



## ZUGASTIETAN TRENBIDEA BIKOIZTEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA (ZORNOTZA-BERMEO LINEA)

(P20024122)

PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DESDOBLAMIENTO DE VÍA  
EN ZUGASTIETA (LÍNEA AMOREBIETA-BERMEO)

### 6. Eranskina – HIDROLOGIA ETA DRAINADURA Anejo 6 – HIDROLOGÍA Y DRENAJE



**6. ERANSKINA.- HIDROLOGIA ETA DRAINATZEA**

---

**ANEJO 6.- HIROLOGIA Y DRENAJE**



## ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIDROLOGÍA	1
2.1. NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA APLICABLE	1
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES	1
2.3. HIDROGEOLOGÍA	3
2.4. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS	3
2.5. MÉTODO DE CÁLCULO	5
2.5.1. Método de la Instrucción de Carreteras	5
2.6. CÁLCULO DE CAUDALES	17
3. DRENAJE	18
3.1. INTRODUCCIÓN	18
3.2. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	18
3.2.1. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTES	18
3.2.2. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ODT	21
3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DE BAJANTES ESCALONADAS	23
3.2.4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	25
3.2.5. SOLUCIONES PROPUESTAS	27
3.3. DRENAJE LONGITUDINAL	35
3.3.1. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.	35
3.3.2. ASIGNACIÓN DE CAUDALES	35
3.3.3. ELEMENTOS DEL DRENAJE LONGITUDINAL.	35
3.3.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO	37

APÉNDICE 1 PLANO DE CUENCAS

APÉNDICE 2 ESTUDIO HIDRÁULICO DEL RÍO OKA EN LOS TRAMOS DE PASO BAJO EL FERROCARRIL



## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anexo consiste en, un primer apartado, definir los caudales de escorrentía en base a las máximas intensidades de lluvia previsibles en la zona de estudio, para un determinado período de retorno, y posteriormente definir y dimensionar los elementos de drenaje longitudinal y transversal necesarios para evacuar las aportaciones de las cuencas que son interceptadas por la traza y las de la propia plataforma de la actuación.

Lo referente al cauce del río Oka y a las condiciones que deberán cumplir las ampliaciones de las obras de paso del ferrocarril sobre el mismo, se ha tratado de manera específica en un estudio hidráulico que se incluye en el Apéndice nº 2.

## 2. HIDROLOGÍA

Dentro de este estudio hidrológico los pasos a seguir son los siguientes:

1. Determinación de las cuencas mediante planos topográficos a escalas 1:5.000 (de la cartografía de la Diputación Foral de Bizkaia).
2. Estimación de la precipitación máxima diaria.
3. Aplicación de las fórmulas de obtención de los caudales punta de las cuencas interceptadas por medio del método de cálculo seleccionado.

### 2.1. NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA APLICABLE

Se detallan a continuación las normas y publicaciones que se consideran de aplicación para el estudio hidrológico:

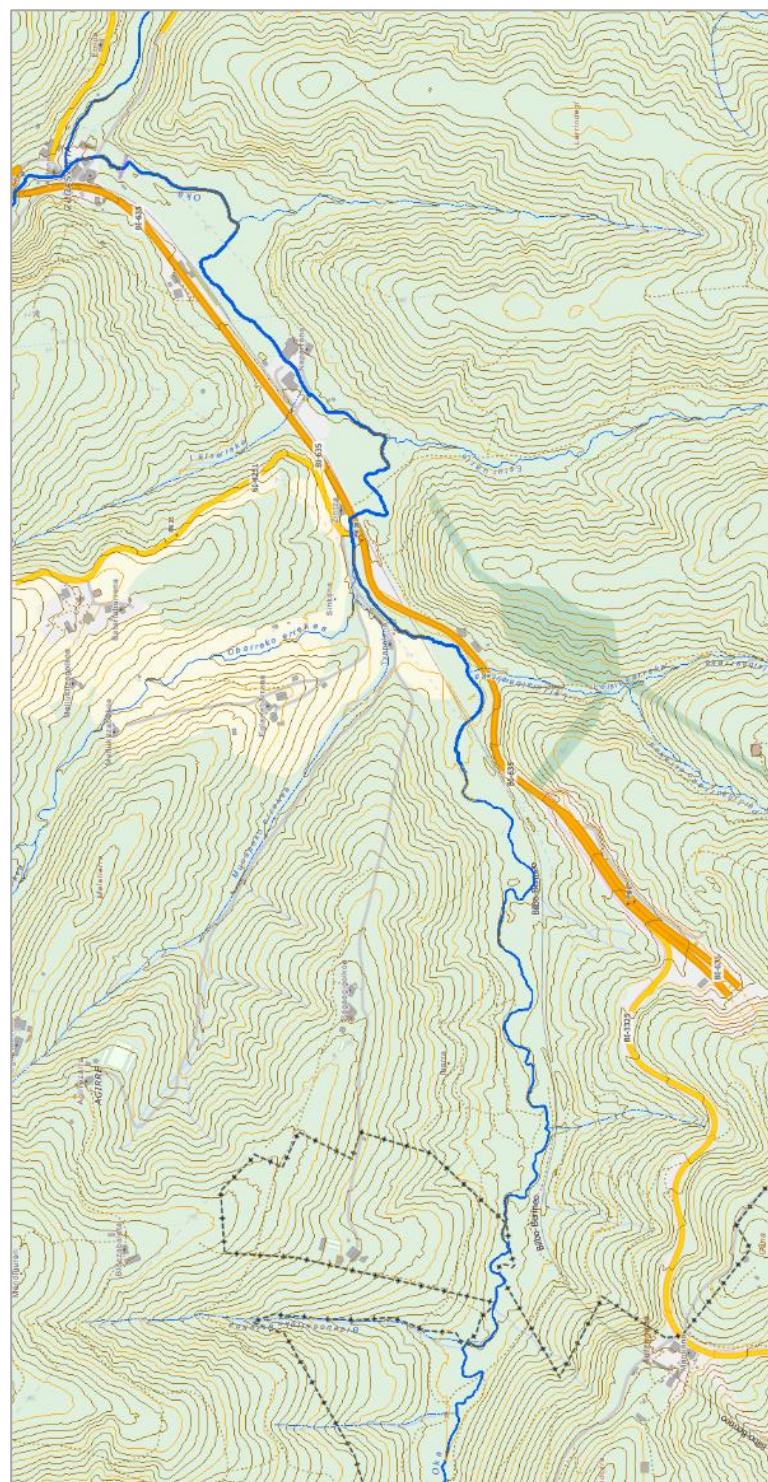
- "Instrucción 5.2.- IC DRENAJE SUPERFICIAL". Publicación del Ministerio de Fomento
- "Normas BAT de la Diputación Foral de Bizkaia".
- "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales".
- Publicación del MOPU.
- "Máximas lluvias diarias en la España peninsular". Publicación del Ministerio de Fomento.

### 2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La zona de proyecto presenta una orografía irregular, con cauces bien delimitados, siendo los principales cursos de agua que cruzan la zona de proyecto, el río Oka y varios arroyos afluentes del mismo.

La cuenca completa del río Oka hasta su desembocadura tiene una superficie de 132 km<sup>2</sup> y una longitud de 17 km. La parte superior de la misma está formada por multitud de arroyos que bajan de los montes que la rodean por su parte sur. Es precisamente a la altura de Zugastieta donde el río toma entidad, aguas abajo de la zona de proyecto. Los valles están, prácticamente, en su totalidad cubiertos por bosques, bien de pino en las laderas o por bosque de ribera en las zonas bajas cercanas a los cauces.

En la parte inicial la traza cruza tres arroyos de menor entidad y sin nombre conocido. Posteriormente, confluyen en el Oka, de forma consecutiva, los arroyos Leisibaerreka por la derecha, Munape y Obarre por la margen izquierda, Esturu por la derecha y Latserreka por la izquierda, si bien el único de ellos que cruza la traza ferroviaria es este último, que atraviesa la carretera BI-635 y el ferrocarril a la altura de Presoste para posteriormente concluir en el Oka, que en esta zona se sitúa a la derecha de dichas infraestructuras.



*Imagen de los cursos de agua del ámbito de proyecto*

### 2.3. HIDROGEOLOGÍA

La cuenca del río Oka tiene un patrón de drenaje dendrítico que se desarrolla cuando las rocas presentan una resistencia a la erosión uniforme y no ejercen control sobre la dirección de crecimiento del valle. Las corrientes pueden cortar con igual facilidad en un lugar o en otro; el patrón dendrítico es, en cierto sentido, el resultado de la orientación al azar de las corrientes, fluyendo hacia el norte hasta llegar a su desembocadura en el estuario de Urdaibai.

Estas cuencas se caracterizan por su corto recorrido, su alto poder erosivo y por hallarse encajados en los valles que atraviesan.

La zona de estudio se enmarca desde el punto de vista hidrogeológico en la Unidad de Oiz. Se engloba dentro de este dominio la franja de materiales terciarios que, ocupando el núcleo del Sinclinorio de Bizkaia, se extiende desde las proximidades de Ermua y Zaldibar por el Este hasta la costa en Getxo en el Oeste.

El sustrato rocoso del área de estudio (Eocene inferior) se encuentra constituido por series flyschoides de afinidad turbidítica denominado flysch margoso, constituido por una alternancia de lutitas, margas, margocalizas calizas arenosas y, en menor proporción, areniscas. A estos materiales se les atribuye una permeabilidad baja, pudiendo aumentar ligeramente en sectores fuertemente deformados y/o fracturados.

Solo los aluviales más recientes de los arroyos Munape, Obarrey Esturu afluentes del Oka, pueden proporcionar niveles acuíferos, pero debido a su pequeña extensión y potencia, no presentan caudales importantes. Así, a efectos prácticos, considerando sus características geológicas el sustrato terciario de la zona puede considerarse como impermeable.

### 2.4. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS CUENCAS

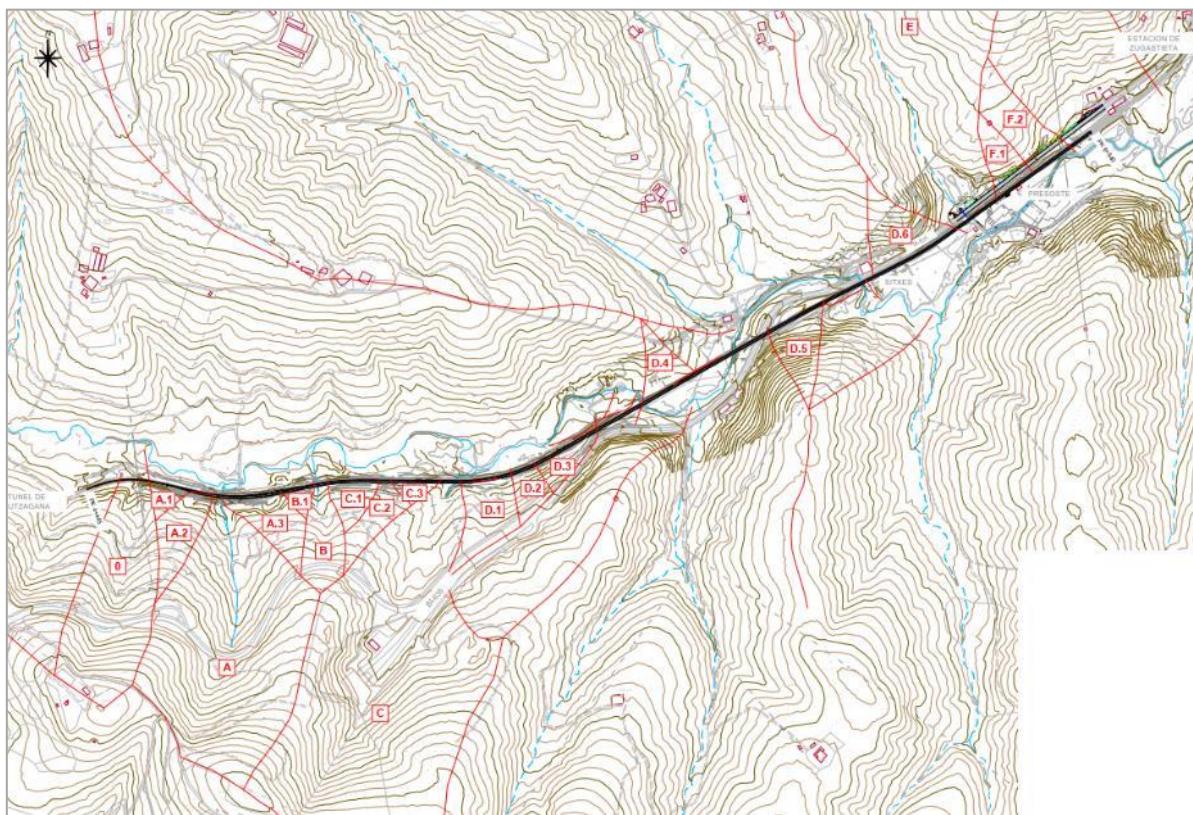
Las divisorias de las cuencas que son interceptadas por la traza se han delimitado sobre la cartografía a escala 1:5.000 de la Diputación Foral de Bizkaia y en el entorno más cercano, se han ajustado sobre cartografía 1:500. En el Apéndice nº 1 de Planos se incluye el plano de cuencas, representado a escala 1:5.000 en A1 (1:10.000 en A3) sobre la cartografía 1:5000 mencionada.

Las cuencas principales se han identificado con las letras A, B, C y E (más la denominada cuenca 0 que cruza la traza previamente al inicio del desdoblamiento y que por lo tanto no se ha considerado). Algunas de estas cuencas principales incluyen además cuencas secundarias generadas por la traza que vierten a los elementos de drenaje de plataforma y margen; y a través de ellos llegan a las obras de drenaje transversal de las cuencas principales (A.1, A.2, A.3, B.1 etc.)

Con las letras D y F se han englobado las cuencas secundarias que no vierten a una obra de drenaje transversal sino directamente al cauce del río Oka cuyos cruces con la traza se han estudiado de manera particular en el estudio hidráulico que se incluye en el Apéndice nº2

Mediante la cartografía topográfica a escala 1:5.000 se han determinado las características físicas de cada cuenca, necesarias para aplicar el método hidrometeorológico. Éstas son:

- Superficie de la cuenca.
- Longitud del cauce principal.
- Cotas máximas y mínimas del cauce principal. Pendiente media del curso principal.
- Tiempo de concentración.



*Delimitación de cuencas principales y secundarias*

Cuena	Tipo	Long (m)	Long (Km)	Cota cabecera cuena (m)	Cota inferior cuena (m)	Desnivel (m)	Pendiente tanto por uno	Areas (m2)	Area (Has)	Area (Km2)
0	Principal	435	0.435	265	145	120	0.276	54 190	5.419	0.0542
A	Principal	600	0.6	278	140	138	0.230	142 640	14.26	0.1426
B	Principal	166	0.166	195	140	55	0.331	14 636	1.464	0.0146
C	Principal	830	0.83	275	134	141	0.170	212 682	21.27	0.2127
D	Principal	170	0.17	155	120	35	0.206	14 195	1.42	0.0142
E	Principal	1060	1.06	215	116	99	0.093	333 000	33.3	0.333
A.1	Secundaria	70	0.07	165	140	25	0.357	2 970	0.297	0.003
A.2	Secundaria	220	0.22	205	140	65	0.295	11 250	1.125	0.0113
A.3	Secundaria	193	0.193	185	140	45	0.233	11 570	1.157	0.0116
B.1	Secundaria	60	0.06	157	140	17	0.283	2 080	0.208	0.0021
C.1	Secundaria	100	0.1	165	140	25	0.250	5 880	0.588	0.0059
C.2	Secundaria	173	0.173	180	136	44	0.254	8 210	0.821	0.0082
C.3	Secundaria	60	0.06	147	138	9	0.150	2 392	0.239	0.0024
D.1	Secundaria	108	0.108	160	130	30	0.278	13 830	1.383	0.0138
D.2	Secundaria	98	0.098	150	130	20	0.204	5 288	0.529	0.0053
D.3	Secundaria	78	0.078	145	130	15	0.192	5 480	0.548	0.0055
D.4	Secundaria	1470	1.47	148	125	23	0.016	7 080	0.708	0.0071
D.4'	Secundaria	75	0.075	134	124	10	0.133	4 410	0.441	0.0044
D.5	Secundaria	173	0.173	183	120	63	0.364	11 000	1.1	0.011
D.5'	Secundaria	155	0.155	125.5	119	6.5	0.042	2 385	0.239	0.0024
F.1	Secundaria	148	0.148	150	115	35	0.236	7 525	0.753	0.0075
F.2	Secundaria	227	0.227	163	115	48	0.211	14 450	1.445	0.0145
Desmonte 1	Secundaria	230	0.23	139.4	133.6	5.8	0.025	2 662	0.266	0.0027
Desmonte 2	Secundaria	190	0.19	130.9	127.1	3.8	0.020	1 970	0.197	0.002

*Características físicas de las cuencas*

## 2.5. MÉTODO DE CÁLCULO

Se han realizado los cálculos de caudales por el método hidrometeorológico empleando la formulación del Método de la Instrucción de Carreteras 5.2 IC.

A continuación, se expone dicho método.

### 2.5.1. Método de la Instrucción de Carreteras

La vigente Norma de Drenaje Superficial 5.2-I.C (Orden Fom/298/2016) determina los siguientes métodos de cálculo de caudales punta para pequeñas cuencas:

- En cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ km}^2$ ):
  - o Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica.
  - o Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos se debe aplicar el Método Racional, con las particularidades del apartado 2.3 de dicha Norma cuando las obras se ubiquen en el Levante y Sureste peninsular.
- En cuencas de área superior o igual a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A \geq 50 \text{ km}^2$ ):
  - o Utilización de datos sobre caudales máximos proporcionados por la Administración Hidráulica. o
  - o Si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos:
    - Cuando existan estaciones de aforo próximas, que se consideren suficientemente representativas, se utilizará el método estadístico.
    - Cuando los caudales no puedan estimarse a partir de estaciones de aforo, se deben aplicar métodos hidrológicos adecuados a las características de la cuenca, que se deben contrastar con la información de que se disponga sobre caudales de avenida. En la realización de estos estudios se tendrá en cuenta la información disponible sobre avenidas históricas o grandes eventos de precipitación.

Las cuencas vertientes al trazado de proyecto presentan un área inferior a  $50 \text{ km}^2$ , por lo que para la obtención de los caudales máximos se aplicará el Método Racional.

El Método Racional supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie, siendo la Fórmula de cálculo la siguientes:

#### Caudal punta

El caudal punta se calcula mediante la expresión:

$$Q_T = \frac{(I(T, t_c) \times C \times A \times K_r)}{3,6}$$

En la que:

$Q_T$  = Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno  $T$  en  $\text{m}^3/\text{s}$ .

$C$  = Coeficiente medio de escorrentía.

$I$  = Intensidad media de la precipitación correspondiente al período de retorno considerado  $T$  y a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.

$A$  = Área de la cuenca en  $\text{km}^2$ .

$K_r$  = Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

### Intensidad de precipitación ( $I(T,t)$ ):

La intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno  $T$  y a un aguacero de duración "t", se calcula a través de la expresión:

$$I(T,t) = I_d \times F_{int}$$

Siendo:

$I(T,t)$  (mm/h) = intensidad de precipitación (mm/h) correspondiente a un periodo de retorno T y a una duración del aguacero t.

$I_d$  (mm/h) = la intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno T considerado. Igual a  $(Pd/24) \cdot K_A$ .

$Pd$  (mm) = precipitación total diaria correspondiente a dicho periodo de retorno.

$K_A$  = factor reductor de la precipitación por área de cuenca, de valor:

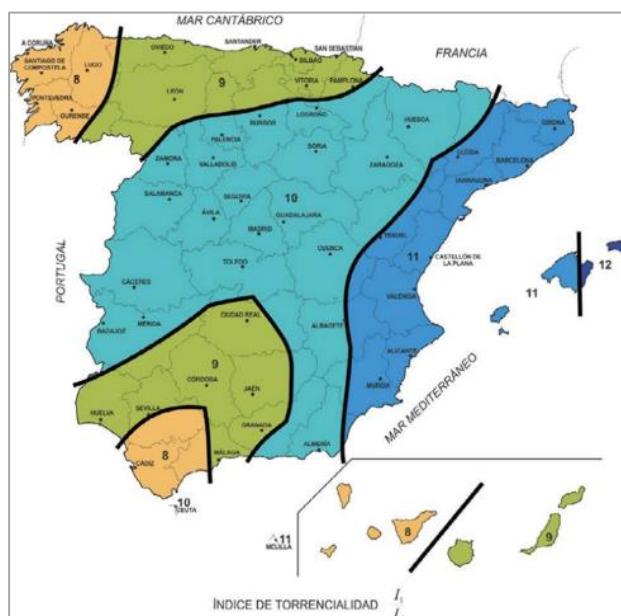
$$K_A = 1 \quad \text{si } A \leq 1 \text{ Km}^2.$$

$$K_A = 1 - \log(A)/15 \quad \text{si } A > 1 \text{ Km}^2.$$

$F_{int}$  = Factor de intensidad, de valor  $F_{int} = \max(F_a, F_b)$ , siendo:

$$F_a = (I_1 / I_d)^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}, \text{ donde}$$

$(I_1/I_d)$  es el índice de torrecialidad, dependiente de la zona geográfica, que se obtiene del mapa siguiente



Mapa del índice de torrecialidad

Para este proyecto se dispone de datos de curvas IDF para los distintos períodos de retorno del pluviógrafo correspondiente a la estación “1082-Bilbao Sondica”. Se incluye a continuación el gráfico utilizado para obtener los valores de  $I_{IDF}(T, t_c)$  e  $I_{IDF}(T, 24)$ .

$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$  obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

$I_{IDF}(T, t_c)$  es la intensidad de precipitación (en mm/h) correspondiente a un periodo de retorno T y al tiempo de concentración obtenido de las curvas IDF del pluviógrafo.

$I_{IDF}(T, 24)$  es la intensidad de precipitación (en mm/h) correspondiente a un periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a 24 horas obtenido de las curvas IDF del pluviógrafo.

La precipitación total diaria y la Intensidad media diaria adoptadas para el área de estudio son las siguientes:

	Pd (mm)			Id(mm/h)		
	T25	T100	T500	T25	T100	T500
	130	163.6	202.2	5.42	6.82	8.43

Las intensidades de lluvia para las distintas duraciones y períodos de retorno son las siguientes:

Duración (minutos)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)							
	2	5	10	25	50	100	300	500
	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)							
5	75	102	122	149	170	192	215	249
10	55	75	90	109	125	141	158	183
15	46	62	74	90	103	117	131	151
20	40	54	64	79	90	101	114	131
30	32	44	52	64	73	83	93	107
45	26	36	42	52	59	67	75	87
60	22	30	36	44	51	57	64	74
90	18	24	29	35	40	46	51	59
120	15	20	24	30	34	39	43	50
150	13	18	21	26	30	34	38	44
180	12	16	19	23	27	30	34	39
240	10	13	16	20	22	25	28	33
300	9	12	14	17	19	22	25	28
360	8	10	12	15	17	19	22	25

De estos datos se obtienen las curvas, que se ajustan a funciones del tipo:

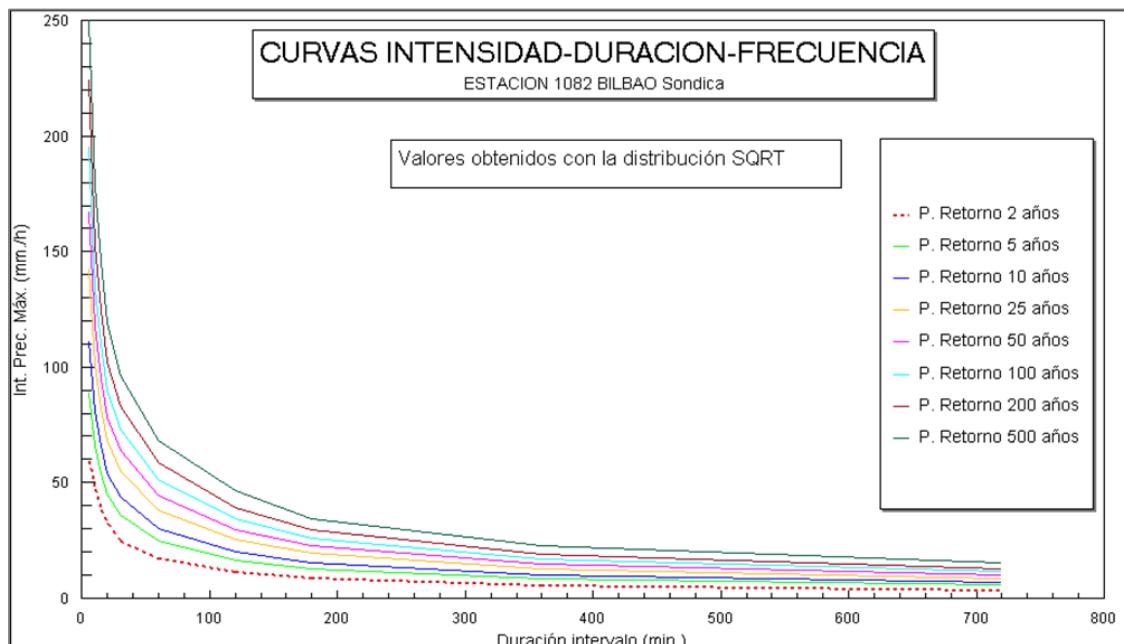
$$I = \alpha t^{-\beta}$$

Los valores de los parámetros resultantes de los ajustes, que se realizan mediante el método de los mínimos cuadrados, se resumen en la tabla siguiente.

Estos valores son tales que, al aplicar las fórmulas, las duraciones deben expresarse en minutos para obtener las intensidades de lluvia en mm/hora.

<b>PARÁMETROS DE AJUSTE DE LAS CURVAS ID</b>		
<b>Periodo de retorno</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b><math>\beta</math></b>
2 años	191	0,553
5 años	268	0,544
10 años	319	0,544
25 años	387	0,541
50 años	446	0,543
100 años	503	0,542
300 años	558	0,539
500 años	650	0,542

Las curvas IDF que se obtienen son las siguientes:



### Tiempo de concentración (tc):

Tiempo de concentración  $t_c$ , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante la siguiente formulación:

- Para cuencas principales (incluyen dentro de su superficie a las cuencas secundarias):

$$t_c = 0,3 \times L_c^{0,76} \times J_c^{-0,19}$$

Siendo:

$L_c$  (Km) = La longitud del cauce principal.  
 $J_c$  (m/m) = Su pendiente media.

Dado que el tiempo de concentración depende de la longitud y pendiente del cauce escogido, deben tantearse diferentes cauces o recorridos del agua, incluyendo siempre en los tanteos los de mayor longitud y menor pendiente. El cauce (o recorrido) que debe escogerse es aquél que da lugar a un valor mayor del tiempo de concentración  $t_c$ . En aquellas cuencas principales de pequeño tamaño en las que el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno sea apreciable respecto al tiempo de recorrido total no será de aplicación la fórmula anterior, debiendo aplicarse las indicaciones que se proporcionan a continuación para cuencas secundarias. Se considera que se produce esta circunstancia cuando el tiempo de concentración calculado mediante la fórmula anterior sea inferior a 0,25 horas ( $t_c \leq 0,25\text{h}$ ).

- Para cuencas secundarias:

El tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a trescientos metros de longitud (300 m) y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

- Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje:

Se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning.

- Flujo difuso sobre el terreno

$$t_{dif} = 2 \times L_{dif}^{0,408} \times n_{dif}^{0,312} \times J_{dif}^{-0,209}, \text{ siendo:}$$

$t_{dif}$  (horas) = Tiempo de recorrido de flujo difuso.

$L_{dif}$  (m) = Longitud de recorrido de flujo difuso.

$J_{dif}$  (m/m) = Pendiente media.

$n_{dif}$  = Coeficiente de flujo difuso, obtenido de la tabla siguiente.

#### VALORES DEL COEFICIENTE DE FLUJO DIFUSO $n_{dif}$

• Cobertura del terreno	• $n_{dif}$
• Pavimentado o revestido	• 0,015
• No pavimentado ni revestido	• Sin vegetación
	• 0,050
	• Con vegetación escasa
	• 0,120
• Con vegetación media	• 0,320
	• Con vegetación densa
• Con vegetación densa	• 1,000

El valor de  $t_c$  a considerar se obtendrá de la siguiente tabla:

#### DETERMINACIÓN DE $t_c$ EN CONDICIONES DE FLUJO DIFUSO

• $t_{dif}$ (minutos)	• $t_c$ (minutos)
• $\leq 5$	• 5
• $5 \leq t_{dif} \leq 40$	• $t_{dif}$
• $\geq 40$	• 40

Dada la uniformidad de las cuencas secundarias y de las primarias de pequeño tamaño con flujo difuso, a efectos del cálculo del tiempo de concentración, se ha considerado pendiente uniforme a lo largo de la cuenca y, se ha asignado dicha pendiente a los tramos en que se ha subdividido. Se ha tenido en cuenta la limitación en cada tramo de  $L \leq 300$  m indicada en la tabla anterior,  $t_c$  no debe ser inferior a 5 minutos (0,08 horas) ni superior a 40 minutos (0,67 horas), y se han sumado los  $t_c$  parciales de los distintos tramos de cada cuenca para obtener el  $t_c$  definitivo.

Los resultados obtenidos para el tiempo de concentración de cada una de las cuencas son los siguientes:

Cuenca	Tipo	tc (h) Cuenca Pcpales	tc (min)	Flujo Difuso	Vegetacion	ndif	tdif (min)	Valor final tc (h)	Valor final tc (min)
O	Principal	0.204	12.21	SI	densa	1	31.22	0.5203286	31.22
A	Principal	0.269	16.14	NO	densa	1	36.98	0.2690221	16.14
B	Principal	0.095	5.67	SI	densa	1	20.28	0.3380256	20.28
C	Principal	0.365	21.88	NO	densa	1	44.97	0.3646648	21.88
D	Principal	0.105	6.32	SI	densa	1	22.62	0.3770123	22.62
E	Principal	0.492	29.52	NO	densa	1	56.31	0.4920295	29.52
A.1	Secundaria	0.048	2.90	SI	densa	1	14.04	0.2339563	14.04
A.2	Secundaria	0.120	7.18	SI	densa	1	23.30	0.388378	23.30
A.3	Secundaria	0.113	6.80	SI	densa	1	23.21	0.3868532	23.21
B.1	Secundaria	0.045	2.70	SI	densa	1	13.84	0.2305867	13.84
C.1	Secundaria	0.068	4.07	SI	densa	1	17.49	0.2915475	17.49
C.2	Secundaria	0.103	6.15	SI	densa	1	21.80	0.3633052	21.80
C.3	Secundaria	0.051	3.04	SI	densa	1	15.80	0.2633367	15.80
D.1	Secundaria	0.071	4.23	SI	densa	1	17.66	0.294295	17.66
D.2	Secundaria	0.069	4.17	SI	densa	1	18.10	0.3016824	18.10
D.3	Secundaria	0.059	3.54	SI	densa	1	16.70	0.2782903	16.70
D.4	Secundaria	0.886	53.15	NO	densa	1	93.47	0.8858179	53.15
D.4'	Secundaria	0.061	3.69	SI	escasa	0.12	9.15	0.1525795	9.15
D.5	Secundaria	0.096	5.75	SI	densa	1	20.22	0.3370474	20.22
D.5'	Secundaria	0.133	7.97	SI	densa	1	30.38	0.5063077	30.38
F.1	Secundaria	0.092	5.54	SI	densa	1	20.77	0.3461147	20.77
F.2	Secundaria	0.131	7.84	SI	densa	1	25.31	0.421859	25.31
Desmonte 1	Secundaria	0.198	11.85	SI	escasa	0.05	15.59	0.2597688	15.59
Desmonte 2	Secundaria	0.179	10.71	SI	escasa	0.05	15.13	0.2522166	15.13

Una vez disponemos de los datos de la intensidad media diaria y el tiempo de concentración de cada cuenca, podemos obtener la Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno  $T$  y a una duración del aguacero  $t$  multiplicando la intensidad media por el Factor de intensidad asociado al cada periodo de retorno y duración del aguacero que introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio

Cuenca	Tipo	Fa		Fb			Fint=max (Fa,Fb)			I(T,tc) (mm/h)		
		I1/Id	Fa	T25	T100	T500	T25	T100	T500	T25	T100	T500
0	Principal	9	12.789	8.98	9.01	9.01	12.79	12.79	12.79	69.27	87.18	107.75
A	Principal	9	17.83	12.83	12.89	12.89	17.83	17.83	17.83	96.58	121.54	150.21
B	Principal	9	15.932	11.34	11.39	11.39	15.93	15.93	15.93	86.30	108.60	134.23
C	Principal	9	15.339	10.88	10.93	10.93	15.34	15.34	15.34	83.08	104.56	129.23
D	Principal	9	15.084	10.69	10.73	10.73	15.08	15.08	15.08	81.70	102.82	127.08
E	Principal	9	13.166	9.26	9.29	9.29	13.17	13.17	13.17	71.31	89.75	110.92
A.1	Secundaria	9	19.076	13.84	13.90	13.90	19.08	19.08	19.08	103.33	130.04	160.72
A.2	Secundaria	9	14.859	10.52	10.56	10.56	14.86	14.86	14.86	80.49	101.29	125.19
A.3	Secundaria	9	14.889	10.54	10.59	10.59	14.89	14.89	14.89	80.65	101.49	125.44
B.1	Secundaria	9	19.209	13.95	14.01	14.01	19.21	19.21	19.21	104.05	130.94	161.84
C.1	Secundaria	9	17.142	12.28	12.34	12.34	17.14	17.14	17.14	92.85	116.85	144.42
C.2	Secundaria	9	15.367	10.91	10.95	10.95	15.37	15.37	15.37	83.24	104.75	129.47
C.3	Secundaria	9	18.015	12.98	13.04	13.04	18.01	18.01	18.01	97.58	122.80	151.78
D.1	Secundaria	9	17.063	12.22	12.28	12.28	17.06	17.06	17.06	92.42	116.31	143.76
D.2	Secundaria	9	16.856	12.06	12.11	12.11	16.86	16.86	16.86	91.30	114.90	142.01
D.3	Secundaria	9	17.537	12.60	12.65	12.65	17.54	17.54	17.54	94.99	119.55	147.75
D.4	Secundaria	9	9.6233	6.73	6.76	6.76	9.62	9.62	9.62	52.13	65.60	81.08
D.4'	Secundaria	9	23.324	17.44	17.53	17.53	23.32	23.32	23.32	126.34	158.99	196.51
D.5	Secundaria	9	15.955	11.36	11.41	11.41	15.96	15.96	15.96	86.42	108.76	134.42
D.5'	Secundaria	9	12.972	9.11	9.15	9.15	12.97	12.97	12.97	70.27	88.43	109.29
F.1	Secundaria	9	15.745	11.20	11.24	11.24	15.75	15.75	15.75	85.29	107.33	132.65
F.2	Secundaria	9	14.249	10.06	10.10	10.10	14.25	14.25	14.25	77.18	97.13	120.04
Desmonte 1	Secundaria	9	18.136	13.08	13.14	13.14	18.14	18.14	18.14	98.24	123.63	152.79
Desmonte 2	Secundaria	9	18.397	13.29	13.35	13.35	18.40	18.40	18.40	99.65	125.41	155.00

### Coeficiente de Escorrentía (C):

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad  $I(T, tc)$  que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

Se calcula mediante la expresión:

Si  $P_d \cdot K_A > P_0$

$$C = \frac{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) x \left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

Si  $P_d \cdot K_A > P_0$        $C = 0$

donde:

$P_d$  (mm) = precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.

$K_A$  = factor reductor de la precipitación por área de cuenca, de valor:

$$K_A = 1 \quad \text{si } A \leq 1 \text{ Km}^2.$$

$$K_A = 1 - \log(A)/15 \quad \text{si } A > 1 \text{ Km}^2.$$

$P_0$  (mm) = umbral de escorrentía.

### Umbral de escorrentía:

El umbral de escorrentía  $P_0$ , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \times \beta$$

donde:

$P_0$  (mm) = umbral de escorrentía.

$P_0^i$  (mm) = valor inicial del umbral de escorrentía.

$\beta$  = coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

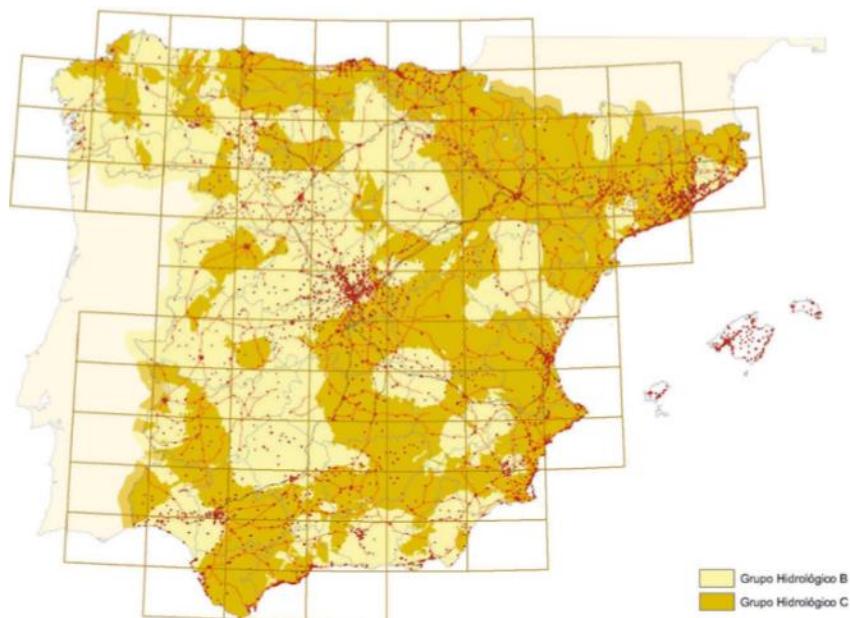
El valor de  $P_0^i$  se obtendrá de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de  $P_0^i$  para una determinada localización geográfica.

Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.

- Tabla 2.3 de la Norma 5.2.I.C., en función de los usos del suelo y de los grupos hidrológicos de suelo, en las siguientes circunstancias:
  - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible.
  - Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada.
  - En problemas específicos de escorrentía urbana.
  - Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes
  - Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
  - Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se debe realizar a partir del mapa de la figura 2.7. de la Norma:



*Mapa de grupos hidrogeológicos de suelo*

Cuando se disponga de información más detallada, en el proyecto se puede justificar el cambio del grupo hidrológico de suelo en alguna cuenca concreta, según los criterios de la tabla 2.4 y la figura 2.8.

Las características de los grupos hidrológicos de suelo que se contemplan en la tabla 2.4 son:

- Grupo A. Potencia grande, con textura arenosa o areno-limosa, con infiltración rápida. Están perfectamente drenados.
- Grupo B. Potencia media a grande, con textura franco-arenosa, franca, franco-arcillosa-arenosa o franco-limosa con infiltración moderada. Están entre bien y moderadamente drenados.
- Grupo C. Profundidad media a pequeña y textura franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa o arcillo-arenosa, con infiltración lenta. Están drenados imperfectamente.
- Grupo D. Profundidad pequeña (litosuelo) u horizontes de arcilla y textura arcillosa, con infiltración muy lenta. Están drenados pobre o muy pobemente. Este grupo incluye también los terrenos con nivel freático elevado.

Cuando se considere oportuno, se pueden diferenciar las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo existentes en la cuenca, atribuyendo a cada uno el valor correspondiente de  $P_{\delta}^j$  que se indica en la tabla 2.3 de la Norma 5.2-I.C.

Para el cálculo del coeficiente corrector  $\beta$ , excepto en las cuencas de Levante y Sureste Peninsular, en las que se aplicará el apartado específico de la Norma, se atenderá al tipo de obra en cada caso que se trate:

- Drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos (siempre que el funcionamiento hidráulico de estas obras no afecte a la carretera principal) y drenaje de plataforma y márgenes: Se debe aplicar el producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del período de retorno T, considerado para el caudal de proyecto en el elemento de que en cada caso se trate:

$$\beta^{PM} = \beta_m \times F_T$$

- Drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal): producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía corregido por el valor correspondiente al intervalo de confianza del cincuenta por ciento, por un factor dependiente del período de retorno T considerado para el caudal de proyecto, es decir:

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \times F_T$$

donde:

- $\beta^{PM}$  = coeficiente corrector de  $P_0$  para drenaje de plataforma y márgenes o drenaje transversal de vías auxiliares.
- $\beta^{DT}$  = coeficiente corrector de  $P_0$  para drenaje transversal de la carretera.
- $\beta_m$  = valor medio regional del coeficiente corrector de  $P_0$ , que se obtiene de la tabla 2.5 de la Norma 5.2-I.C.
- $F_T$  = Factor función del periodo de retorno T, que se obtiene de la tabla 2.5 de la Norma 5.2-I.C.
- $\Delta_{50}$  = desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50 %, que se obtiene de la tabla 2.5 de la Norma 5.2-I.C.

Se ha obtenido el umbral de escorrentía inicial  $P_0^i$  de cada cuenca de acuerdo a los grupos hidrológicos de suelo y a los usos de suelo existentes.

De acuerdo con el Mapa de Grupos Hidrológicos del Suelo de la Norma 5.2-I.C., la zona de proyecto corresponde al grupo C.

Los usos del suelo se han obtenido de la fotografía aérea de la zona. Para el cálculo, se han analizado las características de vegetación de las cuencas, así como las pendientes y las prácticas de cultivo.

En base a todo ello, y teniendo en cuenta la homogeneidad de la zona en lo relativo a los usos y vegetación se observan tres situaciones principales, zonas del terreno de bosque denso principalmente compuesto por pinos, zonas de prados y finalmente zonas de talud. Para la primera categoría, siempre de acuerdo a la Norma 5.2 IC, se adopta un  $P_0^i = 31$  mm, para los prados se adopta un s  $P_0^i = 17$  mm y finalmente para los taludes un valor de 5 mm.

Una vez definidos los valores de  $P_0^i$  de cada cuenca, y continuando con la metodología expuesta, según la tabla 2.5 de la Norma los valores a emplear para la obtención del coeficiente corrector de escorrentía a aplicar en la zona de proyecto, que corresponde a la REGIÓN 13, son:

$$\begin{aligned}\beta_m &= 0,60. \\ F_T &= 1,15 \text{ para } T=25 \text{ años.} \\ &\quad 1,34 \text{ para } T=100 \text{ años.} \\ &\quad 1,55 \text{ para } T=500 \text{ años.} \\ \Delta_{50} &= 0,15.\end{aligned}$$

Con ellos se obtiene:

$$\begin{aligned}\beta^{PM} &= 0,60 \times 1,15 = 0,69 \text{ para } T=25 \text{ años.} \\ &\quad 0,60 \times 1,34 = 0,80 \text{ para } T=100 \text{ años.} \\ &\quad 0,60 \times 1,55 = 0,93 \text{ para } T=500 \text{ años.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta^{DT} &= (0,60 - 0,15) \times 1,15 = 0,52 \text{ para } T=25 \text{ años.} \\ &\quad (0,60 - 0,15) \times 1,34 = 0,60 \text{ para } T=100 \text{ años.} \\ &\quad (0,60 - 0,15) \times 1,55 = 0,70 \text{ para } T=500 \text{ años.}\end{aligned}$$

Obteniéndose para las distintas cuencas los siguientes valores del coeficiente de escorrentía.

Cuenca	Tipo	Valor inicial po i (mm)	Po				C		
			Region	13					
			Bm	0.6	A50		0.15		
			FT	1.15		1.34	1.55		
			Bpm	0.69		0.804	0.93		
			Bdt	0.5175		0.603	0.6975		
Tipo drenaje			T25	T100	T500		T25	T100	T500
O	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
A	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
B	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
C	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
D	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
E	Principal	31	2	16.04	18.69	21.62	0.6	0.6	0.7
A.1	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
A.2	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
A.3	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
B.1	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
C.1	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
C.2	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
C.3	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.1	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.2	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.3	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.4	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.4'	Secundaria	17	1	11.73	13.67	15.81	0.7	0.7	0.7
D.5	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
D.5'	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
F.1	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
F.2	Secundaria	31	1	21.39	24.92	28.83	0.5	0.5	0.6
Desmonte 1	Secundaria	5	1	3.45	4.02	4.65	0.9	0.9	1.0
Desmonte 2	Secundaria	5	1	3.45	4.02	4.65	0.9	0.9	1.0

Valores que por otra parte son de uso habitual y que coinciden por ejemplo con los que establecen las BAT ("NORMAS TÉCNICAS PARA CARRETERAS DE BIZKAIA") de manera más general.

TIPO DE SUELO	C
Pavimentos y zonas urbanas intensivas	0.8 - 1
Zonas urbanas residenciales. Terrenos impermeables, vegetación escasa.	0.7 – 0.9
Terrenos permeables, vegetación escasa. Terrenos impermeables vegetación densa.	0.6 – 0.8
Terrenos permeables, vegetación densa. Terrenos impermeables, bosque frondoso.	0.5 – 0.7
Terrenos permeables, bosque frondoso.	0.4 – 0.6

## 2.6. CÁLCULO DE CAUDALES

Con los datos de las características geométricas de las cuencas, los valores de intensidad y el coeficiente de escorrentía, se han obtenido los caudales de aportación de cada cuenca.

En el siguiente cuadro resumen se indican los resultados:

Cuenca	Tipo	Caudal Q (l/s)		
		T25	T100	T500
0	Principal	650.6	853.3	1090.4
A	Principal	2348.3	3079.7	3935.5
B	Principal	216.3	283.6	362.4
C	Principal	3030.6	3974.5	5079.0
D	Principal	199.1	261.1	333.6
E	Principal	4107.9	5387.2	6884.4
A.1	Secundaria	43.7	57.9	74.6
A.2	Secundaria	130.1	172.4	222.3
A.3	Secundaria	134.0	177.6	229.0
B.1	Secundaria	30.8	40.8	52.6
C.1	Secundaria	77.9	103.3	133.2
C.2	Secundaria	98.0	129.9	167.5
C.3	Secundaria	33.3	44.1	56.8
D.1	Secundaria	182.5	241.9	311.9
D.2	Secundaria	69.0	91.4	117.9
D.3	Secundaria	74.2	98.4	126.9
D.4	Secundaria	54.9	72.8	93.8
D.4'	Secundaria	109.8	142.6	180.7
D.5	Secundaria	136.1	180.4	232.6
D.5'	Secundaria	24.3	32.2	41.5
F.1	Secundaria	91.9	121.9	157.1
F.2	Secundaria	160.5	212.8	274.4
Desmonte 1	Secundaria	69.1	87.6	108.9
Desmonte 2	Secundaria	51.9	65.7	81.7

### 3. DRENAJE

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se definen y dimensionan los elementos de drenaje longitudinal, transversal, y profundo, necesarios para evacuar las aportaciones de las cuencas que son interceptadas por la traza y las de la propia plataforma de las actuaciones, así como el desagüe de los puntos bajos.

El agua de la plataforma se recoge a través del drenaje longitudinal compuesto por cunetas longitudinales en los bordes de la plataforma al lado del desmonte, que, en caso de no disponer de capacidad suficiente, desaguan en arquetas y a través de colectores longitudinales y en caso necesario bajantes escalonadas, llegan a las obras de drenaje transversal o a los cauces naturales.

El dimensionamiento hidráulico de estos elementos de drenaje se ha realizado de acuerdo con lo indicado en la Norma 5.2-I.C. “Drenaje Superficial”, el periodo de retorno considerado para el cálculo de las obras de drenaje longitudinal es de 25 años. Para las obras de drenaje transversal se han utilizado los caudales correspondientes a un periodo de retorno de 100 años.

Se ha aplicado la fórmula de Manning, con valores del coeficiente de rugosidad de 0,015 para cunetas y tubos de hormigón, 0,04 para cunetas de tierra y 0,010 para los tubos de PVC

Las obras de drenaje se han estructurado en función a las cuencas que drenan, así, por ejemplo, la “Obra de Drenaje A” está compuesta por los distintos elementos de drenaje longitudinal que conducen el agua de las cuencas secundarias de la cuenca principal “A”, hacia la obra de drenaje transversal asociada a dicha cuenca, en este caso la Obra de drenaje transversal (ODT) del PK 4+708. De esta manera cada “obra de drenaje” está compuesta por distintos elementos de drenaje longitudinal y por una obra de drenaje transversal.

