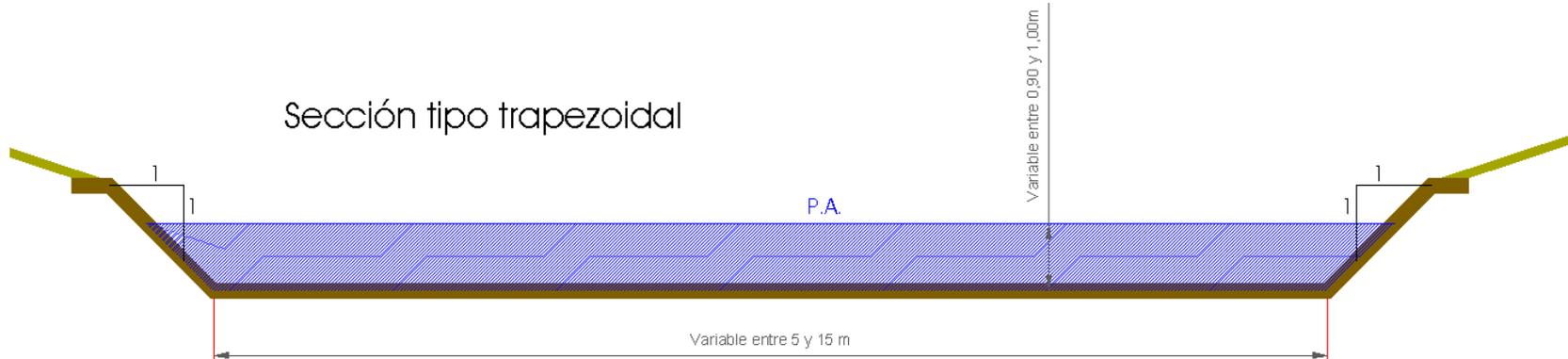
En el Gráfico 3.5 se puede observar el esquema del perfil longitudinal del fondo de los 12 tramos de canal trapezoidal. Además se observa sobre cada tramo la altura de los pelos de agua (columnas 9 y 23 de Tabla 3.3.2).

TABLA 3.3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Tramo	Prog. inicio [m]	Prog. final [m]	Longitud [m]	Q [m³/s]	Ancho base canal b [m]	n Manning	Talud	tirante h2 [m]	Área A [m²]	Per. Mojado [m]	Vel. V [m/s]	R (h) [m]	C Manning	ancho pelo agua B [m]	Froude	Condición de Flujo	s línea energía en salida	Δh [m]	Vel min [m/s]	Cota fondo inicio del tramo	Cota fondo final del tramo	tirante h1 [m]	Pendiente tramo
1	1560	2749	1189	15	15	0.013	1	0.90	14.31	17.546	1.03	0.82	74.35	16.80	0.35	subcrítico	0.00024	0.28	0.65	24.78	24.50	0.90	0.00024
2	2749	5952	3203	15	15	0.013	1	0.90	14.31	17.546	1.03	0.82	74.35	16.80	0.35	subcrítico	0.00024	0.76	0.65	28.68	28.02	1.00	0.00021
3	5952	8406	2454	13.7	13.5	0.013	1	0.90	12.96	16.046	1.06	0.81	74.23	15.30	0.36	subcrítico	0.00025	0.62	0.65	32.07	31.55	1.00	0.00021
4	8406	8935	529	12.5	13.5	0.013	1	1.00	14.50	16.328	0.86	0.89	75.42	15.50	0.28	subcrítico	0.00015	0.08	0.70	35.71	35.63	1.00	0.00015
5	8935	9306	371	11.2	12	0.013	1	1.00	13.00	14.828	0.86	0.88	75.25	14.00	0.28	subcrítico	0.00015	0.06	0.70	39.74	39.68	1.00	0.00016
6	9306	10622	1316	8.7	12	0.013	1	0.90	11.61	14.546	0.75	0.80	74.09	13.80	0.25	subcrítico	0.00013	0.17	0.65	44	43.93	1.00	0.00005
7	10622	10893	271	8.4	8	0.013	1	1.00	9.00	10.828	0.93	0.83	74.59	10.00	0.30	subcrítico	0.00019	0.05	0.70	48.2	48.15	1.00	0.00018
8	10893	11294	401	8.2	8	0.013	1	1.00	9.00	10.828	0.91	0.83	74.59	10.00	0.29	subcrítico	0.00018	0.07	0.70	51.52	51.45	1.00	0.00017
9	11294	13133	1839	8.2	8	0.013	1	1.00	9.00	10.828	0.91	0.83	74.59	10.00	0.29	subcrítico	0.00018	0.33	0.70	56.04	55.71	1.00	0.00018
10	13133	16126	2993	7.9	8	0.013	1	0.95	8.50	10.687	0.93	0.80	74.05	9.90	0.30	subcrítico	0.00020	0.59	0.68	59.87	59.33	1.00	0.00018
11	16126	19665	3539	7.7	8	0.013	1	0.90	8.01	10.546	0.96	0.76	73.48	9.80	0.32	subcrítico	0.00023	0.80	0.65	63.48	62.78	1.00	0.00020
12	19665	26647	6982	5.0	5	0.013	1	0.95	5.65	7.687	0.88	0.74	73.08	6.90	0.29	subcrítico	0.00020	1.39	0.68	66.84	65.45	0.95	0.00020



