

ANEJO N° 7

Climatología, Hidrología y Drenaje

Índice

1	Introducción	1
2	Climatología e Hidrología	2
2.1	Precipitación máxima en 24h (Pd)	2
2.1.1	Máximas lluvias diarias en la España peninsular	2
2.1.2	Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales	3
2.2	Cálculos hidrológicos	3
2.2.1	Definición de cuencas	3
2.2.2	Intensidad de precipitación [I(T,t)]	4
2.2.2.1	Intensidad media diaria de precipitación corregida (Id)	4
2.2.2.2	Factor de intensidad Fint	5
2.2.3	Tiempo de concentración (tc)	5
2.2.4	Coeficiente de escorrentía	5
2.2.4.1	Umbral de escorrentía (P0)	5
2.2.4.2	Coeficiente corrector del umbral de escorrentía	5
2.2.5	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación	6
2.2.6	Tabla resumen de caudales de proyecto	6
2.3	Estudio hidráulico-hidrológico del Arroyo Rolante	7
3	Drenaje Longitudinal	8
3.1.1	Diseño general de la red de drenaje longitudinal	8
3.1.2	Cálculo de las cunetas y colectores:	8
3.1.3	Resultados	8
4	Drenaje Transversal	10
5	Bajante escalonada	11
6	Arquetas	12

APENDICE 7.1.	PLANO DE CUENCAS
APENDICE 7.2.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE CUNETAS
APENDICE 7.3.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE COLECTORES Y CAÑOS
APENDICE 7.4.	CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE BAJANTES ESCALONADAS
APÉNDICE 7.5.	ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRAÚLICO RÍO ROLANTE

1 Introducción

El objeto del presente Anejo es el diseño de la Red de Drenaje, lo que incluye el dimensionamiento de las obras de drenaje y la justificación de los sistemas de evacuación de las aguas en las obras proyectadas.

El ámbito de estudio comprende el tramo de la carretera BI-630 entre Traslaviña y Valle de Villaverde y presenta una longitud de casi 4,5 km. Se analizan las necesidades tanto de drenaje transversal como longitudinal.

A continuación se describen las principales características de la red de drenaje proyectada. Se adjuntan los cálculos justificativos de dicha red de drenaje.

2 Climatología e Hidrología

La orografía de la zona da lugar a la proliferación de cuencas que encierran desniveles importantes y permiten adivinar los cursos de agua que en ellas originan las precipitaciones. Las cuencas de aportación así como la medición de sus superficies, se ha llevado a cabo sobre cartografía a escala E: 1/5.000 de la Diputación Foral de Bizkaia.

En el plano de cuencas que se recoge en este documento en el Apéndice nº 7.1, se aprecian las distintas zonas en que se divide el territorio atendiendo a las divisorias y vertientes que define la topografía del lugar. Sólo parte de éstas son interceptadas por la carretera, lo que exige determinar el área de aportación que ha sido afectada y la nueva trayectoria de las aguas que allí se generan.

Al tratarse de cuencas de reducida extensión, no existe en el Organismo de Cuencas correspondiente datos de su caudal. Se procede por ello, y siguiendo las prescripciones de la norma 5.2-I.C de Drenaje Superficial, a la estimación de este caudal mediante el método hidrometeorológico basado en la fórmula racional modificada.

A continuación se describe el proceso seguido para la obtención de los caudales de cálculo.

2.1 Precipitación máxima en 24h (Pd)

Para la determinación de la precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno T , P_d y según lo establecido en la norma 5.2-I.C Drenaje Superficial, del Ministerio de Fomento, de febrero de 2016, se debe adoptar el mayor valor de los obtenidos a partir de:

- Datos publicados por la Dirección General de Carreteras. “Máximas Lluvias diarias en la España peninsular” 1999.
- Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales, medidas en los pluviómetros existentes en la cuenca, o próximos a ella. Se debe ajustar a la serie de precipitaciones máximas registrada en cada pluviómetro, la función de distribución extremal más apropiada a los datos de la zona, considerando al menos las funciones Gumbel y SQRT ET-máx.

2.1.1 Máximas lluvias diarias en la España peninsular

Se ha acudido a la publicación del Ministerio de Fomento “Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular” 1999. Esta publicación recoge los resultados del ajuste estadístico de las series de precipitaciones máximas recogidas en los pluviógrafos y pluviómetros del territorio peninsular. La función de densidad utilizada es la SQRT-ET-máx., ajustada por el método de máxima verosimilitud.