#### 3.2. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

##### 3.2.1. OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTES

Se han determinado los puntos en que inciden arroyos, barrancos y líneas de agua o pequeñas cuencas cerradas, que al tratarse de un proyecto de desdoblamiento en la actualidad ya disponen de una obra de drenaje transversal existente.

Se han identificado las obras de drenaje transversal con el PK en el que se ubican en la actualidad o cruzan bajo la traza.

Se incluyen en el apartado del drenaje transversal aquellos conductos que desaguan cuencas principales, mientras que en el apartado del drenaje longitudinal se incluyen los desagües de cunetas, y colectores longitudinales, cuyas aportaciones proceden de las laderas y de la plataforma (cuencas secundarias), sin un cauce definido.

En la actualidad existen ocho obras de drenaje transversal bajo la línea de ferrocarril, dos de ellas discurren también bajo la BI-635 (PK 6+104 y PK 6+261), al ser vaguadas ubicadas en la margen izquierda de las vías y estar el río Oka en la margen derecha de ambas infraestructuras.

La ubicación y dimensiones de dichas ODTs existentes se indican en el siguiente cuadro:

ODT	PK	Cuenca	Tipo
0.6 x 0.6	4+545	0	Principal
2 x 1.2	4+708	A	Principal
Ø 400	4+889	B	Principal
2 x 1.4	5+154	C	Principal
0.6 x 1	5+329	D.3	Secundaria
Ø 400	6+104	D.6	Secundaria
2 x 0.45 x 1	6+261	E	Principal
Ø 400	6+453	F.2	Secundaria

En general debido a la gran densidad de vegetación existente incluso en invierno y a que algunas de las obras se encuentran parcialmente enterradas en la boca de entrada, el acceso y la toma de datos de las obras es complicada y en varios casos no se han podido tomar fotografías en las que se aprecie el estado de las obras.



ODT PK 6+261

Se proyectan asimismo otra ODT (PK 5+931) con objeto de recoger el agua de una pequeña vaguada sin salida que se genera entre la carretera y las vías.

La **ODT 4+545** se ubica en una zona en la que el Proyecto no prevé desdoblar la vía por lo que esta ODT no se ve afectada por las obras y su ampliación o sustitución no se incluye en el presente Proyecto. No obstante, tal y como se describe más adelante, se lleva a cabo una comprobación de capacidad.

La **ODT 4+708** se ubica en el relleno mas alto de la vía actual que alcanza los 7 m de alto, por lo que la obra de drenaje tiene una carga de tierras de uno 4,80 m. En este relleno se ubica la pantalla anclada ejecutada en el año 2005 para contener el movimiento (y aparición de grietas en el borde de la plataforma) sufrido por el relleno por la ejecución de una pista forestal al pie del mismo.

La **ODT del PK 4+889** recoge el agua de una vaguada pequeña y sin un cauce permanente, aunque se trata de una cuenca natural existente independientemente de si hay o no trazado de ferrocarril.

La **ODT 5+154** se ubica en un relleno de poca altura, pero recoge el agua de una de las dos vaguadas de mayor superficie, que incluyendo la parte alta ubicada más arriba de la BI-635 a la salida de los túneles alcanza las 21 Has. La ODT se compone de una tajea de 2 m de ancho y 1,4 m de alto. El cauce asociado a esta ODT hace un zigzag para cruzar perpendicular por lo que tanto a la entrada como a la salida el arroyo tiene un encauzamiento más “rígido” que otros arroyos de la zona.

Las **ODTs 5+329 y 6+104** están asociadas a cuencas secundarias de poca superficie, (D.3 y D.6) y se trata también de obras de drenaje de dimensiones reducidas. En el caso de la ODT del PK 6+104 la cuenca se encuentra en la margen izquierda por lo que la ODT pasa primero bajo la BI-635 mediante una tajea de 0.55 x 0.90 y posteriormente bajo el ferrocarril mediante un tubo de Ø 400.

Destacar que en esta zona y hasta la estación de Zugastieta la rasante del ferrocarril discurre prácticamente a nivel del terreno lo que deja muy pocas opciones para implantar obras de drenaje transversal de cierta entidad, como se verá en la siguiente obra.

La **ODT del PK 6+261** es la obra con la cuenca vertiente de mayor superficie (cuenca del arroyo Latserreka que abarca prácticamente hasta el barrio de Gorozika), pero, como se acaba de mencionar, la poca cota que tiene el trazado hace que la obra de fabrica este compuesta por dos conductos de 0.45x1, generándose una especie de losa apoyada en grandes bloques de mampostería, como se puede apreciar en la imagen de la página anterior. Adicionalmente, el trazado del cauce tiene un quiebro brusco con dos giros de prácticamente 90º; todo ello hace que esta ODT sea francamente mejorable. Aguas arriba de esta ODT el arroyo cruza bajo la BI-635, pero al ubicarse ésta a mayor cota, la sección de este cruce si puede alcanzar una mayor altura, siendo una bóveda de 2.75 m de ancho y 1,75 m de alto en la clave (ver imagen de la derecha).



Finalmente, la **ODT del PK 6+453** está asociada a una cuenca secundaria y al igual que las otras de este tipo principalmente recogen el agua que le llega de la cuenta longitudinal y la conducen al otro lado de las vías.

### 3.2.2. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO DE LAS ODT

A partir de los datos del trazado en planta y en alzado y de los datos de campo se obtienen los perfiles longitudinales de las obras de drenaje.

En la comprobación de las ODT. se verifica su capacidad hidráulica y el nivel de inundación a la entrada, obteniendo el tipo de control que rige en el desagüe del caudal de avenida.

El criterio de comprobación hidráulica para el caudal de proyecto indicado en la Norma 5.2-I.C. (Orden FOM/298/2016), exige comprobar los siguientes aspectos:

1. Con carácter general deben funcionar con control de entrada. No obstante, en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.
1. La sobreelevación del nivel de la corriente provocada por la presencia de la ODT será el menor valor de entre los dos siguientes:
  - a. Cincuenta centímetros (50 cm)
  - b. La correspondiente a una altura de lámina de agua a la entrada del conducto inferior a uno coma dos veces la altura libre del conducto ( $HE < 1,2 H$ ).

En casos excepcionales, con la conformidad de la Administración Hidráulica, se podrá justificar la utilización de criterios distintos a los anteriores.

2. Con carácter general, el resguardo libre existente hasta la plataforma debe ser superior a cero coma cinco metros ( $r_{ODT} \geq 0,5 \text{ m}$ ). No obstante, en el proyecto se puede justificar la adopción de un criterio diferente.
3. Cuando a la entrada o a la salida de una ODT la lámina de agua entre en contacto con el relleno se tendrán en cuenta la velocidad de la corriente y las características del material que lo constituye para disponer las protecciones necesarias.
4. La velocidad debe ser inferior a la máxima admisible en función del material de la ODT. (En el caso de obras de hormigón la máxima velocidad admisible para situaciones frecuentes es 4,5 m/s y para situaciones esporádicas 6 m/s).
2. A la salida se debe producir la continuidad o expansión del flujo al incorporarse al cauce natural sin generar erosiones ni aterramientos, proyectando las medidas necesarias en su caso.

En el proyecto se debe incluir la curva característica de cada ODT, que relaciona el caudal desaguado con la altura de lámina de agua a la entrada ( $Q, H_E$ ).

Por otra parte, la Norma 5.2-I.C. recomienda unas dimensiones mínimas para una ODT en función de su longitud:

$L \text{ (m)}$	$D_L \text{ (m)}$
$L \text{ (m)} < 3$	$D_L \text{ (m)} \geq 0,6$
$3 \leq L \text{ (m)} < 4$	$D_L \text{ (m)} \geq 0,8$
$4 \leq L \text{ (m)} < 5$	$D_L \text{ (m)} \geq 1,0$
$5 \leq L \text{ (m)} < 10$	$D_L \text{ (m)} \geq 1,2$
$10 \leq L \text{ (m)} < 15$	$D_L \text{ (m)} \geq 1,5$
$L \text{ (m)} \geq 15$	$D_L \text{ (m)} \geq 1,8$

Para el cálculo de los parámetros hidráulicos de las ODT, así como para la obtención de las curvas características que relacionan el caudal desaguado con la altura de la lámina de agua a la entrada ( $Q, H_E$ ) se ha utilizado el programa comercial **HY-8 versión 7.70**.

En los conductos de hormigón, tanto tubos como marcos, se ha considerado un coeficiente de rugosidad de Manning de valor  $n=0,015$ .

La curva característica ( $Q, H_E$ ) de cada ODT se ha obtenido hasta llegar al límite de desbordamiento, es decir, cuando  $H_E$  alcanza la cota de la plataforma ferroviaria.

Para calcular el nivel de agua en el cauce en las inmediaciones de las ODT, se ha aplicado la fórmula de Manning, válida para elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre:

$$V = 1/n (Rh^{2/3} \cdot J^{1/2})$$

$$Q = S \cdot V$$

donde:

- $V$  = Velocidad del agua en m/s
- $n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning.
- $Rh$  = Radio hidráulico de la sección en m.
- $J$  = Pendiente de la obra en tanto por uno.
- $S$  = Sección del cauce en  $m^2$ .

Los valores del coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce se han determinado de acuerdo con la tabla 3.1 de la Norma 5.2-I.C. (Orden FOM/298/2016).

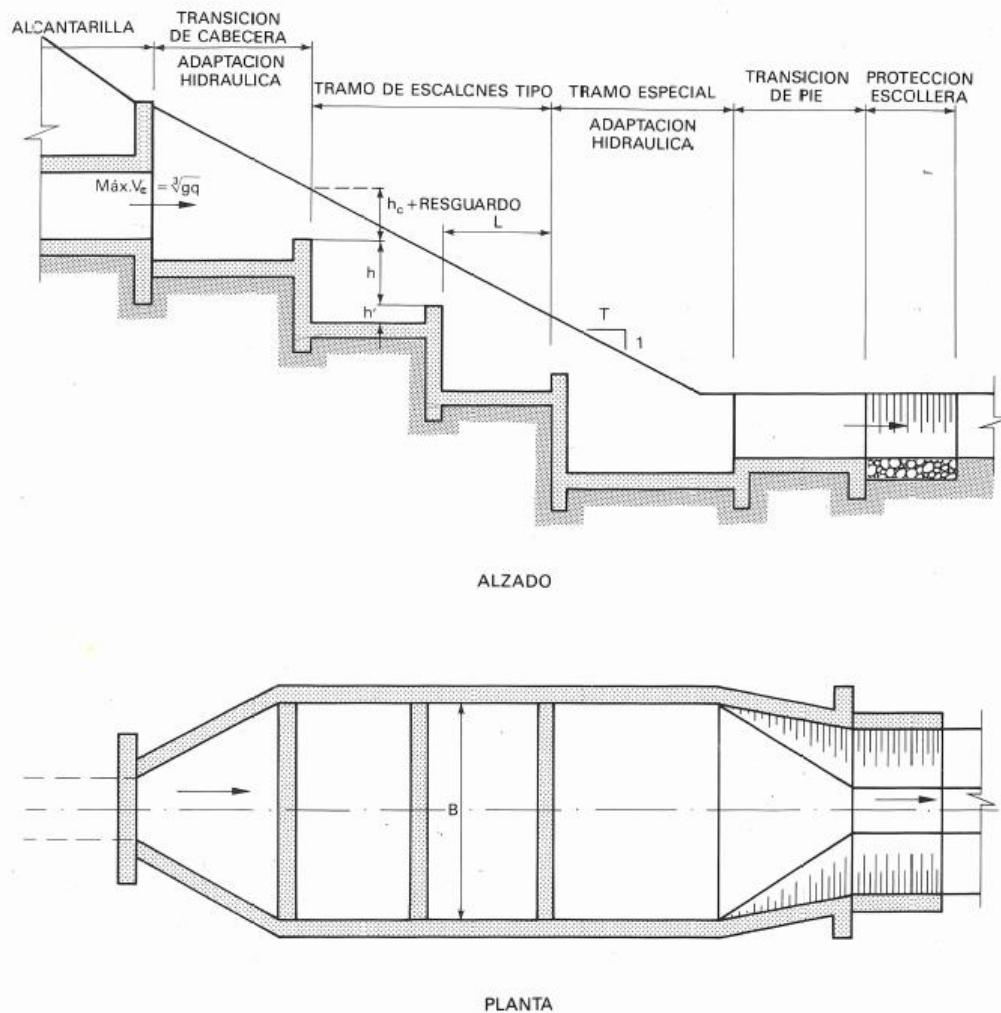
El proceso seguido ha sido el siguiente:

- Análisis de las ODT existentes
- En caso de un funcionamiento ineficiente evidente o falta de capacidad hidráulica, propuesta de cambio de la ODT además de adaptación de la misma al desdoblamiento.
- En caso de que actualmente funcione de manera correcta o admisible, se analiza la situación futura con la ODT prolongada para acoger la doble vía y se comprueba que con dicho cambio no se empeoran las condiciones hidráulicas aguas arriba de las ODT.

### 3.2.3. DIMENSIONAMIENTO DE BAJANTES ESCALONADAS

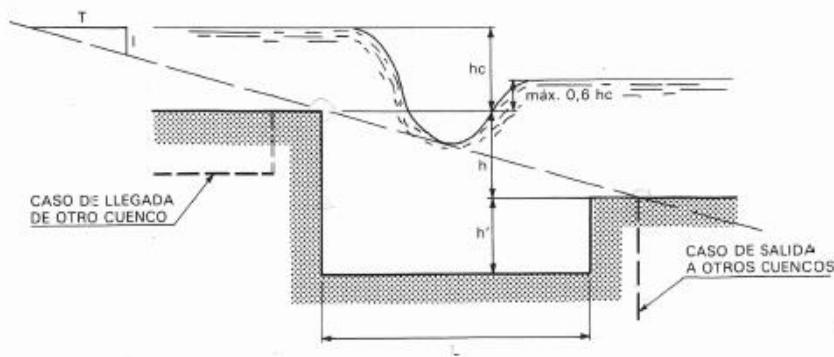
En dos de las obras de drenaje transversal se da la situación de terraplenes con embocadura deprimida, situación que ya se da en la actualidad y que se repite con la ejecución de la ampliación del relleno hacia la ladera “del monte”, En esta situación es necesario ejecutar “in situ” una bajante escalonada que permita disipar la energía del agua procedente de la vaguada antes de entra en la ODT

Se ha adoptado el sistema de bajantes escalonadas para salvar los elevados desniveles que se presentan en el diseño hidráulico resultante, cuyo esquema básico de funcionamiento se representa en las siguientes imágenes (fuente: Normas BAT de la D F Bizkaia):



El diseño consiste en la sucesión de vertidos por un borde vertical, en el que el agua queda controlada en cada escalón. Para que el salto resulte eficaz, es necesario que el chorro quede sumergido en la balsa que se genera con el murete de vertido, y, para ello, la diferencia de las cotas del agua, aguas

arriba y aguas abajo del salto, no debe ser menor que 0,4 veces la profundidad crítica aguas arriba,  $h_c$ .



$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$\text{siendo: } q = \frac{Q}{B} \text{ (m}^3/\text{s/m)}$$

Q caudal de diseño ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

B ancho del canal (m)

g aceleración de la gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

Las dimensiones que controlan el salto están relacionadas entre sí mediante las siguientes ecuaciones:

$$L = 0,85 [2,5 + 1,1 \frac{h_c}{h} + 0,7 (\frac{h_c}{h})^3] \sqrt{hh_c}$$

$$h' = \frac{h_c}{2}$$

La longitud así calculada debe considerarse como mínima y la que se adopte en el diseño no podrá exceder en más de 0,15 m a la calculada, excepto para caudales de diseño, q, inferiores a 1,35  $\text{m}^3/\text{s/m}$ , donde no existe peligro de que la turbulencia se propague aguas abajo.

Para los muros laterales es necesario disponer de un resguardo sobre la lámina de agua calculada, que será de 0,4 veces la altura crítica, con un mínimo de 0,40 m.

### 3.2.4. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el siguiente cuadro se resumen características geométricas de las obras de drenaje transversal existentes, así como el caudal asociado al periodo de retorno de 100 años que desagua a través de cada una de las obras.

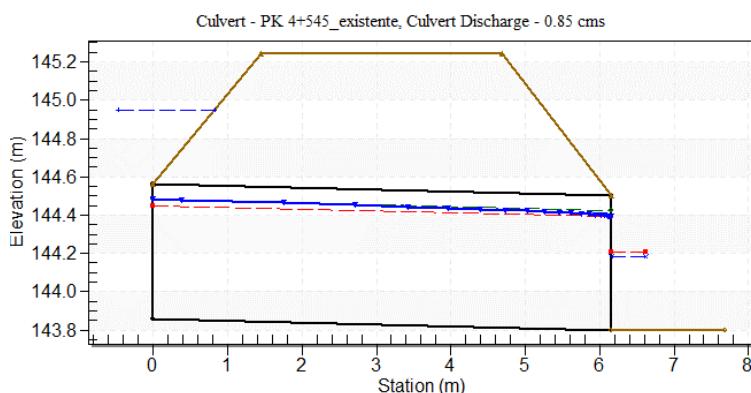
ODT-PK	Sección	Cuenca	Tipo	z1	z2	Az	L	p(%)	P(/1)	Q100 (l/s)
4+545	0.6x0.7	0	Principal	143.87	143.80	0.07	6.11	1.15	0.011	853
4+708	2x1.2	A	Principal	136.80	135.32	1.48	24.16	6.13	0.061	3080
4+889	Ø400	B	Principal	138.60	138.44	0.16	6.33	2.53	0.025	284
5+154	2x1.4	C	Principal	131.77	131.45	0.32	8.37	3.82	0.038	3975
5+329	0.6x1	D.3*	Secundaria	127.95	126.96	0.99	13.04	7.59	0.076	432
6+104	Ø400	D.6*	Secundaria	117.62	117.58	0.04	5.40	0.74	0.007	261
6+261	2x0.45x1	E	Principal	114.02	113.20	0.82	45.00	1.82	0.018	5387
6+453	Ø400	F.2	Secundaria	112.76	112.52	0.24	8.94	2.68	0.027	213

Con estos datos se hace un primer análisis en el que se analiza el comportamiento hidráulico de cada obra en régimen uniforme y lamina libre (Manning) obteniéndose los resultados de la tabla que se incluye a continuación.

ODT-PK	Sección	Cuenca	Calado (m) (Manning)	Velocidad (m/s) (Manning)
4+545	0.6x0.7	0	0.59	2.39
4+708	2x1.2	A	0.26	5.81
4+889	Ø400	B	0.33	2.59
5+154	2x1.4	C	0.37	5.41
5+329	0.6x1	D.3*	0.17	4.20
6+104	Ø400	D.6*	0.30	1.20
6+261	2x0.45x1	E	1.00	2.90
6+453	Ø400	F.2	0.25	2.57

De estos resultados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- CUENCAS PRINCIPALES (0, A, B, C, E)
  - Las obras de drenaje de mayores dimensiones **ODT PK 4+708 (cuenca A)** y **ODT 5+154 (cuenca C)** tiene una capacidad y un comportamiento adecuado. Considerando además que se ubican en rellenos de cierta entidad (principalmente la del PK 4+708) estas obras de drenaje se mantienen y se plantea su **prolongación longitudinal** para poder acometer el desdoblamiento.
  - La obra de drenaje del **PK 6+261 (cuenca E arroyo Latserreka)** asociada al paso a nivel de Presoste no tiene capacidad suficiente, además de que su configuración no es adecuada al tener un trazado con dos quiebros de 90 °. Esta obra de drenaje **se deberá sustituir** por una de características más adecuadas.
  - La obra de drenaje del **PK 4+889 (cuenca B)**, tiene una capacidad justa para el caudal asociado al T 100 con un llenado del 82 %. Aunque se trata de una cuenca de pequeñas dimensiones y la parte alta está condicionada por el drenaje de la BI-635, se considera que es necesario **sustituir** el caño Ø 400 actual por uno mayores dimensiones.
  - La obra de drenaje del **PK 4+545 (cuenca 0)**, tiene una capacidad justa para el caudal asociado al T 100 prácticamente sin resguardo. Analizando en mayor detalle el comportamiento hidráulico de la obra de drenaje se observa que para dicho caudal se produce una sobre elevación a la entrada con  $H=1.5xHe$ , superior a lo recomendado por la norma 5.2 IC aunque en ningún caso llega al desbordamiento, produciéndose un control de salida sin entrar en carga



Por otra parte, también hay que indicar que la parte alta de la cuenca de aportación (aproximadamente un 40% de la superficie) se encuentra aguas arriba del cruce con la carretera de Autzagane lo que hace que probablemente se produzca un trasvase de parte del caudal hacia la cuenca A.

En base a todo ello y puesto que no se llevará a cabo el desdoblamiento del ferrocarril en este punto, no se plantea una sustitución de la obra y la actuación se ceñirá a **mejoras puntuales** (limpieza, retirada de aterros, mejora de entrada y salida de la obra...)

– CUENCAS SECUNDARIAS (D.3, D.6, F.2)

- La **ODT 5+329** aunque asociada a cuencas secundarias tiene un caudal relativamente elevado al recoger el caudal asociado a las cuencas D.1, D.2 y D.3 al generarse una “vaguada” o “cunetón” longitudinal a las vías por su margen derecha. En cualquier caso, la obra dispone de capacidad suficiente y se propone su **prolongación longitudinal**.
- La **ODT 6+104** actual es un caño de Ø 400 que recoge el agua procedente de una tajea de 0.55 x 0.90 ubicada bajo la BI-635 y que tiene la función principal de recoger el agua procedente de la cuenca secundaria D.6. Aunque esta cuenca se deduce de la cartografía a escala 1:5000 el comportamiento real de la escorrentía está condicionada por las redes de drenaje de las carreteras BI-635 y BI-4251 (Gorozika). En cuanto a capacidad, si se considera toda la superficie de la cuenca el caño existente no tiene capacidad suficiente y si estimamos que el 50% del caudal de la cuenca no termina en la ODT el caño irá al 75%, suposición no descabellada al estar el 60% de la superficie aguas arriba de la cuneta lateral de la BI-4251. En cualquier caso, siendo la ODT continuación del drenaje de la carretera se considera conveniente aumentar y asegurar su capacidad de desagüe mediante la **sustitución** del caño actual por dos tubos Ø 400 que discurrirán bajo el ferrocarril y el camino de Sitxes. La limitación de la cota para desaguar la ODT hace que no sea posible aumentar el diámetro.
- La **ODT 6+453**, aunque vinculada a la subcuenca F.2 es realmente un desagüe trasversal del drenaje longitudinal. Dispone de capacidad suficiente, pero tratándose de un caño Ø 400, se propone su **sustitución**.

### 3.2.5. SOLUCIONES PROPUESTAS

En base al análisis del apartado anterior, en la tabla siguiente se indica para cada una de las obras la solución propuesta:

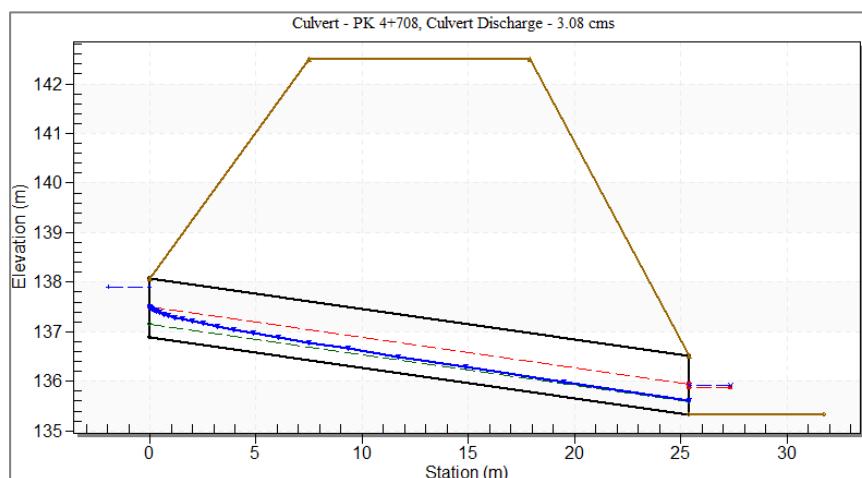
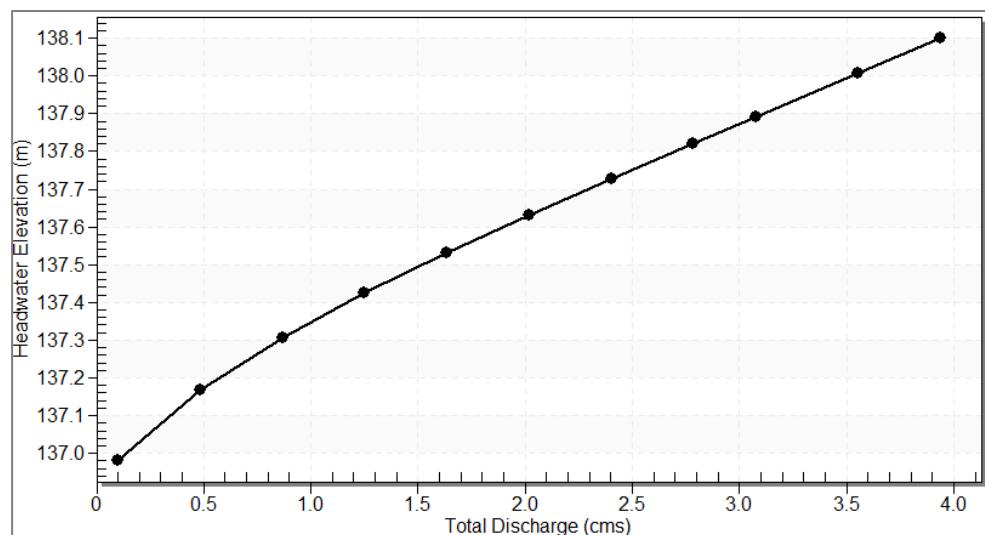
ODT-PK	Sección actual	Cuenca	Solución propuesta
4+545	0.6x0.7	0	Mantener
4+708	2x1.2	A	Mantener sección. Prolongar longitud
4+889	Ø400	B	Sustituir por Ø600
5+154	2x1.4	C	Mantener sección. Prolongar longitud
5+329	0.6x1	D.3*	Mantener sección. Prolongar longitud
6+104	Ø400	D.6*	Sustituir por 2xØ400
6+261	2x0.45x1	E	Sustituir por 2xØ1000
6+453	Ø400	F.2	Sustituir/renovar Ø400

Se comprueba una a una el comportamiento hidráulico de la solución propuesta incluyendo la tabla de resultados, la curva característica y una imagen del funcionamiento para  $Q_{100}$ :

#### ODT PK 4+708 (Cuenca A) Sección 2 x 1.2

Para  $Q_{100}$  la ODT funciona con control de entrada siendo  $He < H$

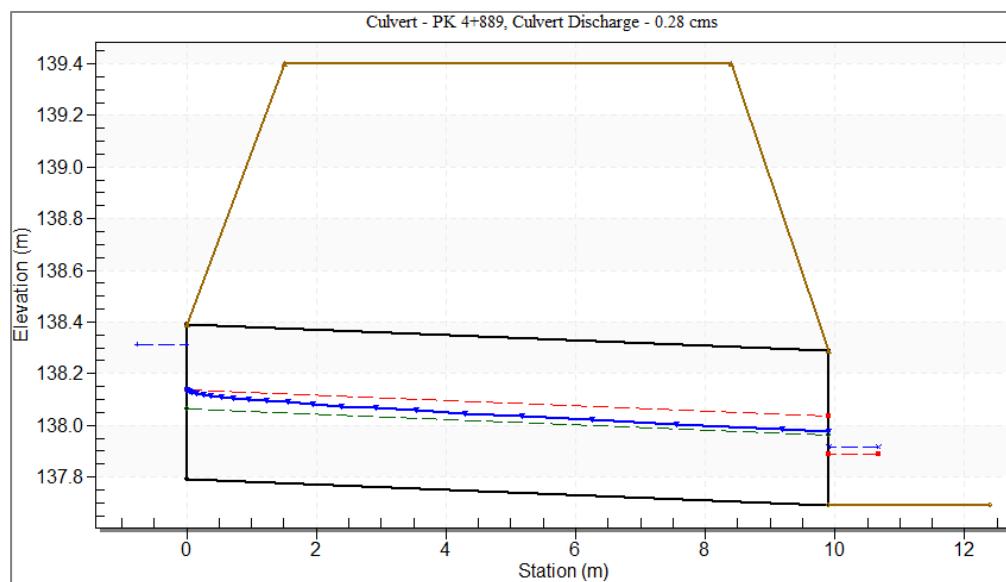
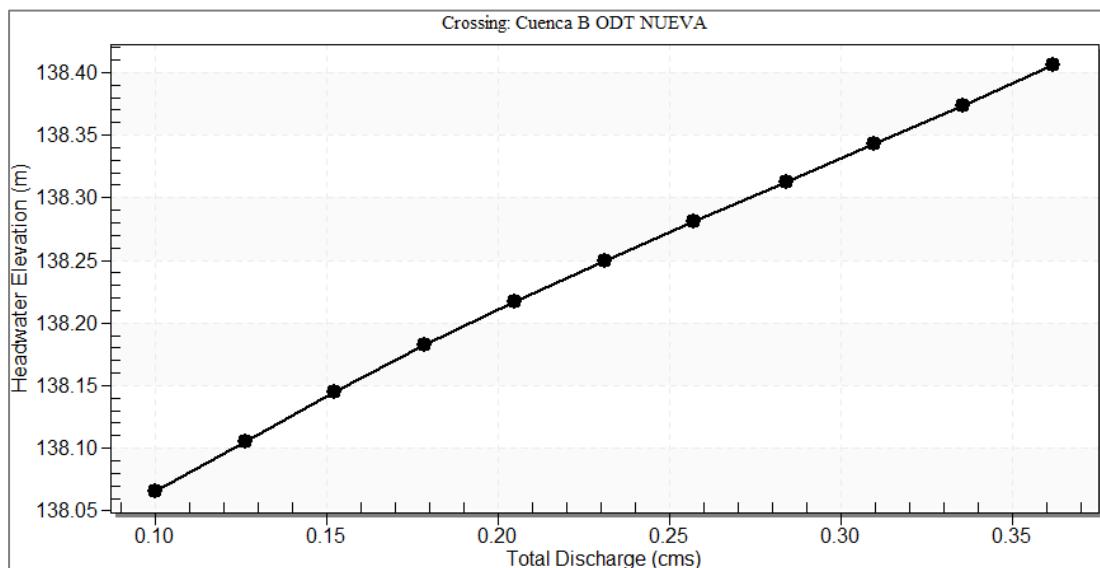
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	136.98	<b>0.10</b>	0.0*	1-S2n	0.03	0.06	0.03	0.08	1.61	0.62
0.48	0.48	137.17	<b>0.29</b>	0.0*	1-S2n	0.08	0.18	0.08	0.20	2.99	1.09
0.87	0.87	137.31	<b>0.43</b>	0.0*	1-S2n	0.12	0.27	0.12	0.28	3.64	1.33
1.25	1.25	137.42	<b>0.54</b>	0.0*	1-S2n	0.15	0.34	0.16	0.35	4.01	1.50
1.63	1.63	137.53	<b>0.65</b>	0.0*	1-S2n	0.18	0.41	0.18	0.41	4.48	1.64
2.02	2.02	137.63	<b>0.75</b>	0.0*	1-S2n	0.20	0.47	0.21	0.47	4.77	1.75
2.40	2.40	137.73	<b>0.85</b>	0.0*	1-S2n	0.22	0.53	0.24	0.52	4.98	1.84
2.79	2.79	137.82	<b>0.94</b>	0.0*	1-S2n	0.25	0.58	0.27	0.56	5.16	1.93
<b>3.08</b>	<b>3.08</b>	<b>137.89</b>	<b>1.01</b>	0.0*	1-S2n	<b>0.26</b>	<b>0.62</b>	<b>0.29</b>	<b>0.60</b>	<b>5.30</b>	<b>1.98</b>
3.55	3.55	138.01	<b>1.13</b>	0.0*	1-S2n	0.29	0.69	0.32	0.65	5.47	2.07
3.94	3.94	138.10	<b>1.22</b>	0.0*	5-S2n	0.31	0.73	0.35	0.69	5.61	2.13



### ODT PK 4+889 (Cuenca B) Sección Ø600

Para  $Q_{100}$  la ODT funciona con control de entrada siendo  $He < H$

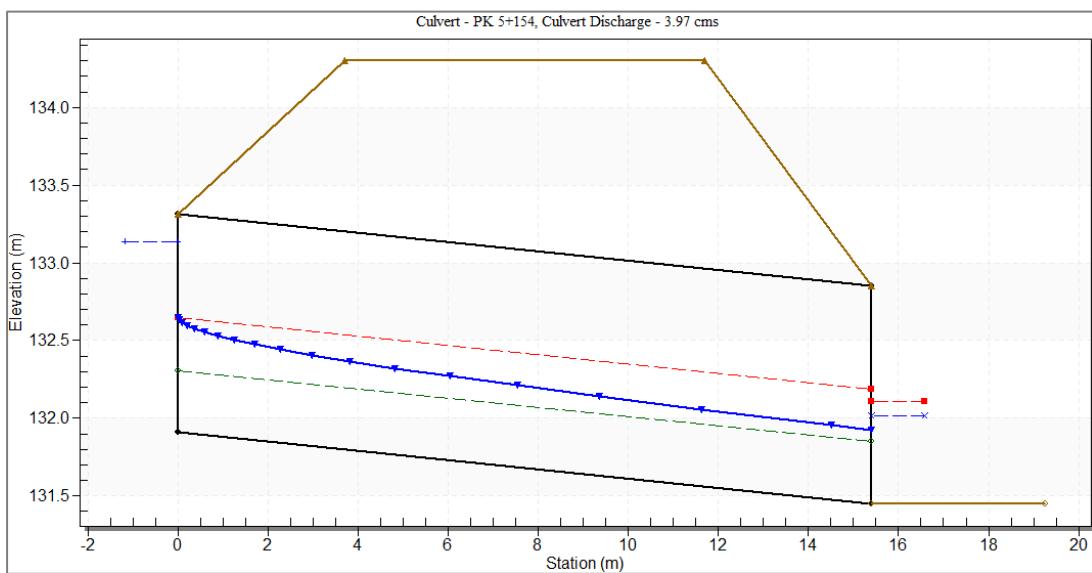
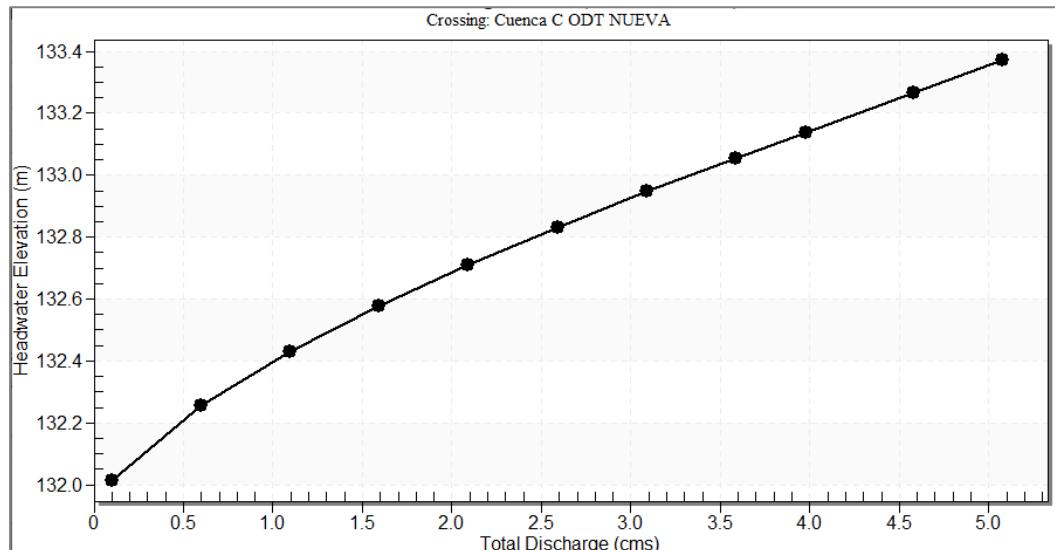
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	138.07	<b>0.28</b>	0.11	1-S2n	0.16	0.20	0.16	0.13	1.64	0.75
0.13	0.13	138.11	<b>0.32</b>	0.15	1-S2n	0.18	0.23	0.18	0.14	1.74	0.80
0.15	0.15	138.15	<b>0.36</b>	0.18	1-S2n	0.19	0.25	0.20	0.16	1.83	0.85
0.18	0.18	138.18	<b>0.39</b>	0.21	1-S2n	0.21	0.27	0.22	0.17	1.90	0.89
0.20	0.20	138.22	<b>0.43</b>	0.24	1-S2n	0.23	0.29	0.24	0.19	1.96	0.93
0.23	0.23	138.25	<b>0.46</b>	0.27	1-S2n	0.24	0.31	0.25	0.20	2.02	0.96
0.26	0.26	138.28	<b>0.49</b>	0.31	1-S2n	0.26	0.33	0.27	0.21	2.08	0.99
<b>0.28</b>	<b>0.28</b>	<b>138.31</b>	<b>0.52</b>	<b>0.34</b>	<b>1-S2n</b>	<b>0.27</b>	<b>0.35</b>	<b>0.29</b>	<b>0.22</b>	<b>2.13</b>	<b>1.02</b>
0.31	0.31	138.34	<b>0.55</b>	0.38	1-S2n	0.29	0.36	0.30	0.23	2.18	1.04
0.34	0.34	138.37	<b>0.58</b>	0.41	1-S2n	0.30	0.38	0.32	0.24	2.22	1.07
0.36	0.36	138.41	<b>0.62</b>	0.45	5-S2n	0.31	0.39	0.33	0.25	2.26	1.09



### ODT PK 5+154 (Cuenca C) Sección 2 x 1.4

Para  $Q_{100}$  la ODT funciona con control de entrada siendo  $He < H$

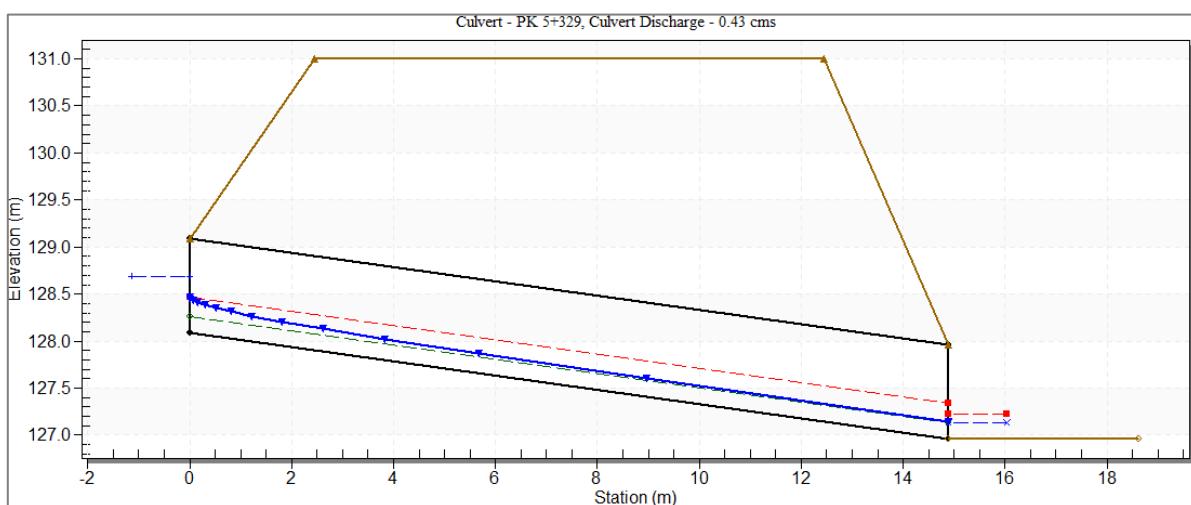
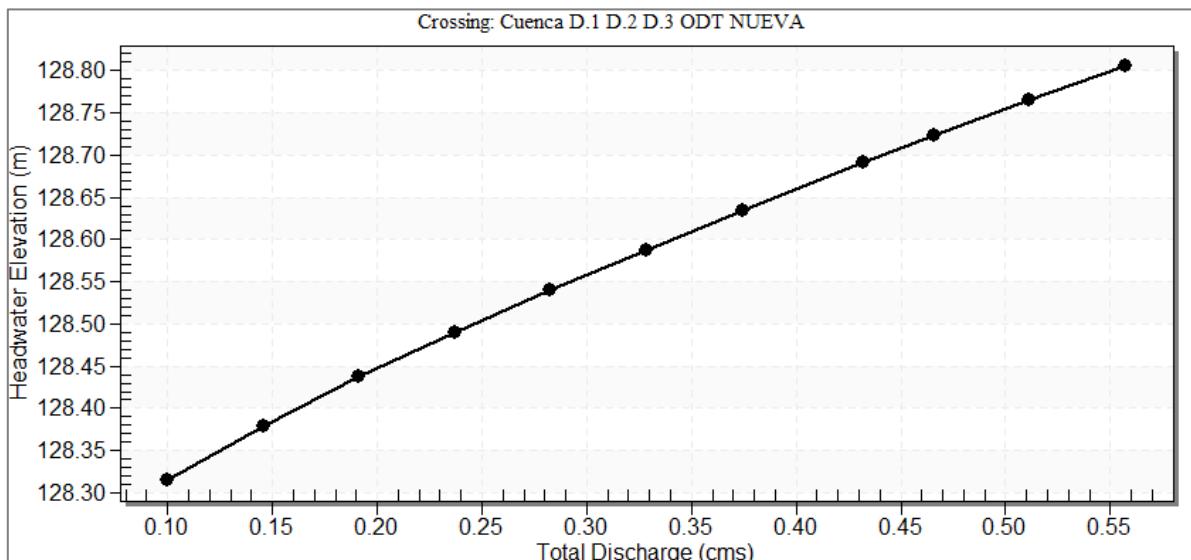
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	132.02	<b>0.11</b>	0.0*	1-S2n	0.04	0.06	0.04	0.06	1.31	0.77
0.60	0.60	132.26	<b>0.35</b>	0.0*	1-S2n	0.12	0.21	0.12	0.19	2.50	1.48
1.10	1.10	132.43	<b>0.52</b>	0.0*	1-S2n	0.17	0.31	0.18	0.27	2.99	1.82
1.59	1.59	132.58	<b>0.67</b>	0.0*	1-S2n	0.22	0.40	0.24	0.33	3.34	2.06
2.09	2.09	132.71	<b>0.80</b>	0.07	1-S2n	0.26	0.48	0.29	0.39	3.58	2.24
2.59	2.59	132.83	<b>0.92</b>	0.17	1-S2n	0.30	0.55	0.34	0.44	3.78	2.40
3.09	3.09	132.95	<b>1.04</b>	0.27	1-S2n	0.34	0.62	0.39	0.49	3.94	2.53
3.59	3.59	133.06	<b>1.15</b>	0.37	1-S2n	0.37	0.69	0.44	0.53	4.08	2.65
<b>3.97</b>	<b>3.97</b>	<b>133.14</b>	<b>1.23</b>	<b>0.46</b>	1-S2n	<b>0.40</b>	<b>0.74</b>	<b>0.48</b>	<b>0.57</b>	<b>4.18</b>	<b>2.73</b>
4.58	4.58	133.27	<b>1.36</b>	0.59	1-S2n	0.44	0.81	0.53	0.61	4.32	2.85
5.08	5.08	133.37	<b>1.46</b>	0.70	5-S2n	0.47	0.87	0.57	0.65	4.42	2.94



### ODT PK 5+329 (Cuenca D1-D.2-D.3) Sección 0.6 x 1.0

Para  $Q_{100}$  la ODT funciona con control de entrada siendo  $He < H$

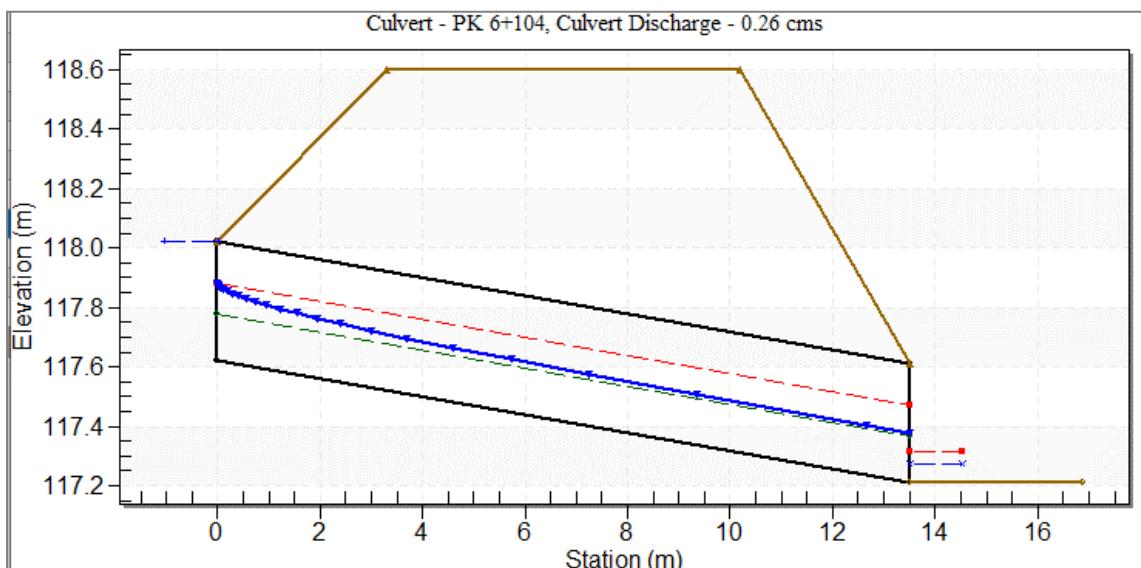
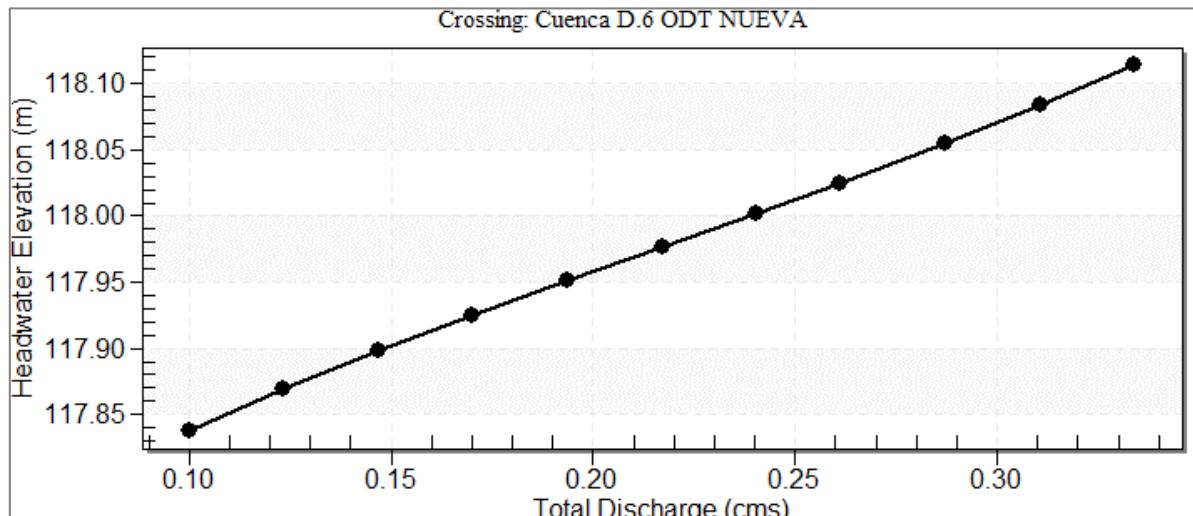
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	128.32	<b>0.23</b>	0.0*	1-S2n	0.06	0.14	0.06	0.07	2.62	1.40
0.15	0.15	128.38	<b>0.29</b>	0.0*	1-S2n	0.08	0.18	0.08	0.09	2.97	1.59
0.19	0.19	128.44	<b>0.35</b>	0.0*	1-S2n	0.10	0.22	0.10	0.11	3.18	1.75
0.24	0.24	128.49	<b>0.40</b>	0.0*	1-S2n	0.11	0.25	0.11	0.12	3.49	1.88
0.28	0.28	128.54	<b>0.45</b>	0.0*	1-S2n	0.13	0.28	0.13	0.14	3.69	1.99
0.33	0.33	128.59	<b>0.50</b>	0.0*	1-S2n	0.14	0.31	0.15	0.15	3.73	2.09
0.37	0.37	128.63	<b>0.54</b>	0.0*	1-S2n	0.16	0.34	0.16	0.16	3.82	2.18
<b>0.43</b>	<b>0.43</b>	<b>128.69</b>	<b>0.60</b>	0.0*	1-S2n	<b>0.17</b>	<b>0.38</b>	<b>0.18</b>	<b>0.18</b>	<b>3.97</b>	<b>2.28</b>
0.47	0.47	128.72	<b>0.63</b>	0.0*	1-S2n	0.18	0.39	0.19	0.18	4.02	2.34
0.51	0.51	128.76	<b>0.67</b>	0.0*	1-S2n	0.19	0.42	0.21	0.19	4.14	2.41
0.56	0.56	128.81	<b>0.72</b>	0.0*	1-S2n	0.21	0.44	0.22	0.20	4.21	2.47