Sección tipo trapezoidal



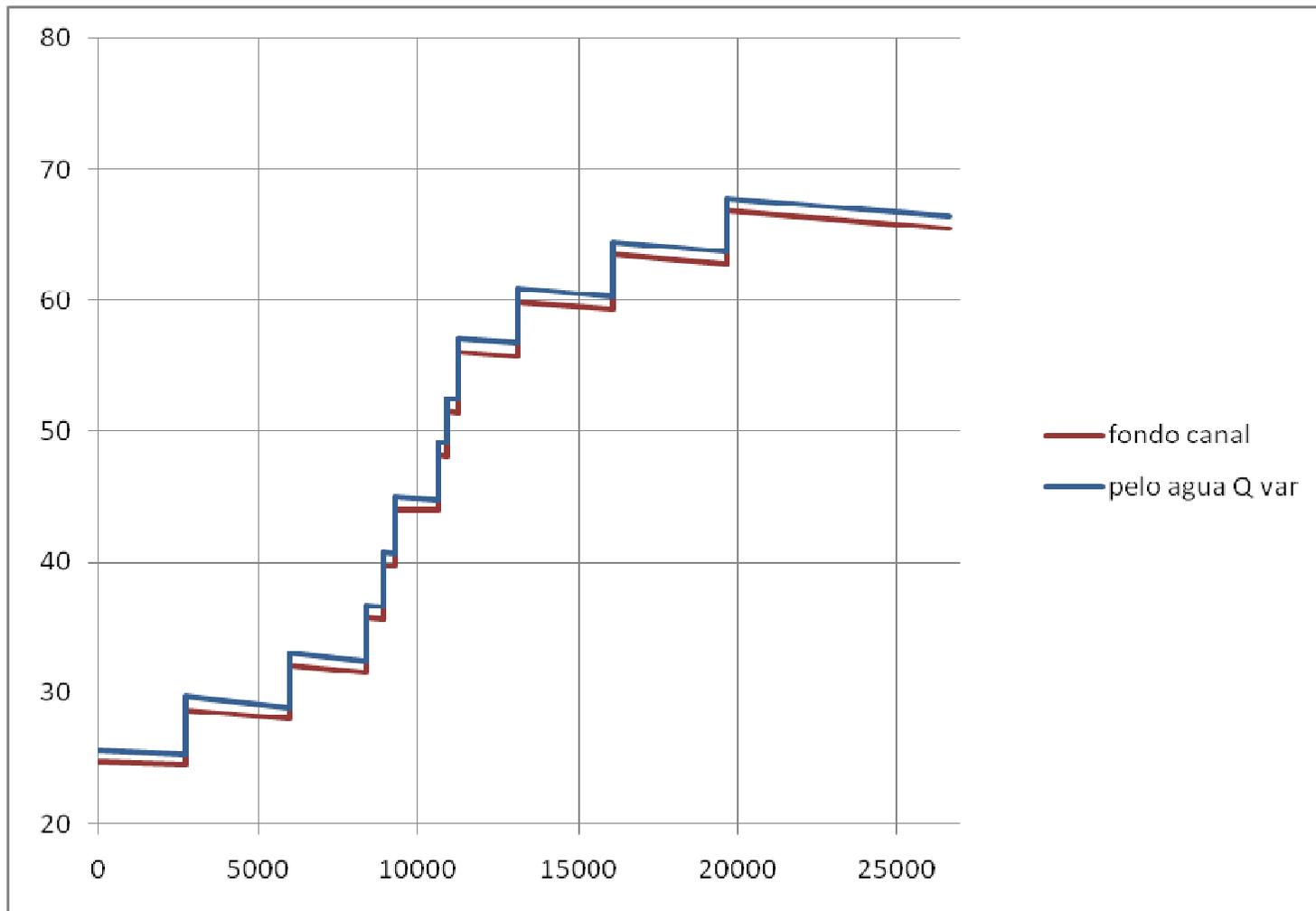


Gráfico 3.5 – Perfil fondo canal – Pelo de agua – Datos de Tabla 3.3.2 (Columnas 9, 21, 22 y 23)

3.3.3- ESTACIONES DE BOMBEO

Se adaptó como criterio de diseño del canal principal, en función de las características del suelo y las posibilidades de excavación, una profundidad máxima de aproximadamente 4,00 metros.

De esta forma, a partir del perfil relevado y de las pendientes adoptadas (Tabla 3.3.2), se fueron trazando los tramos del canal e identificando la ubicación de las estaciones de bombeo.

Se determinó la necesidad de 11 estaciones de bombeo con las características geométricas del Gráfico 3.6