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{[-K(1+\sqrt{Bx})e^{(-\sqrt{kx})}]}$$

La aplicación práctica de la publicación se traduce en la obtención de P_m (Precipitación media) y C_v (Coeficiente de variación) en cualquier punto del territorio peninsular, que, junto al periodo de retorno y los cuantiles estadísticos, dan como resultado la precipitación deseada.

La obtención de P_m y C_v puede realizarse de dos maneras:

1. Consultando el mapa de isolíneas contenido en la publicación, del cual se adjunta la zona objeto del presente estudio (ilustración 1).
2. Utilizando el software, también, contenido en la publicación.

En este proyecto, se ha preferido consultar el mapa de isolíneas para la obtención de los valores descritos con anterioridad.

De esta forma, se ha calculado la precipitación máxima diaria, (P_d), como resultado de la siguiente formulación:

$$P_d = Y_t \cdot P_m$$

Para determinar la precipitación máxima diaria de la zona de estudio se han seguido los siguientes pasos:

- Localización del punto geográfico en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997), donde se efectuará la consulta de los valores de media P_m y coeficiente de variación C_v .
La carretera se encuentra en el plano 3-1 BILBAO.
- Estimación del valor medio P_m de la máxima precipitación diaria anual y del coeficiente de variación C_v , mediante las isolíneas representadas en el plano anterior. Obteniéndose mediante interpolación entre curvas, en caso necesario. Las isolíneas rojas se refieren al C_v y las moradas al Y_t .
- Obtención del cuantil regional Y_t , mediante la tabla 7.1 de la publicación.

Finalmente, como resultado se han conseguido las precipitaciones máximas diarias en 24 h para los distintos periodos de recurrencia, que se muestran en la tabla que se adjunta a continuación:

Máximas lluvias diarias España Peninsular (1999)				
PERÍODO RETORNO T(años)	COEF. VARIACIÓN Cv (Adim.)	PRECIP. MEDIA Pm(mm)	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN Yt(Adim.)	PRECIP MÁX EN 24H Pd
2	0,37	70	0,917	64,19
5	0,37	70	1,232	86,24
25	0,37	70	1,778	124,46
100	0,37	70	2,281	159,67
500	0,37	70	2,953	206,71

2.1.2 Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales

Se han solicitado los datos de precipitación máxima diaria mensual a la Agencia Estatal de Meteorología (AEMet) de la principal estación situada en la zona. En la siguiente tabla se incluye los datos de la estación meteorológica, incluida la distancia a la traza.

Indicativo	Distancia	Nombre	UTM X	UTM Y	Provincia	Fecha Inicio	Fecha final	Años completos
1059	23	PUNTA GALEA (GOLF)	498323	4802337	Bizkaia	1946	2019	47

Se ha escogido la estación de Punta Galea, por ser la más próxima a la traza que cumple con los criterios descritos a continuación.

A continuación, se realiza un análisis estadístico de la serie, mediante la aplicación CHAC, desarrollada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, para la obtención de las funciones de Gumbel y SQRT-ETmáx. De esta manera se obtiene la precipitación máxima diaria asociada a diferentes periodos de retorno.

Se escoge el mayor Pd calculado, por el lado de la seguridad.

1	Pd Gumbel	Pd SQRT
2	50,81	47,67
5	70,29	64,61
10	83,19	77,06
25	99,49	94,17
50	111,57	107,85
100	123,58	122,27
200	135,53	137,44
500	151,31	158,7
1000	163,23	175,71

Los valores obtenidos por los dos métodos de cálculo se pueden comparar directamente, ya que los valores arrojados por la estación se pueden aplicar completamente a la zona de estudio.

Comparando ambos resultados se puede concluir que los valores aportados por la publicación de la DGT, son más conservadores que los calculados mediante la estación Punta Galea. Esto se debe claramente a que, para todos y cada uno de los periodos de retorno contemplados, los valores de precipitación máxima en 24h son más elevados.

Finalmente se presenta la precipitación máxima diaria adoptada para el cálculo del caudal de proyecto para diferentes periodos de retorno:

Tr (años)	2	5	25	100	500
Pd (mm)	64,19	86,24	124,46	159,67	206,71

2.2 Cálculos hidrológicos

Se han realizado los cálculos hidrológicos mediante el método racional modificado proporcionado por la instrucción de drenaje superficial de la DGT, publicada por el Ministerio de Fomento. Este método es aplicable para cuencas de áreas inferiores a 50km².