#### ODT PK 6+104 (Cuenca D.6) Sección 2xØ600

Para  $Q_{100}$  suponiendo que toda la superficie de la cuenca desagua en la ODT sin que su escorrentía se vea modificada por la carretera BI-4251, la ODT funciona con control de entrada siendo  $He=H$

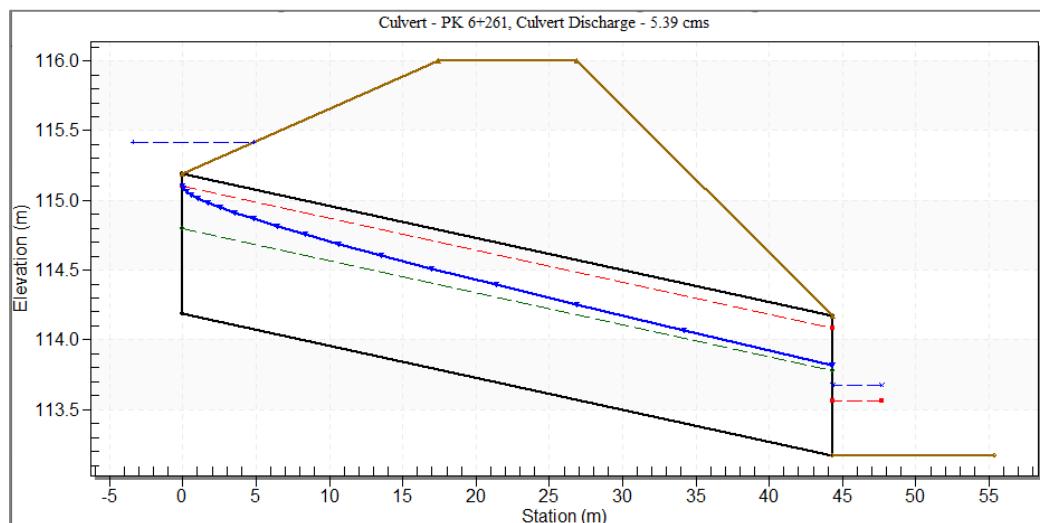
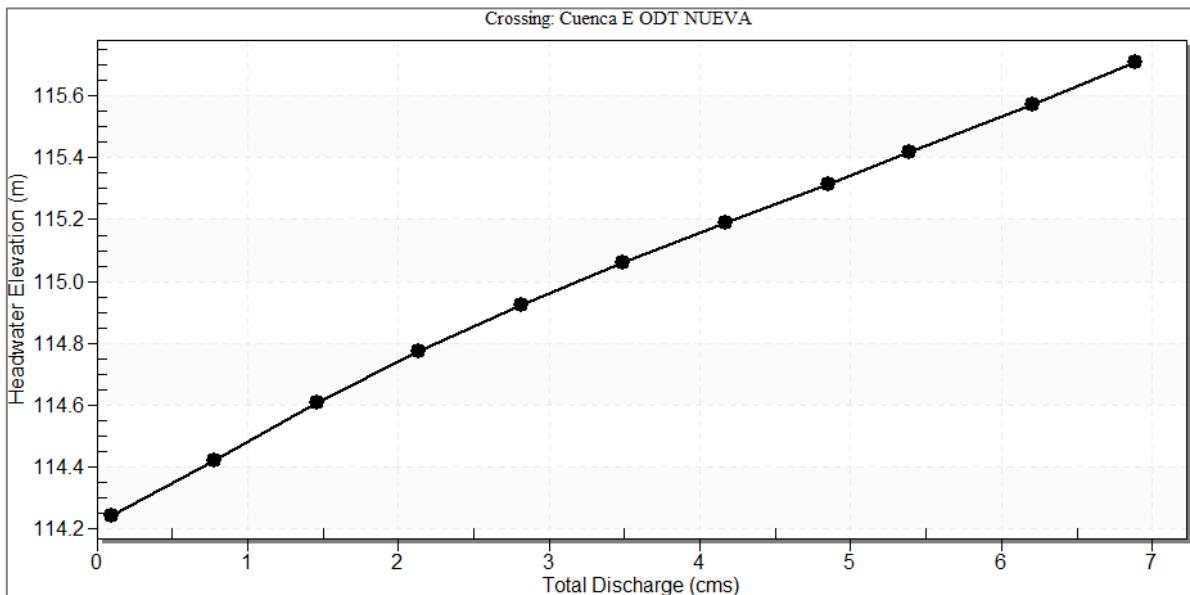
Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	117.84	<b>0.22</b>	0.0*	1-S2n	0.10	0.16	0.10	0.04	2.15	1.17
0.12	0.12	117.87	<b>0.25</b>	0.0*	1-S2n	0.11	0.18	0.11	0.04	2.23	1.27
0.15	0.15	117.90	<b>0.28</b>	0.0*	1-S2n	0.12	0.19	0.12	0.04	2.31	1.35
0.17	0.17	117.93	<b>0.31</b>	0.0*	1-S2n	0.13	0.21	0.13	0.05	2.40	1.43
0.19	0.19	117.95	<b>0.33</b>	0.0*	1-S2n	0.14	0.22	0.14	0.05	2.47	1.50
0.22	0.22	117.98	<b>0.36</b>	0.0*	1-S2n	0.14	0.24	0.15	0.06	2.54	1.56
0.24	0.24	118.00	<b>0.38</b>	0.0*	1-S2n	0.15	0.25	0.16	0.06	2.60	1.62
<b>0.26</b>	<b>0.26</b>	<b>118.02</b>	<b>0.40</b>	0.0*	5-S2n	<b>0.16</b>	<b>0.26</b>	<b>0.17</b>	<b>0.06</b>	<b>2.65</b>	<b>1.67</b>
0.29	0.29	118.05	<b>0.43</b>	0.02	5-S2n	0.17	0.27	0.18	0.07	2.71	1.73
0.31	0.31	118.08	<b>0.46</b>	0.06	5-S2n	0.17	0.29	0.18	0.07	2.76	1.78
0.33	0.33	118.11	<b>0.49</b>	0.09	5-S2n	0.18	0.30	0.19	0.07	2.80	1.83



### ODT PK 6+261 (Cuenca E) Sección 2xØ1000

Para  $Q_{100}$  la ODT funciona con control de entrada siendo  $He=1.2H$  y un resguardo respecto a la cota de la plataforma de 60 cm.

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	114.24	<b>0.05</b>	0.0*	1-S2n	0.08	0.12	0.08	0.05	1.74	0.32
0.78	0.78	114.42	<b>0.23</b>	0.0*	1-S2n	0.21	0.35	0.21	0.16	3.21	0.71
1.46	1.46	114.61	<b>0.42</b>	0.0*	1-S2n	0.29	0.49	0.30	0.23	3.66	0.90
2.14	2.14	114.77	<b>0.58</b>	0.0*	1-S2n	0.36	0.59	0.37	0.29	4.03	1.04
2.81	2.81	114.92	<b>0.73</b>	0.0*	1-S2n	0.41	0.68	0.44	0.34	4.29	1.15
3.49	3.49	115.06	<b>0.87</b>	0.36	1-S2n	0.47	0.76	0.50	0.39	4.50	1.25
4.17	4.17	115.19	<b>1.00</b>	0.61	1-S2n	0.52	0.83	0.55	0.43	4.69	1.33
4.85	4.85	115.32	<b>1.13</b>	0.89	5-S2n	0.57	0.88	0.61	0.47	4.85	1.41
<b>5.39</b>	<b>5.39</b>	<b>115.42</b>	<b>1.23</b>	1.13	<b>5-S2n</b>	<b>0.61</b>	<b>0.91</b>	<b>0.65</b>	<b>0.50</b>	<b>4.98</b>	<b>1.46</b>
6.21	6.21	115.57	<b>1.38</b>	0.0*	5-S2n	0.67	0.94	0.72	0.55	5.15	1.54
6.88	6.88	115.71	<b>1.52</b>	0.0*	5-S2n	0.72	0.92	0.77	0.58	5.30	1.60



En base a los cálculos efectuados se concluye, que las ODT proyectadas tienen capacidad de desagüe para los caudales de diseño del periodo de retorno de 100 años.

Se observa que en general en las ODT proyectadas funcionan con control de entrada y la cota que alcanza la lámina de agua inmediatamente aguas arriba del conducto, medida a partir de la cota de la solera a su entrada,  $H_E$  es inferior a  $H$ , siendo  $H$  la altura del conducto.

En dos obras de drenaje  $H_E$  iguala o supera la altura del conducto, pero no supera la altura de  $1.2 \times H$  indicada en la Norma 5.2 IC. ODT 6+104  $H_E = H$  y 6+261  $H_E = 1.2 \times H$

En cuanto a la velocidad del agua para el caudal de diseño, en ningún conducto se supera la máxima admisible de 6 m/s válida para situaciones esporádicas.

El resguardo que se tiene en el interior de las ODT para el caudal de diseño es superior al 25% del diámetro en los dos tubos y a 75 cm en el caso de los marcos

En los casos en los que se prolonga la sección existente se adopta como criterio de demoler los primeros metros de las estructuras y sustituirlo por una sección de nueva ejecución. La razón es que se ha observado que las entradas de las tajeadas, en la actualidad, se encuentra soterrada en algunos casos y debido a esta circunstancia pueden estar en mal estado de conservación; por otra parte, estos tramos de estructura que en la actualidad tienen una altura de tierras menor y se encuentran alejadas del eje del tráfico, una vez efectuado el desdoblamiento tendrán una mayor carga de tierras y el tráfico de la vía desdoblada se ubicará más próximo

### 3.3. DRENAJE LONGITUDINAL

Este apartado tiene por objeto el estudio y definición del conjunto de dispositivos hidráulicos que se proyectan para evacuar las aguas de lluvia de la plataforma y los márgenes de la carretera.

#### 3.3.1. DETERMINACIÓN DE CAUDALES.

Dado que en el presente proyecto los caudales que recogen los elementos del drenaje longitudinal provienen principalmente de los taludes y de las laderas adyacentes a la plataforma, para el cálculo de caudales y dimensionamiento del sistema se toma como base de cálculo el aguacero correspondiente a la duración del tiempo de concentración de la cuenca vertiente, de manera similar a lo descrito para el drenaje trasversal pero considerando la intensidad horaria máxima previsible para un período de retorno de 25 años, y tenido en cuenta las características de vegetación y usos de las cuencas vertientes.

#### 3.3.2. ASIGNACIÓN DE CAUDALES

Se tramanifican e identifican los distintos elementos en base a las cuencas vertientes de manera que cada tramo se dimensiona para su sección pésima, es decir la sección que deberá tener capacidad para transportar todo el caudal generado por dicha cuenca.

El proceso seguido para comprobar los distintos elementos se organiza en función de las obras de drenaje a la que pertenece cada elemento y sigue el recorrido del agua, de manera que se comprueban primero los tramos aguas arriba y posteriormente los de más aguas abajo.

#### 3.3.3. ELEMENTOS DEL DRENAJE LONGITUDINAL.

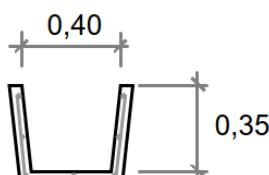
Una vez establecidos los caudales de diseño se efectúa el dimensionamiento de los dispositivos de evacuación proyectados. Se definen a continuación dichos dispositivos y los cálculos de la capacidad hidráulica de los mismos mediante la fórmula de Manning, suponiendo pendiente constante y régimen uniforme, de acuerdo con la metodología expuesta en apartados anteriores.

En los casos concretos de cunetas con variación en la pendiente longitudinal de un mismo tramo se considera, a efectos del cálculo, la pendiente media entre los puntos inicial y final.

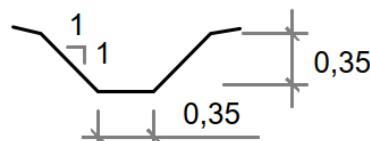
Se exponen los cálculos justificativos indicando las características de las secciones y su capacidad para distintas pendientes. Se deberá comprobar en cada caso, según la pendiente y la longitud de calzada aportante, que el calado obtenido para el caudal de aportación es inferior a la altura libre del dispositivo (cuneta, tubo, caz,...). En el caso de los desagües longitudinales consistentes en tubos se ha considerado un resguardo mínimo de un 25% del diámetro.

#### CUNETAS

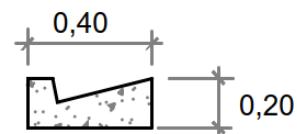
Se han proyectado los siguientes tipos de cunetas:



TIPO I



TIPO II



TIPO III

TIPO I: cuneta profunda, revestida de hormigón, trapezoidal, colocada en desmonte.

TIPO II cuneta de tierras no revestida colocada a pie de terraplén o a cota, en general como continuación de las cunetas TIPO I.

TIPO III cuneta poco profunda, revestida de hormigón, triangular, colocada en zonas de paso de vehículos (plataforma de la zona de mantenimiento) y bordes de caminos.

Se ha tenido en cuenta la limitación de velocidad de 6 m/s, comprobando que no se alcanza a sección llena para pendientes inferiores al 10 %.

Cuando una cuneta no tiene capacidad suficiente y no se puede desaguar a una obra de drenaje transversal o a un cauce natural se complementa con un colector longitudinal ubicado bajo la cuneta de manera que se garantiza la capacidad del sistema hasta poder desaguar. En este caso se colocarán arquetas y sumidero como máximo cada 50 m.

Considerando los caudales de cálculo del proyecto y el diseño del drenaje y configuración de vaguadas, es necesario un colector longitudinal en las obras de drenaje "C", debido a su elevada longitud y a que es la que recibe el caudal del desmonte 1 de proyecto; en la "D4" (zona de mantenimiento) y "D5" por recoger el agua originada en una vaguada de la margen contraíla que actualmente no tiene desagüe.

### DRENES SUBTERRÁNEOS

El drenaje subterráneo se basa en los criterios generales establecidos en la Orden circular 17/2003 del Ministerio de Fomento *Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera*. Adaptando estos criterios a las características particulares de un proyecto ferroviario como el presente.

De acuerdo con las mencionadas recomendaciones, se debe establecer el recorrido de las aguas infiltradas en base a varios posibles casos F, E o G).

En nuestro caso se trata del caso F (capa inferior de baja permeabilidad). Una vez infiltrada a través del balasto, el agua circula subhorizontalmente, a través de las interfaces de las distintas capas de la superestructura y fundamentalmente por la superficie de contacto entre el subbalastato y la capa de forma.

Para favorecer la salida de las aguas se dispone una pendiente transversal mínima de la superficie de contacto del 5%. La cara inferior de la capa de forma tendrá también pendiente, ya que se mantiene su espesor en toda la sección transversal.

Se disponen drenes subterráneos longitudinales en los bordes de la plataforma, compuestos por una doble conducción porosa de P.V.C. de 160 mm de diámetro en el seno de material filtrante rodeado por el mismo geotextil que ejerce de filtro entre el subbalastato y la capa de forme. Su misión es la recogida de las aguas infiltradas con objeto de evitar la expulsión del efluente hacia el entorno protegido.

### COLECTORES

Se considera un diámetro mínimo de 400 mm y los tubos longitudinales de dicho diámetro se proponen de PVC

Los cálculos de la capacidad hidráulica de los colectores se han efectuado aplicando la fórmula de Manning, exigiendo que el calado resultante para el caudal de proyecto sea inferior al 75 % de la altura del caño, para estar del lado de la seguridad. En cuanto a la velocidad del agua, se limita a 6,0 m/s en situaciones excepcionales.

#### DESAGÜES TRANSVERSALES DE DRENAJE LONGITUDINAL

Se disponen un conducto transversal para el desagüe del espacio que queda encerrados por el terraplén de la BI-635 y la plataforma ferroviaria entre el PK 5+820 y el PK 5+940. Los caudales a desaguar se deducen de la superficie asociada a dicha cuenca (D5'). Se dispone así de un colector de cruce de Ø 400 que permitirá conducir el agua de esta zona a través de la margen contraí (margen derecha) hasta el cauce del río Oka la ODT

#### **3.3.4. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO**

En general se diseña los distintos elementos de manera que, en la medida de lo posible, se evite la necesidad de colectores longitudinales enterrados los casos en que el peralte vierte en sentido contrario a la cuneta no se considera la aportación de la plataforma.

A continuación, se adjunta el cuadro en los que se especifica el caudal de proyecto de los elementos principales. y los cálculos justificativos de su capacidad, en el que se comprueba que el calado correspondiente al caudal de diseño y la velocidad del agua a la salida cumplen los criterios indicados.

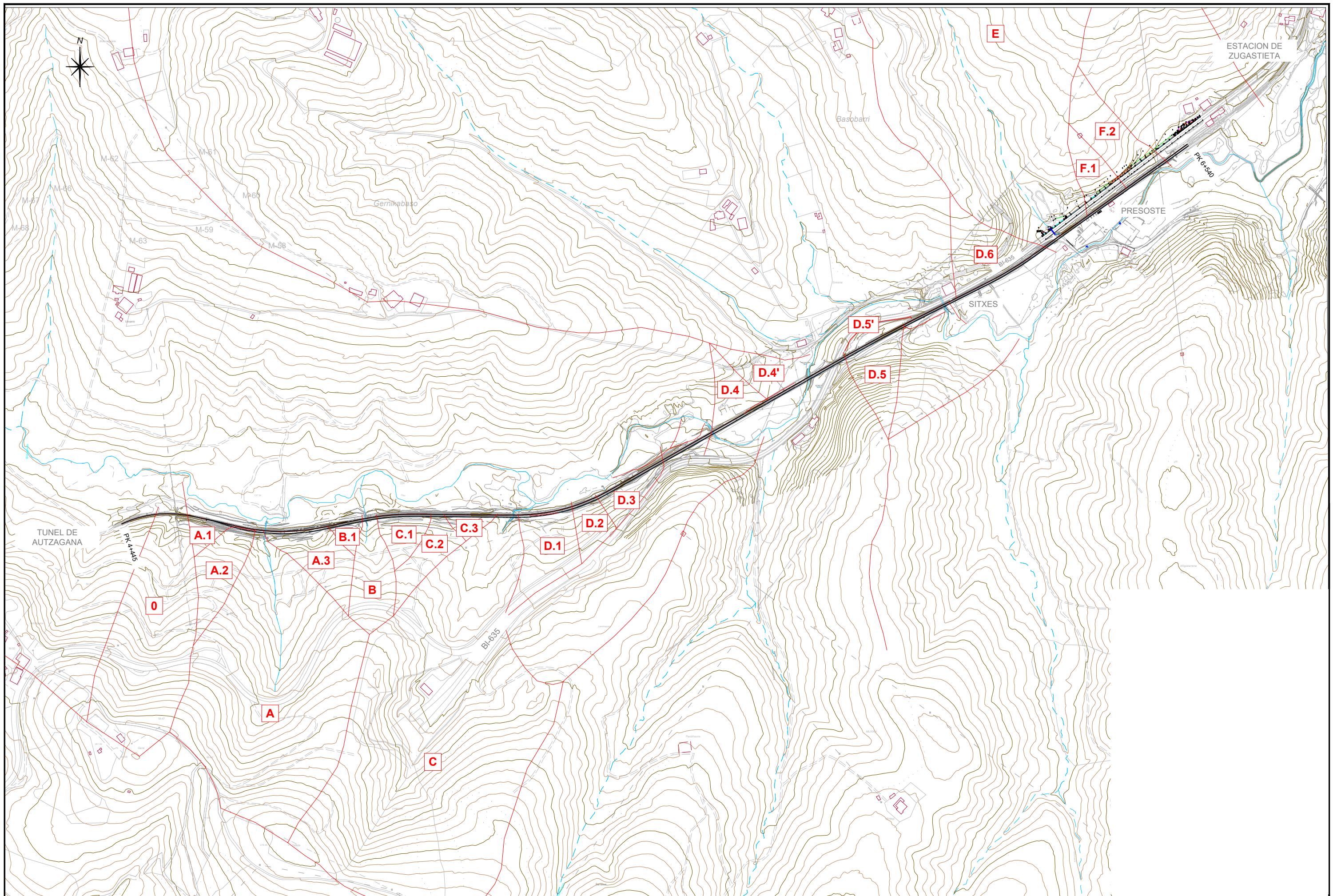
OD	Elemento	ID	Tipo	Margen	Pki	PKf	L	Pendiente e (%)	Cuencas	Caudal recogido (T25) (l/s)	Calado (m)	Resguardo (m)	V(m/s)
A	Cuneta	A1	A2	Tipo 1	Derecho	4550	4655	105	1.86	A1	43.7	0.09	0.257
A	Cuneta	A2	A3	Tipo 2	Derecho	4655	4707	51	2.5	A1+A2	173.8	0.22	0.13
A	Cuneta	A4	A3	Tipo 2	Derecho	4707	4815	106	1	A3	134	0.25	0.10
B	Cuneta	B1	B2	Tipo 1	Derecho	4815	4890	71	1.3	B1	30.8	0.08	0.27
C	Cuneta	C1	C2	Tipo 1	Derecho	4890	5006	116.5	2.2	C1	77.9	0.13	0.22
C	Cuneta	C2	C3	Tipo 1	Derecho	5006	5043	136.5	2.2	C2+C3+Desm1	161.80	0.22	0.13
C	Colector	C2	C3	Ø400	Derecho	5006	5043	136.5	2.2	C1+C2+C3+Desm1	270.2	0.24	0.16
D	Cuneta	D1	D2	Tipo 1	Derecho	5160	5260	102	1.9	D1	182.5	0.25	0.10
D	Cuneta	D2	D3	Tipo 2	Derecho	5260	5326	68	1.9	D1+D2	251.5	0.29	0.06
D	Cuneta	D3	D4	Tipo 1	Derecho	5326	5528	192	1.9	D3+Desm2	126.1	0.19	0.16
D	Cuneta	D4	D5	Tipo 2	Derecho	5528	5540	15	20	D3	74.2	0.07	0.28
D	Cuneta	D7	D6	Tipo 2	Izquierdo	5550	5605	77	0.5	D4	54.9	0.18	0.17
D	Cuneta	D8	D9	Tipo 3	Izquierdo	5605	5680	55	0.5	D4'	109.8	0.08	0.07
D	Colector	D9	D10	Ø400	Izquierdo	5605	5716	35	2	D4'	109.8	0.14	0.26
D	Colector	D10	D11	Ø400	Izquierdo	5716	5716	9	2	D4'	109.8	0.14	0.26
D	Colector	D11	D12	Ø400	Izquierdo	5716	5718	2	2	D4'	109.8	0.14	0.26
D	Cuneta	D12	D13	Tipo 2	Izquierdo	5720	5740	20	1.3	D4'	109.8	0.21	0.14
D	Cuneta	D14	D15	Tipo 1	Derecho	5810	5931	121	1.5	D5	136.1	0.22	0.13
D	Cuneta	D15	D16	Tipo 1	Derecho	5931	5989	56	0.9	D5+D5'	136.1	0.27	0.08
D	Colector	D15	D16	Ø400	Derecho	5931	5989	56	0.9	D5+D5'	160.4	0.23	0.171
D	Cuneta	D16	D17	Tipo 2	Derecho	5989	6016	23	2	D5+D5'	160.4	0.23	0.12
D	Cuneta	D18	D19	Tipo 1	Derecho	6115	6260	145	1.8	D6	199.1	0.27	0.08

---

**APÉNDICE 1 – PLANO DE CUENCAS**

---





---

**APÉNDICE 2– ESTUDIO HIDRÁULICO**

---





**ZUGASTIETAN TRENBIDEA BIKOIZTEKO ERAIKUNTZA-  
PROIEKTUA  
(ZORNOTZA-BERMEO LINEA)**

**PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DESDOBLAMIENTO DE VÍA EN  
ZUGASTIETA  
(LÍNEA AMOREBIETA – BERMEO)**

**INFORME - ESTUDIO HIDRÁULICO DEL RÍO OKA EN LA ZONA AFECTADA  
POR LAS OBRAS DEL DESDOBLAMIENTO EN PROYECTO**

## ÍNDICE

---

1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL INFORME	1
2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO HIDRÁULICO	1
3.- MODELIZACIÓN	3
3.1.- Tramo modelado	3
3.2.- Perfiles Transversales	3
3.3.- Zonas infectivas	3
3.4.- Obras de Fábrica – Método de cálculo	3
3.5.- Caudales a Modelizar	4
3.6.- Modelos generados	5
3.4.1.- Modelo 1.- Estado Actual	5
3.4.2.- Modelo 2.- Actuaciones proyectadas	13
4.- RESULTADOS	18
4.1.- Modelo 1 Estado Actual	18
4.2.- Modelo 2 Actuaciones Proyectadas	18
5.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES	19
6.- CONCLUSIÓN	20
ANEXOS	21
1.- PLANO DE PLANTA	22
2.- PLANO DE CUENCAS	23
3.- RESULTADOS DE LOS MODELOS	24
4.- PLANOS DE LAS OBRAS DE FÁBRICA PROPUESTAS	25

## **1.- ANTECEDENTES Y OBJETO DEL INFORME**

El presente Informe se engloba en el marco del PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DESDOBLAMIENTO DE VÍA EN ZUGASTIETA (LÍNEA AMOREBIETA – BERMEO) y su objeto es, realizar un análisis del funcionamiento hidráulico del río Oka en la zona afectada por el desdoblamiento de la línea ferroviaria, que va de la “Estación de Zugastieta”, al túnel de “Autzagane”. El estudio hidráulico se lleva a cabo en base al levantamiento in situ de los perfiles del terreno y de los alzados de las obras de fábrica existentes en el ámbito del estudio.

Este informe tiene como objetivo detectar los sectores en los que se generan inundaciones en el entorno, y determinar las causas de las mismas, así como dimensionar las nuevas obras de fábrica sobre el río Oka en los tres puntos de cruce de la línea ferroviaria sobre dicho cauce.

## **2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO HIDRÁULICO**

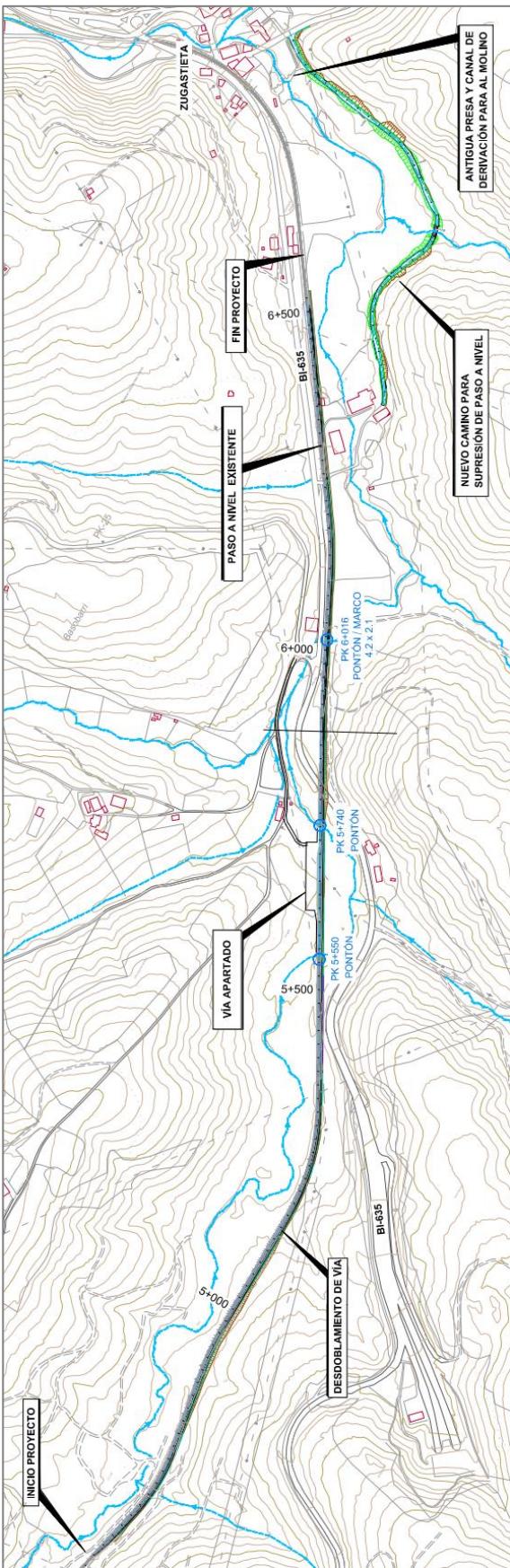
El ámbito del Proyecto de desdoblamiento se inicia en la boca de salida del túnel de Autzagane (PK 4+449) y finaliza en la estación de Zugastieta (PK 6+598). En este tramo, el ferrocarril discurre aproximadamente paralelo al cauce del río Oka produciéndose tres cruces en los que el ferrocarril discurre sobre el río.

Por otra parte, aunque no formen parte del alcance del proyecto, en el ámbito del mismo existen otra serie de infraestructuras que tienen afección sobre el comportamiento hidráulico del cauce y se deben tener en cuenta en el análisis. Así, en la vaguada generada por el río también se ubica la carretera BI-635 que a partir de la mitad del tramo de proyecto discurre paralela a la vía férrea, produciéndose un cruce de la carretera sobre el cauce a la altura del PK 28.1 de la carretera (PK 6+000 del ferrocarril) y un cruce de la BI-4251 de acceso al barrio de Gorozika. Adicionalmente, existen tres caminos rurales que discurren sobre el cauce mediante pequeñas obras de paso. La primera se sitúa en el barrio de Sitxes (a la altura del PK 6+000 del ferrocarril) y las otras dos en el barrio de Presoste en el entorno de la serrería (a la altura de los PPKK 6+260 y 6+320 de la vía).

El estudio hidráulico se lleva a cabo sobre el tramo de río Oka que se ve afectado por el desdoblamiento, de aguas abajo a aguas arriba, se inicia a la altura del PK 6+450 de la línea y finaliza a la altura del PK 5+450. Aguas arriba de este último punto las actuaciones que engloba el desdoblamiento no tienen afección sobre el cauce y su funcionamiento hidráulico.

En la imagen de la página siguiente se muestra el ámbito del estudio hidráulico en el que se indican además del propio desdoblamiento objeto del proyecto, las infraestructuras y obras de paso existentes y una tabla con las principales obras de paso y drenaje.

En el Anexo 1 se incluye un plano de mayor detalle en el que además de la información de la imagen se incluyen fotografías de las obras de paso principales.



PK	Tipo	B (m)	h (m)	cauce	Perfiles Est Hid
4+545	Tajea	0.6	0.6	menor	-
4+708	Tajea	2	0.8	arroyo afluente	-
4+889	Tubo	Ø400		menor	-
5+154	Tajea	2	0.7	arroyo afluente	-
5+550	Pontón	2.5	3.2	Oka	P18-P19
5+740	Pontón	4	2.1	Oka	P15-P16
6+016 / BI-635	Pontón/Marco	4.25	2.1	Oka	P9-P10
6+104	Tajea	0.55	0.9	menor	-
6+261	Tajea	2x 0.45	1	arroyo afluente	-
Camino Sitxes	Marco	2	1.5	Oka	P8
Camino Presostie	Marco	5	2.2	Oka	P4-P5
Serreria	Marco	3.25	2.5	Oka	P2-P3
Cruce BI-4251	Puente	3	3	Oka	P11-P12

### **3.- MODELIZACIÓN**

El estudio hidráulico incluye la generación de un modelo (Modelo HEC-RAS Unidimensional) del cauce del río Oka.

#### **3.1.- Tramo modelado**

El modelo hidráulico del cauce principal se ha iniciado a 614 metros “aguas abajo” de la primera Obra de paso de la línea férrea actual sobre el cauce del río Oka. (Perfil 1), y finalizará a 132 metros “aguas arriba” de la última Obra de paso (Perfil 18), con una longitud total de cauce modelizado de 1.309 metros.

En el modelo hidráulico se han incluido además de las tres Obras de paso de la línea férrea sobre el cauce río Oka, las dos estructuras para el paso de los caminos rurales existentes y carreteras BI-4251 (Perfiles 2-3, 4-5, 8A-8B y 11-12). (Ver Plano de Planta en el Anexo 1). El cruce de la BI-635 forma parte de la misma Obra de paso que el cruce de la vía a la altura del PK 6+016 (Perfiles 9-10).

#### **3.2.- Perfiles Transversales**

Los perfiles transversales del modelo se han generado a partir del levantamiento taquimétrico llevado a cabo “in situ”, tanto de los perfiles del terreno, como del alzado de las obras de paso existentes.

Los perfiles transversales generados a partir del levantamiento taquimétrico del entorno del cauce se han ampliado a partir del taquimétrico de partida para abarcar toda la zona inundada.

Los coeficientes de escorrentía del cauce se han obtenido partiendo de la metodología empleada en el Modelo Hidráulico del río Oka existente que se inicia 500 m aguas abajo del barrio de Zugastieta y que ha sido facilitado por URA, en el que se tiene en cuenta: el material del cauce, la irregularidad, la vegetación, las obstrucciones, los meandros..., si bien, dada la vegetación existente en el cauce del ámbito del estudio, se ha incrementado los valores obtenidos en ese tramo, resultando un valor medio de 0.060, para los tramos a cielo abierto, y 0.025/0.035 para las obras de paso.

#### **3.3.- Zonas infectivas**

Se han generados “zonas inefectivas” en los siguientes casos:

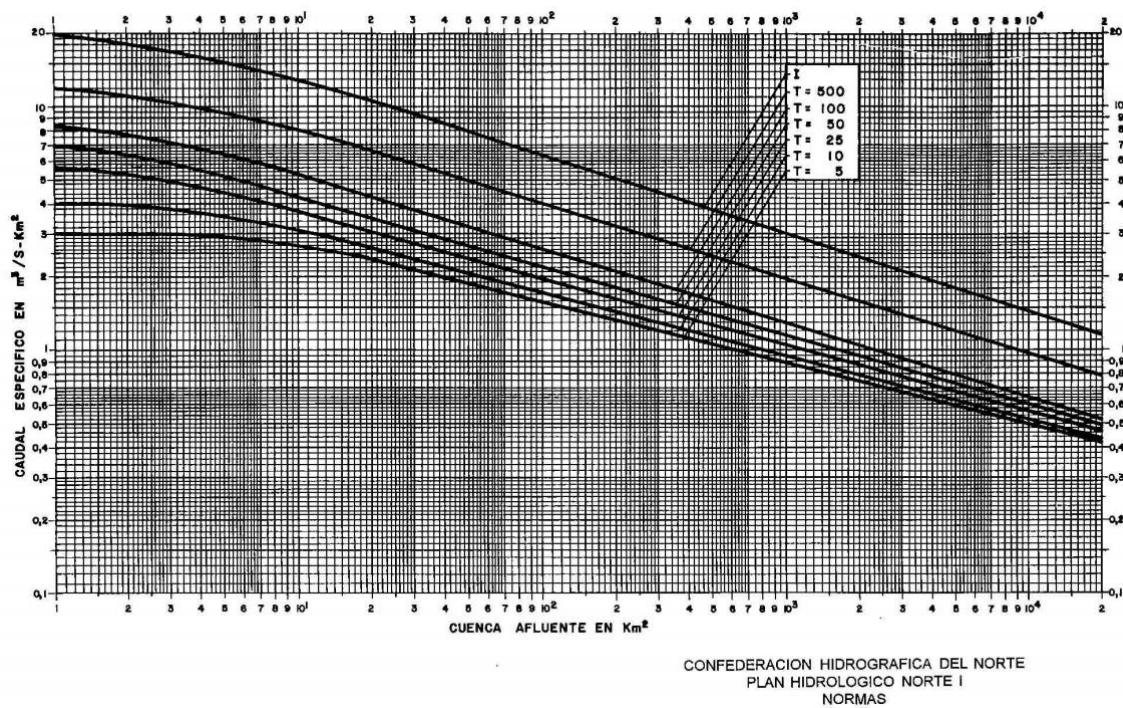
- La edificación ubicada en la margen izquierda del Perfil 2 que genera un “Efecto barrera” en la llanura de inundación.
- Los sectores laterales ubicados fuera del cauce central anexos a las obras de fábrica, qué en avenidas de elevados períodos de retorno, no aportan flujo al flujo del sector central.

#### **3.4.- Obras de Fábrica – Método de cálculo**

En la modelización de las obras de fábrica se ha empleado el método energético únicamente en los “planes” en los que la obra de fábrica ni entra en encarga, ni es desbordada.

### 3.5.- Caudales a Modelizar

Los caudales a modelizar, correspondientes a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años, se han obtenido del “Abaco de caudales específicos” función del periodo de retorno y de la superficie drenada confeccionado por CHNE.



En la tabla adjunta, en base a los sectores definidos, y las superficies de las cuencas drenadas correspondientes (Ver Anexo 2), entrando en el “Ábaco” citado, se obtienen los caudales de cálculo a “procesar” en el modelo.

Sector	Tramo	Cuenca	S (km $^2$ )	PR - 10		PR - 100		PR - 500	
				q	Q	q	Q	q	Q
Inicio - G	P1-P4	1 a 7	7.80	3.2	24.96	5.8	45.24	8.5	66.3
G - F	P4-P6	1 a 6	7.30	3.3	24.09	5.8	42.34	8.7	63.51
F - E	P7-P8B	1 a 5	6.25	3.4	21.25	6.3	39.38	9	56.25
E - D	P9A-P11	1 a 4	4.99	3.6	17.96	6.5	32.44	9.4	46.91
D - C	P12-P16-1	1 a 3	4.35	3.6	15.66	6.6	28.71	9.7	42.20
C - B	P17-P20	1 a 2	3.71	3.8	14.10	6.8	25.23	10.0	37.10

### 3.6.- Modelos generados

Se han generado dos modelos, un modelo que refleja la situación actual que se ha denominado “Modelo 1- Estado Actual” y un modelo del estado futuro que representa la situación del cauce tras la ejecución de las “actuaciones de mejora hidráulica propuestas”, denominado “Modelo 2-Propuesta de actuación”.

Es importante señalar que las actuaciones de mejora hidráulica consideradas en el segundo modelo incluyen únicamente a las actuaciones asociadas solo al desdoblamiento de la vía férrea. No se ha actuado sobre obras de fábrica que afectan a otras infraestructuras y que exceden del ámbito y alcance del proyecto de desdoblamiento ferroviario.

En cada uno de los modelos generados, se han definido “ficheros del cauce” diferenciados para cada una de las avenidas de cálculo establecidas (Periodos de retorno de 10, 100 y 500 años), modificando fundamentalmente el “módulo de cálculo hidráulico” en las obras de fábrica en función de la entrada en carga o no de la misma.

#### 3.4.1.- Modelo 1.- Estado Actual

En este modelo es destacable el sector comprendido entre los Perfiles 10 y 15. En este tramo el cauce del río Oka, de aguas arriba a aguas abajo, tras pasar bajo la carretera foral de acceso a Gorozika (BI-4251), y discurrir casi en paralelo a la carretera foral BI-635 en una longitud de 30 metros, gira 90 grados y cruza bajo esta carretera y la plataforma ferroviaria a través de una obra de fábrica de 18 metros de longitud, (compuesta por un pontón y un marco de construcción más reciente) generándose en la zona del giro de 90 grados, un “pozo” en el fondo del cauce, tal y como se aprecia en el perfil longitudinal del modelo.

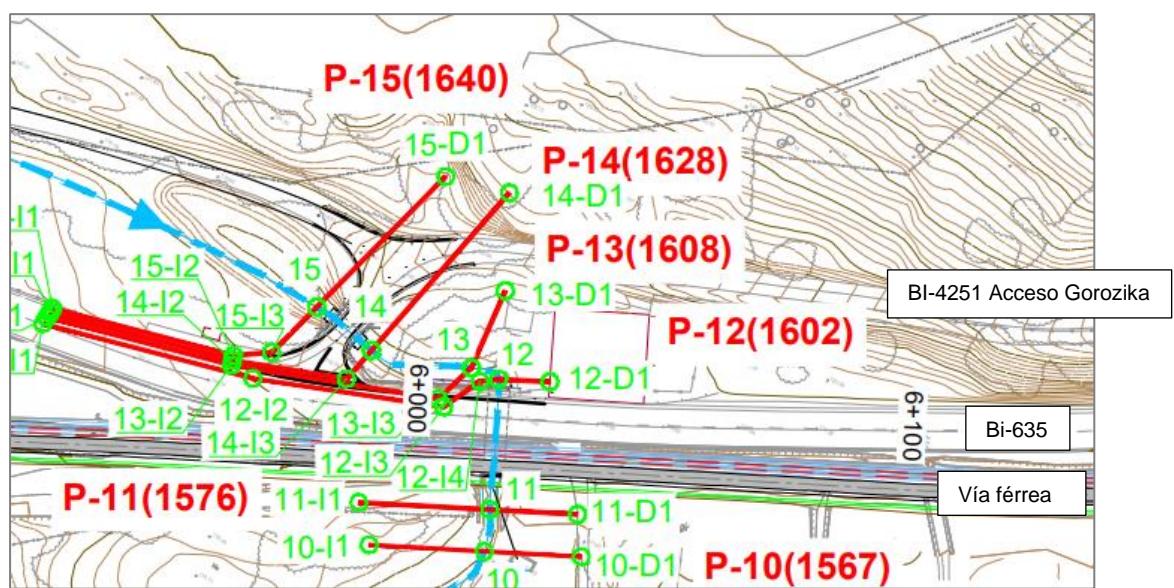
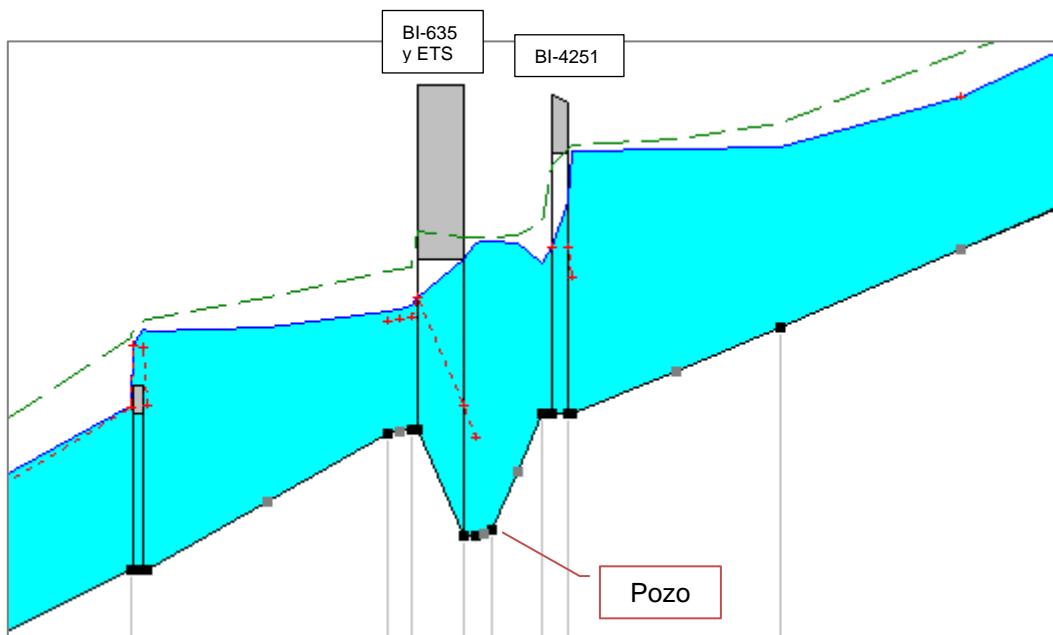


Imagen en planta del Sector P10 -P15



Fotografía de la obra de paso del cruce bajo el ferrocarril y la carretera BI-635



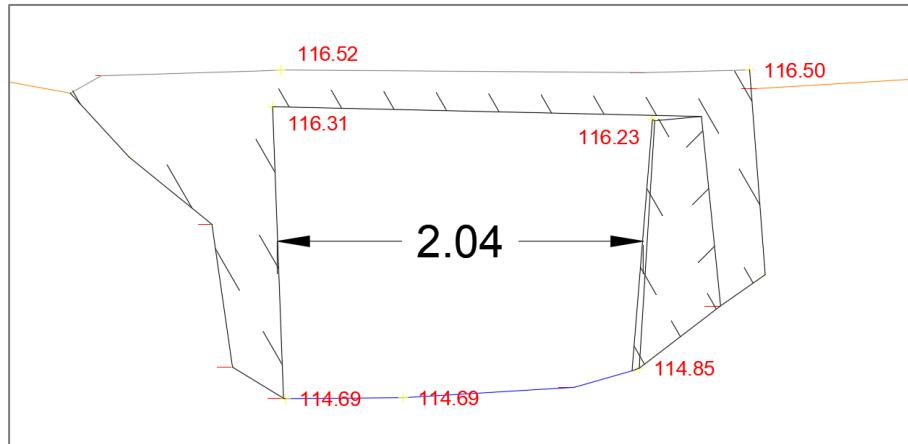
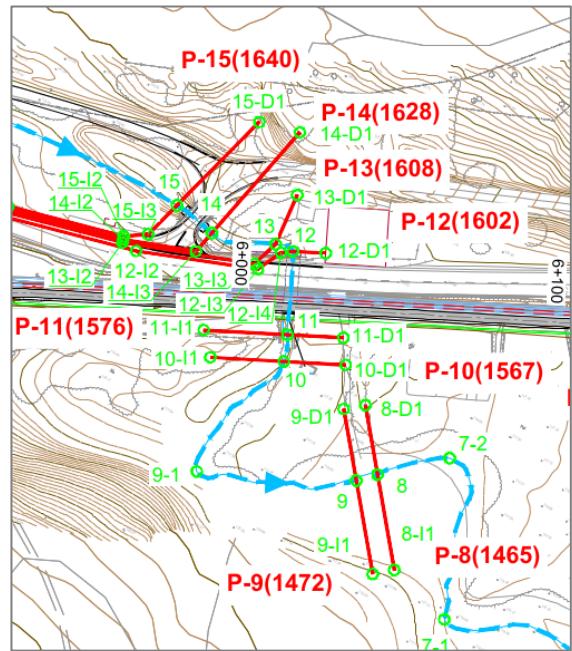
Detalle del perfil longitudinal del estado actual Sector P8-P15 para la Q-10

## Análisis de los Resultados

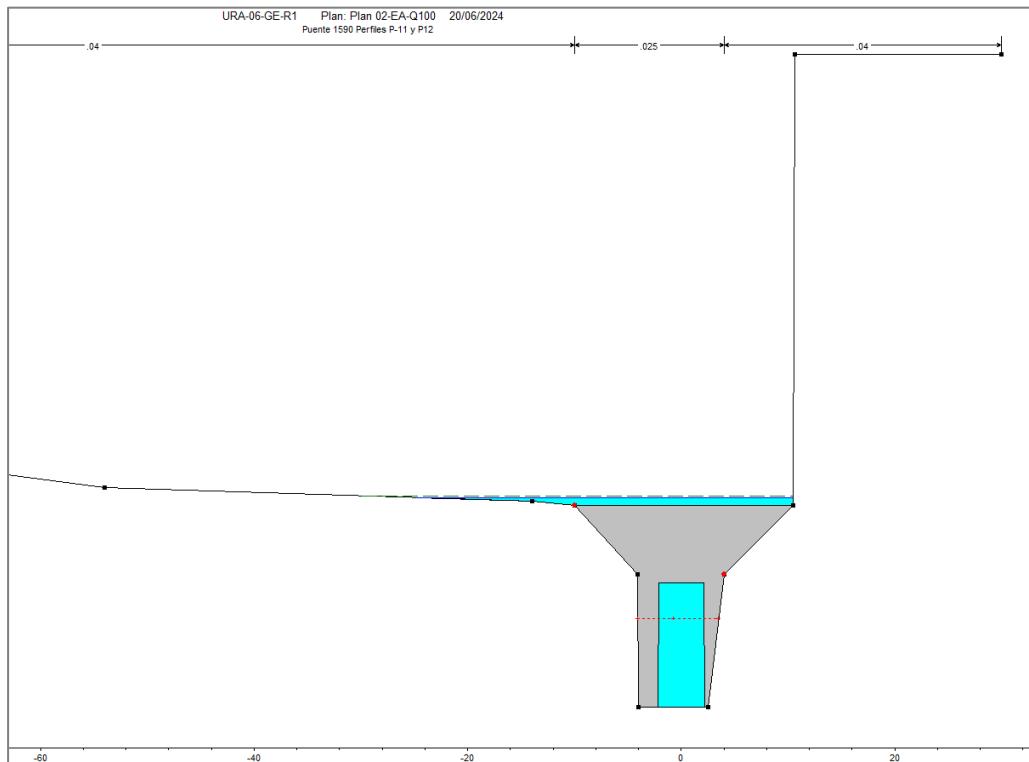
### Sector entre los perfiles P-8 y P-15

De los resultados obtenidos en el modelo del estado actual, en relación al análisis de los pasos bajo la plataforma ferroviaria a desdoblar, como ya se ha mencionado en el apartado anterior, destaca el sector comprendido entre los perfiles 8-9 (Puente asociado al Paso a Nivel de Presorte), y el paso bajo la plataforma ferroviaria y la calzada de la BI-635 (Perfiles 11 a 12).