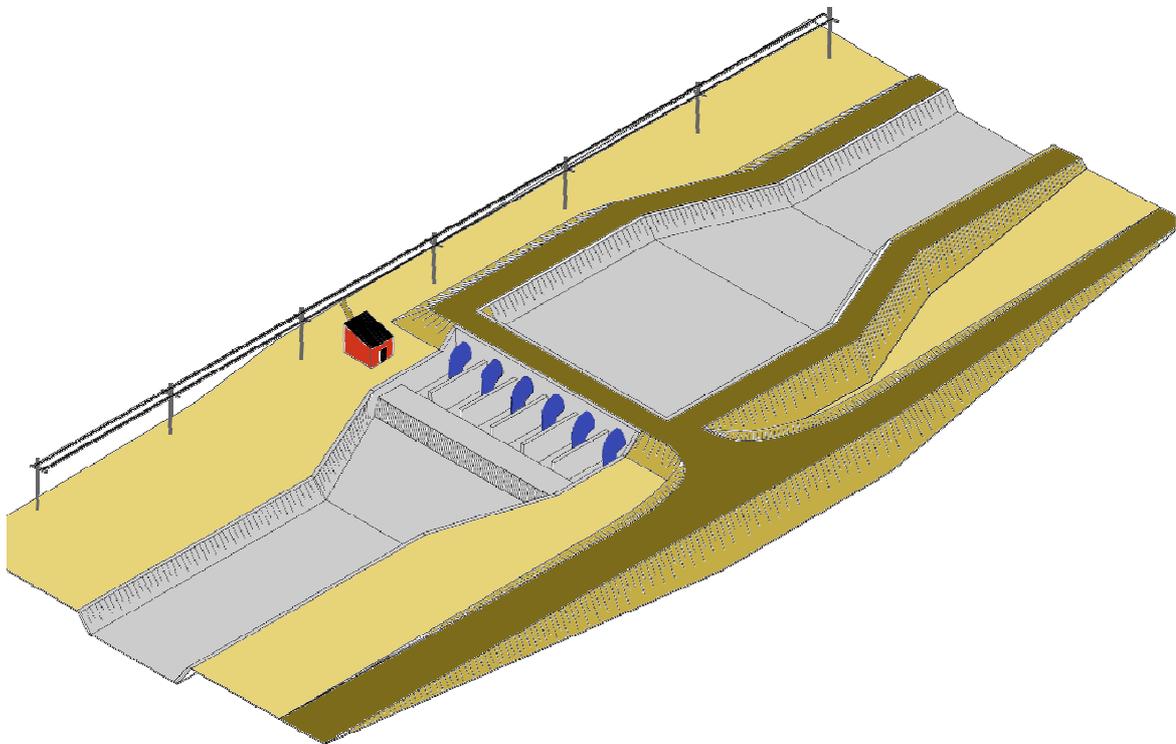


Gráfico 3.6 – Perspectiva estación de bombeo

A modo de ejemplo en los Gráficos 3.7 – 3.8 se pueden apreciar las dimensiones obtenidas del diseño de la primer estación de rebombeo (prog. 2.749,26).

Las 11 estaciones de bombeo consisten en un ensanchamiento del canal principal desde el ancho que corresponda según el tramo (variable entre 5,00 y 15,00 metros) a 20,70 metros. Este ensanchamiento permite el emplazamiento de las seis bombas.

En lo referente a las cotas, se profundiza el canal en 3,25 metros. Esta profundización garantiza que las bombas tengan la suficiente altura de agua para evitar que ante un mínimo nivel de agua dentro del canal, las mismas no trabajen en vacío.

La profundización se desarrolla en dos tramos, uno inclinado 15° respecto de la horizontal de 12,40 metros de largo y uno horizontal de 6,13 metros de largo.

Al ingreso de las estaciones de bombeo se colocan rejillas para evitar el ingreso de elementos que puedan ocasionar la avería de las bombas.

Por último el bombeo se efectúa sobre el tramo siguiente, cuya profundidad inicial es de 2,00 metros.