Este procedimiento parte de la base del método racional tradicional, pero incluye un factor corrector de uniformidad que contempla el reparto temporal del aguacero, cuya duración se considera equivalente al tiempo de concentración.

Esto implica que los caudales punta obtenidos contemplan esta variación temporal, contrariamente a los caudales homogéneos calculados con lluvia neta constante del método racional tradicional.

La expresión que determina el caudal de proyecto para distintos periodos de retorno es la siguiente:

Q = (I(T,tc) · C · A · Kt) / 3,6

Siendo:

- Q (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- I (T,tc) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc , de la cuenca.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- Kt (adimensional): Coeficiente de uniformidad de la distribución temporal de la precipitación.

2.2.1 Definición de cuencas

En base a la cartografía disponible de la DFB y el taquimétrico realizado en la zona de estudio, se han dibujado las cuencas vertientes para posteriormente realizar el cálculo de caudales.

A partir de estos datos se han obtenido los tiempos de concentración de cada una de las cuencas.

A continuación se describen los valores obtenidos.

CARACTERÍSTICAS CUENCAS					
CUENCAS	ÁREAS TERRENO (Ha)	LONG. VAGUADA (Km)	COTAS		PEND. (m/m)
			MÁX. (m)	MÍN. (m)	
C-1	4,68	0,37	283	213	0,19
C-2	6,42	0,30	283	214	0,23
C-3	5,98	0,46	283	221	0,13
C-4	1,08	0,13	269	236	0,25
C-5	49,77	1,54	531	218	0,20
C-6	13,09	0,83	337	235	0,12
C-7	9,36	0,42	299	238	0,15
C-8	4,43	0,31	299	264	0,11
C-9	10,88	0,43	337	260	0,18
C-10	41,76	0,99	531	253	0,28
C-11	4,49	0,29	293	243	0,17
C-12	8,60	0,55	293	225	0,12
C-13	84,16	2,04	531	207	0,16

2.2.2 Intensidad de precipitación [I(T,t)]

La intensidad de precipitación se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T,t) = Id \cdot Fint$$

Donde:

$I(T,t)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t .

Id (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T (epígrafe 2.2.2.2 de la norma).

$Fint$ (adimensional): Factor de intensidad (epígrafe 2.2.2.4 de la norma).

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca Q_T , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = tc$) de dicha cuenca.

A continuación se muestran los valores obtenidos para cada período de retorno.

Período de retorno T (años)											
Cuencas	Ka (Adim.)	2		5		25		100		500	
		Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)	Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)	Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)	Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)	Id (mm/h)	I(T,t) (mm/h)
C-1	15,18	2,675	40,61	3,59	54,56	5,19	78,74	6,65	101,02	8,61	130,78
C-2	16,28	2,675	43,55	3,59	58,51	5,19	84,45	6,65	108,34	8,61	140,25
C-3	14,06	2,675	37,59	3,59	50,50	5,19	72,89	6,65	93,51	8,61	121,06
C-4	19,37	2,675	51,80	3,59	69,59	5,19	100,44	6,65	128,85	8,61	166,81
C-5	12,26	2,675	32,80	3,59	44,07	5,19	63,60	6,65	81,59	8,61	105,63
C-6	14,85	2,675	39,73	3,59	53,37	5,19	77,03	6,65	98,82	8,61	127,93
C-7	14,44	2,675	38,62	3,59	51,88	5,19	74,87	6,65	96,05	8,61	124,35
C-8	14,97	2,675	40,04	3,59	53,79	5,19	77,63	6,65	99,59	8,61	128,92
C-9	14,69	2,675	39,29	3,59	52,79	5,19	76,18	6,65	97,73	8,61	126,53
C-10	15,04	2,675	40,24	3,59	54,06	5,19	78,02	6,65	100,09	8,61	129,58
C-11	15,86	2,675	42,43	3,59	57,00	5,19	82,27	6,65	105,54	8,61	136,63
C-12	17,38	2,675	46,49	3,59	62,47	5,19	90,15	6,65	115,65	8,61	149,73
C-13	10,68	2,675	28,56	3,59	38,37	5,19	55,37	6,65	71,04	8,61	91,97

2.2.2.1 INTENSIDAD MEDIA DIARIA DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA (ID)

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T , se obtiene mediante la fórmula.

$$Id = \frac{Pd \cdot KA}{24}$$

Donde:

Id (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T .

Pd (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T .

KA (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

El Factor reductor de la precipitación KA , se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 & \quad K_A = 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km} & \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15} \end{aligned}$$

Siendo A , el área de cada cuenca.