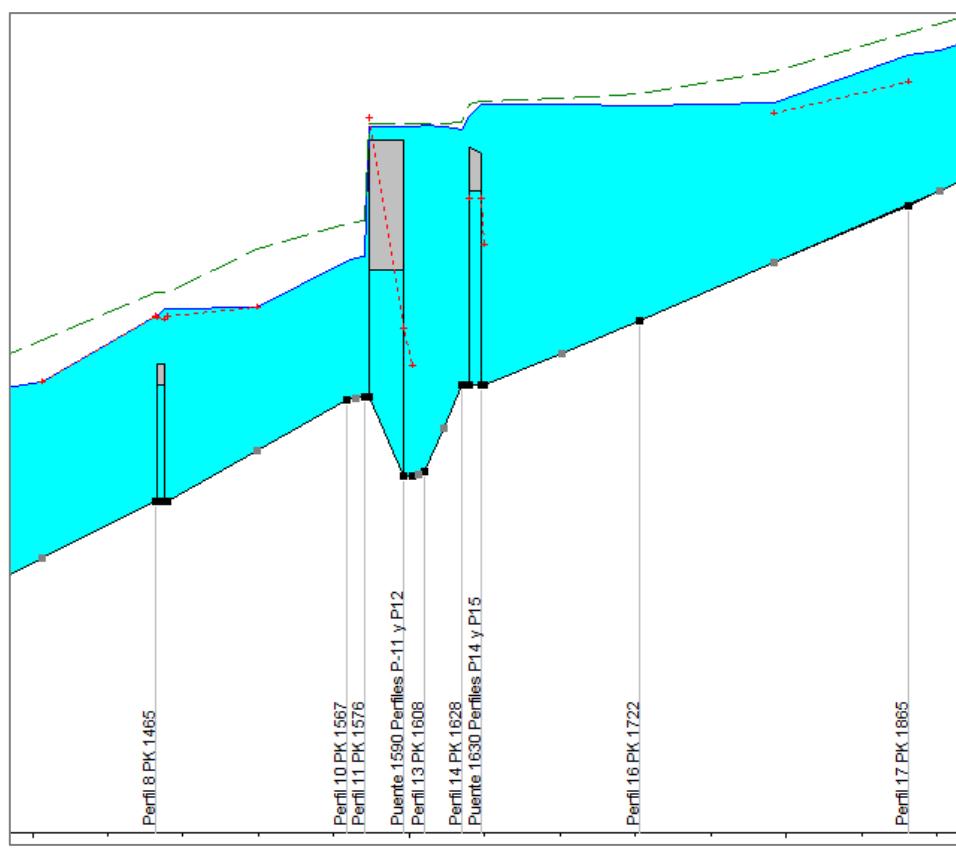
En este sector, la anchura de 2.0 metros de la obra de fábrica sobre el cauce del río Oka del camino procedente del paso a nivel de Sitxes (P-8), genera unas sobreelevaciones notables en las cotas de inundación de los caudales en estudio, de forma que, ya en la inundación de 100 años de periodo de retorno, la inundación hace que la obra de fábrica de la plataforma ferroviaria (Perfil 11 y Perfil 12), así como la ubicada bajo la carretera BI-4251, entren en carga, y la plataforma ferroviaria haga de vertedero.



Dimensiones del Alzado del puente del camino de Sitxes sobre el cauce del río Oka  
Perfiles 8 y 9

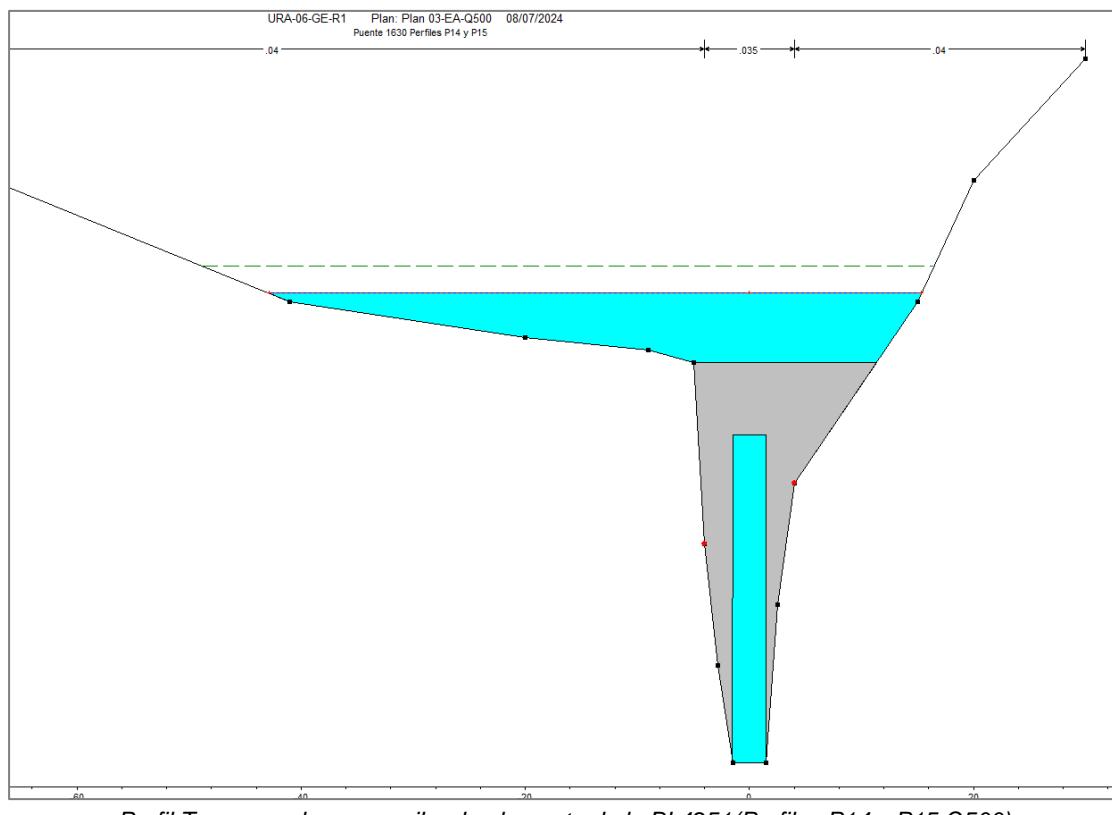


*Sección en Puente P-11-12 Q-100*



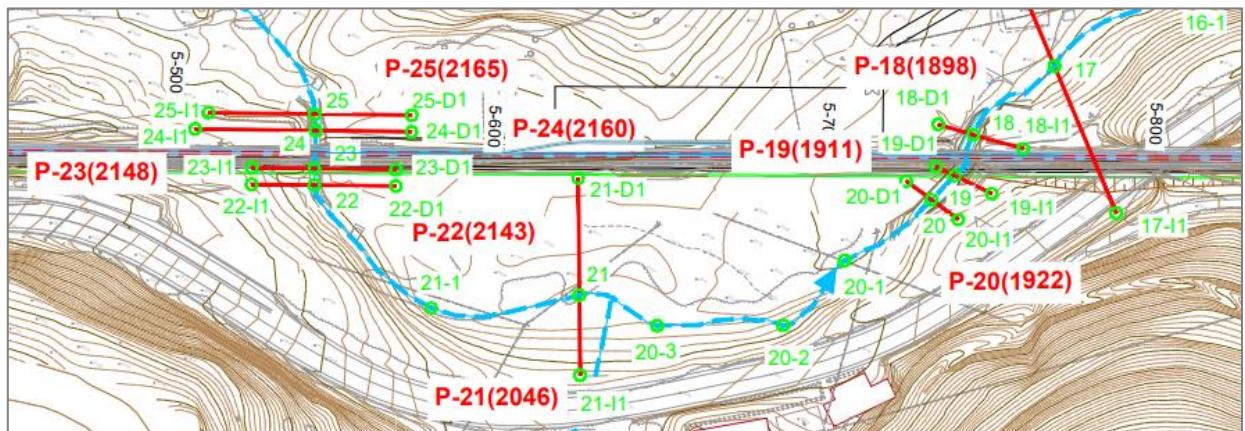
*Alzado entre el Perfil 8 y el 15 Q-100*

La entrada en carga de estas dos obras de fábrica hace que el río Oka desagüe sobre la carretera foral y la plataforma, ferroviaria como si fuera el vertedero de una presa, obligando a ampliar la longitud de los perfiles del sector para abarcar toda su longitud.



### **Obras de Fábrica de los Perfiles P-18/19 y P23/24**

Estos dos sectores, asociados a los pontones existentes en los PK 5+740 y PK 5+550, funcionan de forma similar.



Vista en planta del sector P18 a P24

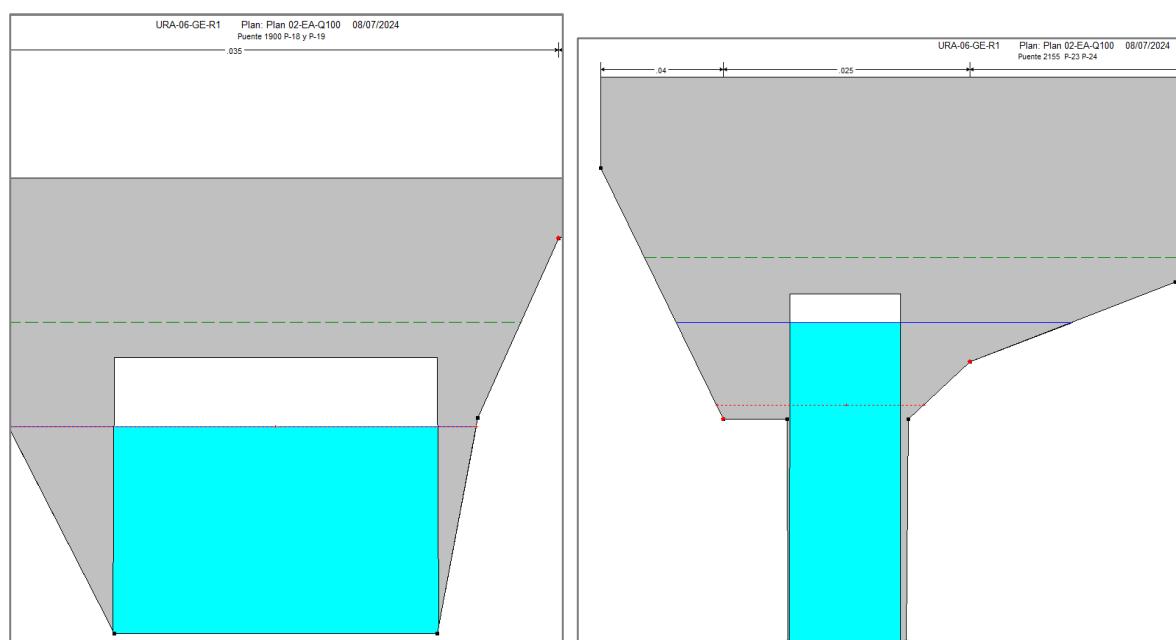
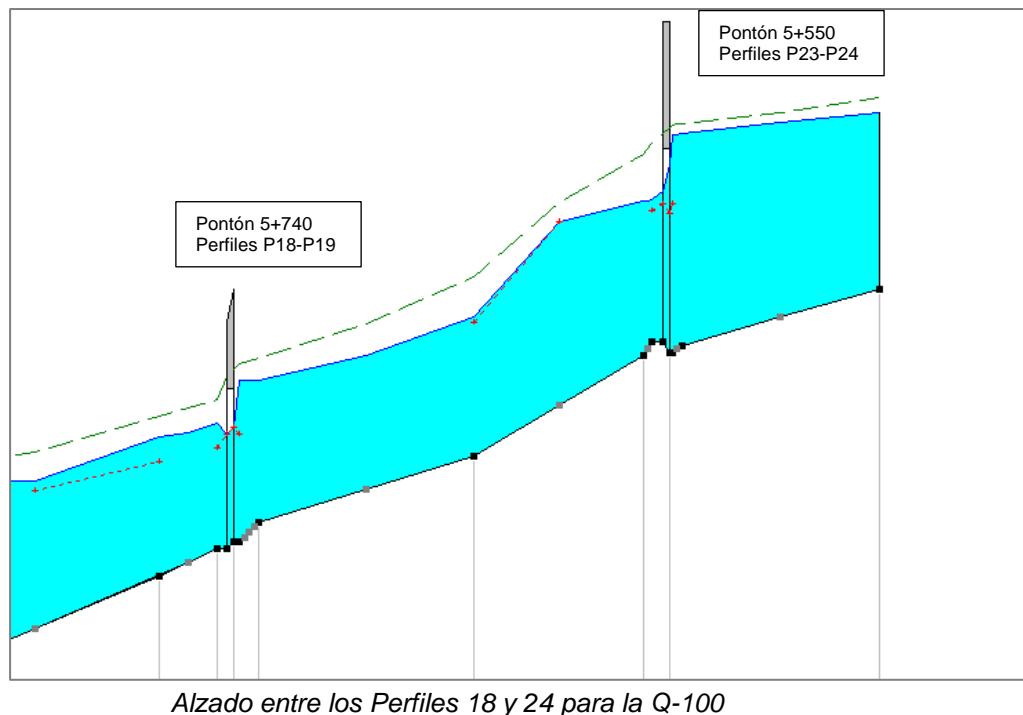


Pontón PK 5+550 (P23 y P24)

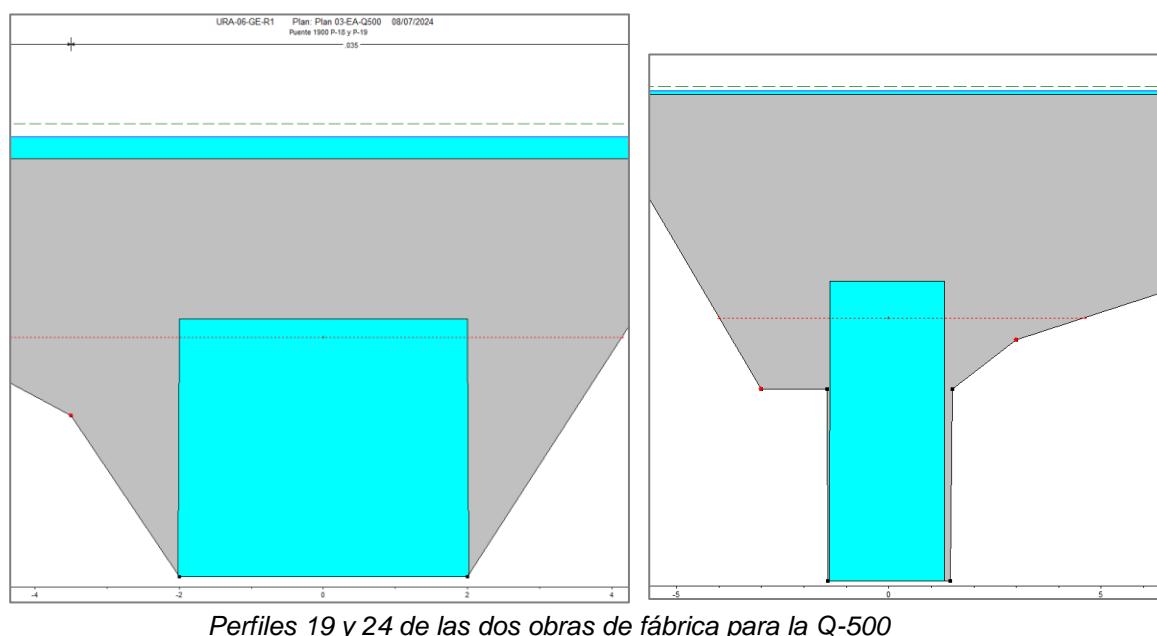
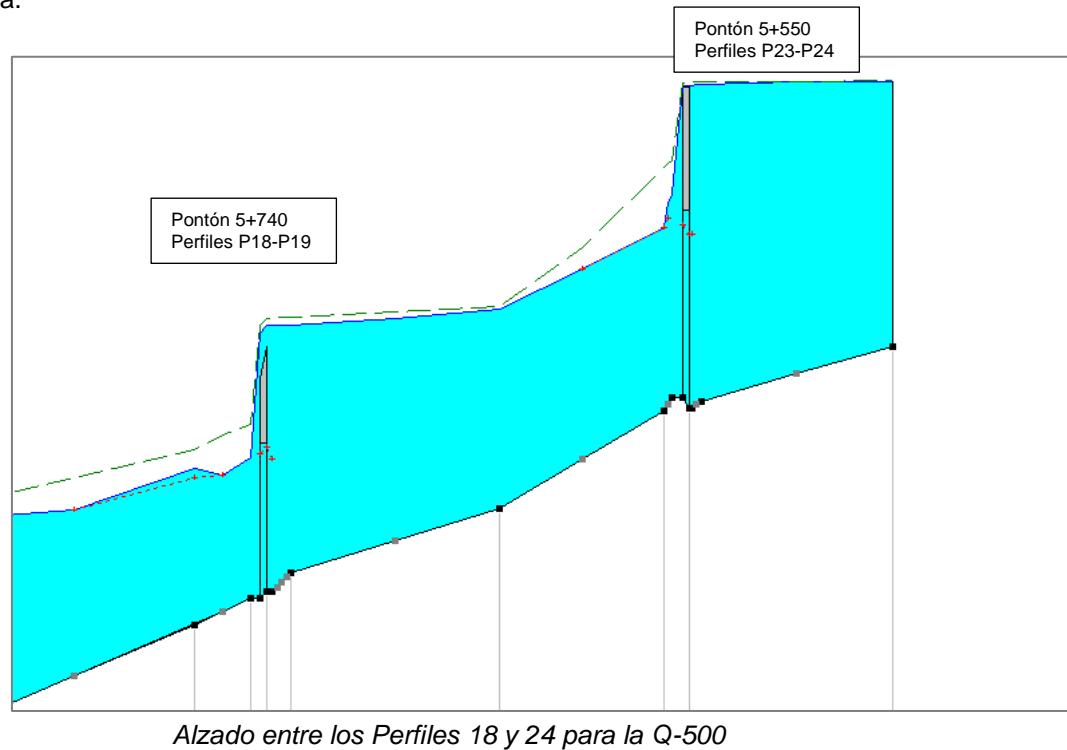


Pontón PK 5+740 (P18 y P19)

Para la inundación de 100 años de periodo de retorno, "aguas abajo" de la cobertura se genera una sección crítica sin entrada en carga de la sección, no llegando a entrar en carga aguas arriba, tal y como se aprecia en el alzado del sector, y en la sección de los perfiles 19 y 24



Para la inundación de 500 años de periodo de retorno, la sección no tiene capacidad suficiente, entrando en carga y generándose un vertido sobre la plataforma ferroviaria para las dos obras de fábrica.



### 3.4.2.- Modelo 2.- Actuaciones proyectadas

En el segundo modelo se incorporan las siguientes modificaciones:

- Las actuaciones proyectadas con objeto de solucionar los problemas de capacidad hidráulica que presenta la situación actual en las 2 obras de fábrica competencia exclusiva de ETS. (Pontones de los PKs 5+550 y 5+740)
- La prolongación en 2.50 m, manteniendo la sección actual, de la obra de fábrica que pasa bajo la plataforma ferroviaria, y bajo la carretera BI-635.

Para la generación de este modelo en los casos de cambio de sección, se han tenido en cuenta aspectos característicos de cada obra de fábrica a ampliar, teniendo como objetivo conseguir que se cumpla el requisito indicado en el apartado 1 del “Artículo 47” del Real Decreto 35/2023 relativo a la revisión de los planes hidrológicos, y en particular a los resguardos de los nuevos puentes, que dice:

*“El resguardo desde el nivel de aguas a la cara inferior del tablero será, si es posible, de un metro o mayor para la avenida de 500 años de periodo de retorno o, como mínimo, en el punto más desfavorable a efectos de gálibo de desagüe, igual al 2.5 % de la luz de este”.*

A continuación, se describen las actuaciones proyectadas en las obras de fábrica, en las que la plataforma ferroviaria cruza sobre el cauce del río Oka.

Las actuaciones parten de los análisis del estado actual realizados en el apartado anterior.

#### Sector entre los perfiles P-11 y P-12 (Obra de paso PK 6+016)

En este sector se proyecta ampliar la obra de fábrica actual de paso bajo la plataforma de ETS y la BI-635 una longitud de 2.50 metros, longitud necesaria para ubicar el desdoblamiento de la línea ferroviaria en proyecto.

Tal y como se aprecia en la tabla adjunta, la ampliación de la longitud se esta obra de fábrica no modifica la afección al flujo del río Oka, para las avenidas estudiadas, entrando en carga y desbordando por encima de la carretera y la plataforma ferroviaria para las Q100 y Q500.

Perfil	PK	WS - Periodo de Retorno - 10			WS - Periodo de Retorno - 100			WS - Periodo de Retorno - 500		
		Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia
11	1576	117.31	117.31	0	117.98	117.98	0	118.47	118.46	-0.01
12	1602	117.98	117.98	0	119.78	119.78	0	120.08	120.08	0

*Comparativa para los distintos periodos de retorno entre el Estado Actual y el Estado Proyectado en el entorno de la Obra de Fábrica PK 6+016 Perfiles 11 y 12 <sup>1</sup>*

Modelo 1: Estado Actual

Modelo 2: Actuaciones Proyectadas

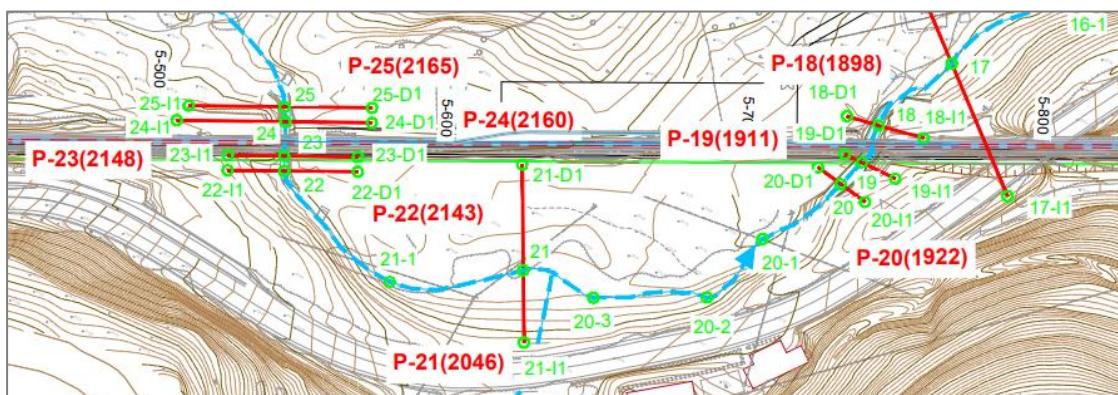
<sup>1</sup> Los PPKK de la tabla son del cauce modelizado

### **Obras fábrica entre los perfiles P18/19 y P23/24 (PK 5+740 y PK 5+550)**

El paso del río Oka bajo estas dos obras de fábrica funciona en la actualidad de forma similar para la avenida Q500, entrando en carga aguas arriba, y desbordando por encima de la plataforma ferroviaria.

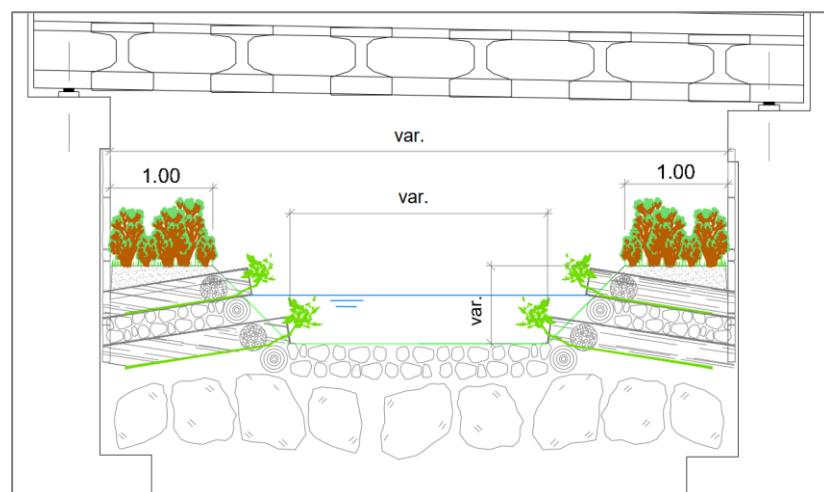
En la actualidad la obra del P18/19 (PK5+740) con 3.9 m de anchura, es más ancha que la del P23/P24 (PK 5+550) que tiene 2.5 m de ancho, pero al ser esta última más alta ( $h=3.20m$  frente a  $h=2.40m$  de la primera) el comportamiento de ambas es similar.

En base a los resultados del modelo, para cumplir con las exigencias del Plan hidrológico es necesario ampliar la sección actual de ambas estructuras en aproximadamente 2 m, a una anchura<sup>1</sup> de 6.0 metros para la obra de fábrica P18/19 (OF PK5+740) y a 5.0 metros para la obra de fábrica P23/24 (PK5+550) considerando unas alturas similares a las actuales.



Vista en planta del sector P18 a P24

Para llevar a cabo el análisis hidráulico de la situación futura se han tenido en cuenta también aspectos ambientales (descritos en el apartado 5 del presente informe) implantando un cauce de aguas bajas naturalizado entre los estribos de las estructuras propuestas, de anchuras y calados variables (base=2.5 m; calado= 0.75 m para la P18/19 y base =1.0m; calado = 1.0 m para la P23/24).



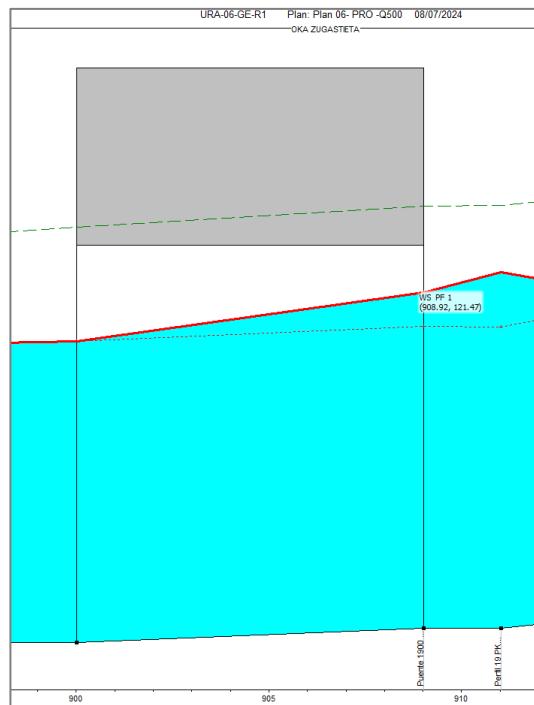
Sección de aguas bajas naturalizada entre estribos considerada en el análisis hidráulico

<sup>1</sup> Anchuras perpendiculares al flujo

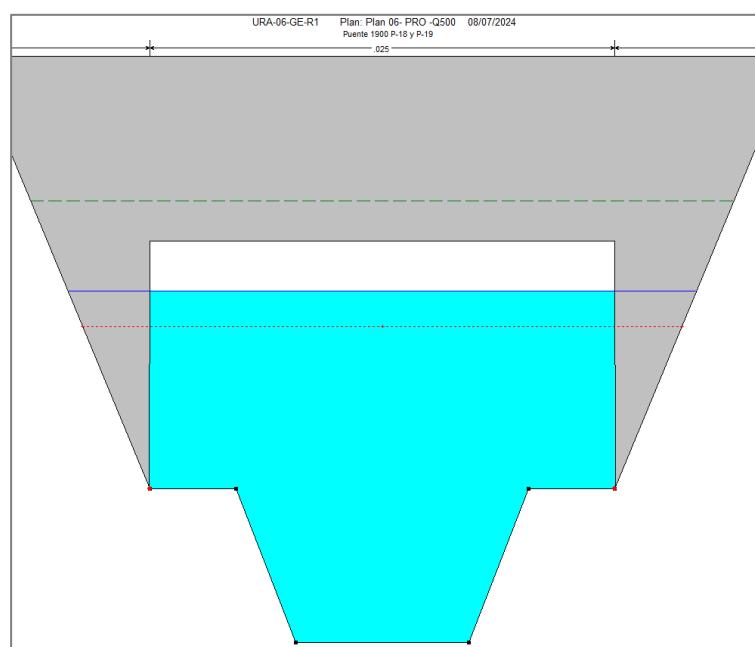
Con las nuevas dimensiones planteadas para estas secciones, el funcionamiento hidráulico de la situación futura es el descrito a continuación:

### **Obra de fábrica P18/P19 PK 5+740**

Aguas arriba de la obra de fábrica entre los Perfiles 18/19, la cota de inundación para la Q500 es 121.47 m, con un resguardo de 34 centímetros, superior al mínimo exigido (Resguardo mínimo 0.025 x B (6.0 m) = 0.15 m)



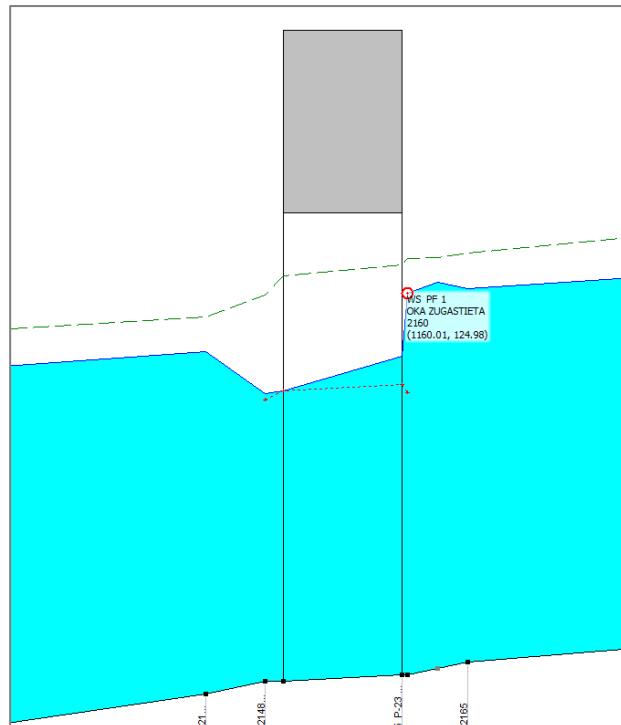
*Perfil longitudinal Obra de fábrica PK 5+740*



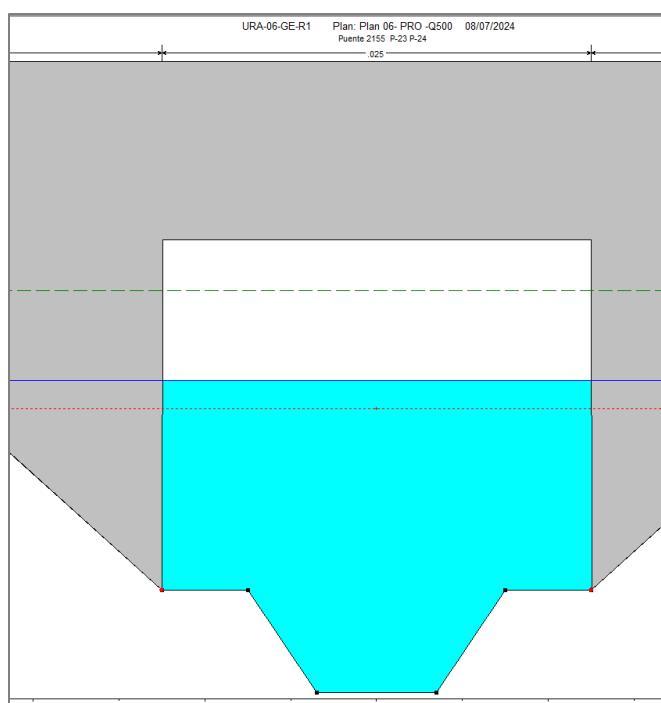
*Sección de la obra aguas arriba P19*

### **Obra de fábrica P23/P24 PK 5+550**

Aguas arriba de esta obra de fábrica entre los Perfiles 23/24, la cota de inundación es la 124.98, con un resguardo de 42 centímetros, superior al mínimo exigido (Resguardo mínimo 0.025 x B (5.0 m) = 0.13 m).



*Perfil longitudinal Obra de fábrica PK 5+550*



*Sección de la obra aguas arriba P24*

Complementariamente a la verificación de los resguardos obtenidos, se adjuntan a continuación las tablas de las cotas de avenida aguas arriba de las obras de fábrica, con el fin de verificar que con las actuaciones planteadas no se generan “sobreelevaciones” de las mismas, y por lo tanto las actuaciones propuestas consistentes en la ejecución de unas nuevas obras de paso, suponen una mejora hidráulica sobre la inundabilidad de este tramo del río Oka.

OBRA DE FÁBRICA P18/P19 - PK 5+740										
Perfil	PK	WS - Periodo de Retorno - 10			WS - Periodo de Retorno - 100			WS - Periodo de Retorno - 500		
		Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia
18	1898	120,54	120,44	-0,10	120,99	120,86	-0,13	121,29	121,13	-0,16
19	1911	120,78	120,63	-0,15	121,63	121,18	-0,45	123,32	121,61	-1,71

OBRA DE FÁBRICA P23/P24 - PK 5+550										
Perfil	PK	WS - Periodo de Retorno - 10			WS - Periodo de Retorno - 100			WS - Periodo de Retorno - 500		
		Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia	Modelo 1	Modelo 2	Diferencia
23	2148	124,15	123,91	-0,24	124,34	124,23	-0,11	125,36	124,21	-1,15
24	2160	124,43	123,97	-0,46	125,32	124,44	-0,88	127,04	124,98	-2,06

*Comparativa para los distintos períodos de retorno entre el Estado Actual y el Estado Proyectado en el entorno de las Obra de Fábrica PK 5+550 (Perfiles P23/P24) y PK 5+740 (Perfiles P18/P19)* <sup>1</sup>

Modelo 1: Estado Actual

Modelo 2: Actuaciones Proyectadas

---

<sup>1</sup> Los PPKK de la tabla son del cauce modelizado

## 4.- RESULTADOS

### 4.1.- Modelo 1 Estado Actual

En el Anexo 3 se adjuntan los resultados obtenidos del “Modelo 1.-Estado Actual”, destacando de los mismos los siguientes aspectos:

- Las tres obras de paso o bien entran encarga o se desbordan.
- Las obras de paso de los caminos vecinales y carretera local se desbordan para periodos de retorno reducidos

### 4.2.- Modelo 2 Actuaciones Proyectadas

En el Anexo 3 se adjuntan los resultados obtenidos del “Modelo 2”, comprobándose que en las “Obras de Fábrica que se sustituyen” (P18/P19 y P23/P24), se cumple con el resguardo exigido

La obra de paso asociada al cruce bajo la plataforma ferroviaria y las carreteras BI-635 y BI-4251, se siguen desbordando para un periodo de retorno de 100 y 500 años, manteniendo las cotas de avenida a pesar de la ampliación de su longitud.

En la tabla siguiente se resumen los resultados del análisis y propuesta de dimensiones e implantación en el marco del Proyecto de desdoblamiento ferroviario.

OBRA DE PASO	PK FFCC	PERFILES ESTUDIO HIDRÁULICO	SECCIÓN ACTUAL (m)	SECCIÓN (m)	RESGUARDO (m)	% de la luz	NOTAS
CAMINO SITXES	-	P9 – P10	2	-	-	-	Fuera del ámbito de proyecto
FFCC	6+016	P11	4.25	-	-	-	Actuación por sí sola no efectiva
CTRA. BI-632	-	P12	4.25	-	-	-	Fuera del ámbito de proyecto
CTRA. BI-4251 Gorozika		P-14 - P15	3	-	-	-	Fuera del ámbito de proyecto
FFCC	5+740	P18- P19	3.9	6	0.34	5.66%	Propuesta de implantación
FFCC	5+550	P23 -P24	2.5	5	0.42	8.40%	Propuesta de implantación

## 5.- CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Dado que las obras de paso se ubican en el Área de interés para el visón europeo (Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia 118/2006, de 19 de junio) a la hora de diseñar las nuevas obras de paso, además de consideraciones de carácter hidráulico se han tenido en cuenta consideraciones de carácter medio ambiental y será así mismo necesario desarrollar medidas encaminadas al mantenimiento de las condiciones necesarias del hábitat y de la especie.

En este sentido en la actualidad la función de corredor del río Oka en el área de estudio se ve limitada en algunos de los pasos, especialmente cuando el caudal del río es alto, ya que en ningún paso existe un paso seco, lo que conlleva que los animales tengan que utilizar bien la ribera para moverse o bien atravesar la carretera o vía del tren para moverse por el río.

La situación proyectada compatibiliza las necesidades asociadas al drenaje con la mínima afección a los arroyos, diseñando las obras de drenaje de tal manera que exista una continuidad con el arroyo modificado e integrando las bocas de entrada y salida, evitando las aletas laterales y lechos de hormigón y propiciando encachados de piedra y áreas revegetadas en los laterales. Por otra parte, se considera una banqueta lateral que permanezca seca durante los periodos no asociados a la máxima avenida y las pendientes de ambos márgenes serán suaves y con continuidad al terreno natural. En la definición de detalle se seguirán las prescripciones técnicas del MARM “Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transportes”.

Tal y como se ha descrito en los apartados precedentes, las luces propuestas para las obras de paso consideran entre estribos o paredes laterales unas secciones que garantizan el mantenimiento de un corredor verde continuo a lo largo de las márgenes del río y disponen de “banquetas secas vegetalizadas” laterales. Así entre los estribos de las nuevas estructuras de paso se propone la implantación de una sección mixta tipo Krainer, que combina técnicas duras y blandas, alternando material vivo con material inerte en el Anexo 4 se adjuntan los Planos generales de las obras de fábrica que se propone incluir en el proyecto de desdoblamiento ferroviario.



Sección tipo Krainer

## 6.- CONCLUSIÓN

En base al presente estudio hidráulico, se puede concluir que las obras de paso asociadas al ferrocarril entran en carga o se desbordan en la situación actual y, por lo tanto, en la situación futura deberán aumentar su capacidad hidráulica de manera que la situación futura ofrezca una mejores características y funcionamiento hidráulico. No obstante, el adecuado funcionamiento hidráulico del río Oka, en algunos sectores del ámbito de actuación, además de depender de las obras de paso asociadas al ferrocarril, depende de otras obras de paso vinculadas a carreteras o caminos vecinales, y en tanto no se actúe sobre las mismas no se logrará el funcionamiento hidráulico deseable en el ámbito analizado.

En las obras de paso de los PPKK, 5+740 y 5+550, se propone sustituir las obras existentes por unas nuevas en las que además de aumentar la sección transversal ferroviaria para permitir el desdoblamiento, se amplie la sección hidráulica, alcanzando los 6 m y 5 m de luz respectivamente. En el presente estudio se comprueba que las dimensiones propuestas para estas obras de paso, por un lado, garantiza los resguardos mínimos exigidos por la legislación para el periodo de retorno de 500 años y por otro suponen una mejora en la inundabilidad del tramo del río Oka en el que se ubican.

Adicionalmente, pero ya considerado en el análisis hidráulico, se propone implantar un cauce naturalizado de aguas bajas entre los estribos de las nuevas obras, de forma que se cumpla con los requerimientos asociadas a la ubicación del proyecto en el área de interés del visón europeo, permitiendo la permeabilidad de movimientos entre márgenes de la infraestructura ferroviaria, y, en definitiva, la mejora del hábitat y de la especie.

En lo que se refiere a la obra de fabrica del ferrocarril en el PK 6+016, se comprueba que la efectividad en la mejora hidráulica del río Oka de cualquier actuación que se proponga, depende de que se lleve a cabo de manera conjunta con la ampliación de sección de la obra de paso de la carretera BI-635 y de la obra de paso del camino vecinal de Sitxes, ambas fuera del alcance del presente proyecto de desdoblamiento. Por lo que, en tanto no se actúe sobre estas infraestructuras, no tiene sentido actuar sobre la obra de paso del ferrocarril. Así, en esta obra de paso, se propone únicamente llevar a cabo su prolongación manteniendo la sección hidráulica actual para posibilitar la implantación de la vía desdoblada, comprobándose, en el presente estudio hidráulico, que esta actuación no genera un empeoramiento en la inundabilidad del tramo del río afectado respecto de la situación actual.