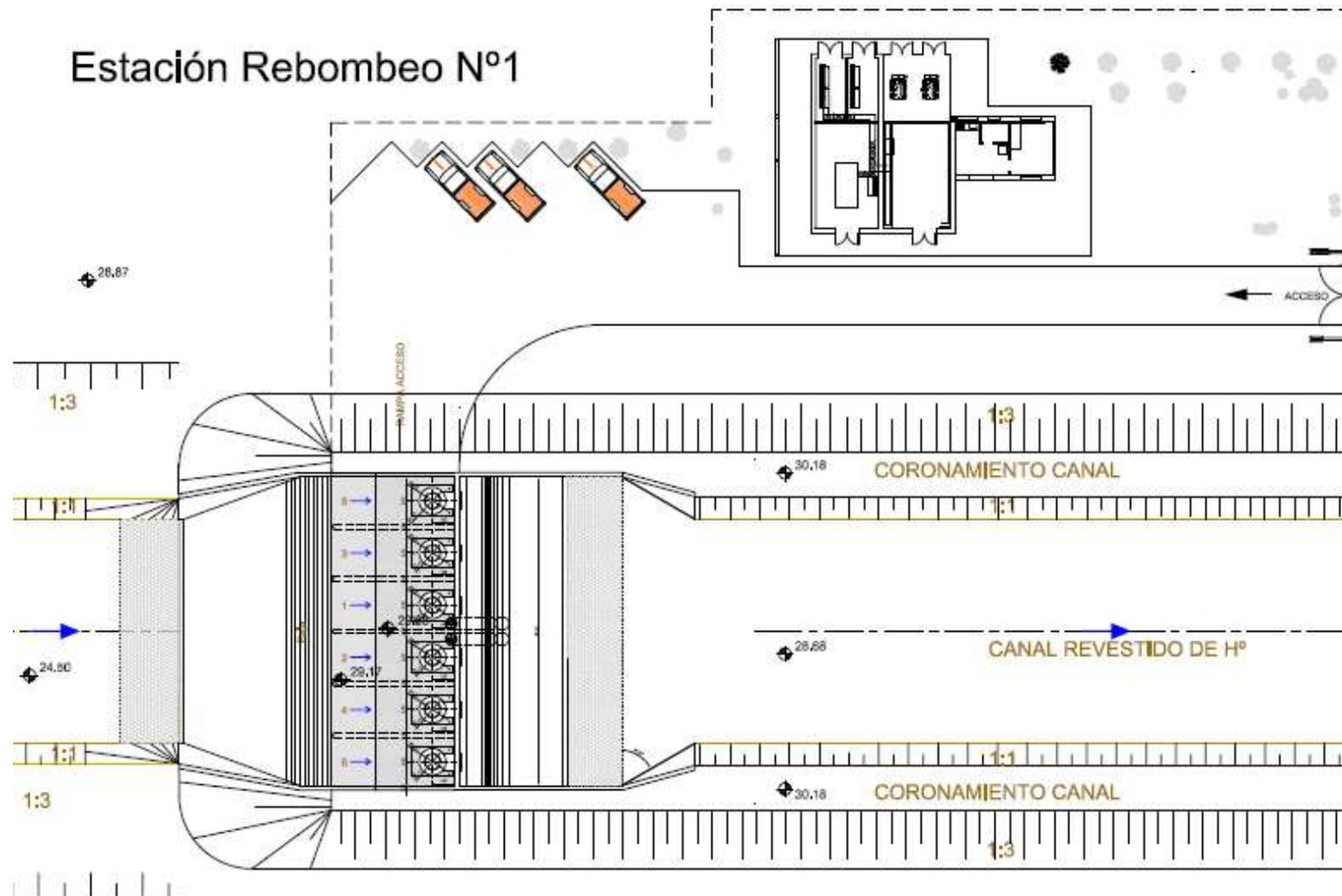


Gráfico 3.7 – Planta estación de bombeo n°1 - Ejemplo

3.4 - PERFIL LONGITUDINAL

Procesada la información aportada por el relevamiento topográfico, se ajustó el perfil longitudinal del terreno natural y a partir del mismo el perfil del canal principal y la ubicación de las estaciones de bombeo. Dentro de dicho ajuste se consideraron las pendientes de fondo adoptadas para cada uno de los 12 tramos trapezoidales.

En los Gráficos 3.9 – 3.10 – 3.11 se puede observar el perfil longitudinal diseñado.