2.2.2.2 FACTOR DE INTENSIDAD FINT

El factor de intensidad corresponde al mayor de los valores que se indican a continuación.

Fint = máx (Fa, Fb)

2.2.3 Tiempo de concentración (tc)

Tiempo de concentración tc, 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:

tc = 0,3 · Lc^0,76 · Jc^-0,19

Donde:

- Tc (horas): Tiempo de concentración.
- Lc (km): Longitud del cauce.
- Jc: (m/m): Pendiente media del cauce.

2.2.4 Coeficiente de escorrentía

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 obtiene mediante la siguiente fórmula, representada gráficamente en la figura 2.6 de la norma 5.2-I.C de Drenaje Superficial.

Si Pd · KA > P0 C = ((Pd·KA/P0 - 1) * ((Pd·KA/P0) + 23)) / ((Pd·KA/P0) + 11)^2

Si Pd · KA ≤ P0 C = 0

Donde:

- C (adimensional): Coeficiente de escorrentía.
- Pd (mm): Precipitación máxima diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado.
- Ka (Adimensional): factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- PO (mm): Umbral de escorrentía

2.2.4.1 UMBRAL DE ESCORRENTÍA (P0)

Representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

P0 = P0^i · β

Donde:

- Po (mm): Umbral de escorrentía.
- P0i (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.
- β (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Para la obtención del valor inicial del coeficiente de escorrentía, la Instrucción de Carreteras 5.2-I.C de Drenaje Superficial fija unos valores iniciales de dicha escorrentía en función del uso de la tierra, las pendientes del terreno, sus características hidrológicas y el grupo de suelo correspondiente que se encuentran en la tabla 2.3 de dicha instrucción.

El criterio de codificación de los usos del suelo, así como la descripción de los mismos y el valor de su umbral de escorrentía, que utiliza la Instrucción de Carreteras se corresponde con los usos del suelo del Mapa Corine LandCover.

La determinación de los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca se realiza a partir del mapa 2.7 de la Instrucción de carreteras.

Por tanto, la zona de estudio de encuentra dentro del Grupo Hidrológico C.

2.2.4.2 COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

La formulación del método racional requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía β.

Al no disponer de datos de calibración específica para una cuenca concreta, ni de información suficiente para llevarla a cabo, se ha tomado el valor del coeficiente corrector a partir de la tabla 2.5 de la instrucción de carreteras, correspondientes a las regiones de la figura 2.9 de la norma.

La norma establece la siguiente formulación para obtener el coeficiente corrector del umbral de escorrentía:

βPM = βm · FT

Siendo:

- βPM (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.
- βm (adimensional): Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
- FT(adimensional): Factor función del periodo de retorno T.
- Δ50 (Adimensional): Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50%.

La carretera se encuentra en la región con un valor del coeficiente corrector del umbral de escorrentía de 13.

2.2.5 Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

El coeficiente Kt, tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

Kt = 1 + (tc^1.25 / (tc^1.25 + 14))

Donde:

- Kt (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- Tc (horas): Tiempo de concentración de la cuenca.

2.2.6 Tabla resumen de caudales de proyecto

Una vez definidos los parámetros anteriores, se incluye a continuación una tabla resumen con las características de la cuenca, la precipitación máxima diaria para cada período de retorno y la Po inicial media estimada.

CARACTERÍSTICAS CUENCAS DRENADAS														
CUENCA	ÁREAS		LONG.	COTAS		PEND. (m/m)	Tc (min)	Tdif (min)	Pd (mm)					Po
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)	VAGUADA (Km)	MÁX. (m)	MÍN. (m)				2	5	25	100	500	inicial media
C-1	4,68	0,00	0,37	283	213	0,19	11,73	22,32	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-2	6,42	0,00	0,30	283	214	0,23	9,44	19,41	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-3	5,98	0,00	0,46	283	221	0,13	14,60	26,00	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-4	1,08	0,00	0,13	269	236	0,25	5,00	13,60	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-5	49,77	0,00	1,54	531	218	0,20	33,83	39,06	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-6	13,09	0,00	0,83	337	235	0,12	23,32	33,77	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-7	9,36	0,00	0,42	299	238	0,15	13,43	24,66	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-8	4,43	0,00	0,31	299	264	0,11	11,19	22,97	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-9	10,88	0,00	0,43	337	260	0,18	13,14	23,83	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-10	41,76	0,00	0,99	531	253	0,28	22,74	30,49	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-11	4,49	0,00	0,29	293	243	0,17	9,81	20,46	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-12	8,60	0,00	0,55	293	225	0,12	17,00	28,47	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23
C-13	84,16	0,00	2,04	531	207	0,16	43,90	46,13	64,19	86,24	124,5	159,7	206,7	23