## **ANEXOS**

Anexo 1.- Plano de Planta

Anexo 2.- Cuencas drenadas

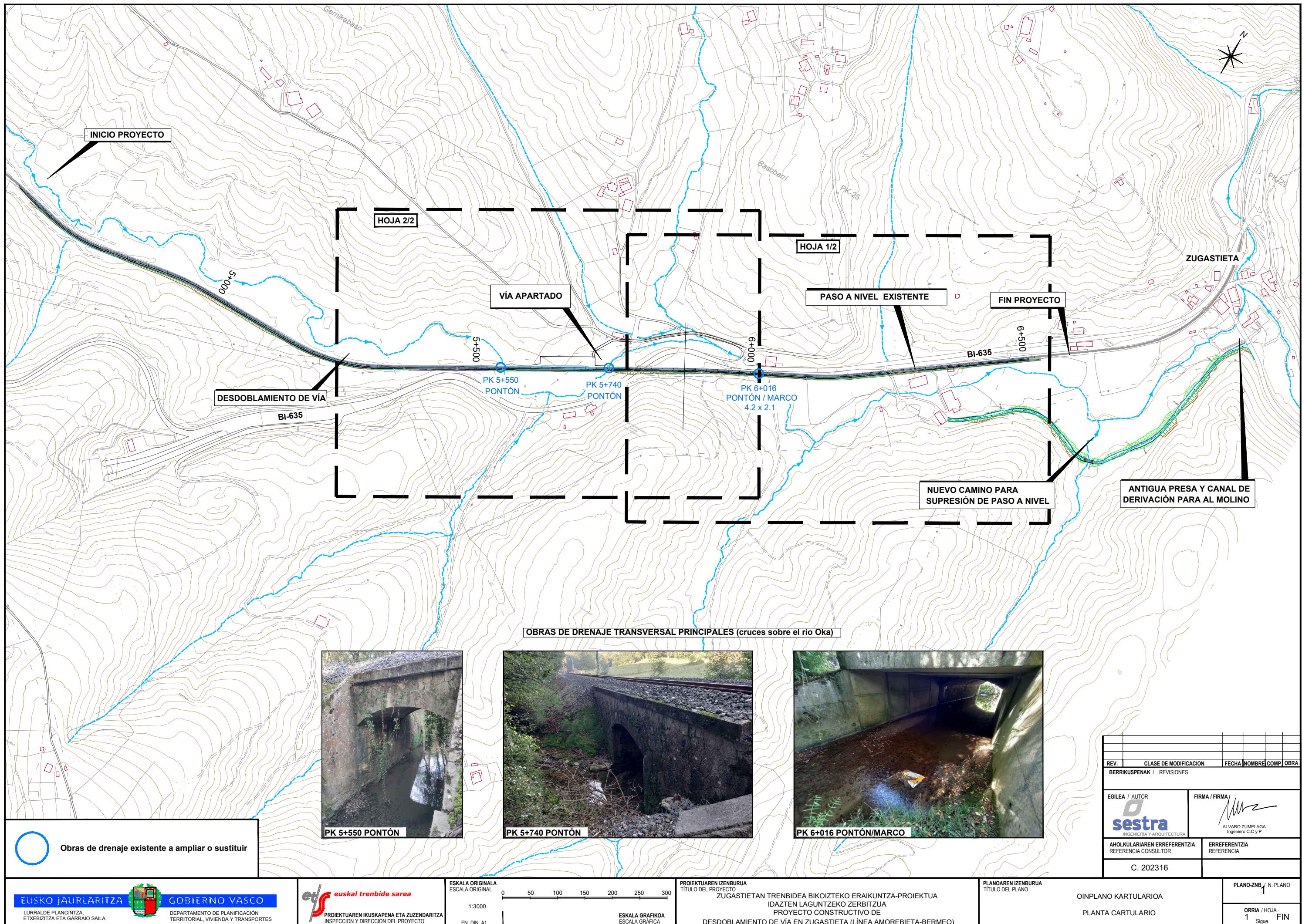
Anexo 3.- Resultados de los Modelos

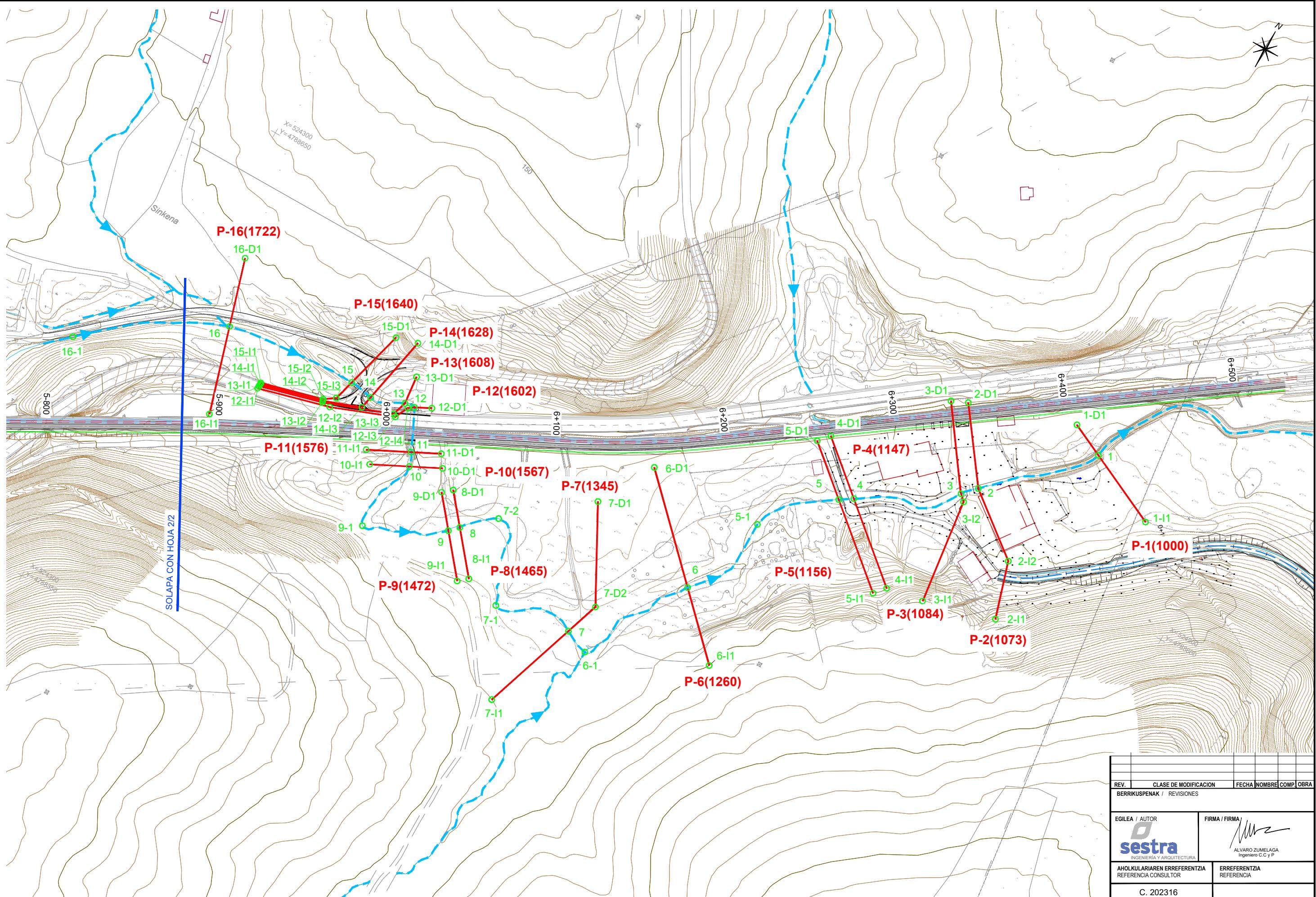
Anexo 4.- Planos de las obras de fábrica propuestas

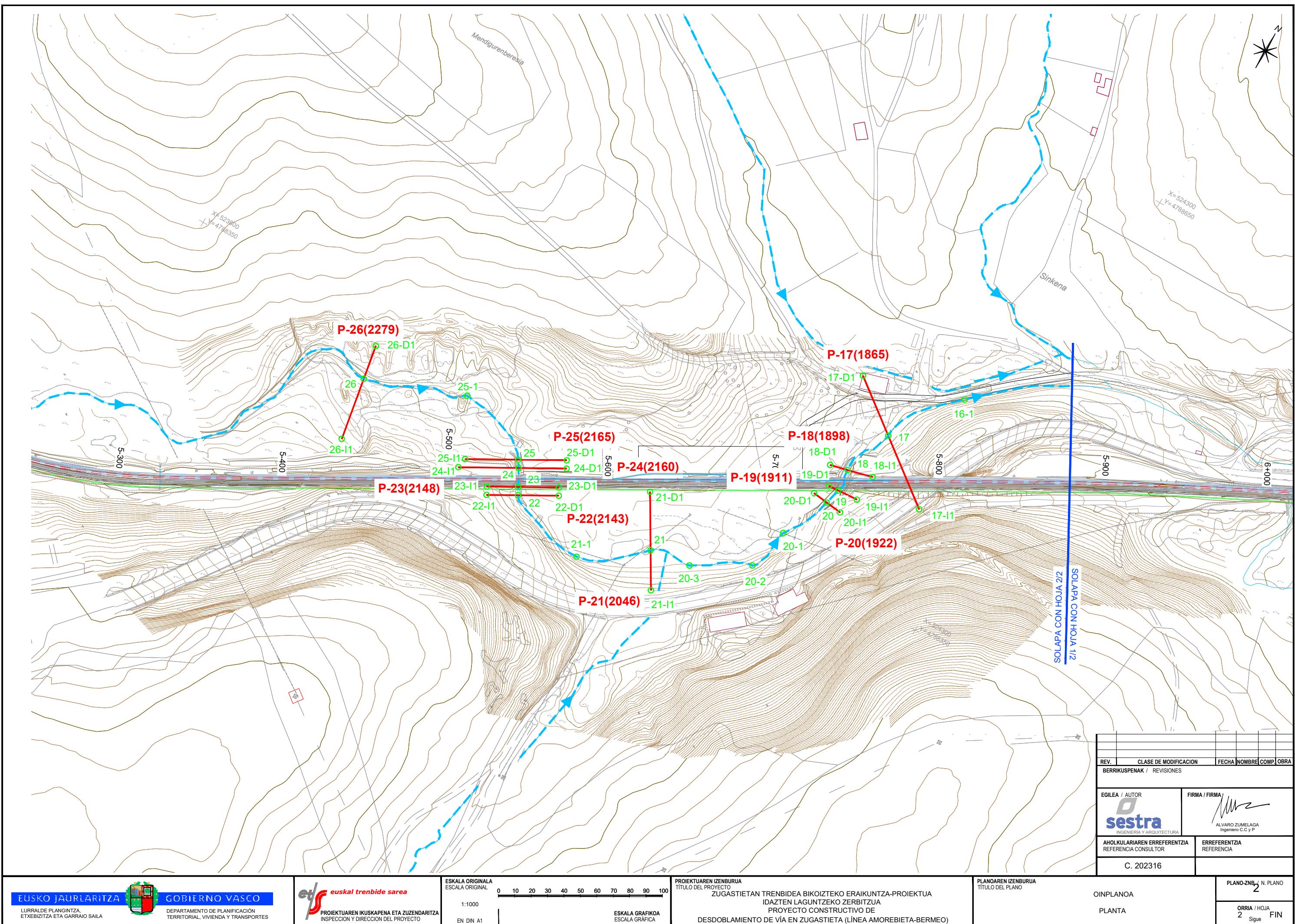


## **1.- PLANO DE PLANTA**



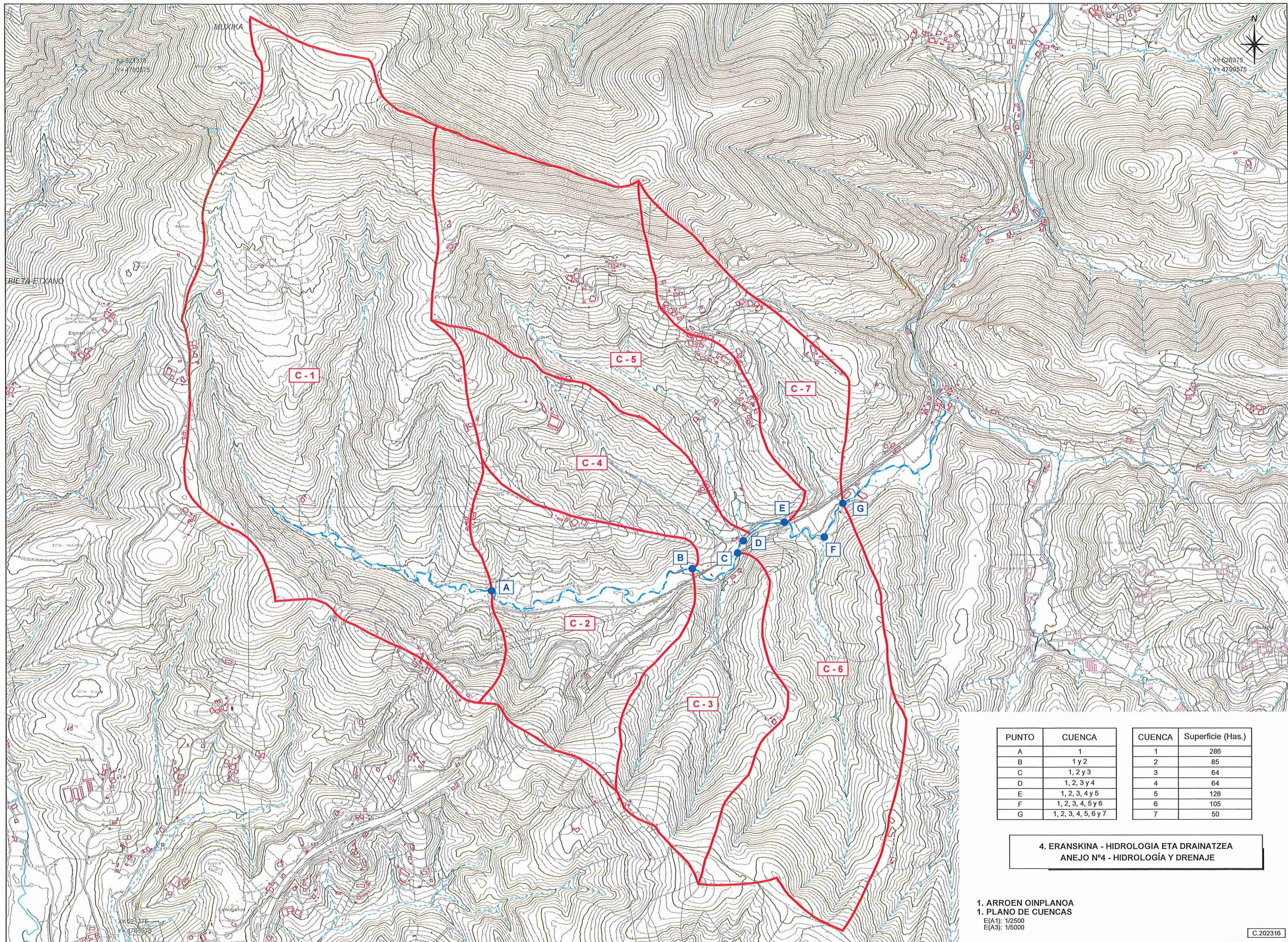






## **2.- PLANO DE CUENCAS**





### **3.- RESULTADOS DE LOS MODELOS**

3.1.- Listados de resultados

3.2.- Perfil Longitudinal

3.3.- Perfiles transversales



### 3.1.- Listados de Resultados

#### 3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual

Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500

#### 3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas

Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

**3.1.- Listados de Resultados**

**3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual**

Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	14.1	123	125.17		125.39	0.005564	2.1	6.97	8.92	0.57
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	14.1	122.58	124.77		125.01	0.008018	2.19	6.6	7.62	0.64
ZUGASTIETA	2165	PF 1	14.1	122.15	124.45		124.61	0.005415	1.82	7.83	6.44	0.51
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	14.1	122.1	124.44		124.6	0.003866	1.8	7.92	6.41	0.5
ZUGASTIETA	2160	PF 1	14.1	122.05	124.43	123.39	124.59	0.002586	1.78	8.04	6.39	0.49
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	14.1	122.2	124.15		124.47	0.009614	2.48	5.68	2.92	0.57
ZUGASTIETA	2145.50*	PF 1	14.1	122.1	124.15		124.44	0.008483	2.36	5.96	2.92	0.53
ZUGASTIETA	2143	PF 1	14.1	122	124.15		124.41	0.007532	2.26	6.25	2.92	0.49
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	14.1	121.25	123.2	123.2	123.76	0.025858	3.31	4.28	4.17	0.99
ZUGASTIETA	2046	PF 1	14.1	120.5	122.11	121.88	122.5	0.010045	2.79	5.35	5.45	0.75
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	14.1	120	121.43	121.34	121.81	0.012322	2.74	5.14	5.12	0.87
ZUGASTIETA	1922	PF 1	15.66	119.5	120.77		121.12	0.010079	2.6	6.03	5.48	0.79
ZUGASTIETA	1919.25*	PF 1	15.66	119.42	120.78		121.08	0.00837	2.43	6.43	5.53	0.72
ZUGASTIETA	1916.50*	PF 1	15.66	119.35	120.78		121.05	0.00705	2.29	6.83	5.57	0.66
ZUGASTIETA	1913.75*	PF 1	15.66	119.27	120.78		121.02	0.006007	2.17	7.23	5.6	0.61
ZUGASTIETA	1911	PF 1	15.66	119.2	120.78	120.3	121	0.00517	2.05	7.62	5.64	0.56
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	15.66	119.1	120.54	120.16	120.75	0.005127	2.01	7.81	6.82	0.6
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	15.66	118.9	120.42		120.65	0.006304	2.13	7.35	6.81	0.66
ZUGASTIETA	1865	PF 1	17.96	118.7	120.35		120.55	0.005173	1.99	9	7.57	0.58
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	17.96	117.9	119.47	119.47	119.93	0.015214	3.01	5.96	6.55	1.01
ZUGASTIETA	1722	PF 1	17.96	117.1	118.96		119.2	0.005156	2.19	8.4	7.32	0.61
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	17.96	116.65	118.94		119.04	0.001842	1.44	12.75	10.54	0.38
ZUGASTIETA	1640	PF 1	21.25	116.2	118.91	117.61	118.98	0.000925	1.14	18.95	13.51	0.28
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	21.25	116.2	117.76		118.17	0.010414	2.83	7.5	6.6	0.85
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	21.25	115.6	117.96		118.05	0.001147	1.3	16.32	10.79	0.34
ZUGASTIETA	1608	PF 1	21.25	115	118		118.03	0.000179	0.77	27.72	12.5	0.16
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	21.25	114.98	117.99		118.02	0.000216	0.85	24.91	10.33	0.18
ZUGASTIETA	1602	PF 1	21.25	114.95	117.98	115.96	118.02	0.000283	0.96	22.07	8.09	0.19
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	21.25	116.05	117.31	117.2	117.72	0.005563	2.83	7.52	6.9	0.86
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	21.25	116.02	117.29	117.18	117.7	0.005621	2.84	7.49	6.87	0.87
ZUGASTIETA	1567	PF 1	21.25	116	117.26	117.15	117.67	0.005679	2.85	7.46	6.84	0.87

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	21.25	115.3	117.1		117.4	0.004532	2.41	8.83	5.92	0.63
ZUGASTIETA	1472	PF 1	21.25	114.6	117.05	116.29	117.18	0.002912	1.84	19.88	34.23	0.4
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	21.25	114.6	116.28	116.28	117	0.019884	3.75	5.67	3.95	1
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	21.25	113.8	115.42	115.33	115.96	0.01385	3.23	6.58	5.02	0.9
ZUGASTIETA	1345	PF 1	21.25	113	115.38		115.53	0.002712	1.75	12.98	10.59	0.41
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	21.25	112.84	115.24		115.41	0.00276	1.87	12.84	14.05	0.43
ZUGASTIETA	1260	PF 1	24.09	112.68	114.87	114.45	115.22	0.006255	2.67	10.38	12.89	0.64
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	24.09	112.34	114.73		114.94	0.003564	2.02	12.87	15.73	0.5
ZUGASTIETA	1156	PF 1	24.09	112	114.62	113.41	114.76	0.002543	1.62	15.53	19.6	0.4
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	24.09	111.9	114.42		114.58	0.002655	1.78	15.31	17.98	0.38
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	24.09	111.55	114.1	113.54	114.43	0.006694	2.58	10.32	15.49	0.6
ZUGASTIETA	1084	PF 1	24.96	111.2	114.22	113.91	114.26	0.001573	1.17	44.57	80.87	0.25
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	24.96	111.42	114.04	114.04	114.25	0.006826	2.35	19.36	44.97	0.5
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	24.96	110.96	113.57	113.57	113.84	0.0052	2.59	18.22	39.3	0.58
ZUGASTIETA	1000	PF 1	24.96	110.5	112.78	112.78	113.03	0.003502	2.47	20.51	54.9	0.54

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	25.23	123	125.65		125.87	0.004368	2.27	14.84	21.76	0.53
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	25.23	122.58	125.49		125.64	0.00314	1.88	17.7	23.12	0.44
ZUGASTIETA	2165	PF 1	25.23	122.15	125.34		125.48	0.002471	1.73	16.79	14.19	0.37
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	25.23	122.1	125.32		125.47	0.001967	1.79	15.91	11.88	0.39
ZUGASTIETA	2160	PF 1	25.23	122.05	125.32	124.27	125.46	0.001337	1.77	16.77	13.95	0.38
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	25.23	122.2	124.34	124.17	125.18	0.024468	4.06	6.21	2.92	0.89
ZUGASTIETA	2145.50*	PF 1	25.23	122.1	124.32		125.1	0.022151	3.91	6.46	2.92	0.84
ZUGASTIETA	2143	PF 1	25.23	122	124.31		125.03	0.020096	3.76	6.72	2.92	0.79
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	25.23	121.25	124	124	124.29	0.008537	2.71	15.05	28.04	0.62
ZUGASTIETA	2046	PF 1	25.23	120.5	122.59	122.5	123.18	0.010957	3.53	8.81	15.49	0.82
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	25.23	120	122		122.48	0.010473	3.06	8.23	5.63	0.81
ZUGASTIETA	1922	PF 1	28.71	119.5	121.63		121.96	0.006074	2.56	11.22	6.69	0.63
ZUGASTIETA	1919.25*	PF 1	28.71	119.42	121.63		121.94	0.005502	2.47	11.63	6.71	0.6
ZUGASTIETA	1916.50*	PF 1	28.71	119.35	121.63		121.92	0.005006	2.39	12.04	6.73	0.57
ZUGASTIETA	1913.75*	PF 1	28.71	119.27	121.63		121.9	0.004571	2.31	12.44	6.74	0.54
ZUGASTIETA	1911	PF 1	28.71	119.2	121.63	120.81	121.88	0.004189	2.23	12.85	6.76	0.52
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	28.71	119.1	120.99	120.62	121.33	0.006159	2.61	11.17	8.38	0.68
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	28.71	118.9	120.83		121.21	0.00788	2.75	10.82	10.95	0.76
ZUGASTIETA	1865	PF 1	32.44	118.7	120.77	120.41	121.08	0.006023	2.51	15.28	27.44	0.66
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	32.44	117.9	120.11	119.97	120.56	0.008447	3.01	11.74	13.79	0.81
ZUGASTIETA	1722	PF 1	32.44	117.1	120.08		120.24	0.001704	1.85	24.87	28.77	0.38
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	32.44	116.65	120.1		120.17	0.000692	1.28	34.07	30.84	0.26
ZUGASTIETA	1640	PF 1	39.38	116.2	120.09	118.15	120.15	0.000455	1.12	47.25	37.72	0.21
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	39.38	116.2	119.74		119.85	0.000926	1.56	31.33	35.91	0.29
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	39.38	115.6	119.78		119.83	0.000248	0.96	46.26	38.03	0.18
ZUGASTIETA	1608	PF 1	39.38	115	119.8		119.82	0.000083	0.68	62.46	36.42	0.12
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	39.38	114.98	119.79		119.82	0.000112	0.77	56.16	36.3	0.14
ZUGASTIETA	1602	PF 1	39.38	114.95	119.78	116.47	119.82	0.000166	0.88	49.82	35.3	0.16
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	39.38	116.05	117.98		118.49	0.004566	3.16	12.45	7.89	0.8
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	39.38	116.02	117.96		118.47	0.004585	3.17	12.42	7.86	0.81
ZUGASTIETA	1567	PF 1	39.38	116	117.93		118.45	0.004627	3.18	12.37	7.82	0.81

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	39.38	115.3	117.28	117.28	118.09	0.011436	3.99	9.87	6.11	1
ZUGASTIETA	1472	PF 1	39.38	114.6	117.26	117.15	117.5	0.005285	2.64	27.55	38.74	0.55
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	39.38	114.6	117.16	117.16	117.49	0.007177	2.97	24.03	38.85	0.63
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	39.38	113.8	116.24	116.24	116.82	0.009407	3.44	14.06	20.72	0.77
ZUGASTIETA	1345	PF 1	39.38	113	116		116.17	0.002465	2.01	32.6	57.78	0.41
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	39.38	112.84	115.78	115.1	116.04	0.003345	2.43	25.2	41.6	0.5
ZUGASTIETA	1260	PF 1	42.34	112.68	115.3	115.26	115.81	0.00747	3.37	18.11	23.72	0.73
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	42.34	112.34	115.11	114.67	115.45	0.004774	2.67	21.19	28.15	0.59
ZUGASTIETA	1156	PF 1	42.34	112	114.97	113.99	115.2	0.003622	2.2	24.9	34.47	0.5
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	42.34	111.9	114.83		115.07	0.003678	2.34	25.79	34.04	0.46
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	42.34	111.55	114.59	114.59	114.91	0.006331	2.85	25.7	49.31	0.59
ZUGASTIETA	1084	PF 1	45.24	111.2	114.49	114.1	114.53	0.001829	1.36	67.15	87.08	0.28
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	45.24	111.42	114.27	114.27	114.52	0.009109	2.89	29.49	45.86	0.58
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	45.24	110.96	113.86	113.86	114.16	0.006288	3.1	30	42.1	0.65
ZUGASTIETA	1000	PF 1	45.24	110.5	113.07	113.07	113.33	0.004001	2.88	38.46	67.19	0.59

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	37.1	123	127.1		127.11	0.000199	0.71	83.39	64.74	0.12
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	37.1	122.58	127.08		127.1	0.000175	0.67	77.29	45.92	0.11
ZUGASTIETA	2165	PF 1	37.1	122.15	127.05		127.08	0.000361	0.97	50.21	28.5	0.16
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	37.1	122.1	127.04		127.08	0.0003	1.03	49.21	26.09	0.17
ZUGASTIETA	2160	PF 1	37.1	122.05	127.04	124.74	127.08	0.000229	1.08	50.13	26.15	0.17
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	37.1	122.2	125.36		125.87	0.010718	3.3	12.69	10	0.66
ZUGASTIETA	2145.50*	PF 1	37.1	122.1	125.21	124.99	125.83	0.013413	3.57	11.61	8.99	0.73
ZUGASTIETA	2143	PF 1	37.1	122	124.84	124.84	125.76	0.023409	4.26	9.04	6.38	0.93
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	37.1	121.25	124.2	124.2	124.53	0.009606	3.06	20.93	31.49	0.67
ZUGASTIETA	2046	PF 1	37.1	120.5	123.56		123.62	0.001161	1.51	54.27	57.32	0.28
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	37.1	120	123.42		123.54	0.001326	1.69	35.04	37.56	0.32
ZUGASTIETA	1922	PF 1	42.2	119.5	123.32		123.45	0.001236	1.67	27.87	16	0.31
ZUGASTIETA	1919.25*	PF 1	42.2	119.42	123.32		123.45	0.001188	1.64	28.28	16	0.3
ZUGASTIETA	1916.50*	PF 1	42.2	119.35	123.32		123.45	0.001144	1.62	28.68	16	0.29
ZUGASTIETA	1913.75*	PF 1	42.2	119.27	123.32		123.44	0.001102	1.59	29.09	16	0.29
ZUGASTIETA	1911	PF 1	42.2	119.2	123.32	121.25	123.44	0.001062	1.57	29.5	16	0.28
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	42.2	119.1	121.29		121.78	0.007471	3.15	13.84	9.5	0.76
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	42.2	118.9	121.01	121.01	121.62	0.01149	3.51	12.93	13.3	0.93
ZUGASTIETA	1865	PF 1	46.91	118.7	121.12	120.96	121.41	0.004756	2.57	27.45	41.35	0.61
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	46.91	117.9	120.46	120.46	120.97	0.007363	3.27	18.79	25.96	0.79
ZUGASTIETA	1722	PF 1	46.91	117.1	120.32		120.54	0.002227	2.26	31.86	30.24	0.45
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	46.91	116.65	120.33		120.45	0.000979	1.62	41.84	34.46	0.31
ZUGASTIETA	1640	PF 1	56.25	116.2	120.32	118.53	120.41	0.000671	1.43	57.02	47.5	0.26
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	56.25	116.2	120.04		120.18	0.001098	1.82	45.58	57.29	0.33
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	56.25	115.6	120.09		120.15	0.00033	1.18	61.96	61.39	0.21
ZUGASTIETA	1608	PF 1	56.25	115	120.11		120.14	0.000118	0.86	79.32	66.29	0.15
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	56.25	114.98	120.1		120.14	0.000156	0.96	72.9	66.72	0.17
ZUGASTIETA	1602	PF 1	56.25	114.95	120.08	116.87	120.14	0.000227	1.1	66.2	67.05	0.19
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	56.25	116.05	118.47	118.18	119.02	0.003642	3.35	19.21	22.01	0.75
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	56.25	116.02	118.43	118.15	119.01	0.003797	3.39	18.66	20.84	0.76
ZUGASTIETA	1567	PF 1	56.25	116	118.11	118.11	118.96	0.006851	4.08	13.84	9.94	0.99

3.1.1.- Modelo 1 – Estado Actual - Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	56.25	115.3	118.07	118.07	118.5	0.004263	3.18	28.68	43.99	0.65
ZUGASTIETA	1472	PF 1	56.25	114.6	117.45	117.35	117.74	0.006253	3.02	35.51	42.92	0.61
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	56.25	114.6	117.37	117.37	117.72	0.00795	3.32	32.58	44.46	0.67
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	56.25	113.8	116.77	116.77	117.12	0.005321	3.02	34.82	55.07	0.6
ZUGASTIETA	1345	PF 1	56.25	113	116.37		116.5	0.001953	1.97	57.18	73.62	0.38
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	56.25	112.84	116.24	115.56	116.41	0.002171	2.2	52.94	70.5	0.41
ZUGASTIETA	1260	PF 1	63.51	112.68	115.73	115.73	116.22	0.006638	3.58	32.13	41.69	0.71
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	63.51	112.34	115.42	115.3	115.84	0.005551	3.16	31.19	37.9	0.65
ZUGASTIETA	1156	PF 1	63.51	112	115.25	114.95	115.55	0.00432	2.62	35.74	42.82	0.55
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	63.51	111.9	115	114.86	115.39	0.00583	3.07	31.95	39.38	0.59
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	63.51	111.55	114.85	114.85	115.18	0.00646	3.09	41.13	65.47	0.61
ZUGASTIETA	1084	PF 1	68.3	111.2	114.73	114.25	114.78	0.001875	1.47	88.99	90.66	0.28
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	68.3	111.42	114.52		114.76	0.008932	3.05	42.55	52.63	0.58
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	68.3	110.96	114.09	114.09	114.45	0.007512	3.61	40.35	48	0.72
ZUGASTIETA	1000	PF 1	68.3	110.5	113.27	113.27	113.56	0.004734	3.3	52.3	73.17	0.65

3.1.- Listados de Resultados

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas

Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	14.1	123	125.22		125.42	0.004762	1.99	7.55	10.94	0.53
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	14.1	122.58	124.38	124.38	124.89	0.022062	3.15	4.47	4.47	1.01
ZUGASTIETA	2165	PF 1	14.1	122.15	123.96		124.14	0.003426	1.9	8.26	7.81	0.52
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	14.1	122.1	123.97		124.12	0.003725	1.77	8.95	8.89	0.47
ZUGASTIETA	2160	PF 1	14.1	122.05	123.97	123.44	124.11	0.001374	1.76	9.39	8.67	0.46
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	14.1	122	123.91	123.38	124.06	0.0014	1.78	8.88	8.31	0.47
ZUGASTIETA	2143	PF 1	14.1	121.9	123.94		124.04	0.001963	1.52	11	10.84	0.39
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	14.1	121.25	123.2	123.2	123.76	0.025858	3.31	4.28	4.17	0.99
ZUGASTIETA	2046	PF 1	14.1	120.5	122.11	121.88	122.5	0.009964	2.78	5.37	5.47	0.74
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	14.1	120	121.42	121.34	121.81	0.012657	2.77	5.1	5.12	0.89
ZUGASTIETA	1922	PF 1	15.66	119.5	120.8		121.13	0.009279	2.52	6.21	5.52	0.76
ZUGASTIETA	1918.33*	PF 1	15.66	119.4	120.71		121.09	0.009396	2.73	5.75	5.31	0.84
ZUGASTIETA	1914.67*	PF 1	15.66	119.3	120.56	120.56	121.04	0.010284	3.07	5.1	5.35	1
ZUGASTIETA	1911	PF 1	15.66	119.2	120.63	120.5	120.92	0.004672	2.4	6.67	7.82	0.8
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	15.66	119.1	120.44	120.4	120.79	0.00652	2.65	5.99	8.9	0.92
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	15.66	118.9	120.42		120.65	0.006304	2.13	7.35	6.81	0.66
ZUGASTIETA	1865	PF 1	17.96	118.7	120.35		120.55	0.005173	1.99	9	7.57	0.58
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	17.96	117.9	119.47	119.47	119.93	0.015214	3.01	5.96	6.55	1.01
ZUGASTIETA	1722	PF 1	17.96	117.1	118.96		119.2	0.005156	2.19	8.4	7.32	0.61
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	17.96	116.65	118.94		119.04	0.001842	1.44	12.75	10.54	0.38
ZUGASTIETA	1640	PF 1	21.25	116.2	118.91	117.61	118.98	0.000925	1.14	18.95	13.51	0.28
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	21.25	116.2	117.76		118.17	0.010414	2.83	7.5	6.6	0.85
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	21.25	115.6	117.96		118.05	0.001147	1.3	16.32	10.79	0.34
ZUGASTIETA	1608	PF 1	21.25	115	118		118.03	0.000179	0.77	27.72	12.5	0.16
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	21.25	114.98	117.99		118.02	0.000216	0.85	24.91	10.33	0.18
ZUGASTIETA	1602	PF 1	21.25	114.95	117.98	115.96	118.02	0.000283	0.96	22.07	8.09	0.19
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	21.25	116.05	117.31		117.72	0.005563	2.83	7.52	6.9	0.86
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	21.25	116.02	117.29		117.7	0.005621	2.84	7.49	6.87	0.87
ZUGASTIETA	1567	PF 1	21.25	116	117.26	117.15	117.67	0.005679	2.85	7.46	6.84	0.87
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	21.25	115.3	117.1		117.4	0.004532	2.41	8.83	5.92	0.63
ZUGASTIETA	1472	PF 1	21.25	114.6	117.05	116.29	117.18	0.002912	1.84	19.88	34.23	0.4

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	21.25	114.6	116.28	116.28	117	0.019884	3.75	5.67	3.95	1
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	21.25	113.8	115.42	115.33	115.96	0.01385	3.23	6.58	5.02	0.9
ZUGASTIETA	1345	PF 1	21.25	113	115.38		115.53	0.002712	1.75	12.98	10.59	0.41
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	21.25	112.84	115.24		115.41	0.00276	1.87	12.84	14.05	0.43
ZUGASTIETA	1260	PF 1	24.09	112.68	114.87	114.45	115.22	0.006255	2.67	10.38	12.89	0.64
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	24.09	112.34	114.73		114.94	0.003564	2.02	12.87	15.73	0.5
ZUGASTIETA	1156	PF 1	24.09	112	114.62	113.41	114.76	0.002543	1.62	15.53	19.6	0.4
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	24.09	111.9	114.42		114.58	0.002655	1.78	15.31	17.98	0.38
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	24.09	111.55	114.1	113.54	114.43	0.006694	2.58	10.32	15.49	0.6
ZUGASTIETA	1084	PF 1	24.96	111.2	114.22	113.91	114.26	0.001573	1.17	44.57	80.87	0.25
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	24.96	111.42	114.04	114.04	114.25	0.006826	2.35	19.36	44.97	0.5
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	24.96	110.96	113.57	113.57	113.84	0.0052	2.59	18.22	39.3	0.58
ZUGASTIETA	1000	PF 1	24.96	110.5	112.78	112.78	113.03	0.003502	2.47	20.51	54.9	0.54
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	68.3	110.96	114.09	114.09	114.45	0.007512	3.61	40.35	48	0.72
ZUGASTIETA	1000	PF 1	68.3	110.5	113.27	113.27	113.56	0.004734	3.3	52.3	73.17	0.65

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	25.23	123	125.64	125.46	125.87	0.004465	2.29	14.68	21.62	0.53
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	25.23	122.58	125.07	125.07	125.47	0.010569	2.92	9.97	14.72	0.77
ZUGASTIETA	2165	PF 1	25.23	122.15	124.46		124.71	0.003511	2.36	12.43	9.17	0.55
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	25.23	122.1	124.49		124.68	0.00351	2.11	14.06	11	0.48
ZUGASTIETA	2160	PF 1	25.23	122.05	124.44	123.86	124.67	0.001574	2.27	13.85	10.22	0.52
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	25.23	122	124.23	123.79	124.57	0.002392	2.65	10.19	9.26	0.63
ZUGASTIETA	2143	PF 1	25.23	121.9	124.34		124.51	0.002419	1.98	15.82	12.93	0.45
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	25.23	121.25	124	124	124.29	0.008537	2.71	15.05	28.04	0.62
ZUGASTIETA	2046	PF 1	25.23	120.5	122.59	122.5	123.18	0.010885	3.52	8.86	15.77	0.81
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	25.23	120	121.98		122.47	0.011025	3.12	8.08	5.61	0.83
ZUGASTIETA	1922	PF 1	28.71	119.5	121.33		121.82	0.010133	3.09	9.3	6.25	0.81
ZUGASTIETA	1918.33*	PF 1	28.71	119.4	121.1	121.1	121.76	0.012951	3.58	8.01	6.18	1.01
ZUGASTIETA	1914.67*	PF 1	28.71	119.3	121.08	121.08	121.66	0.009213	3.38	8.51	7.61	1
ZUGASTIETA	1911	PF 1	28.71	119.2	121.18	120.9	121.55	0.003186	2.71	11.29	8.89	0.71
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	28.71	119.1	120.86	120.79	121.35	0.005359	3.15	9.49	11.27	0.9
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	28.71	118.9	120.83		121.21	0.00788	2.75	10.82	10.95	0.76
ZUGASTIETA	1865	PF 1	32.44	118.7	120.77	120.41	121.08	0.006023	2.51	15.28	27.44	0.66
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	32.44	117.9	120.11	119.97	120.56	0.008447	3.01	11.74	13.79	0.81
ZUGASTIETA	1722	PF 1	32.44	117.1	120.08		120.24	0.001704	1.85	24.87	28.77	0.38
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	32.44	116.65	120.1		120.17	0.000692	1.28	34.07	30.84	0.26
ZUGASTIETA	1640	PF 1	39.38	116.2	120.09	118.15	120.15	0.000455	1.12	47.25	37.72	0.21
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	39.38	116.2	119.74		119.85	0.000926	1.56	31.33	35.91	0.29
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	39.38	115.6	119.78		119.83	0.000248	0.96	46.26	38.03	0.18
ZUGASTIETA	1608	PF 1	39.38	115	119.8		119.82	0.000083	0.68	62.46	36.42	0.12
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	39.38	114.98	119.79		119.82	0.000112	0.77	56.16	36.3	0.14
ZUGASTIETA	1602	PF 1	39.38	114.95	119.78	116.47	119.82	0.000166	0.88	49.82	35.3	0.16
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	39.38	116.05	117.98		118.49	0.004566	3.16	12.45	7.89	0.8
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	39.38	116.02	117.96		118.47	0.004585	3.17	12.42	7.86	0.81
ZUGASTIETA	1567	PF 1	39.38	116	117.93		118.45	0.004627	3.18	12.37	7.82	0.81
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	39.38	115.3	117.28	117.28	118.09	0.011436	3.99	9.87	6.11	1
ZUGASTIETA	1472	PF 1	39.38	114.6	117.26	117.15	117.5	0.005285	2.64	27.55	38.74	0.55

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	39.38	114.6	117.16	117.16	117.49	0.007177	2.97	24.03	38.85	0.63
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	39.38	113.8	116.24	116.24	116.82	0.009407	3.44	14.06	20.72	0.77
ZUGASTIETA	1345	PF 1	39.38	113	116		116.17	0.002465	2.01	32.6	57.78	0.41
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	39.38	112.84	115.78	115.1	116.04	0.003345	2.43	25.2	41.6	0.5
ZUGASTIETA	1260	PF 1	42.34	112.68	115.3	115.26	115.81	0.00747	3.37	18.11	23.72	0.73
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	42.34	112.34	115.11	114.67	115.45	0.004774	2.67	21.19	28.15	0.59
ZUGASTIETA	1156	PF 1	42.34	112	114.97	113.99	115.2	0.003622	2.2	24.9	34.47	0.5
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	42.34	111.9	114.83		115.07	0.003678	2.34	25.79	34.04	0.46
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	42.34	111.55	114.59	114.59	114.91	0.006331	2.85	25.7	49.31	0.59
ZUGASTIETA	1084	PF 1	45.24	111.2	114.49	114.1	114.53	0.001829	1.36	67.15	87.08	0.28
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	45.24	111.42	114.27	114.27	114.52	0.009109	2.89	29.49	45.86	0.58
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	45.24	110.96	113.86	113.86	114.16	0.006288	3.1	30	42.1	0.65
ZUGASTIETA	1000	PF 1	45.24	110.5	113.07	113.07	113.33	0.004001	2.88	38.46	67.19	0.59
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	68.3	110.96	114.09	114.09	114.45	0.007512	3.61	40.35	48	0.72
ZUGASTIETA	1000	PF 1	68.3	110.5	113.27	113.27	113.56	0.004734	3.3	52.3	73.17	0.65

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500 (1/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	2279	PF 1	37.1	123	125.93	125.71	126.17	0.004308	2.47	22.02	30.93	0.54
ZUGASTIETA	2222.00*	PF 1	37.1	122.58	125.36	125.36	125.79	0.009743	3.16	14.88	19.64	0.76
ZUGASTIETA	2165	PF 1	37.1	122.15	125.02		125.29	0.002773	2.5	18.01	10.72	0.51
ZUGASTIETA	2162.50*	PF 1	37.1	122.1	125.07		125.26	0.002572	2.15	21.11	13.36	0.43
ZUGASTIETA	2160	PF 1	37.1	122.05	124.98	124.22	125.25	0.00134	2.47	19.87	12	0.5
ZUGASTIETA	2155		Bridge									
ZUGASTIETA	2148	PF 1	37.1	122	124.21	124.16	124.97	0.005425	3.95	10.04	9.18	0.95
ZUGASTIETA	2143	PF 1	37.1	121.9	124.53		124.8	0.003576	2.56	18.31	13.88	0.56
ZUGASTIETA	2094.50*	PF 1	37.1	121.25	124.21	124.21	124.53	0.009224	3.01	21.33	31.72	0.66
ZUGASTIETA	2046	PF 1	37.1	120.5	123.25		123.39	0.002931	2.22	36.73	52.29	0.44
ZUGASTIETA	1984.00*	PF 1	37.1	120	122.46	122.19	123.05	0.009369	3.4	11.16	7.57	0.79
ZUGASTIETA	1922	PF 1	42.2	119.5	121.64	121.53	122.35	0.012894	3.74	11.29	6.71	0.92
ZUGASTIETA	1918.33*	PF 1	42.2	119.4	121.54	121.54	122.3	0.012267	3.86	10.92	7.21	1
ZUGASTIETA	1914.67*	PF 1	42.2	119.3	121.44	121.43	122.16	0.007939	3.76	11.44	8.51	0.97
ZUGASTIETA	1911	PF 1	42.2	119.2	121.61	121.24	122.07	0.002834	3.03	15.32	9.72	0.7
ZUGASTIETA	1905		Bridge									
ZUGASTIETA	1898	PF 1	42.2	119.1	121.13	121.13	121.88	0.006166	3.86	11.14	12.82	0.99
ZUGASTIETA	1881.50*	PF 1	42.2	118.9	121.01	121.01	121.62	0.01149	3.51	12.93	13.3	0.93
ZUGASTIETA	1865	PF 1	46.91	118.7	121.12	120.96	121.41	0.004756	2.57	27.44	41.35	0.61
ZUGASTIETA	1793.50*	PF 1	46.91	117.9	120.46	120.46	120.97	0.007363	3.27	18.79	25.96	0.79
ZUGASTIETA	1722	PF 1	46.91	117.1	120.32		120.54	0.002224	2.26	31.88	30.24	0.45
ZUGASTIETA	1681.00*	PF 1	46.91	116.65	120.33		120.45	0.000978	1.62	41.86	34.46	0.31
ZUGASTIETA	1640	PF 1	56.25	116.2	120.32	118.53	120.41	0.00067	1.43	57.06	47.54	0.26
ZUGASTIETA	1630		Bridge									
ZUGASTIETA	1628	PF 1	56.25	116.2	120.04		120.18	0.001102	1.82	45.48	57.24	0.33
ZUGASTIETA	1618.00*	PF 1	56.25	115.6	120.09		120.15	0.000331	1.18	61.87	61.34	0.21
ZUGASTIETA	1608	PF 1	56.25	115	120.11		120.14	0.000118	0.86	79.23	66.24	0.15
ZUGASTIETA	1605.00*	PF 1	56.25	114.98	120.1		120.14	0.000156	0.96	72.8	66.67	0.17
ZUGASTIETA	1602	PF 1	56.25	114.95	120.08	116.87	120.14	0.000228	1.1	66.09	67	0.19
ZUGASTIETA	1590		Bridge									
ZUGASTIETA	1576	PF 1	56.25	116.05	118.46	118.18	119.02	0.003704	3.37	19.07	21.75	0.75
ZUGASTIETA	1571.50*	PF 1	56.25	116.02	118.43	118.15	119.01	0.003797	3.39	18.66	20.84	0.76
ZUGASTIETA	1567	PF 1	56.25	116	118.11	118.11	118.96	0.006851	4.08	13.84	9.94	0.99
ZUGASTIETA	1519.50*	PF 1	56.25	115.3	118.07	118.07	118.5	0.004263	3.18	28.68	43.99	0.65
ZUGASTIETA	1472	PF 1	56.25	114.6	117.45	117.35	117.74	0.006253	3.02	35.51	42.92	0.61

3.1.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas - Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500 (2/2)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
ZUGASTIETA	1470		Bridge									
ZUGASTIETA	1465	PF 1	56.25	114.6	117.37	117.37	117.72	0.00795	3.32	32.58	44.46	0.67
ZUGASTIETA	1405.00*	PF 1	56.25	113.8	116.77	116.77	117.12	0.005321	3.02	34.82	55.07	0.6
ZUGASTIETA	1345	PF 1	56.25	113	116.37		116.5	0.001953	1.97	57.18	73.62	0.38
ZUGASTIETA	1302.50*	PF 1	56.25	112.84	116.24	115.56	116.41	0.002171	2.2	52.94	70.5	0.41
ZUGASTIETA	1260	PF 1	63.51	112.68	115.73	115.73	116.22	0.006638	3.58	32.13	41.69	0.71
ZUGASTIETA	1208.00*	PF 1	63.51	112.34	115.42	115.3	115.84	0.005551	3.16	31.19	37.9	0.65
ZUGASTIETA	1156	PF 1	63.51	112	115.25	114.95	115.55	0.00432	2.62	35.74	42.82	0.55
ZUGASTIETA	1150		Bridge									
ZUGASTIETA	1147	PF 1	63.51	111.9	115	114.86	115.39	0.00583	3.07	31.95	39.38	0.59
ZUGASTIETA	1115.50*	PF 1	63.51	111.55	114.85	114.85	115.18	0.00646	3.09	41.13	65.47	0.61
ZUGASTIETA	1084	PF 1	68.3	111.2	114.73	114.25	114.78	0.001875	1.47	88.99	90.66	0.28
ZUGASTIETA	1080		Bridge									
ZUGASTIETA	1073	PF 1	68.3	111.42	114.52		114.76	0.008932	3.05	42.55	52.63	0.58
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	68.3	110.96	114.09	114.09	114.45	0.007512	3.61	40.35	48	0.72
ZUGASTIETA	1000	PF 1	68.3	110.5	113.27	113.27	113.56	0.004734	3.3	52.3	73.17	0.65
ZUGASTIETA	1036.50*	PF 1	68.3	110.96	114.09	114.09	114.45	0.007512	3.61	40.35	48	0.72
ZUGASTIETA	1000	PF 1	68.3	110.5	113.27	113.27	113.56	0.004734	3.3	52.3	73.17	0.65

### **3.2.- Perfiles Longitudinales**

#### **3.2.1.- Modelo 1 – Estado Actual**

Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500

#### **3.2.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas**

Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

### 3.2.- Perfiles Longitudinales

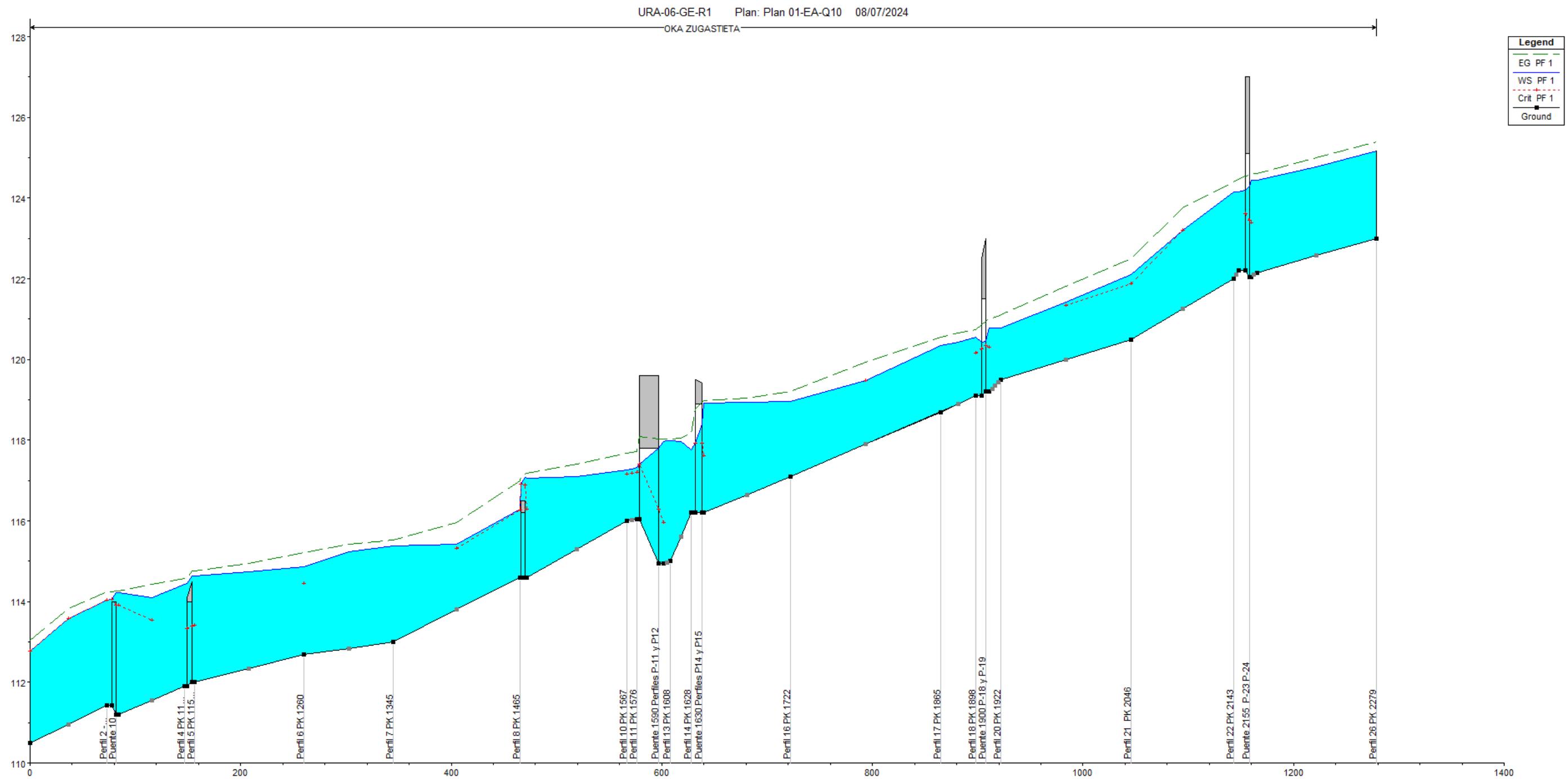
#### 3.2.1.- Modelo 1 – Estado Actual

Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10

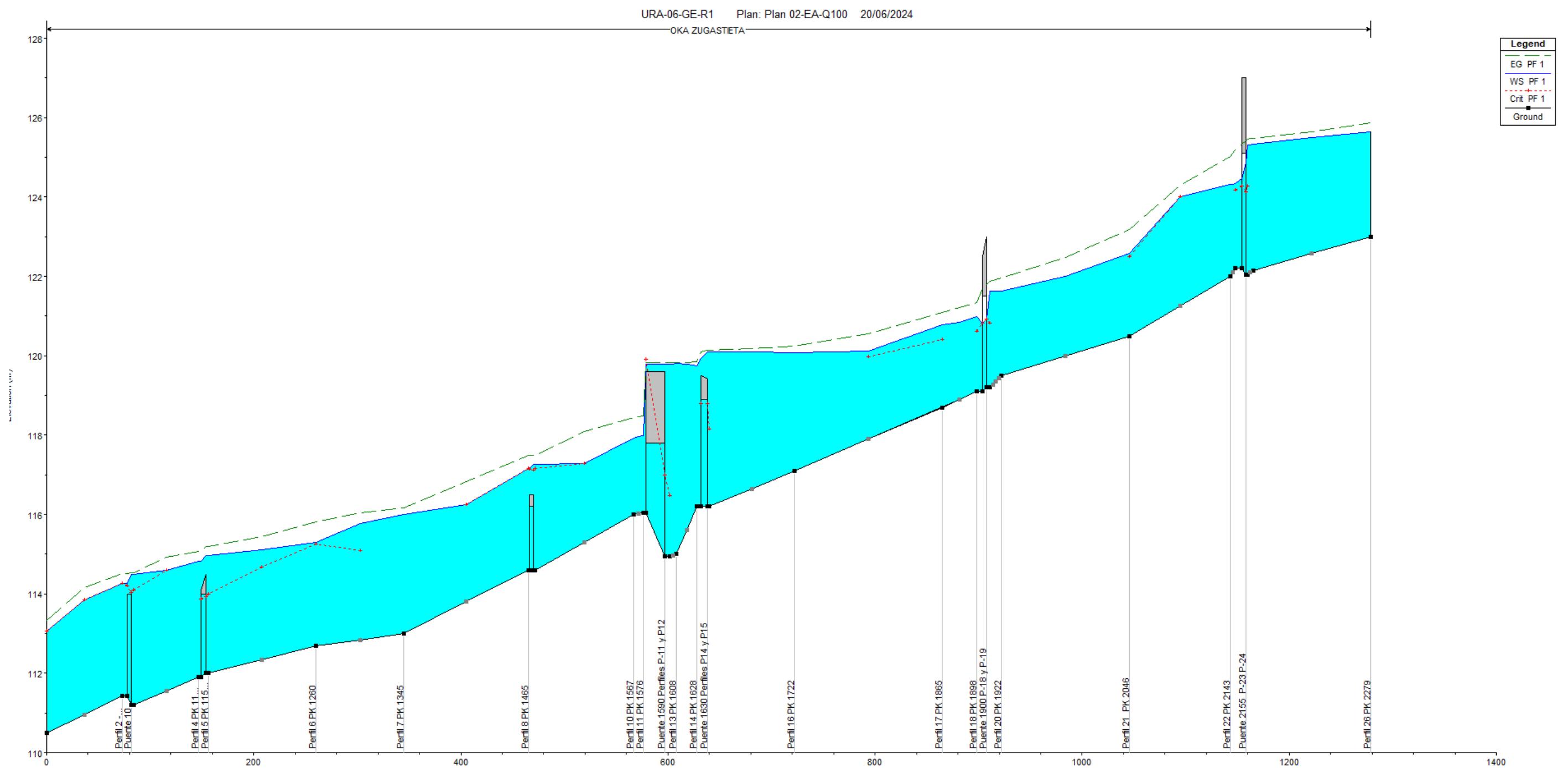
Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500