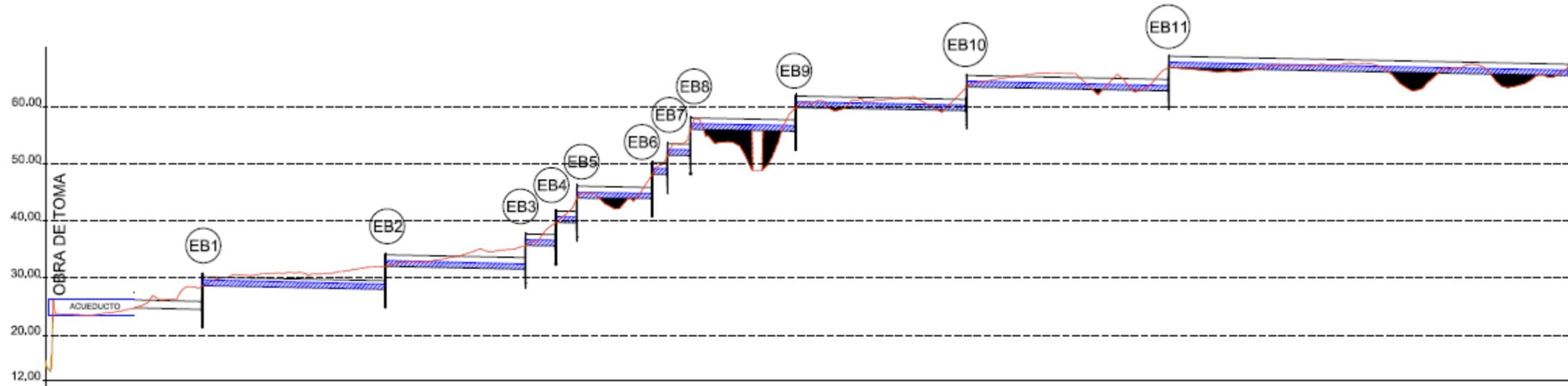


Gráfico 3.9 – Perfil longitudinal Canal Principal

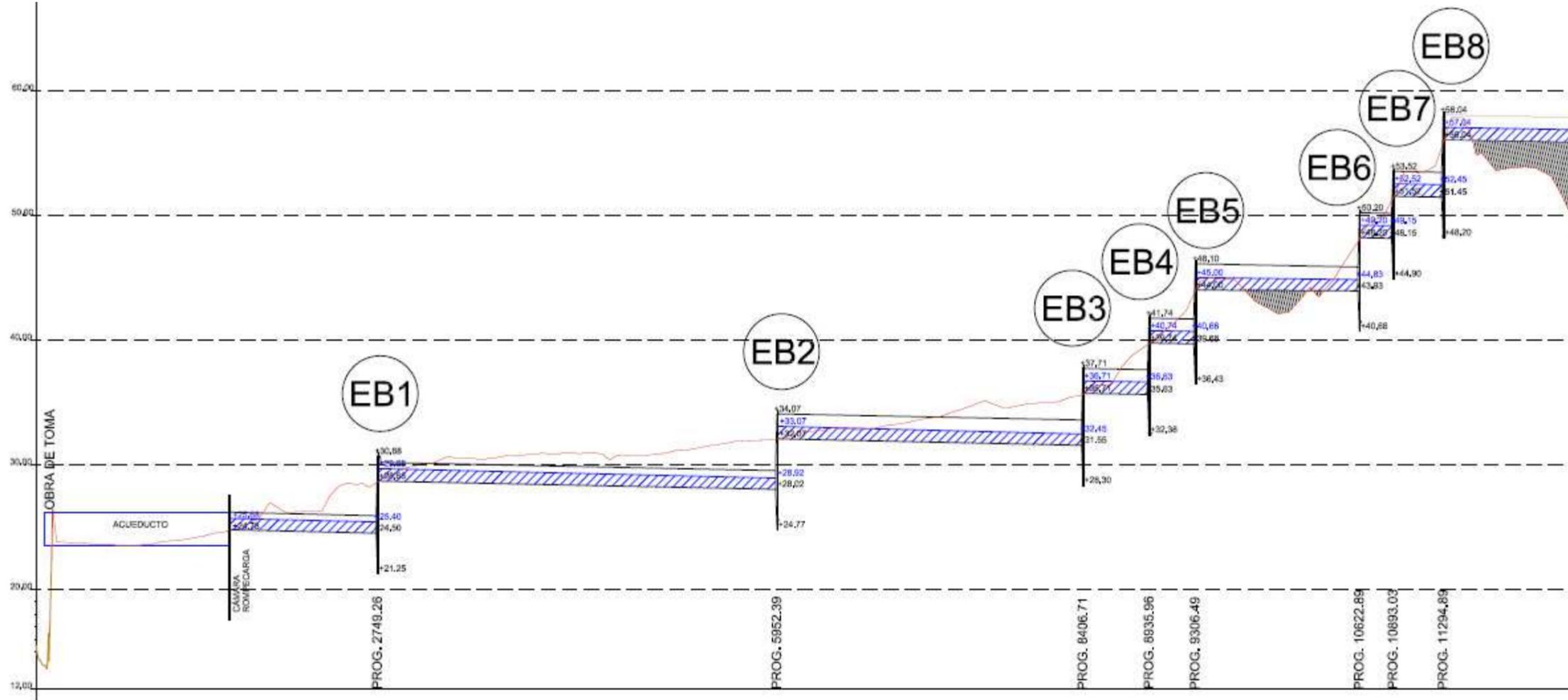


Gráfico 3.10 – Perfil longitudinal Canal Principal

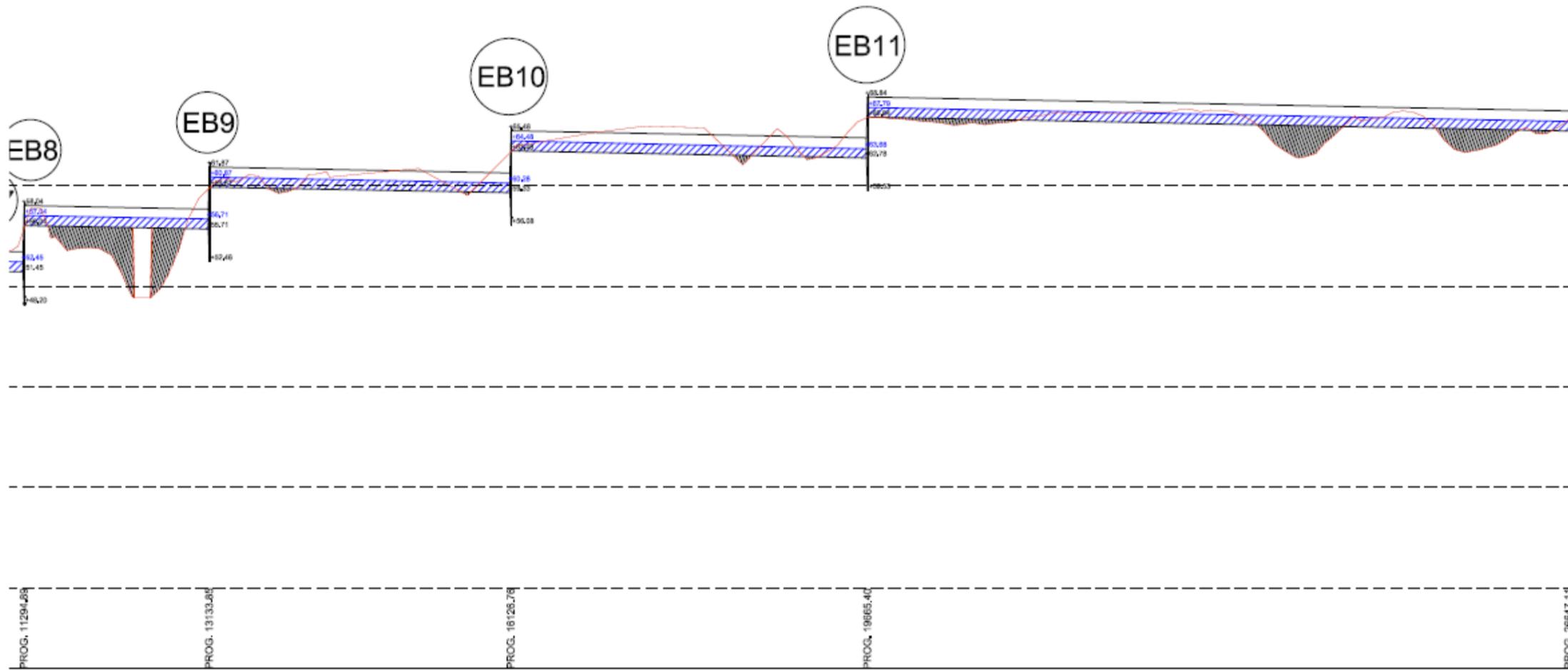


Gráfico 3.11 – Perfil longitudinal Canal Principal

4 - CONCLUSIÓN FINAL

El relevamiento realizado permitió definir la ubicación final de la obra de toma y ajustar el perfil del canal principal con sus 11 estaciones de bombeo.

A partir del perfil longitudinal diseñado y los datos aportados por el relevamiento topográfico que se está iniciando sobre la red de caminos, se deberá rediseñar la red de canales secundarios. Dicha red deberá respetar la distribución de los bosques nativos y deberá considerar la profundización de los canales que abastezcan de agua a los modelos más alejados.