A continuación se incluye una tabla con los coeficientes de escorrentía calculados

CÁLCULO DE CAUDALES								
CUENCA	Ka	Kt	Fa	COEFICIENTES ESCORRENTIA				
				TERRENO				
				2	5	25	100	500
C-1	1,00	1,02	15,18	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-2	1,00	1,02	16,28	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-3	1,00	1,02	14,06	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-4	1,00	1,01	19,37	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-5	1,00	1,03	12,26	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-6	1,00	1,02	14,85	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-7	1,00	1,02	14,44	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-8	1,00	1,02	14,97	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-9	1,00	1,02	14,69	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-10	1,00	1,02	15,04	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-11	1,00	1,02	15,86	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-12	1,00	1,01	17,38	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75
C-13	1,00	1,05	10,68	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75

Siguiendo la metodología descrita, los caudales obtenidos para cada cuenca son los siguientes:

CÁLCULO DE CAUDALES PARA CADA PERÍODO DE RETORNO (años)										
CUENCA	2		5		25		100		500	
	I (mm/h)	Q (m3/s)	I (mm/h)	Q (m3/s)	I (mm/h)	Q (m3/s)	I (mm/h)	Q (m3/s)	I (mm/h)	Q (m3/s)
C-1	40,61	0,33	54,56	0,47	78,74	0,72	101,02	0,96	130,78	1,30
C-2	43,55	0,49	58,51	0,69	84,45	1,05	108,34	1,41	140,25	1,90
C-3	37,59	0,39	50,50	0,56	72,89	0,85	93,51	1,14	121,06	1,54
C-4	51,80	0,10	69,59	0,14	100,44	0,21	128,85	0,28	166,81	0,38
C-5	32,80	2,89	44,07	4,09	63,60	6,25	81,59	8,35	105,63	11,29
C-6	39,73	0,91	53,37	1,29	77,03	1,97	98,82	2,63	127,93	3,55
C-7	38,62	0,63	51,88	0,90	74,87	1,37	96,05	1,83	124,35	2,47
C-8	40,04	0,31	53,79	0,44	77,63	0,67	99,59	0,90	128,92	1,21
C-9	39,29	0,75	52,79	1,06	76,18	1,62	97,73	2,16	126,53	2,92
C-10	40,24	2,94	54,06	4,16	78,02	6,35	100,09	8,48	129,58	11,47
C-11	42,43	0,33	57,00	0,47	82,27	0,72	105,54	0,96	136,63	1,30
C-12	46,49	0,69	62,47	0,98	90,15	1,50	115,65	2,01	149,73	2,71
C-13	28,56	4,31	38,37	6,09	55,37	9,31	71,04	12,44	91,97	16,81

2.3 Estudio hidráulico-hidrológico del Arroyo Rolante

Dentro de las obras de adecuación de la BI-630, objeto del presente proyecto, se incluye la modificación del acceso desde el barrio de La Vía, en la BI-4613, para lo que es necesario ejecutar un nuevo paso sobre el arroyo Rolante.

Puesto que dicho arroyo cuenta en el punto de cruce con una superficie de cuenca drenante de 3,1075 km², superior a 1 km², la Agencia Vasca del Agua requiere la elaboración de un estudio hidráulico que permita ajustar el nuevo paso a las condiciones de inundabilidad reales de la zona.

El ámbito de estudio no se encuentra incluido en ninguna de la Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación de la CAPV, por lo que Ur Agentzia no cuenta con ningún modelo hidráulico que tomar como base. Es por ello, que se ha elaborado un estudio hidrológico e hidráulico completo.

En el apéndice 5 de este anejo se presentan los trabajos desarrollados y los resultados obtenidos siendo las conclusiones de los mismos las siguientes:

- Los estribos se sitúan fuera de la Zona de Flujo Preferente (Z.F.P.).
- No incrementa la inundabilidad de la zona (sobreelevación inferior a 10 centímetros para la avenida correspondiente a 500 años de periodo de retorno).
- Resguardo de la cara inferior del tablero respecto a la cota de lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno superior a 1 metro.

3 Drenaje Longitudinal

El drenaje longitudinal se resuelve mediante los siguientes elementos:

- Cunetas de plataforma.
- Cunetas de pie de terraplén.
- Cunetas de guarda en la cabeza de los taludes de desmonte.
- Colectores allá donde se haya superado la capacidad hidráulica de las cunetas dimensionadas.
- Caños y boquillas.