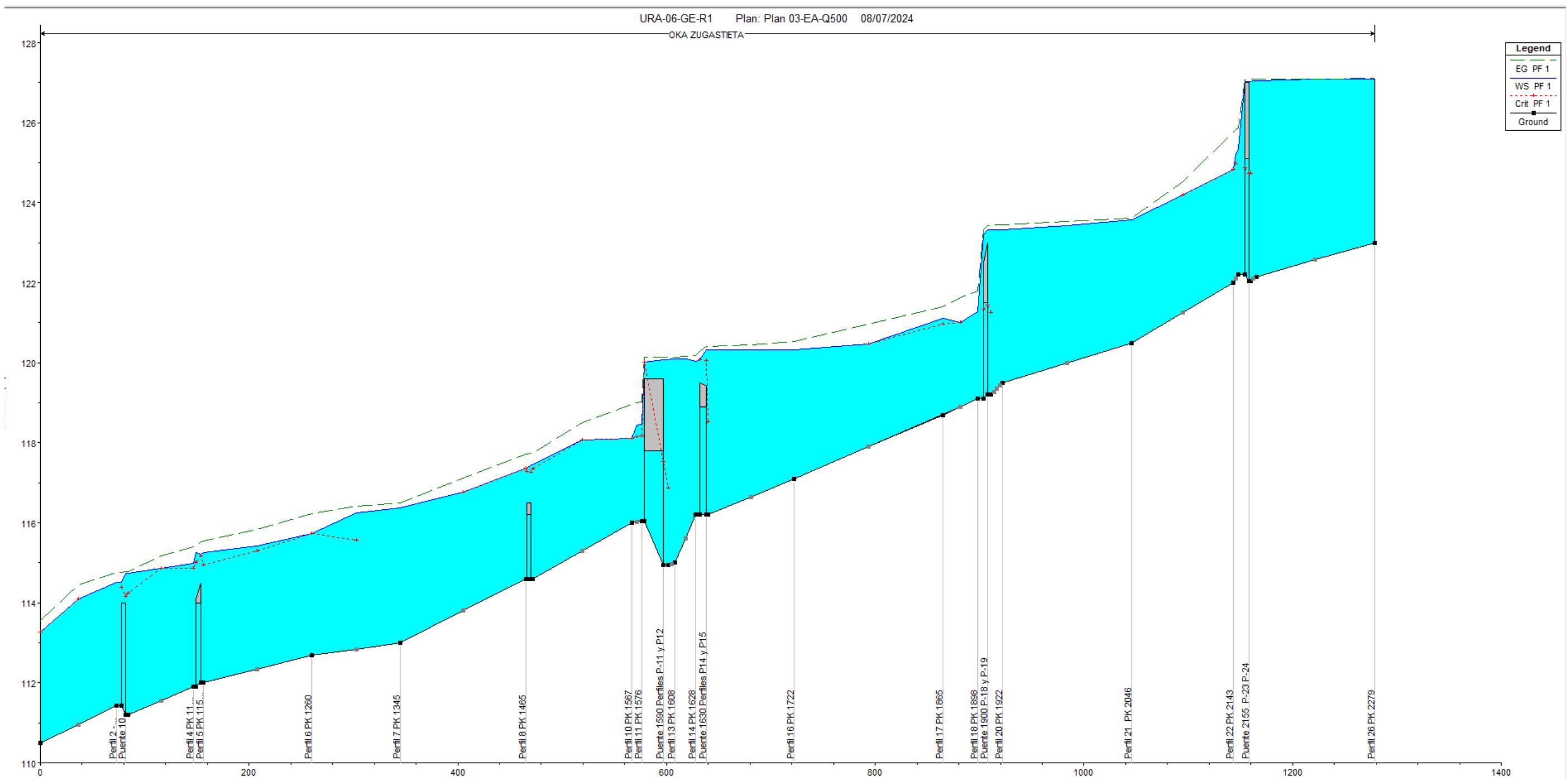
### 3.2.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 1.-



### 3.2.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 2.-



### 3.2.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 3.-



3.2.- Perfiles Longitudinales

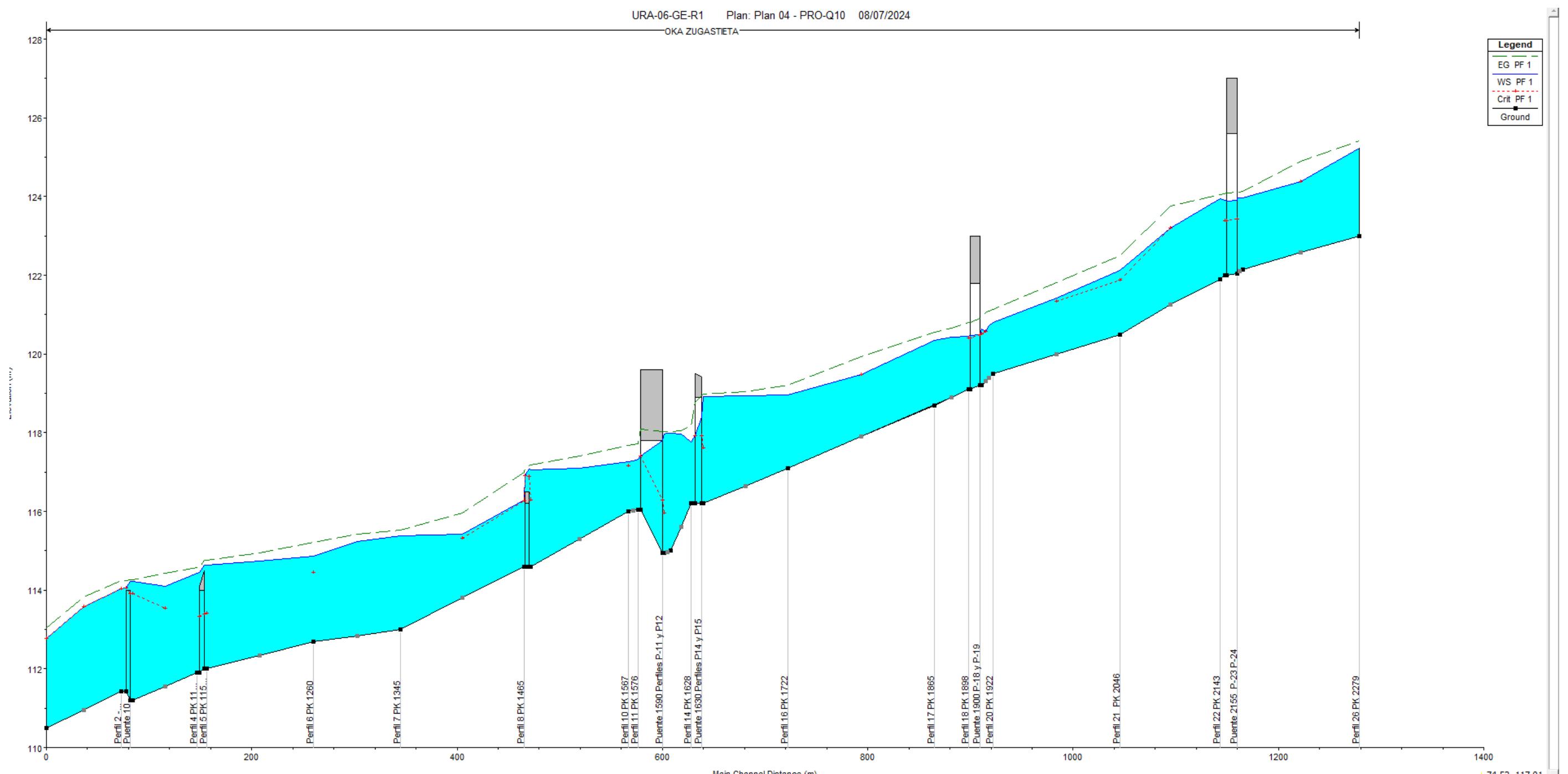
3.2.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas

Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

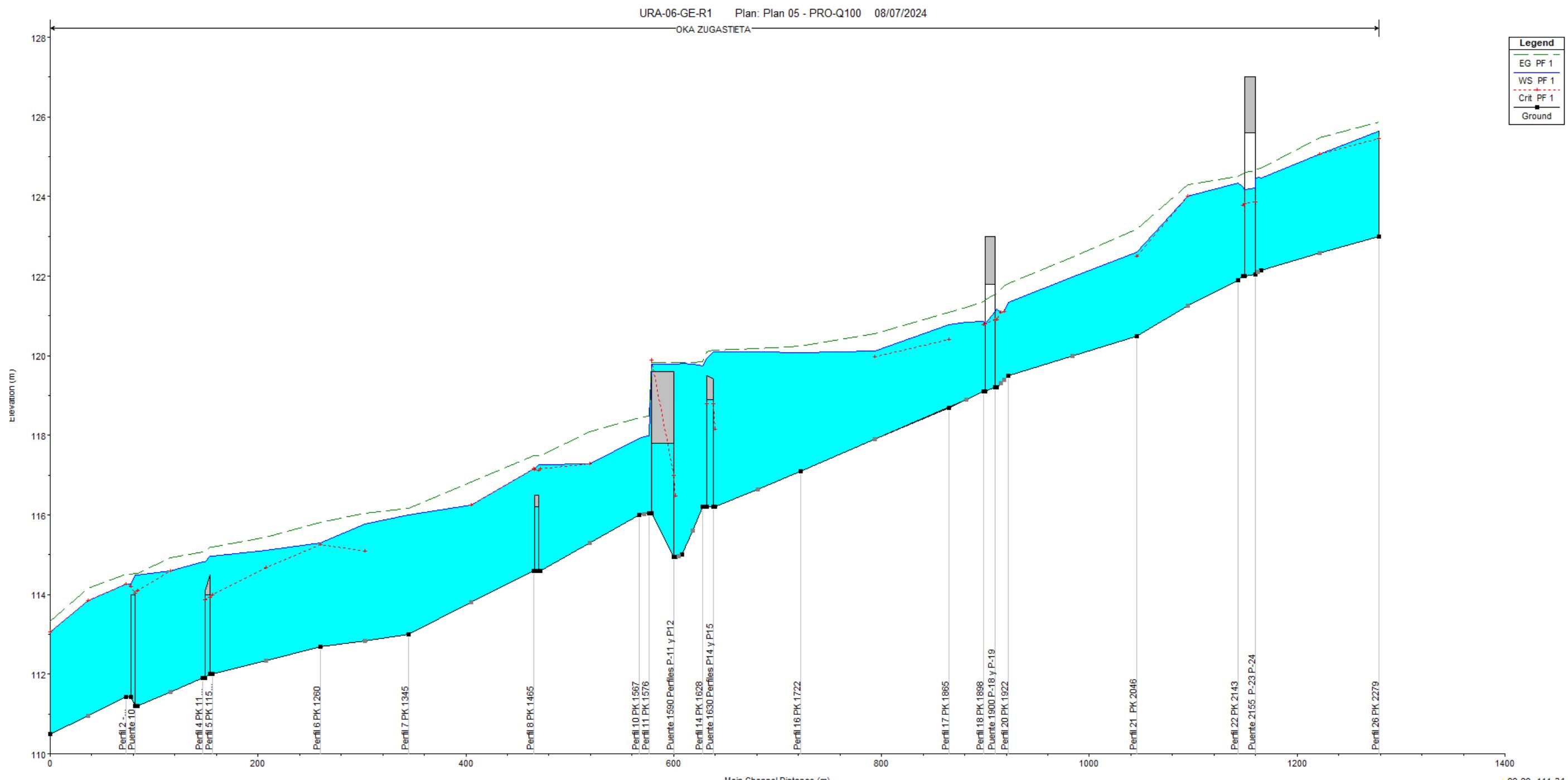
Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

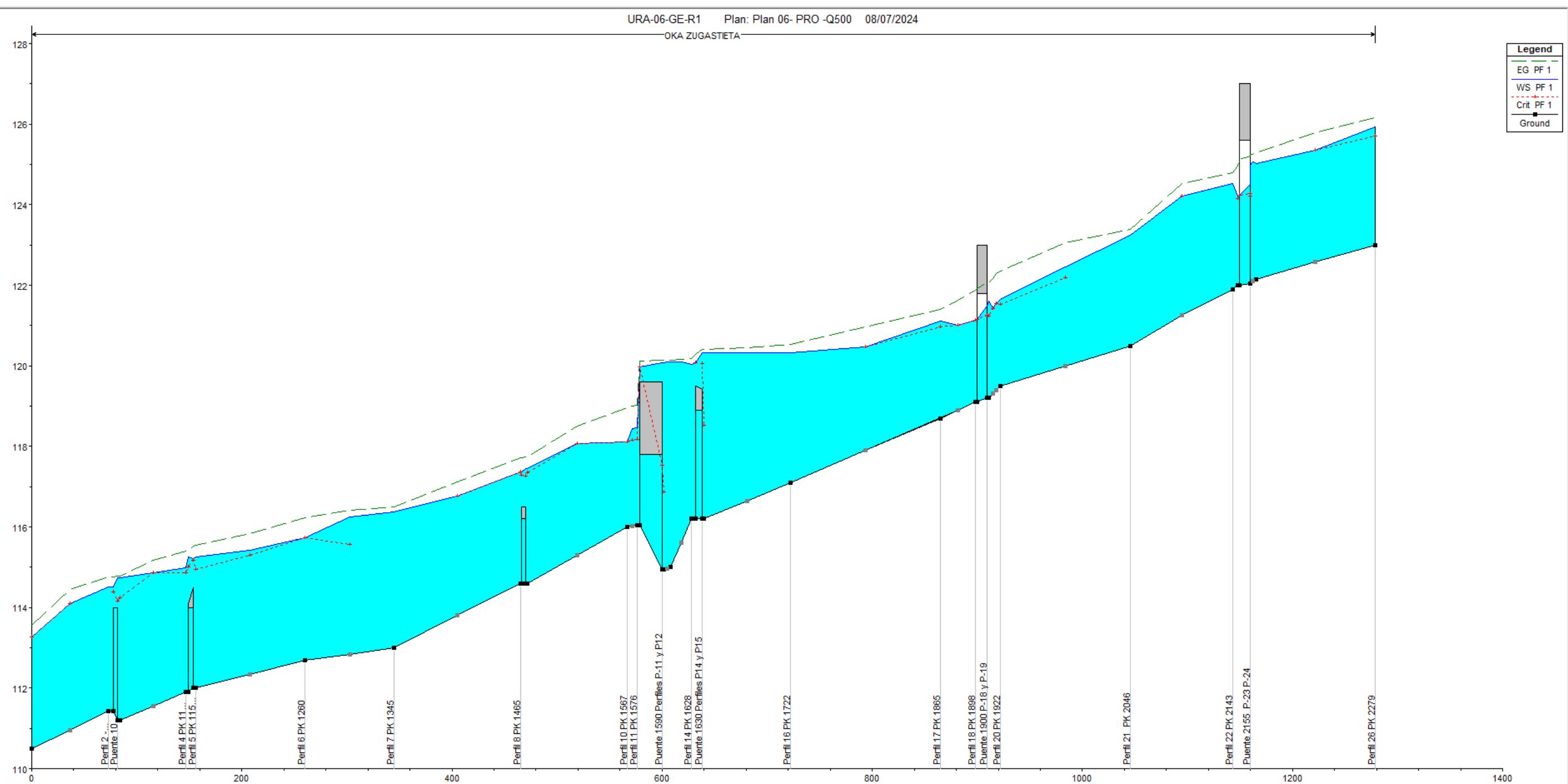
### 3.2.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 4.-



### 3.2.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 5.-



### 3.2.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 6.-



### 3.3.- Perfiles Transversales

#### 3.3.1.- Modelo 1 – Estado Actual

Plan 1.- Geometría Q10 – Caudal Q10

Plan 2.- Geometría Q100 – Caudal Q100

Plan 3.- Geometría Q500 – Caudal Q500

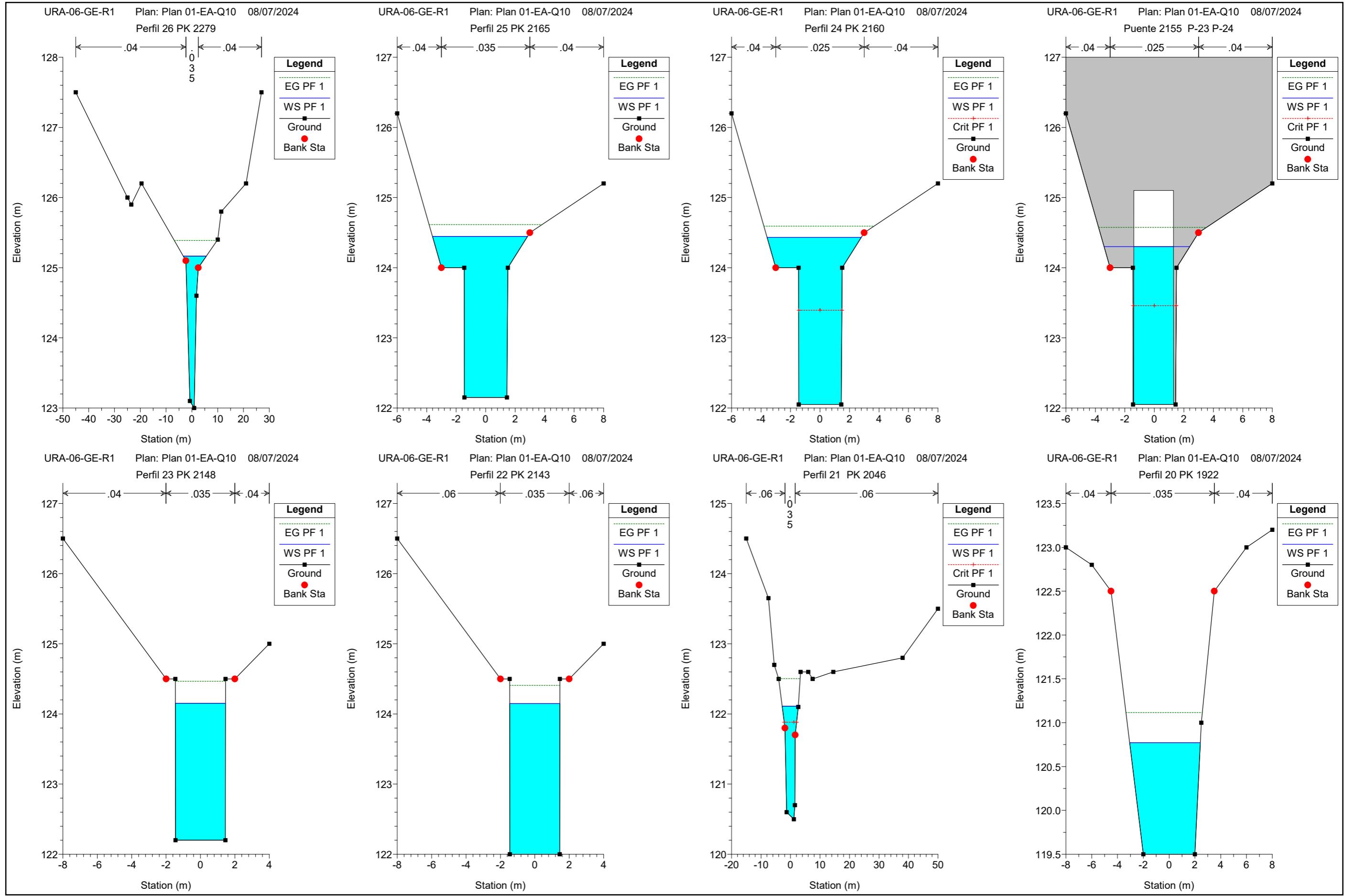
#### 3.3.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas

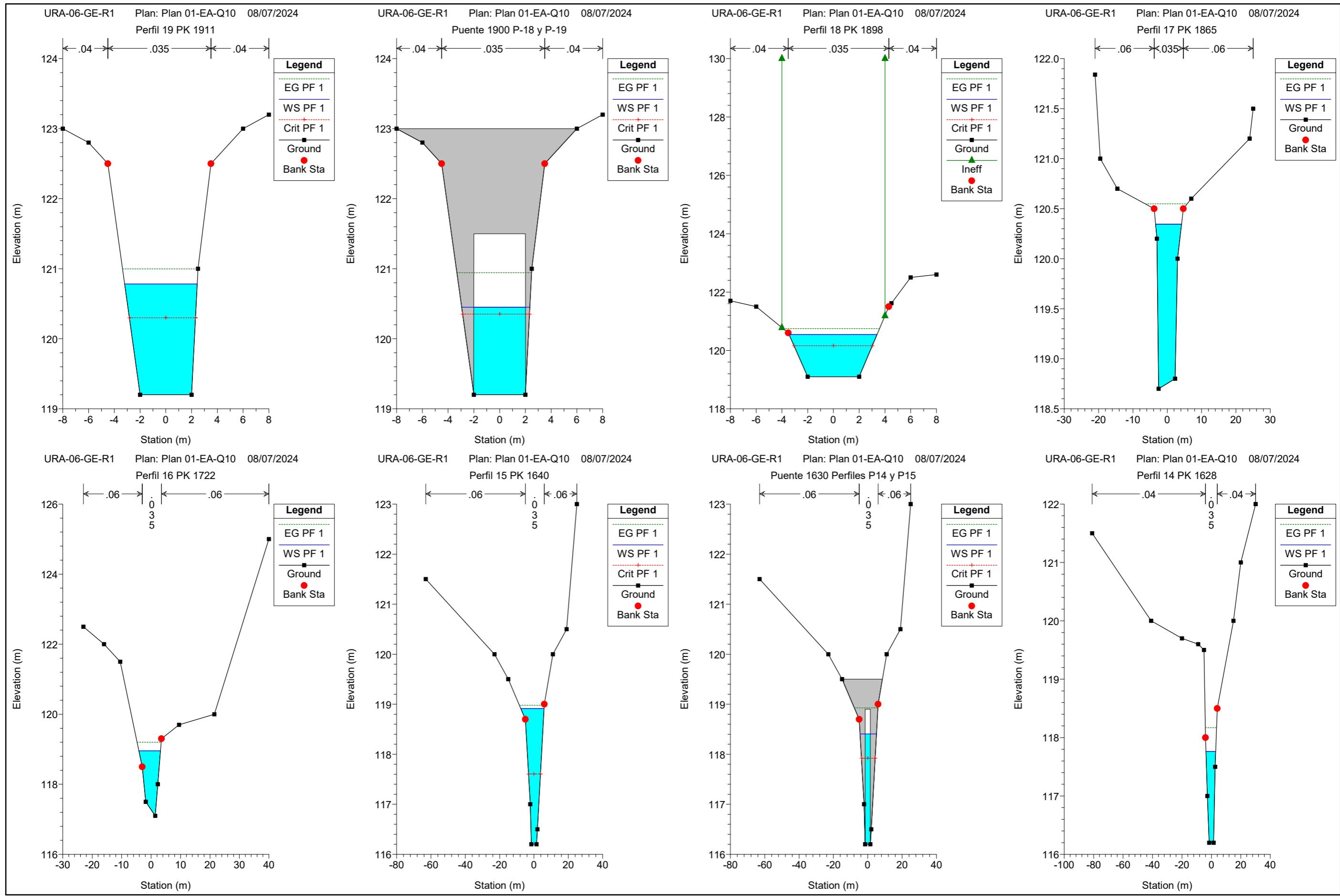
Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

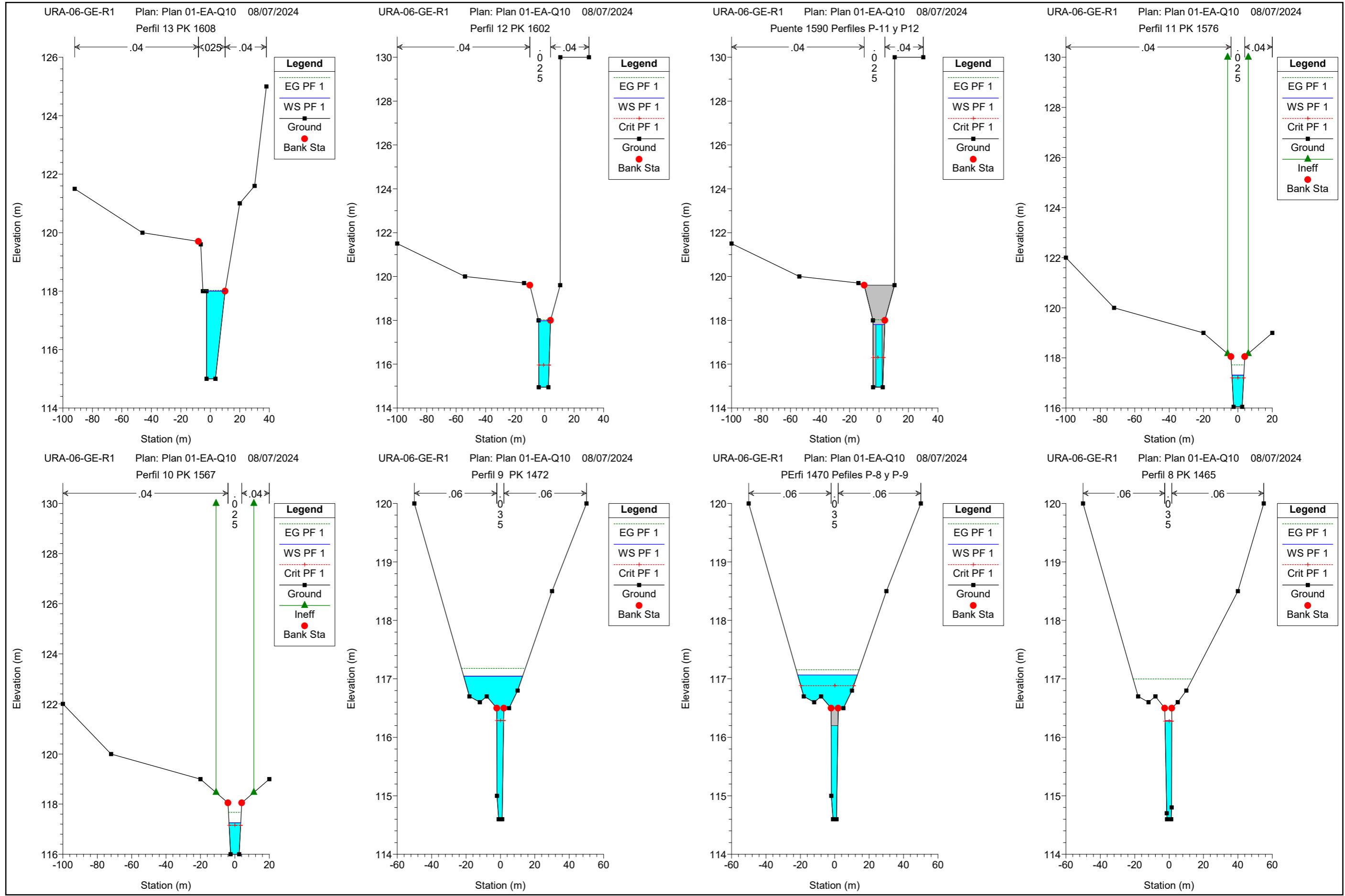
Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

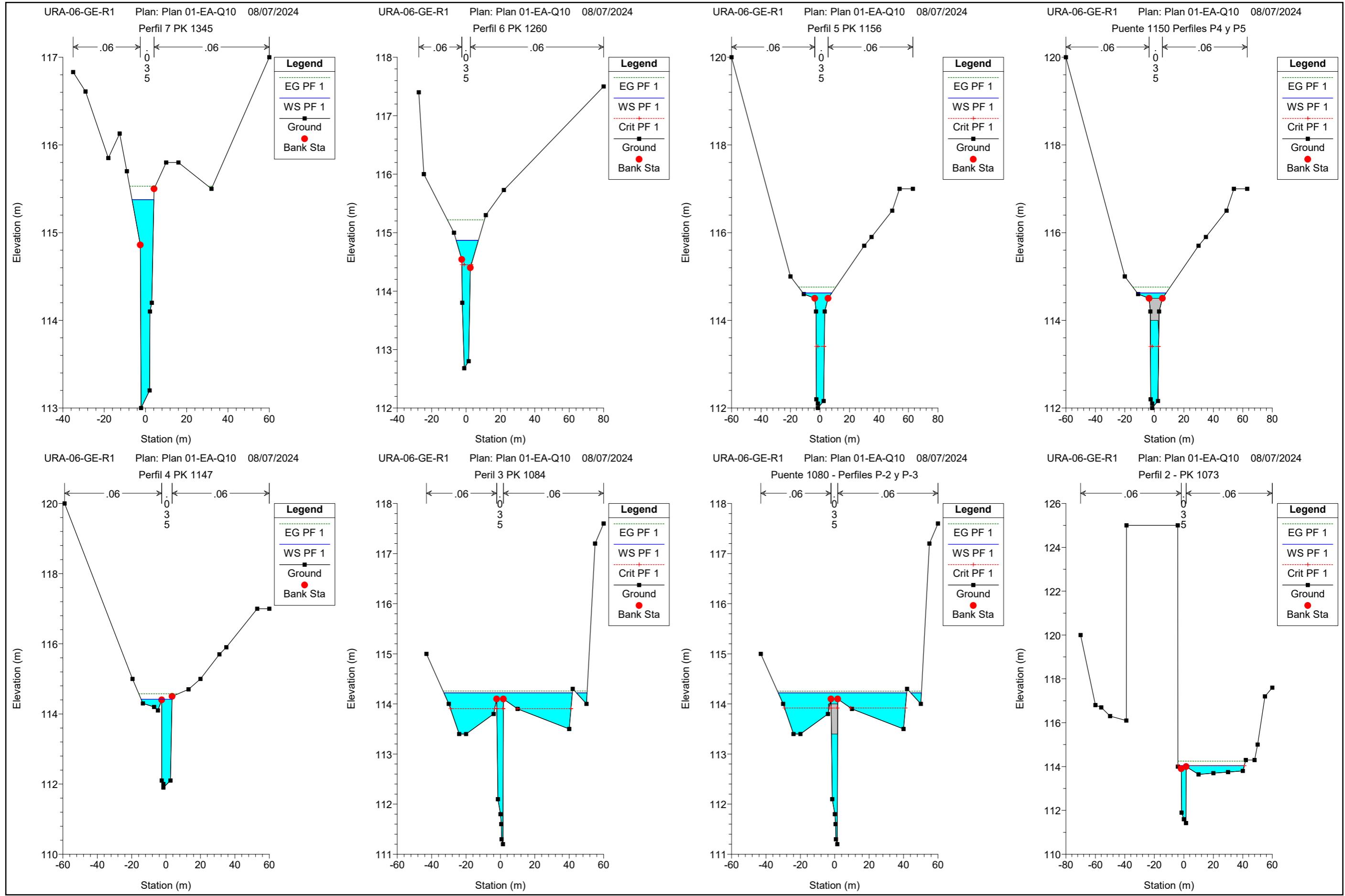
Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

3.3.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 1.-



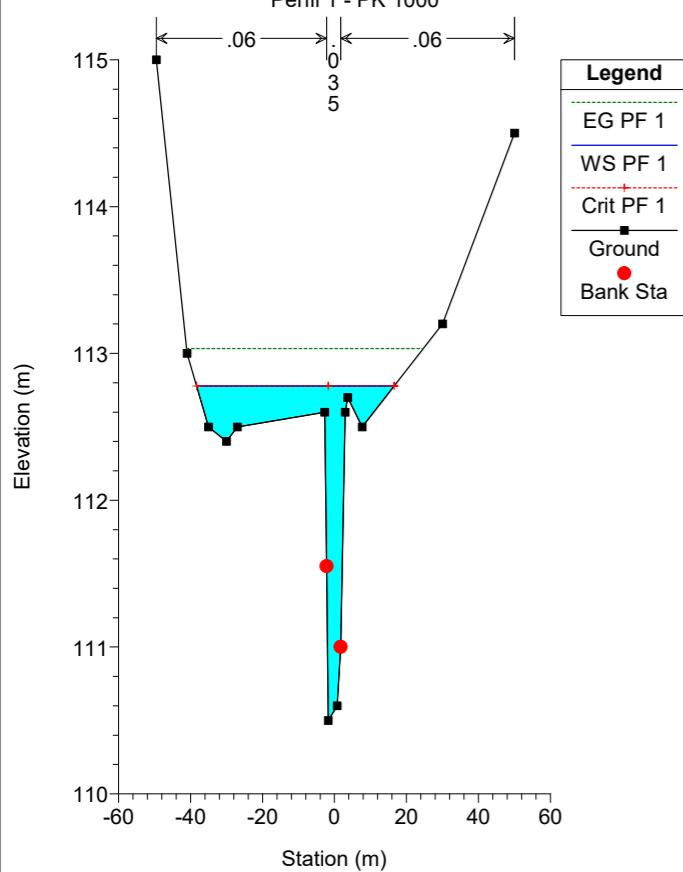




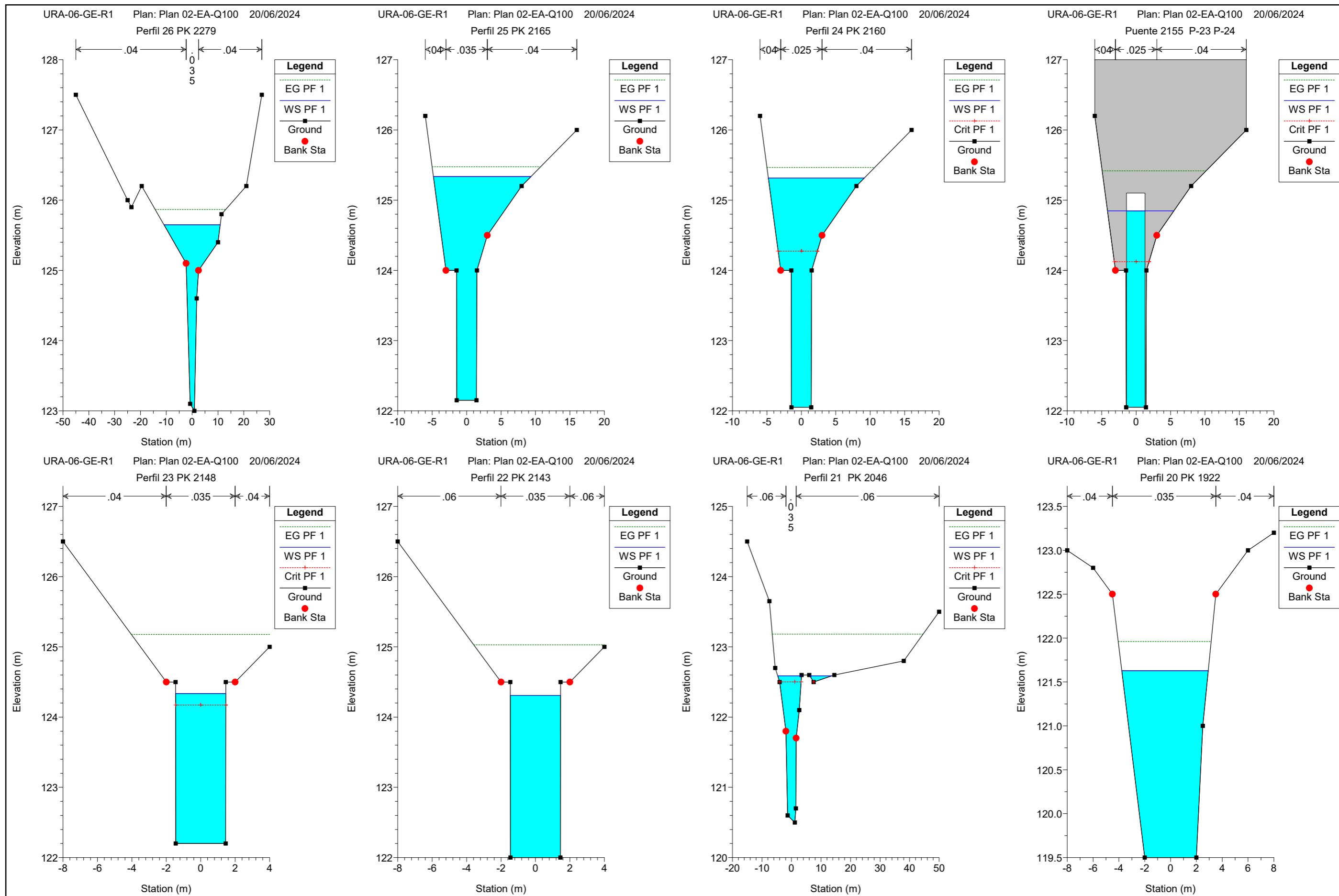


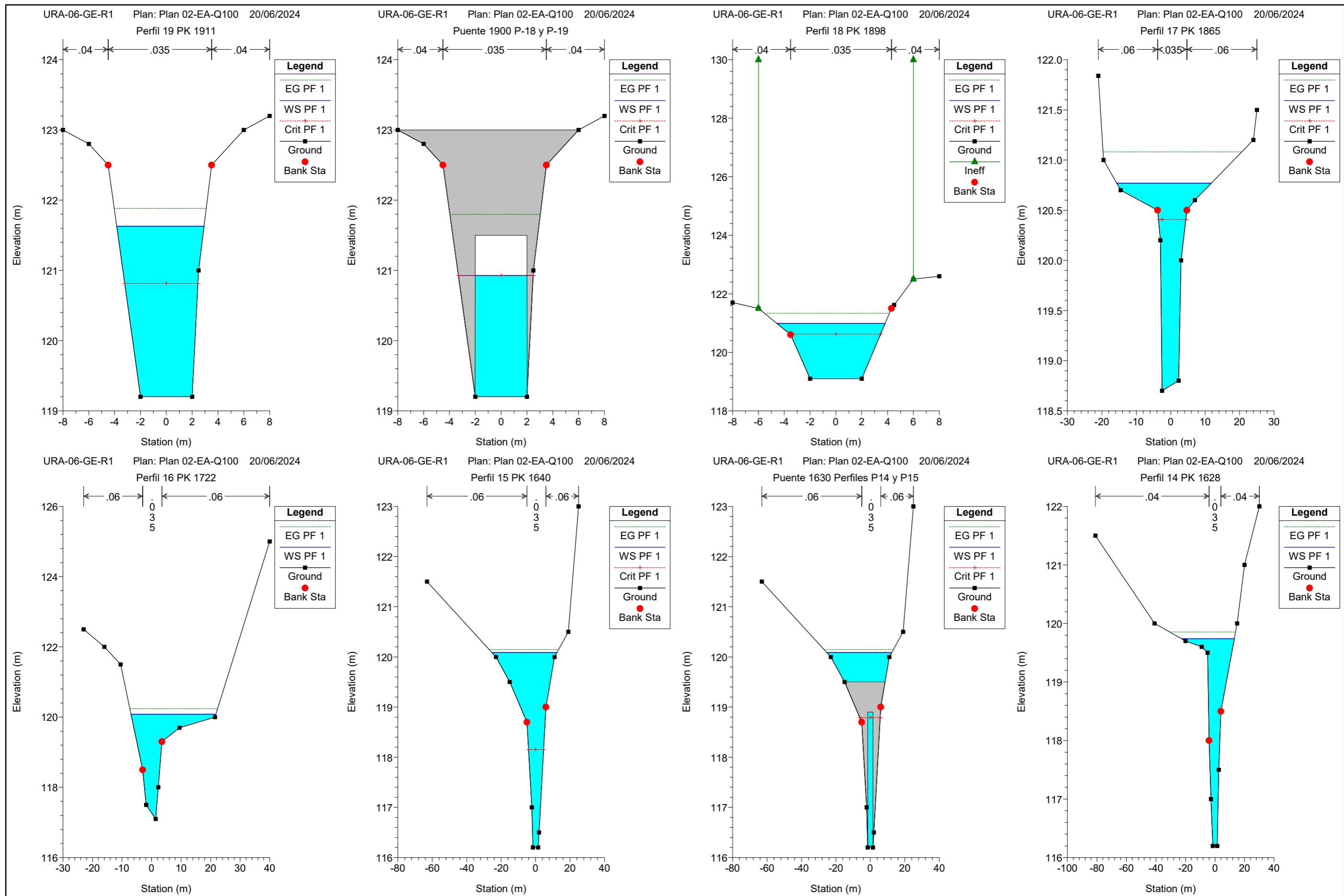
URA-06-GE-R1 Plan: Plan 01-EA-Q10 08/07/2024