3.1.1 Diseño general de la red de drenaje longitudinal

A continuación, se describen las diferentes casuísticas que se dan respecto al drenaje longitudinal en función de la tipología de sección que se dé en cada caso:

- Secciones en desmonte
En las secciones en desmonte se dispondrán cunetas de guarda a lo largo de la cabecera del talud, limitando las cunetas, según el caso, de pie de desmonte solo para el caudal del talud y de la plataforma.
Estas cunetas se han dimensionado teniendo en cuenta una limitación de velocidad de 6,00 m/s, comprobando que fueran capaces de desaguar el caudal.
La cuneta de desmonte será la CD-0,50 y es simétrica y revestida.
Las cunetas de plataforma serán cunetas triangulares CT-1.0 y CT-0,75. En caminos con sección reducida y en las zonas urbanas se opta por la utilización de la rígola CL-050. Todas las cunetas de plataforma serán revestidas de hormigón.
- Secciones en terraplén
En las secciones en terraplén, el agua procedente de la plataforma se encauza mediante cunetas revestidas, de 0,5 y 1,0 metros de anchura, esta cuneta será revestida y simétrica.

Todas las cunetas del proyecto se ejecutaran “ in situ ” tal y como se especifica en los planos de detalle.

Además, en aquellos tramos donde no se disponga barrera de seguridad y la cuneta se sitúe en la berma, la cuneta deberá ser remontable. Esto supone que las cunetas dispongan de un talud mínimo 1V:6H o que su profundidad no exceda de 15 cm. Este último parámetro es el que se ha usado para definir la tipología de las cunetas de plataforma.

Los tramos de cunetas que lo requieran llevarán un colector al que desaguarán mediante arquetas cada 60 metros aproximadamente para facilitar su mantenimiento.

3.1.2 Cálculo de las cunetas y colectores:

El diámetro mínimo del colector establecido es de 400 mm por criterios de mantenimiento.

Los tubos se han calculado de tal modo que el agua circule por su interior en lámina libre y a una velocidad máxima de 6,0 m/s.

3.1.3 Resultados

Para cada una de las redes dispuestas en la traza, se incluye por un lado una tabla de cálculo con el dimensionamiento de cunetas y cunetones (Apéndice nº 7.2), y una segunda tabla con el dimensionamiento de caños, colectores y cajones (Apéndice nº 7.3).

La segunda tabla, contiene los siguientes datos:

- Columna 1: identifica el nombre del elemento a calcular.
- Columna 2: indica el punto kilométrico de su proyección al eje de la carretera o ramal del enlace o intersección.
- Columna 3: describe el origen o final del elemento, si es arqueta, sumidero, desagüe, etc.
- Columna 4: indica el tipo de conducto.
- Columna 5: hace referencia a las dimensiones más importantes de la sección.
- Columna 6: indica la longitud del conducto.
- Columna 7: es la pendiente del conducto.
- Columna 8: indica el tiempo de concentración.
- Columnas 9 y 10: indica la superficie de cuenca de aportación propia, para superficie pavimentada y de terreno separadamente.
- Columnas 11 y 12: caudales unitarios para las superficies de aportación.
- Columna 13: caudal de cálculo para cada tramo.
- Columna 14: pendiente crítica (sólo para tramos de colector).
- Columna 15: coeficiente de rugosidad.
- Columna 16: máxima capacidad del conducto.
- Columnas 17, 18, 19 y 20: datos de calado, área, radio hidráulico y velocidad.

Para la tabla de dimensionamiento de colectores, caños y cajones, cada columna tiene el siguiente significado:

- Columna 1: identifica el nombre del elemento a calcular.
- Columna 2: indica el punto kilométrico de su proyección al eje de la carretera o ramal del enlace o intersección.
- Columna 3: describe el origen o final del elemento, si es arqueta, sumidero, desagüe, etc.
- Columna 4: indica la cota del terreno proyectado.
- Columna 5: indica el tipo de conducto.