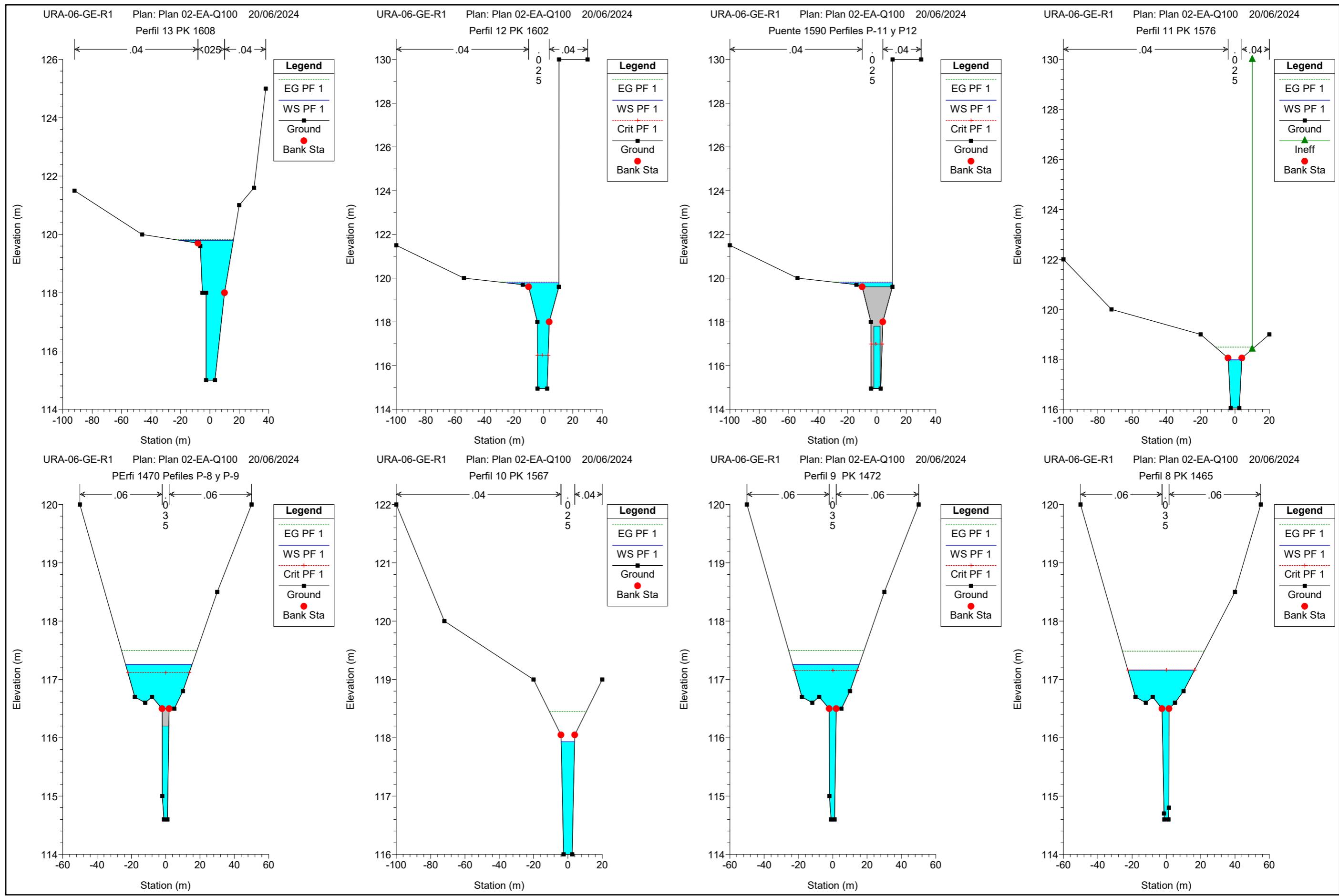
Perfil 1 - PK 1000

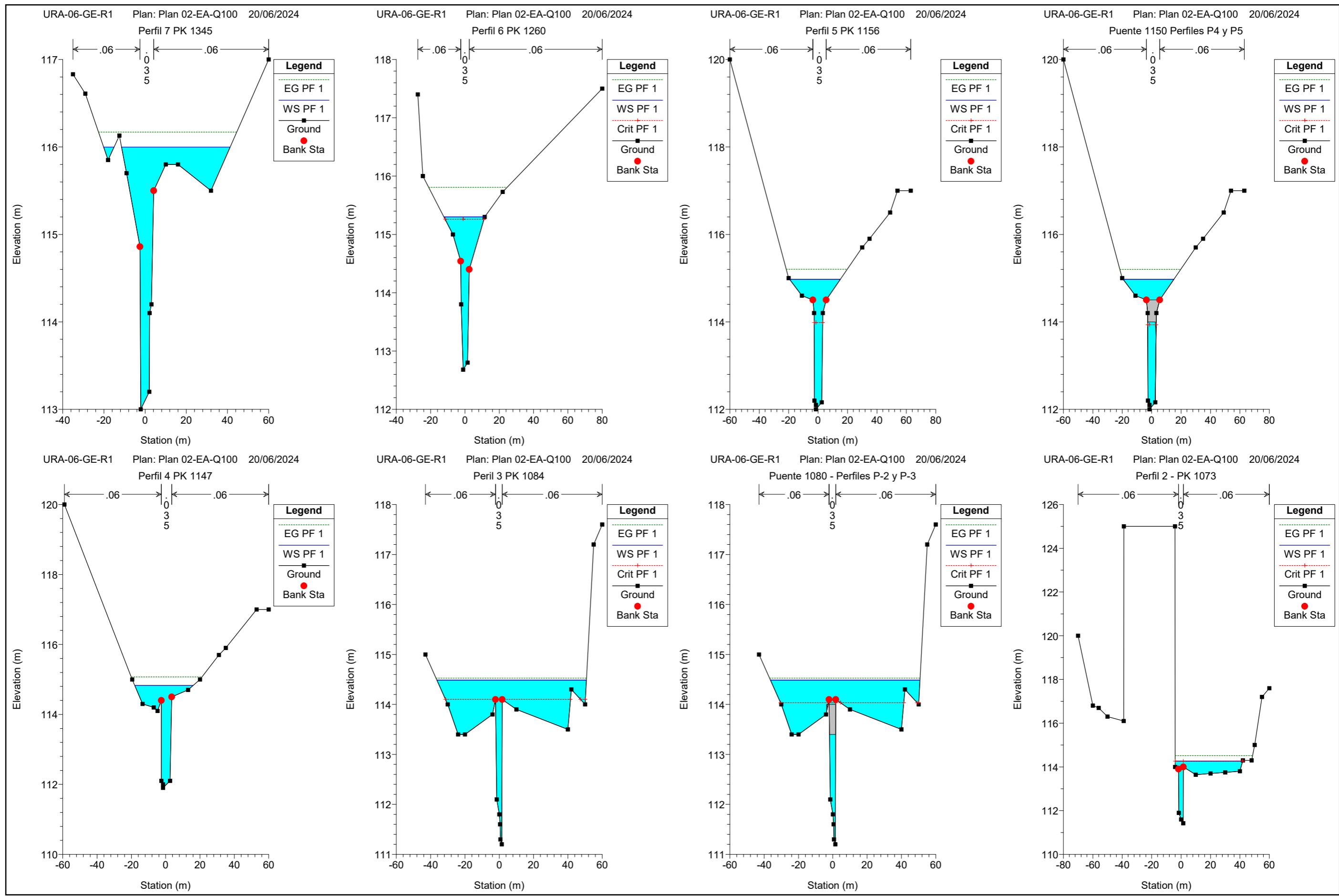


3.3.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 2.-



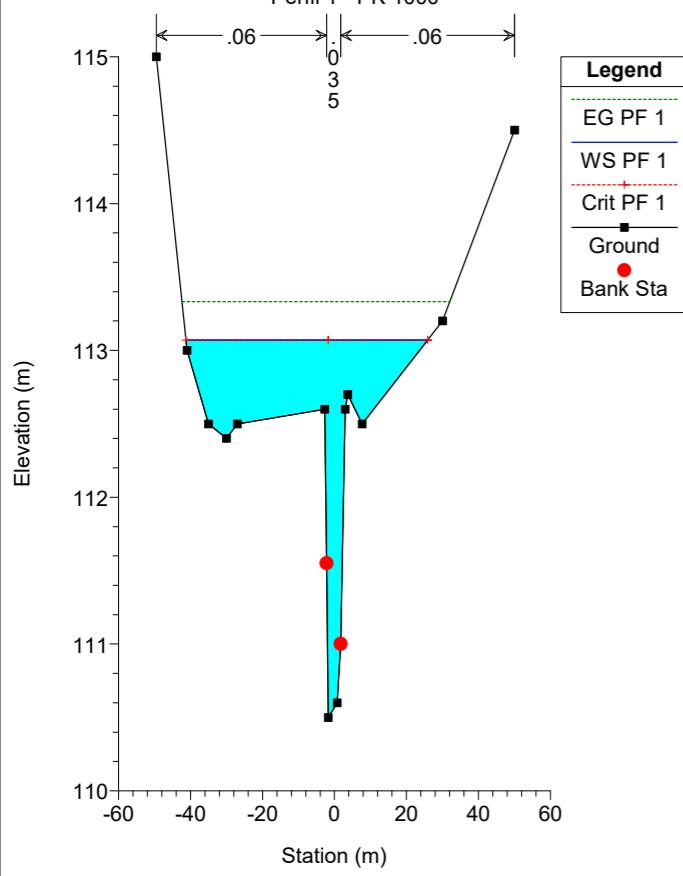




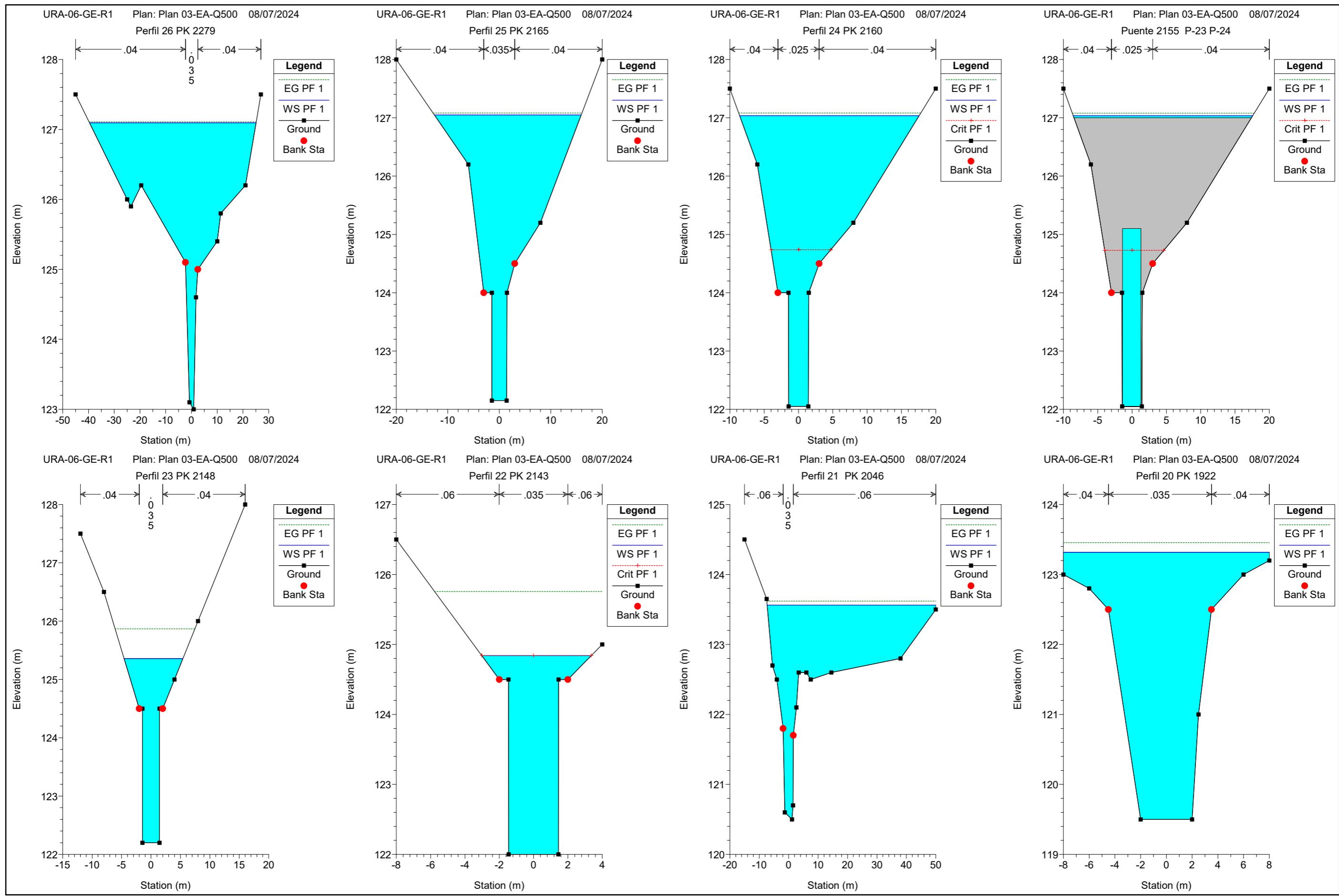


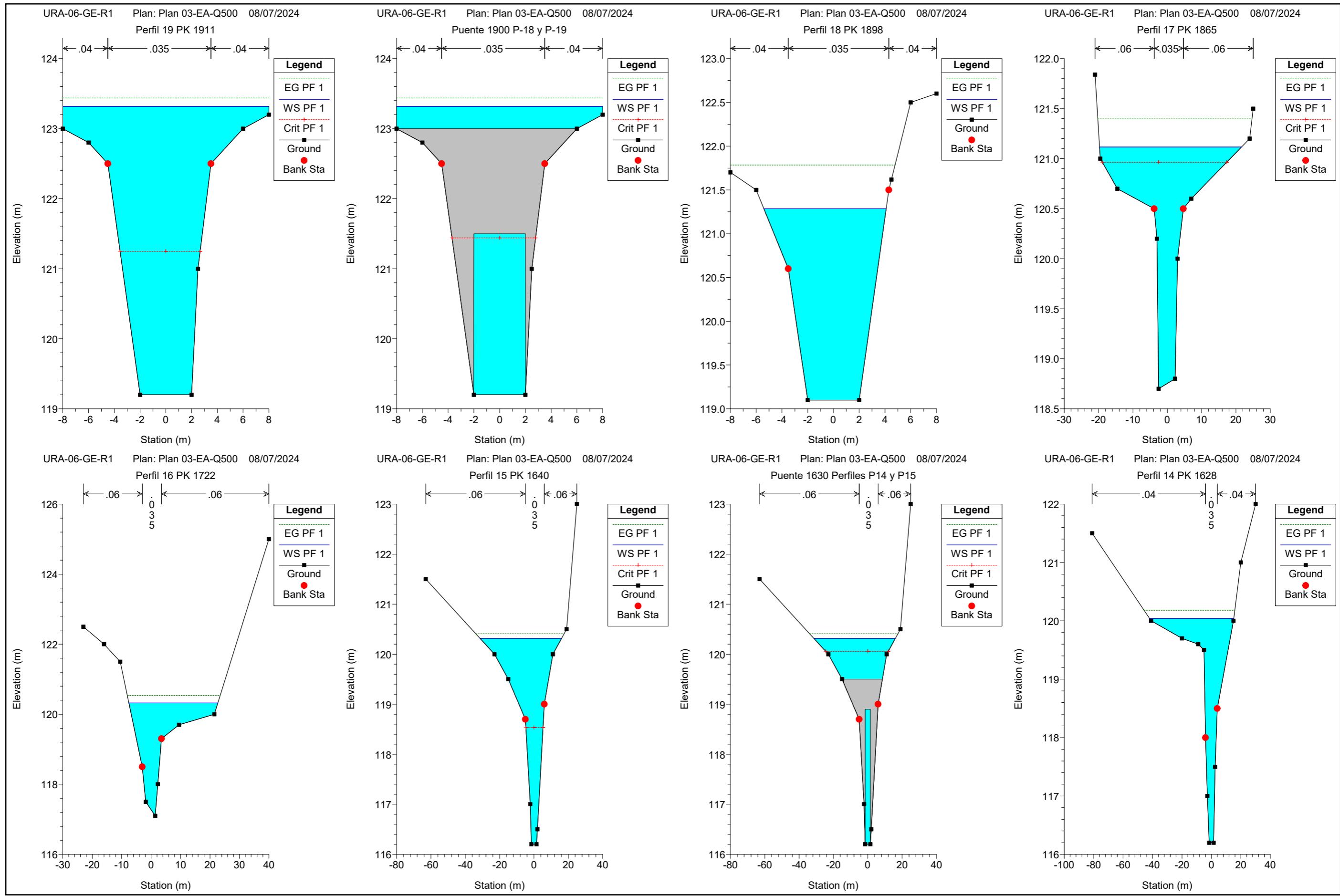
URA-06-GE-R1 Plan: Plan 02-EA-Q100 20/06/2024

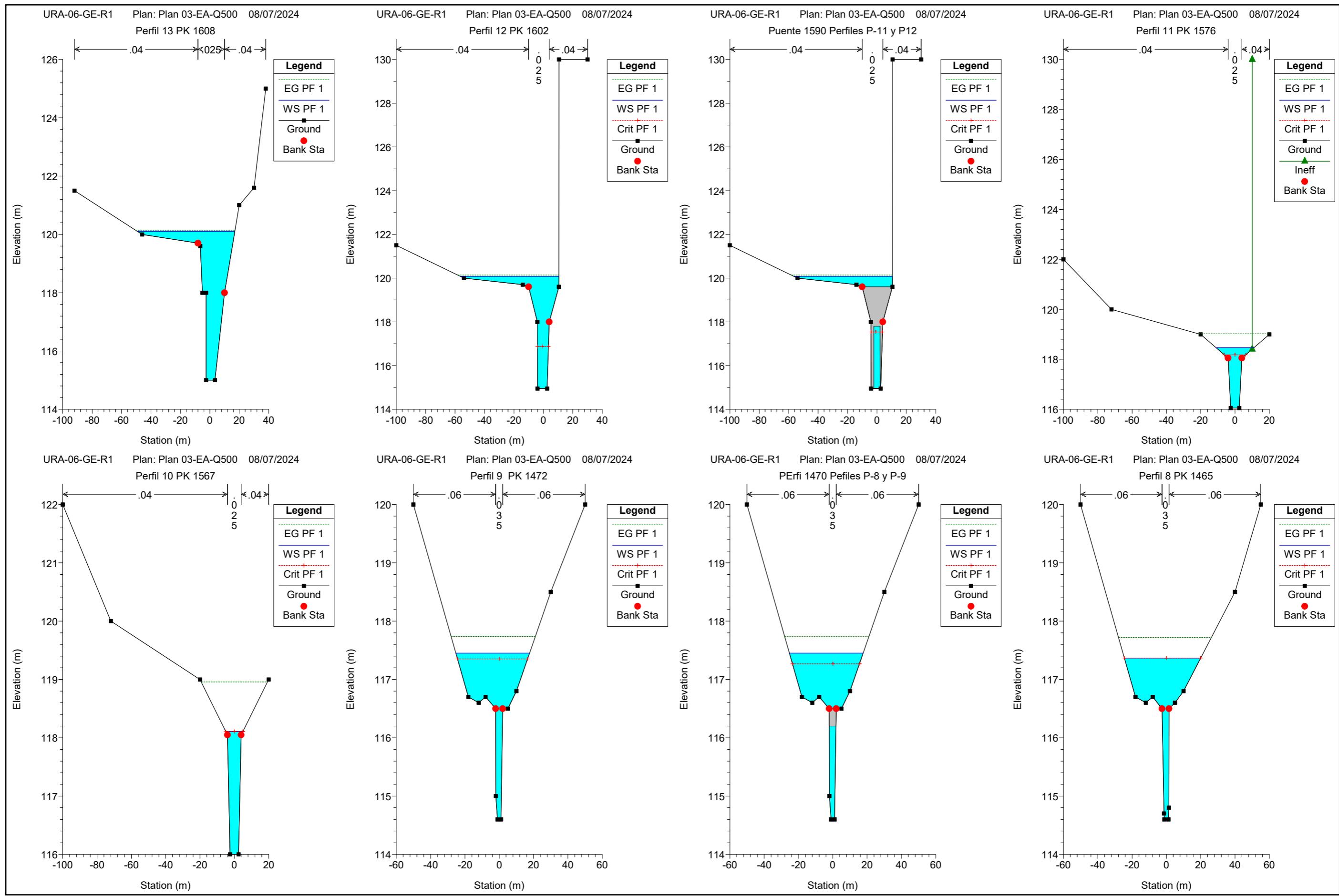
Perfil 1 - PK 1000

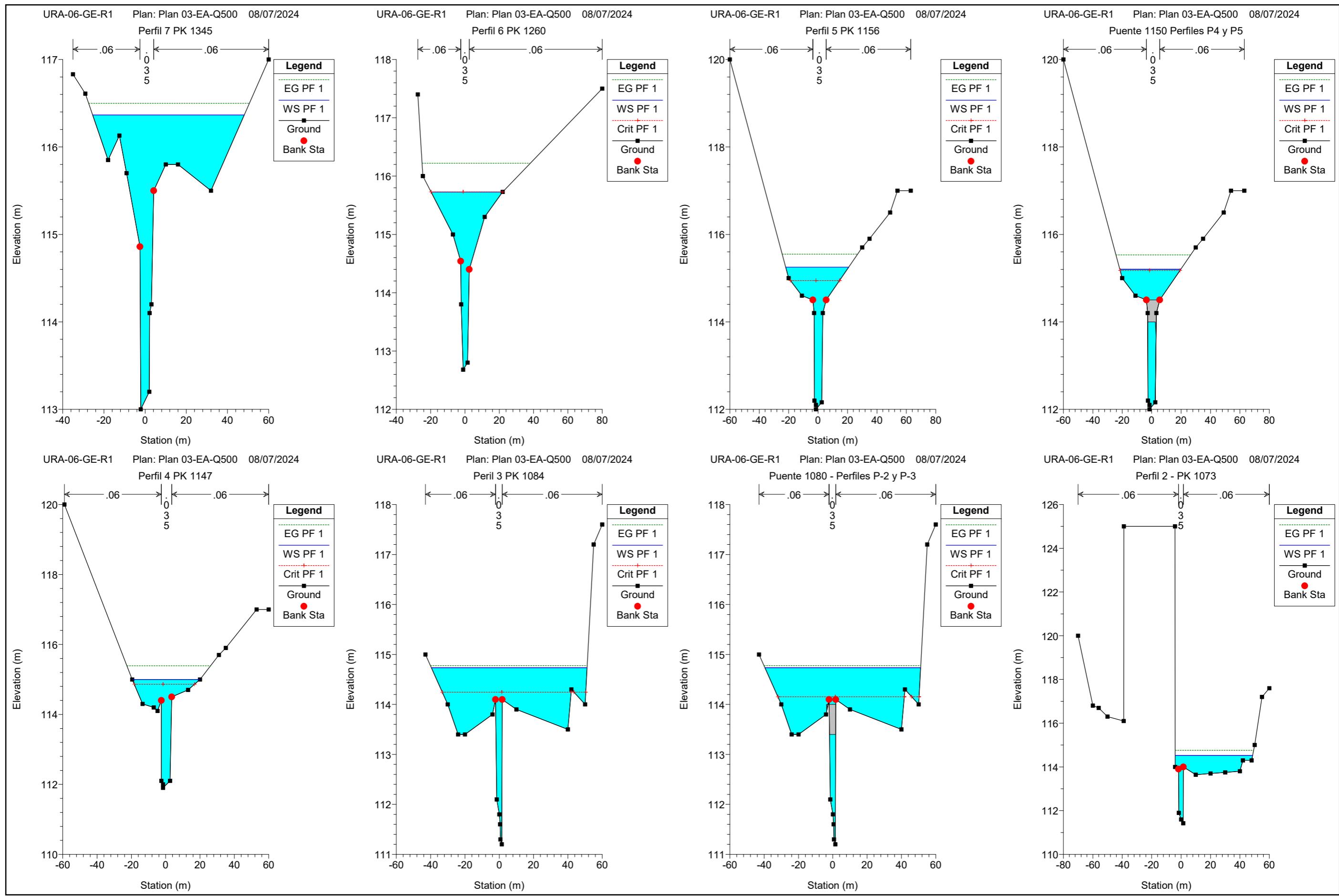


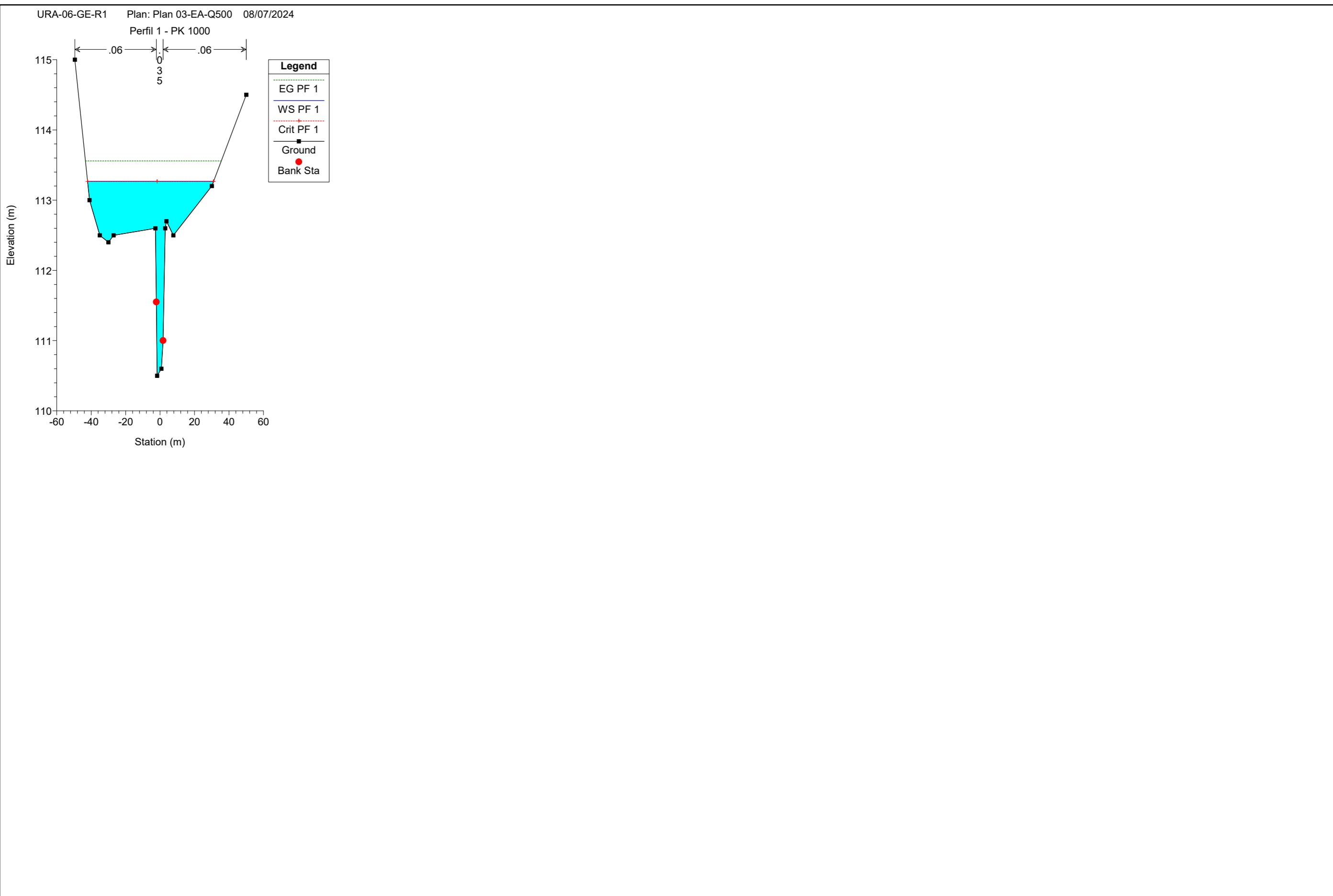
3.3.1.- Modelo 1 – Estado Actual -Plan 3.-











### 3.3.- Perfiles Transversales

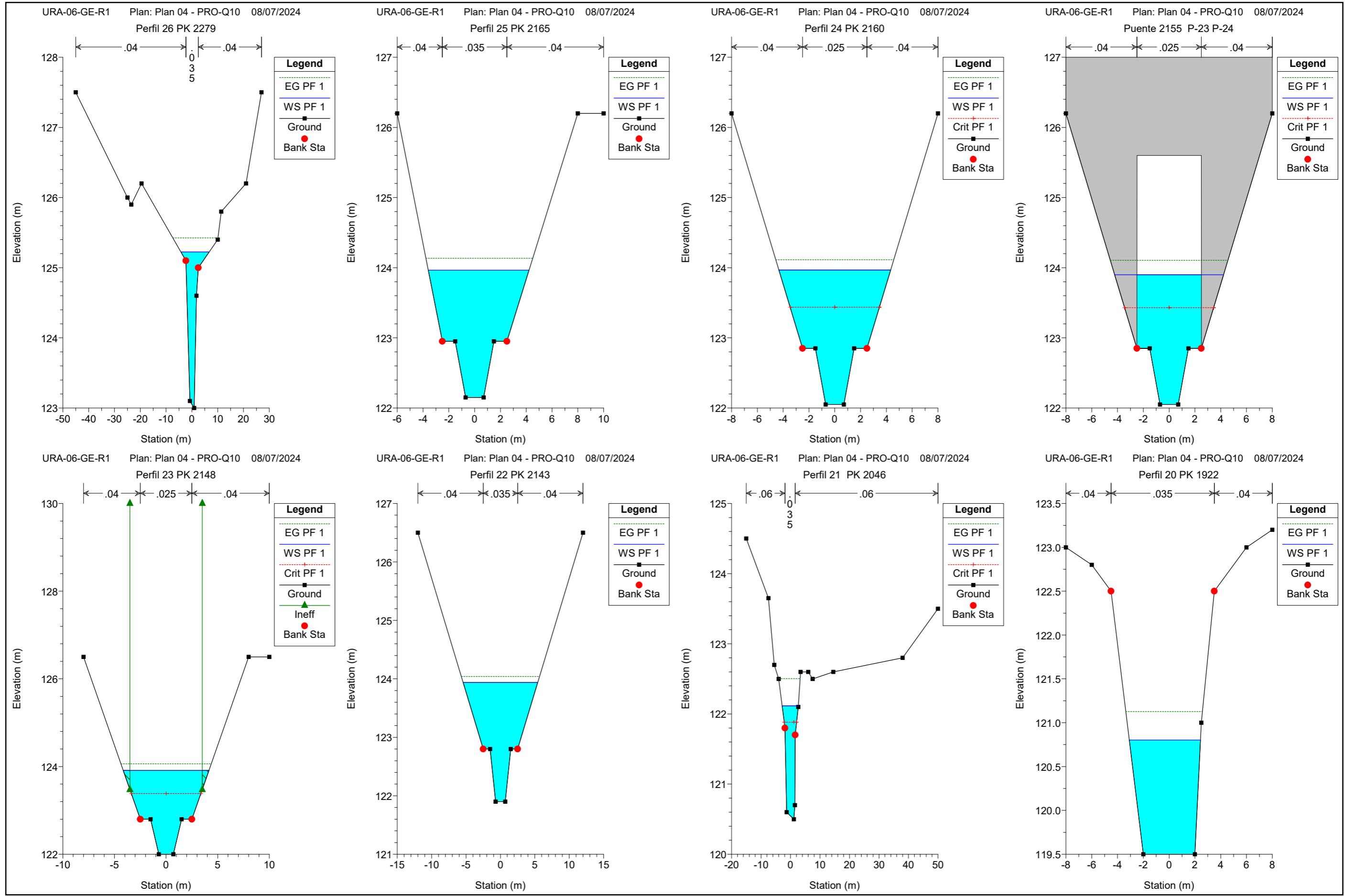
#### 3.3.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas

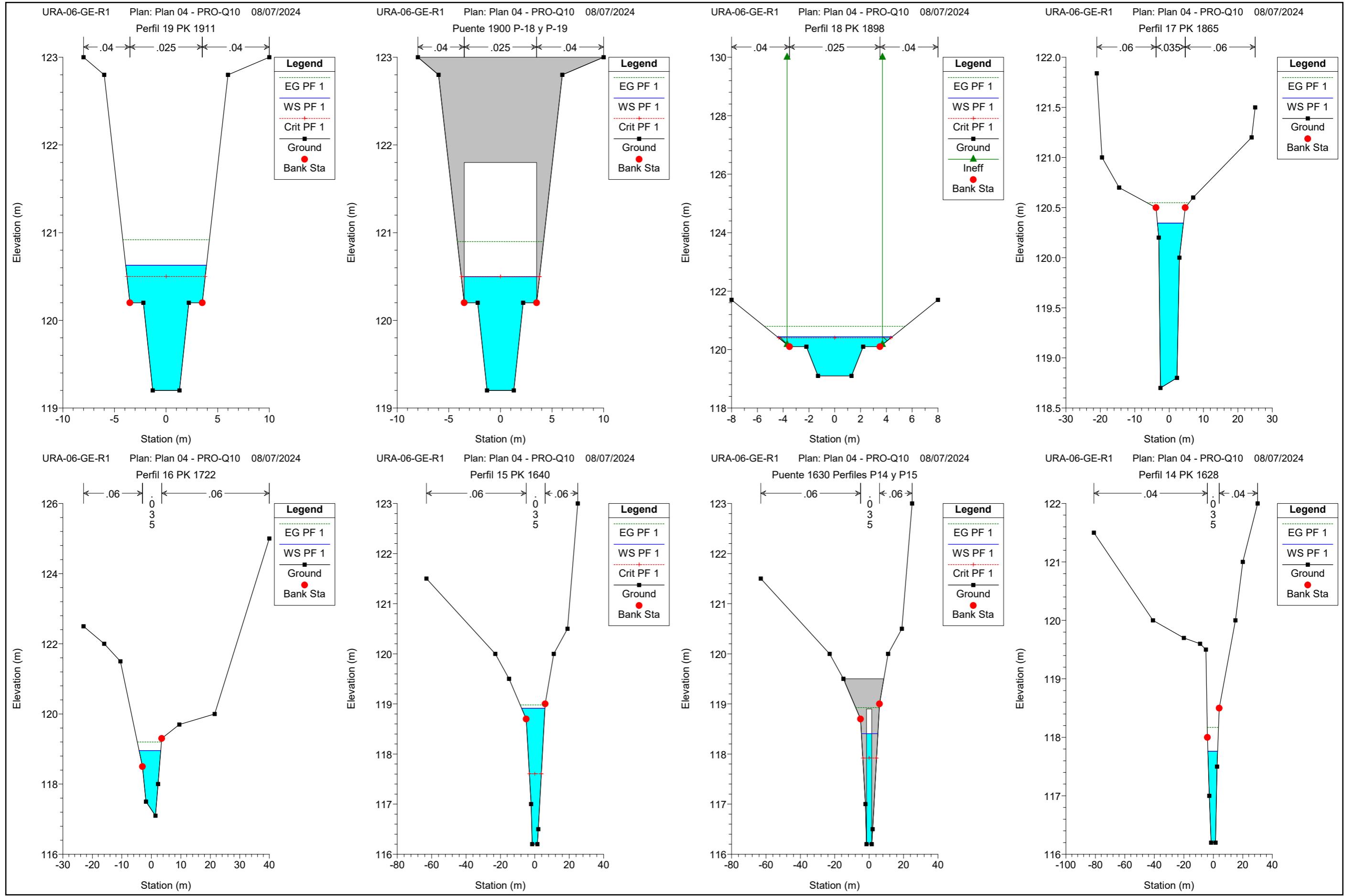
Plan 4.- Geometría Q10 – Caudal Q10

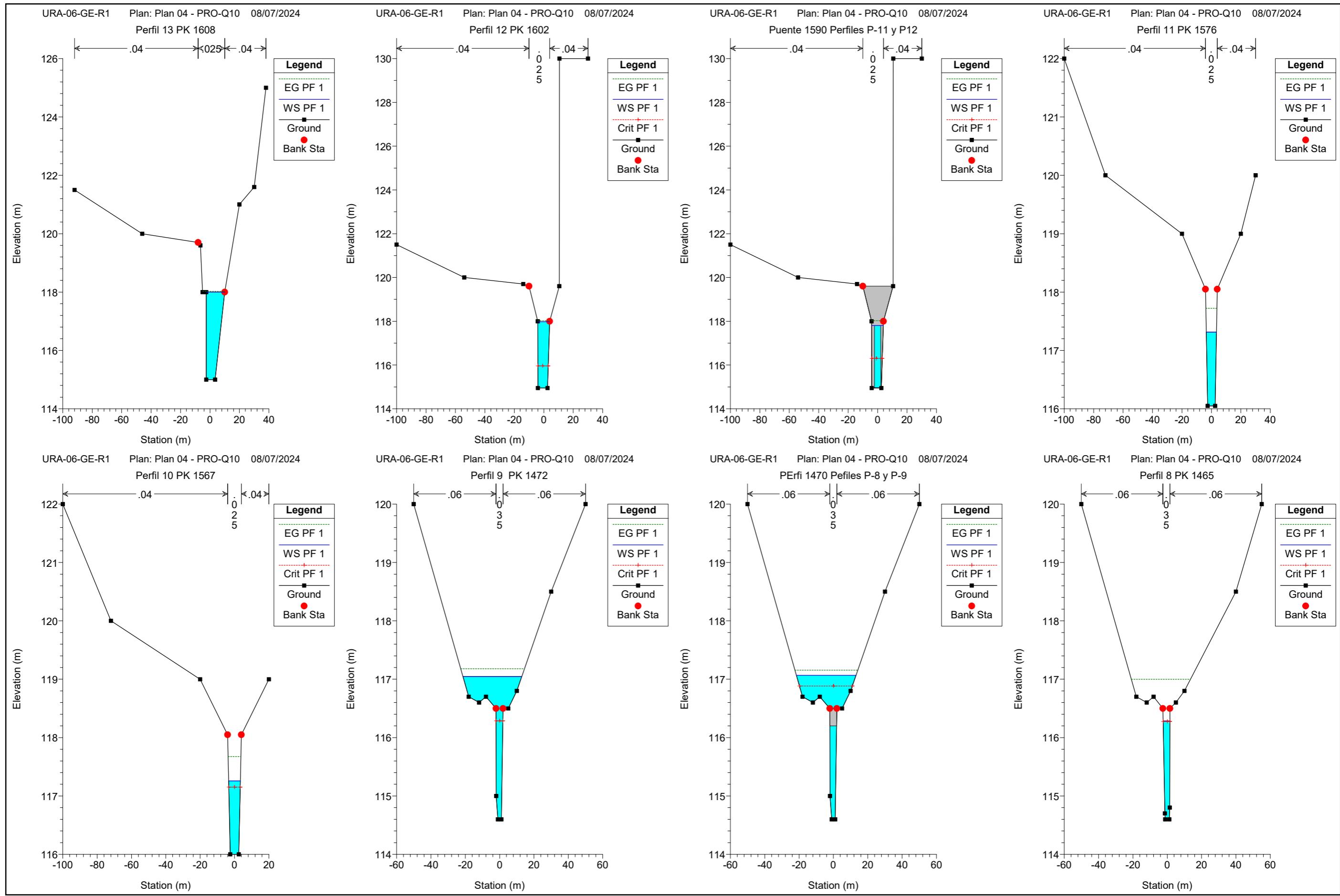
Plan 5.- Geometría Q100 – Caudal Q100

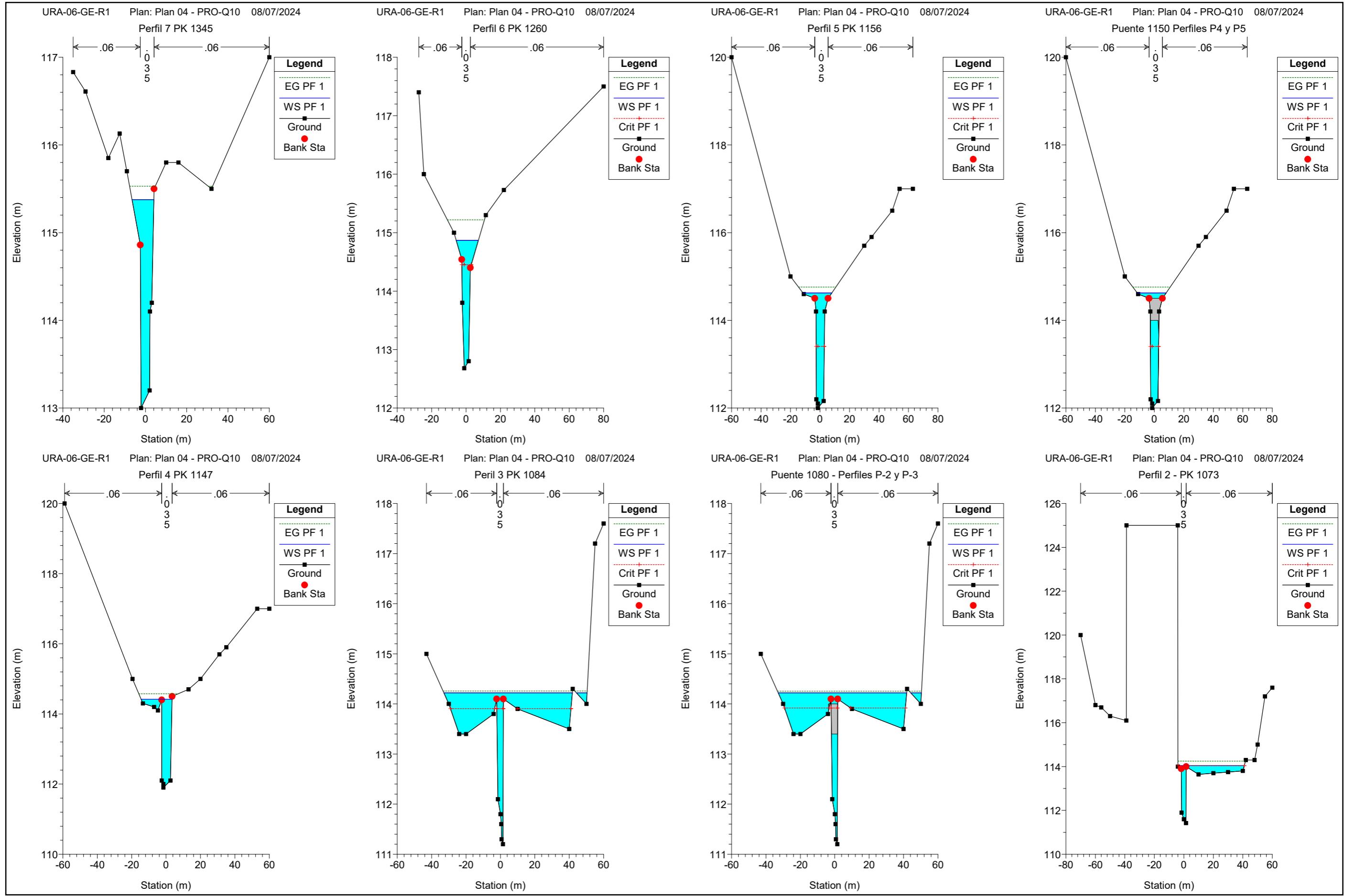
Plan 6.- Geometría Q500 – Caudal Q500

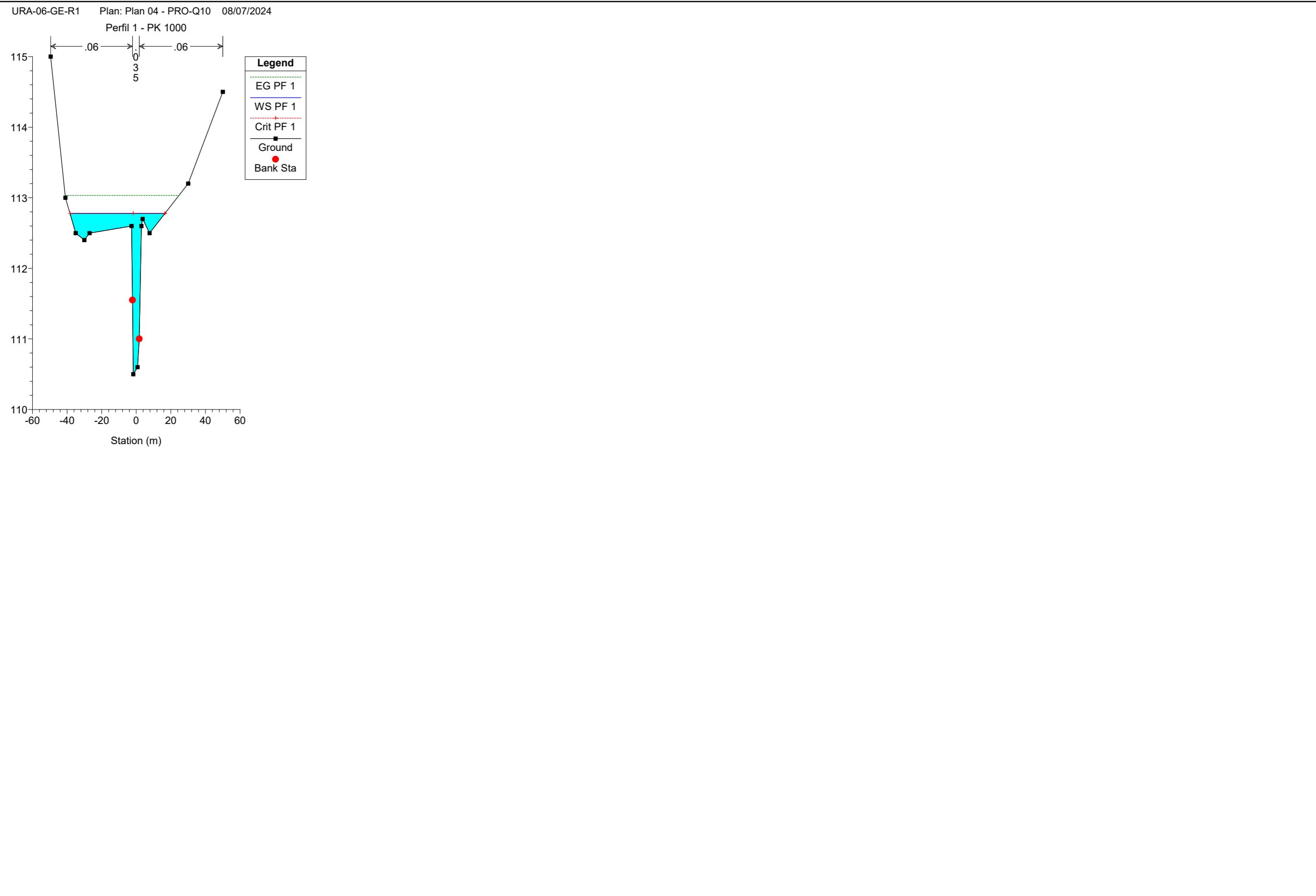
3.3.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 4.-