- Columna 6: hace referencia a las dimensiones más importantes de la sección.
- Columna 7: indica la longitud del conducto.
- Columna 8: es la pendiente del conducto.
- Columnas 9 y 10: indican las cotas de entrada y de salida del conducto.
- Columna 11: indica el tiempo de concentración.
- Columnas 12 y 13: indica la superficie de la cuenca de aportación acumulada, para superficie pavimentada y de terreno separadamente.
- Columnas 14 y 15: caudales unitarios para las superficies de aportación.
- Columna 16: caudal de cálculo para cada tramo.
- Columna 17: pendiente crítica.
- Columna 18: coeficiente de rugosidad.
- Columna 19: máxima capacidad del conducto.
- Columnas 20 y 21: datos de calado y velocidad para el caudal de cálculo.
- Columna 22: pérdidas de carga por fricción.
- Columna 23: pérdidas de carga puntuales.
- Columna 24: Cota del agua o lámina de entrada. En el caso de control a la entrada será igual a la suma de la columna 9 y la altura del agua dada por la curva característica. Si el control es a la salida, la cota de agua será la cota de salida más el calado obtenido del cálculo más las pérdidas de carga de las columnas 22 y 23.
- Columna 25: Cota límite, que en caso de colectores será la altura de la arqueta de entrada menos un resguardo y en el caso de cunetas será la cota de entrada del conducto más la altura útil de ésta.

Se debe cumplir siempre que el valor de la columna 25 sea mayor que el de la columna 24 (lámina entrada < cota admisible límite); en caso contrario, se modificará el dato o los datos que sea posible y conveniente y se repetirá el cálculo.

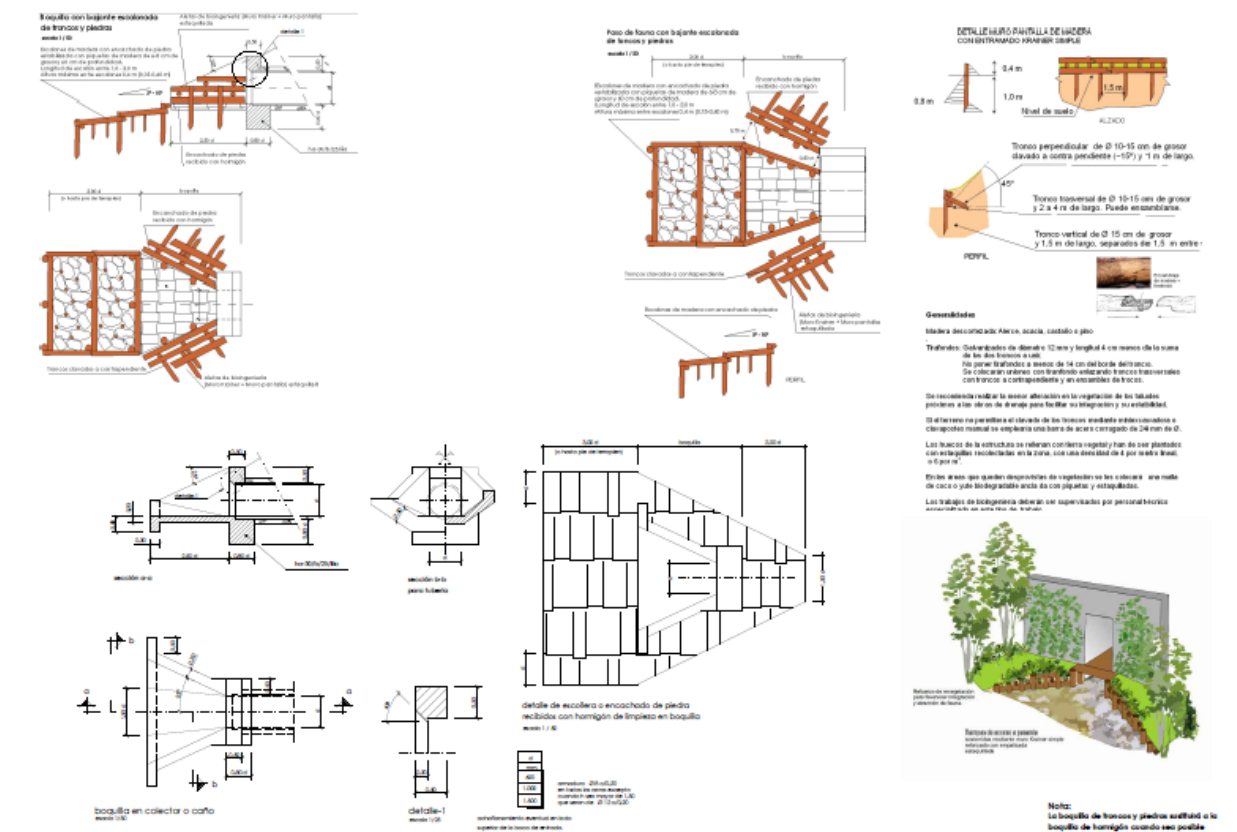
4 Drenaje Transversal

En el taquimétrico realizado para el desarrollo del proyecto se han tomado las obras de drenaje existentes de la BI-630 dentro del ámbito de actuación de presente proyecto.