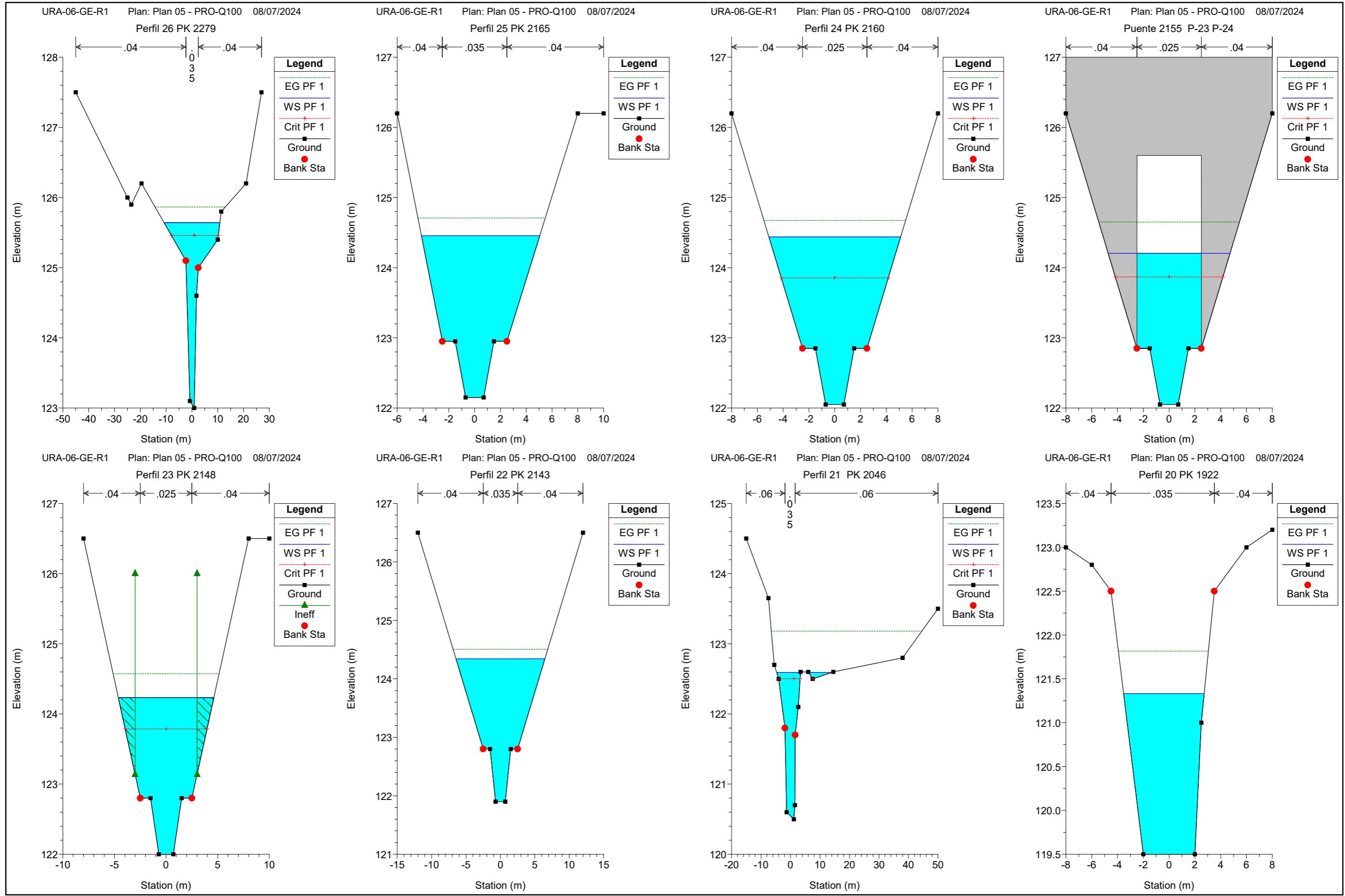


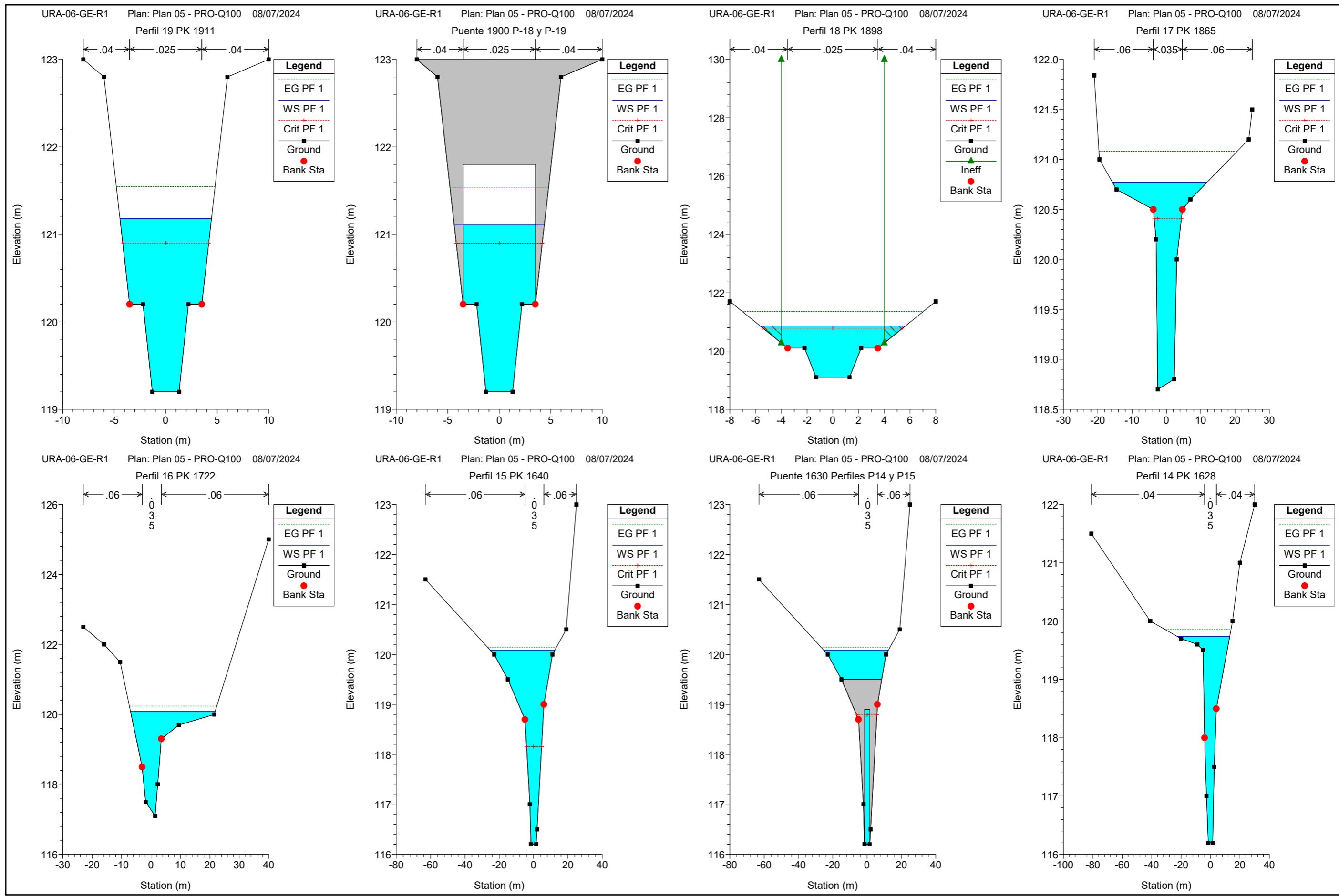


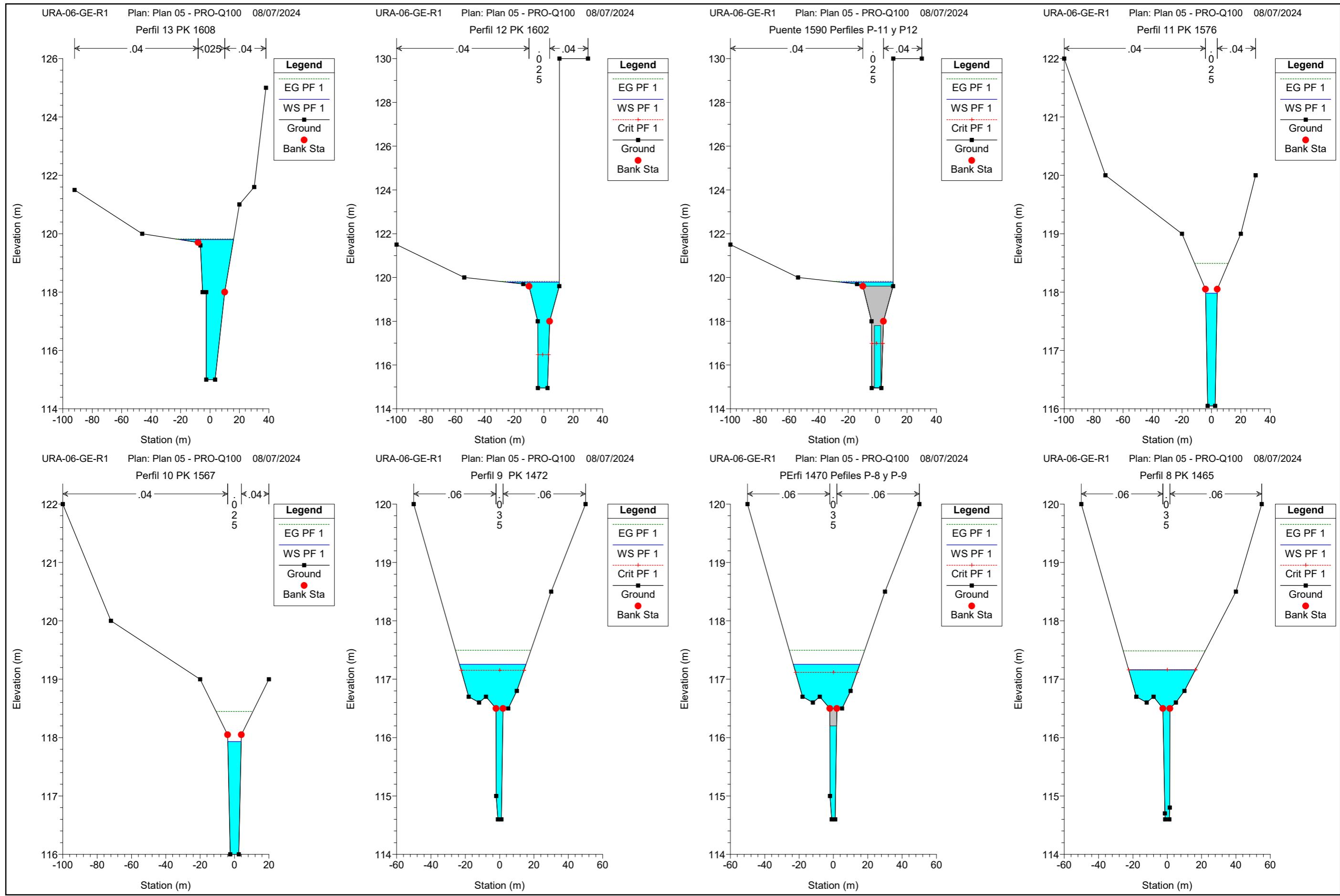


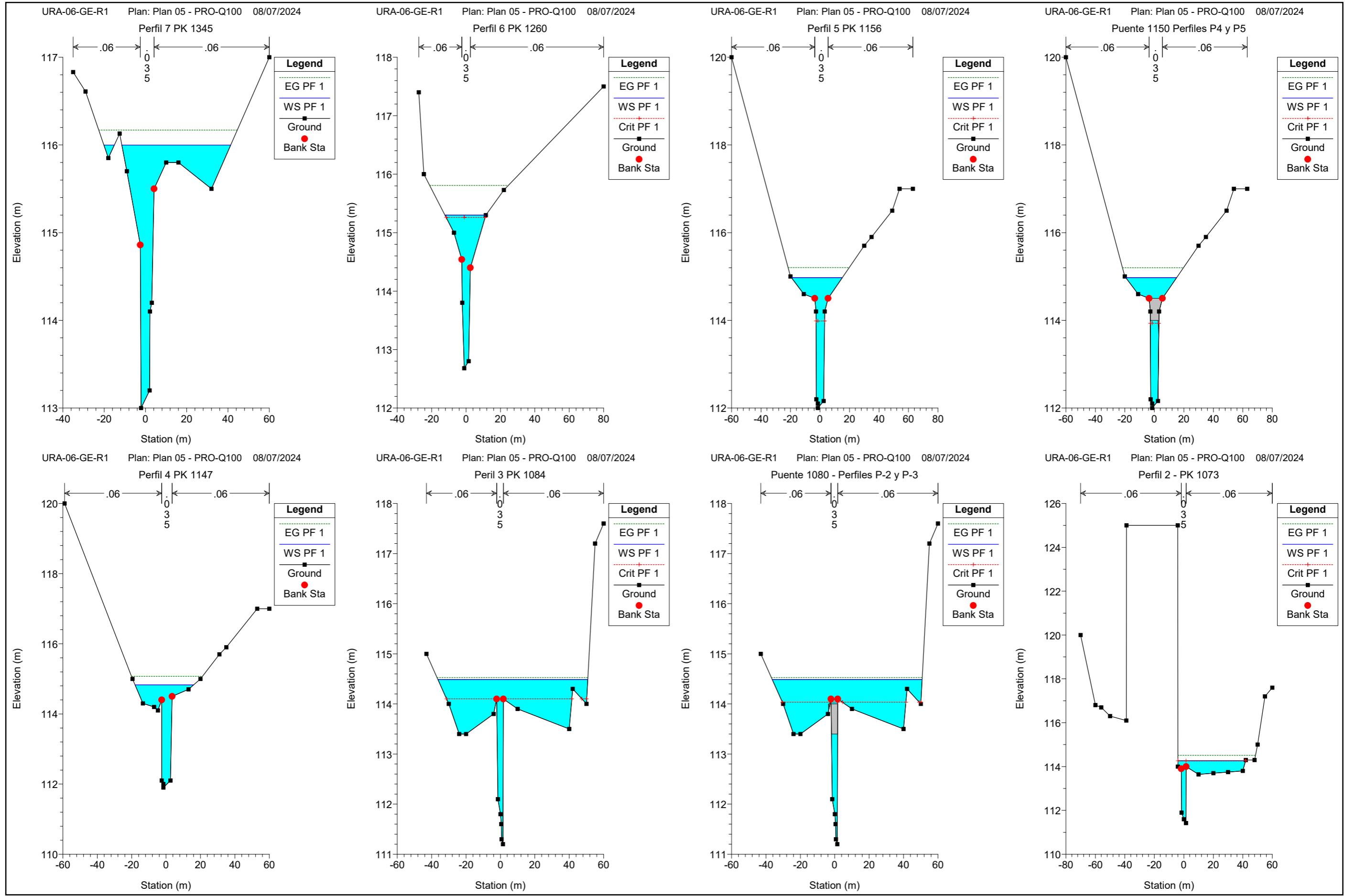


### 3.3.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 5.-



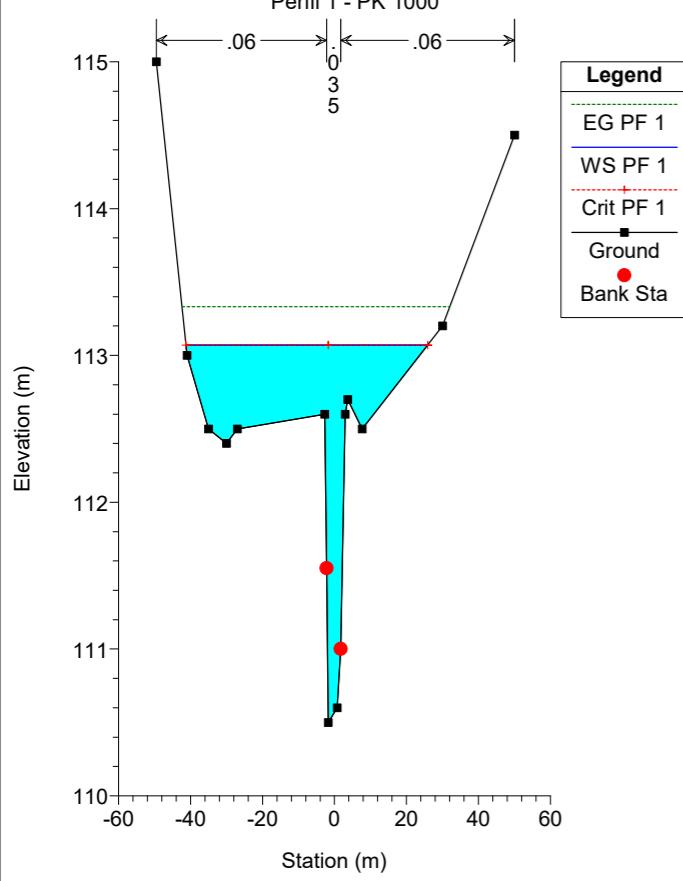




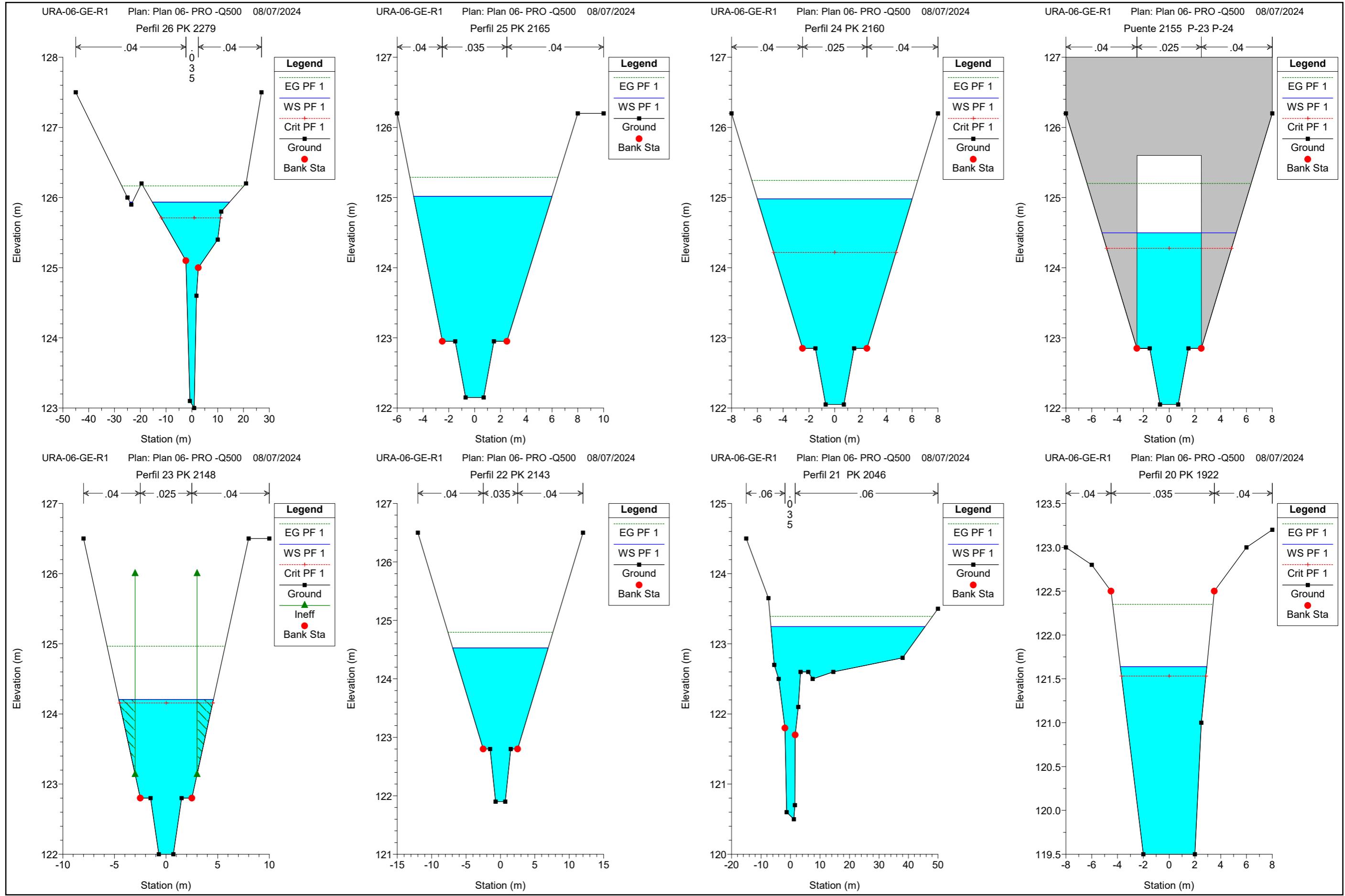


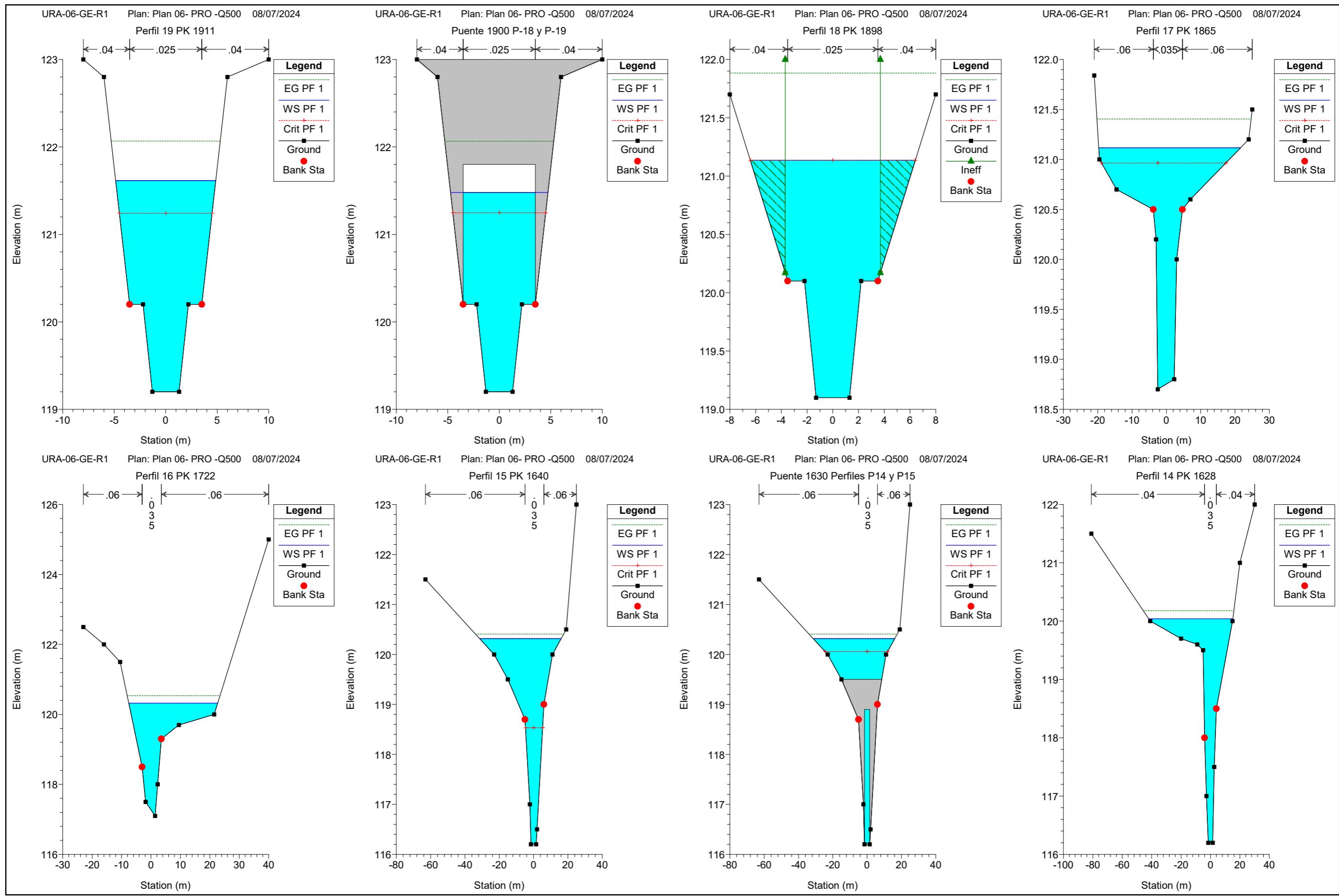
URA-06-GE-R1 Plan: Plan 05 - PRO-Q100 08/07/2024

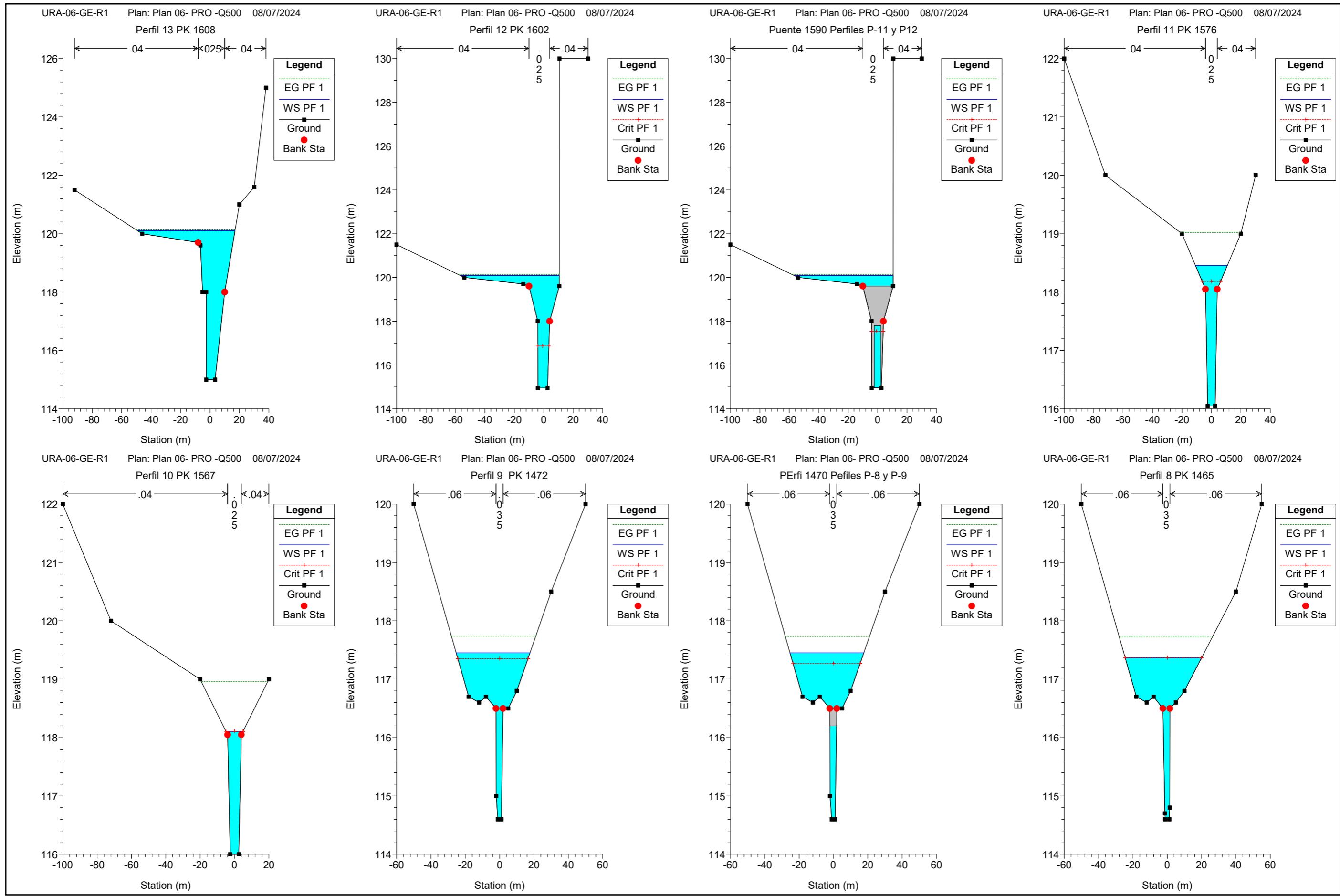
Perfil 1 - PK 1000

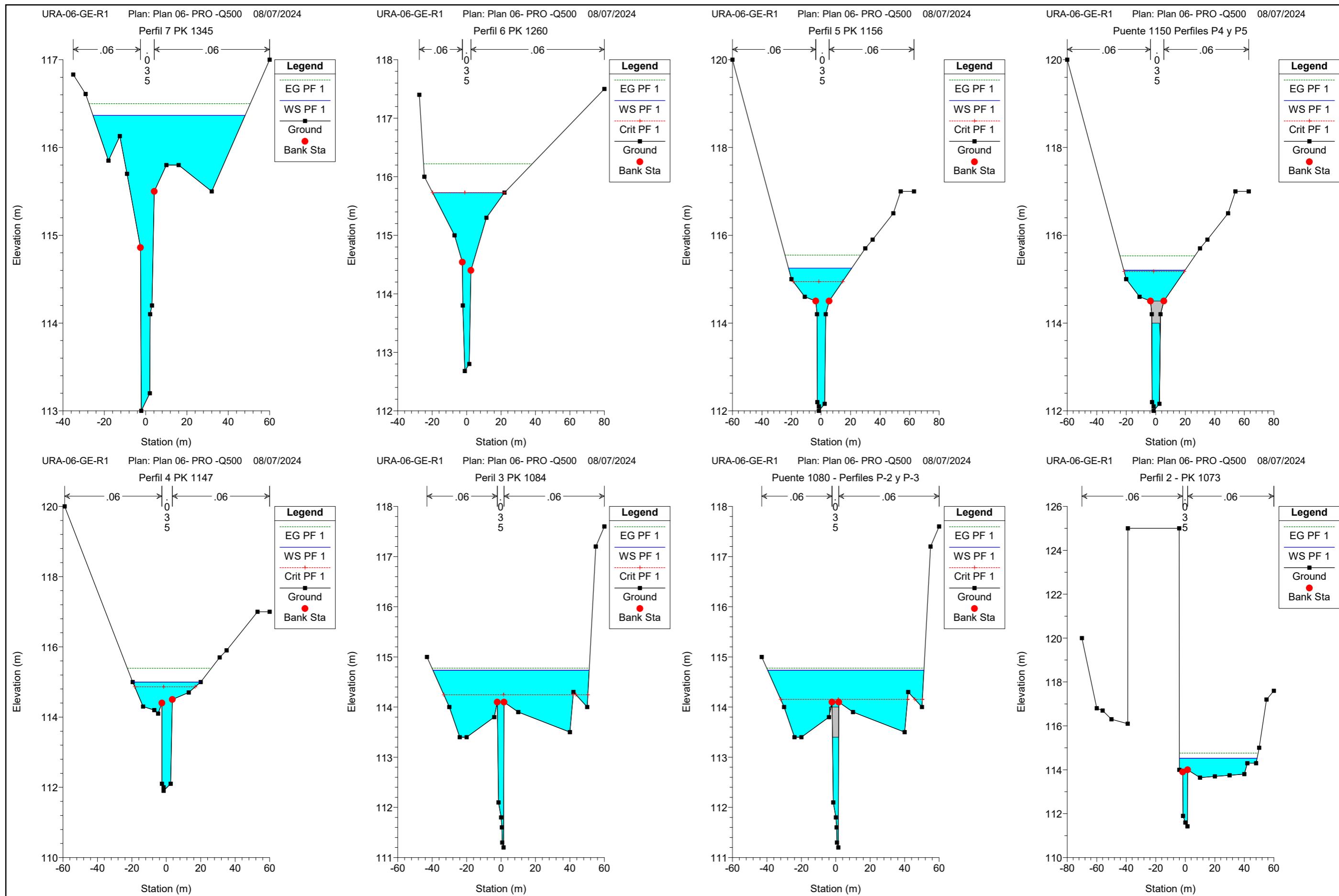


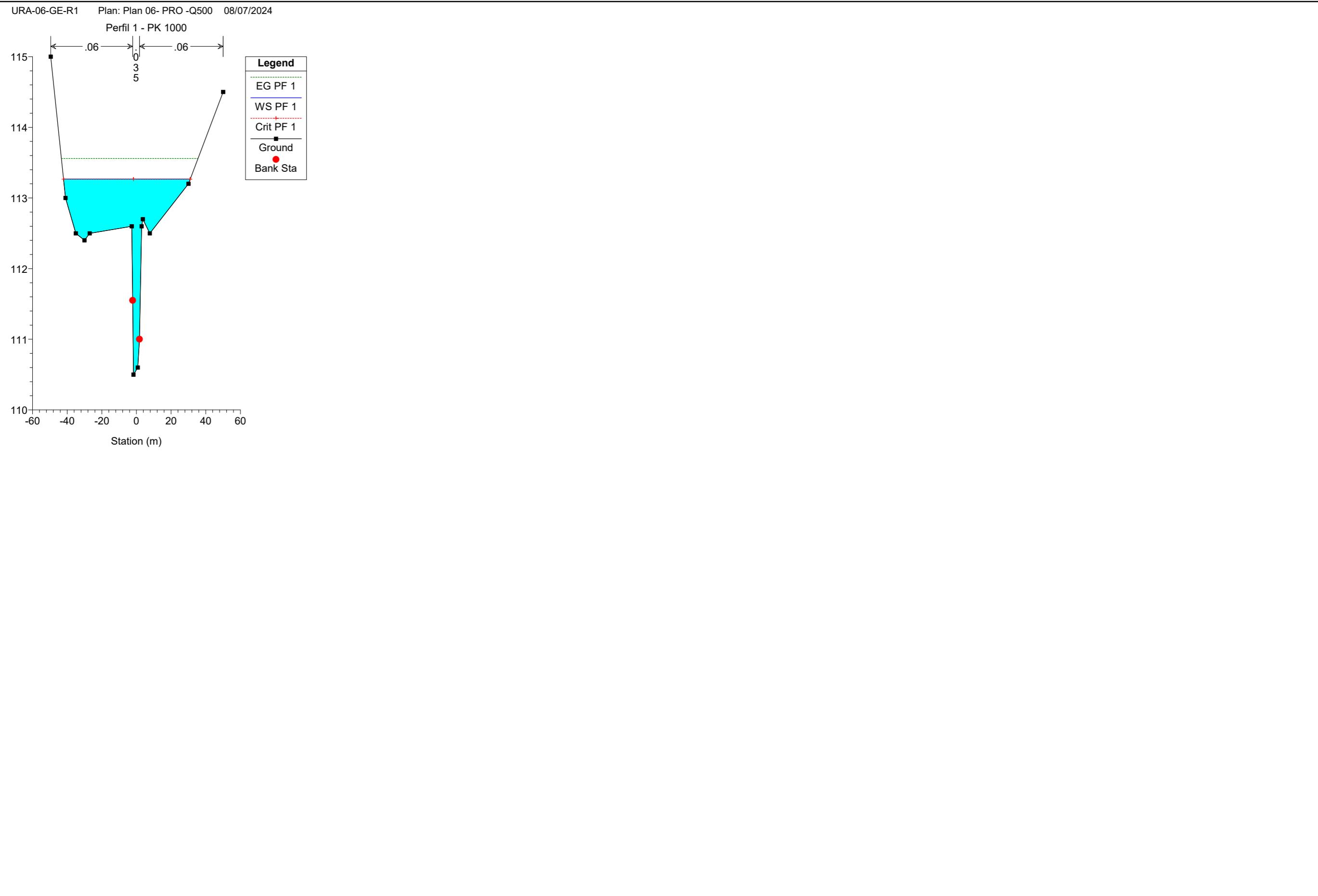
### 3.3.2.- Modelo 2 – Actuaciones proyectadas -Plan 6.-



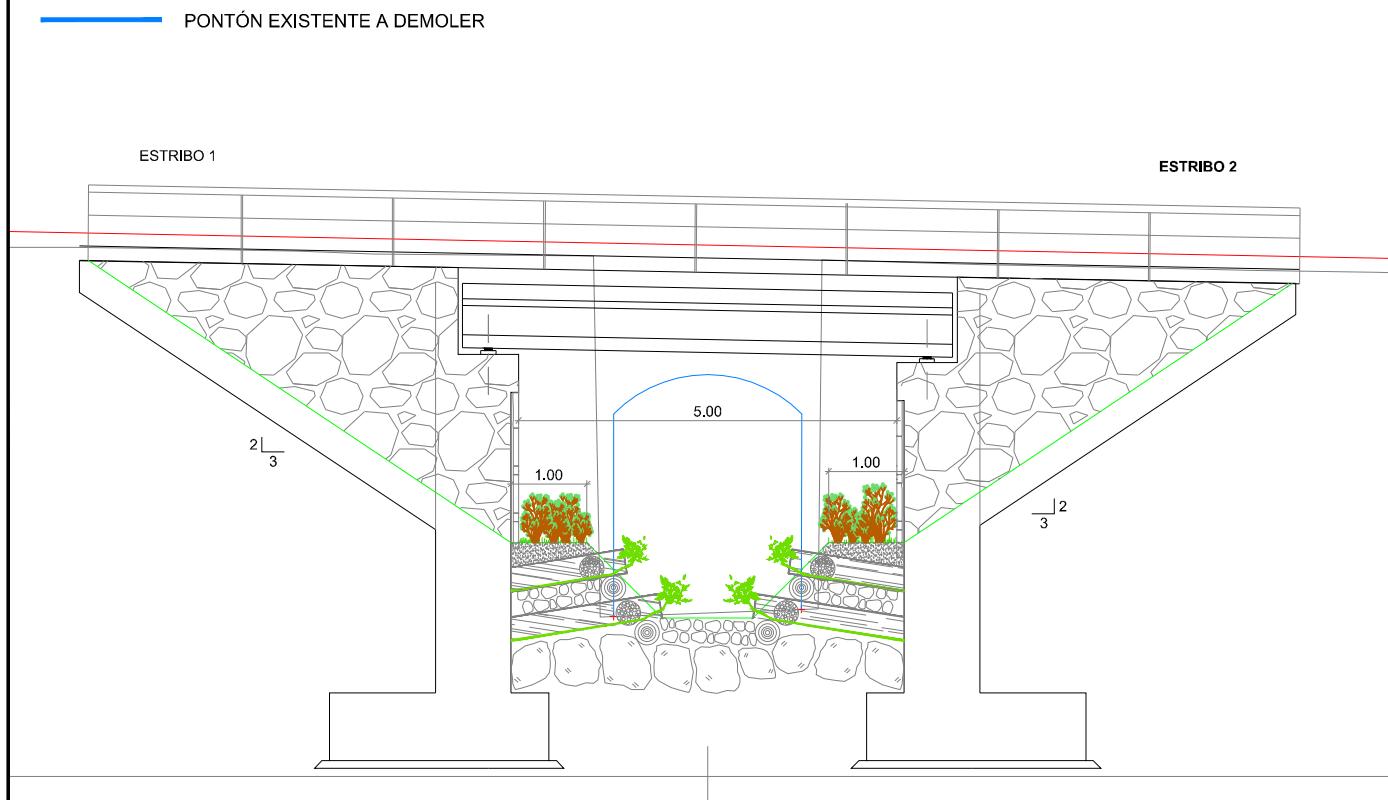
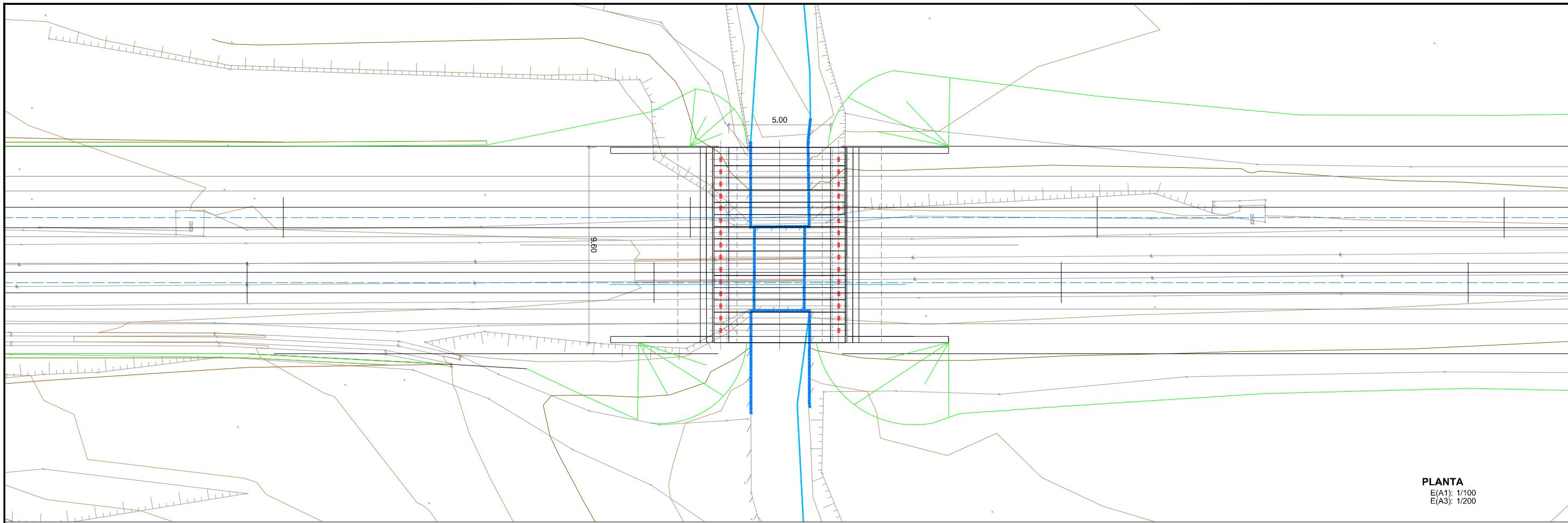




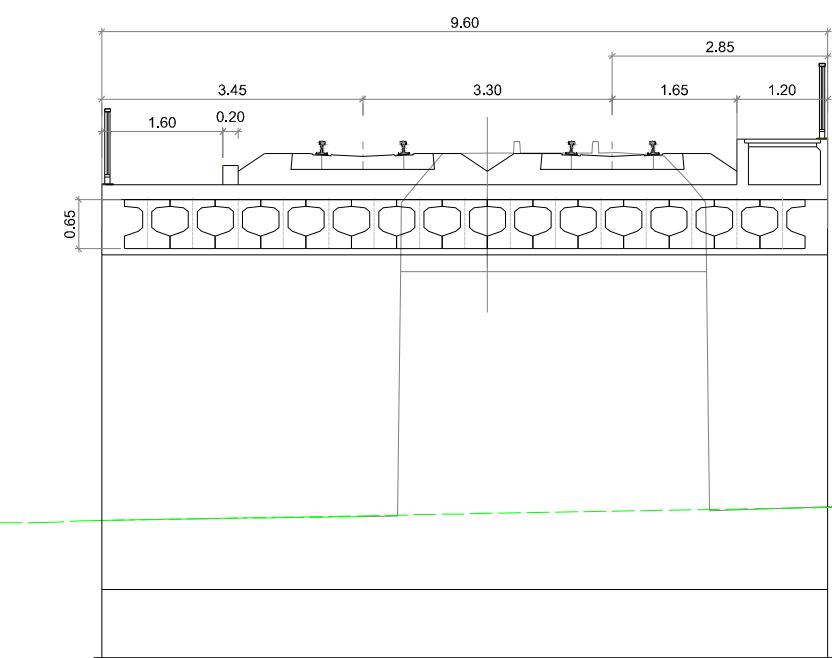




#### **4.- PLANOS DE LAS OBRAS DE FÁBRICA PROPUESTAS**



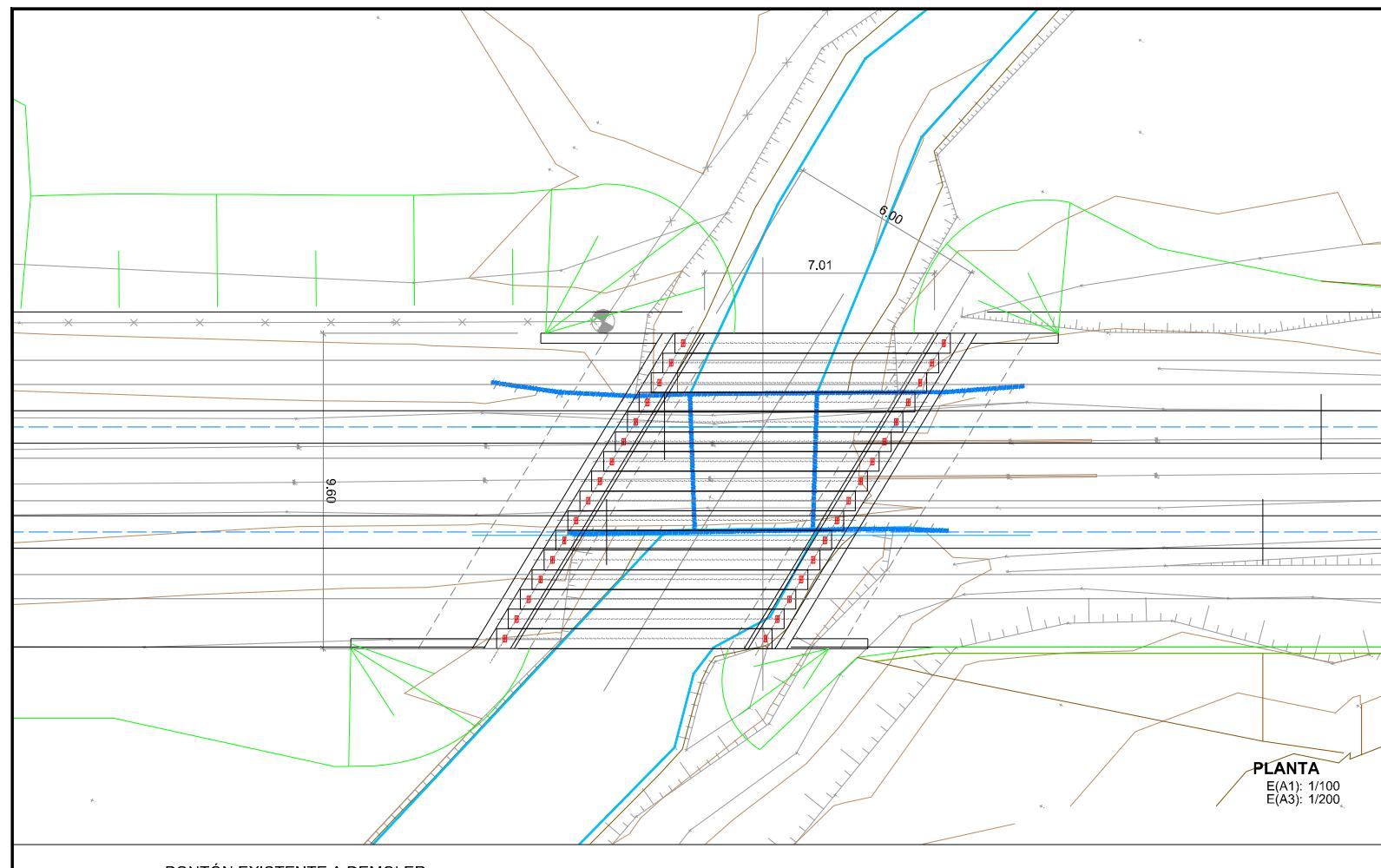
ALZADO PUENTE PK 5+550 Y SECCIÓN DEL NUEVO CAUCE  
E(A1): 1/50  
E(A3): 1/100



SECCIÓN TIPO DESDOBLAMIENTO FERROVIARIO  
E(A1): 1/50  
E(A3): 1/100

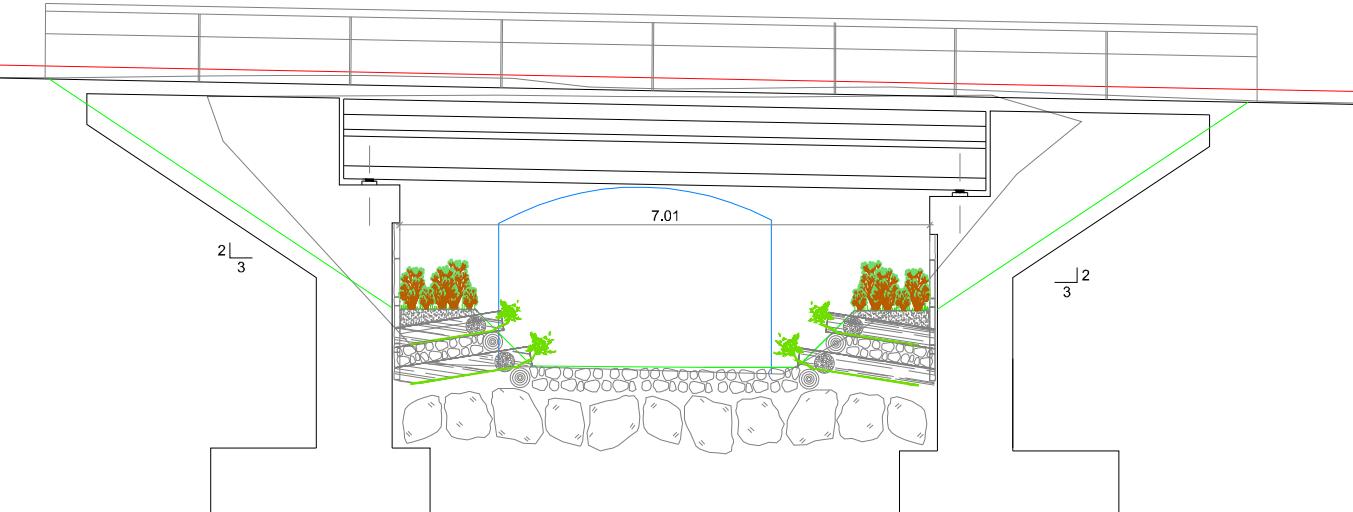
OHARRAK:					
NOTAS:					
REV.	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
EGILEA / AUTOR	FIRMA / FIRMA				
	ALVARO ZUMELAGA INGENIERIA Y ARQUITECTURA Ingeniero C.C y P				
AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR	ERREFERENTZIA REFERENCIA				
C. 202316					

EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO				ESKALA ORIGINALA ESCALA ORIGINAL	PROIEKTUAREN IZENBURUA TÍTULO DEL PROYECTO	PLANOAREN IZENBURUA TÍTULO DEL PLANO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA	DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES	euskal trenbide sarea	PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO	EN DIN A1	ZUGASTIETAN TRENBIDEA BIKOIZTEKO ERAIKUNTZA-PROIEKTUA IDAZTEN LAGUNZEKO ZERBITZUA PROYECTO CONSTRUCTIVO DE DESDOBLEMENTO DE VÍA EN ZUGASTIETA (LÍNEA AMOREBIETA-BERMEO)	PBRA DE FABRIKA SOBRE L RIO OKA PK 5+550
PLANO-ZNB / N. PLANO				ORRIA / HOJA		
1 Sigue 2						



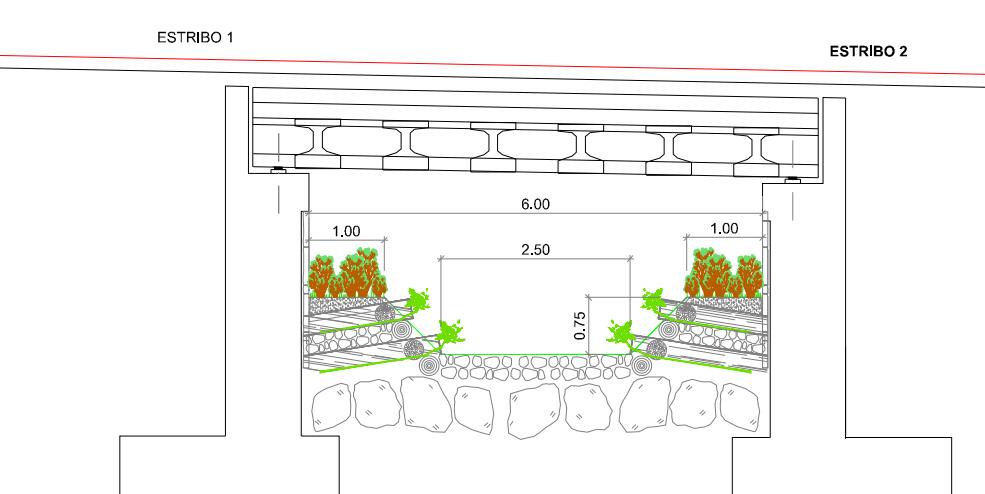
#### **PONTÓN EXISTENTE A DEMOLER**

ESTRIBO 1



**ALZADO PUENTE PK 5+74**

FORBES.COM



## **SECCIÓN TIPO DEL NUEVO CAUCE**

OHARRAK :  
NOTAS :

BERRIKUSPENAK / REVISIONES	
EGILEA / AUTOR   <b>sestra</b> <small>INGENIERIA Y ARQUITECTURA</small>	FIRMA / FIRMA   ALVARO ZUMELAGA <small>Ingeniero C.C y P.</small>
AHOKULARIAREN ERREFERENTZIA <small>REFERENCIA CONSULTOR</small>	ERREFERENTZIA <small>REFERENCIA</small>
C. 202316	