Debido a que el nuevo trazado en gran parte del mismo no se apoya en la plataforma existente ni en planta ni en alzado, no ha sido posible el aprovechamiento de las obras de drenaje transversal que actualmente se sitúan a lo largo de la carretera. Se ha optado por definir un drenaje transversal nuevo. No obstante nos hemos tratado de hacer coincidir los drenajes de las obras de drenaje nuevas con las antiguas siempre que esto ha sido posible.

Los drenajes propios de la infraestructura, además de para lograr su objetivo principal de permitir el desagüe de las aguas, pueden también servir como pasos de fauna. En esa línea de favorecer la conectividad de hábitats se instalarán formaciones de matorral que sirvan como cobijo a la fauna en las zonas próximas a los tubos de drenaje.

La entrada y salida a las ODT's se restaurarán mediante técnicas de bioingeniería con banquetas que conectan a nivel de la plataforma del interior de la ODT.



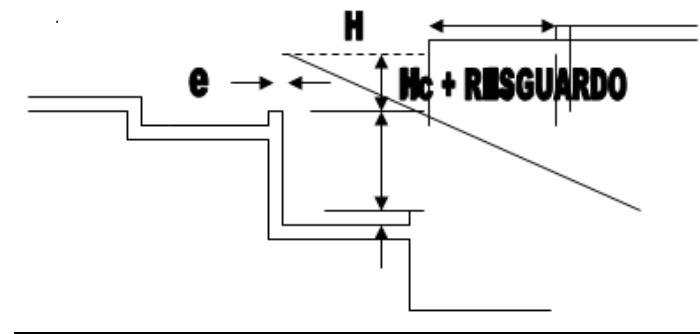
Anejo nº7: Climatología, Hidrología y Drenaje

X0000088-PTC-AN-HID-1

5 Bajante escalonada

La principal función de una bajante es salvar, bajo control, un desnivel importante, esto se consigue mediante la sucesión de saltos verticales alcanzando la velocidad crítica al pasar por cada labio de rebose e inmediatamente queda amortiguada con la sumersión del chorro en el siguiente cuenco, tal y como se indica en el siguiente esquema. El caudal de cálculo se ha tomado para un periodo de retorno de 100 años.

Los cálculos realizados para el diseño de cada una de las bajantes son los siguientes:



- Características geométricas
 - Ancho de la bajante B_0
 - Espesor del labio e
 - Pendiente p (%)
- Características del flujo
 - Caudal Q
 - Caudal por metro de anchura $q = Q/B_0$
 - Altura crítica $H_c = (q^{2/9.81})^{1/3}$

- Características del resalto

$$\text{Resguardo} = 0,4 \times H_c$$

$$H_c + \text{resguardo} = H_c + 0,4 \times H_c$$

$$\text{Salto } H$$

$$H' = \frac{H_c}{2}$$

$$\text{Longitud del cuenco} = p \times (H - e)$$

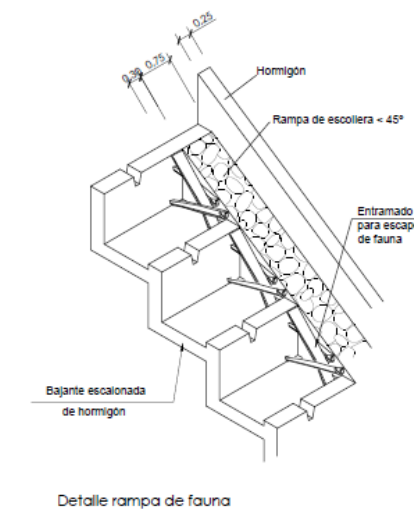
$$\text{Longitud mínima del cuenco } L_{\min} = 0,85 \times \left(2,5 + \frac{1,1 \times H_c}{H} + \left(\frac{0,7 \times H_c}{H} \right)^3 \right) \times \sqrt{H \times H_c}$$

$$\text{Longitud máxima del cuenco} = L_{\min} + 0,15$$

Es así como se obtiene el dimensionamiento de cada una de las bajantes. En la siguiente tabla se enumeran las bajantes diseñadas con sus respectivos caudales.

En el Apéndice nº 7.4 del presente Anejo se adjuntan los resultados del cálculo realizado para las bajantes.

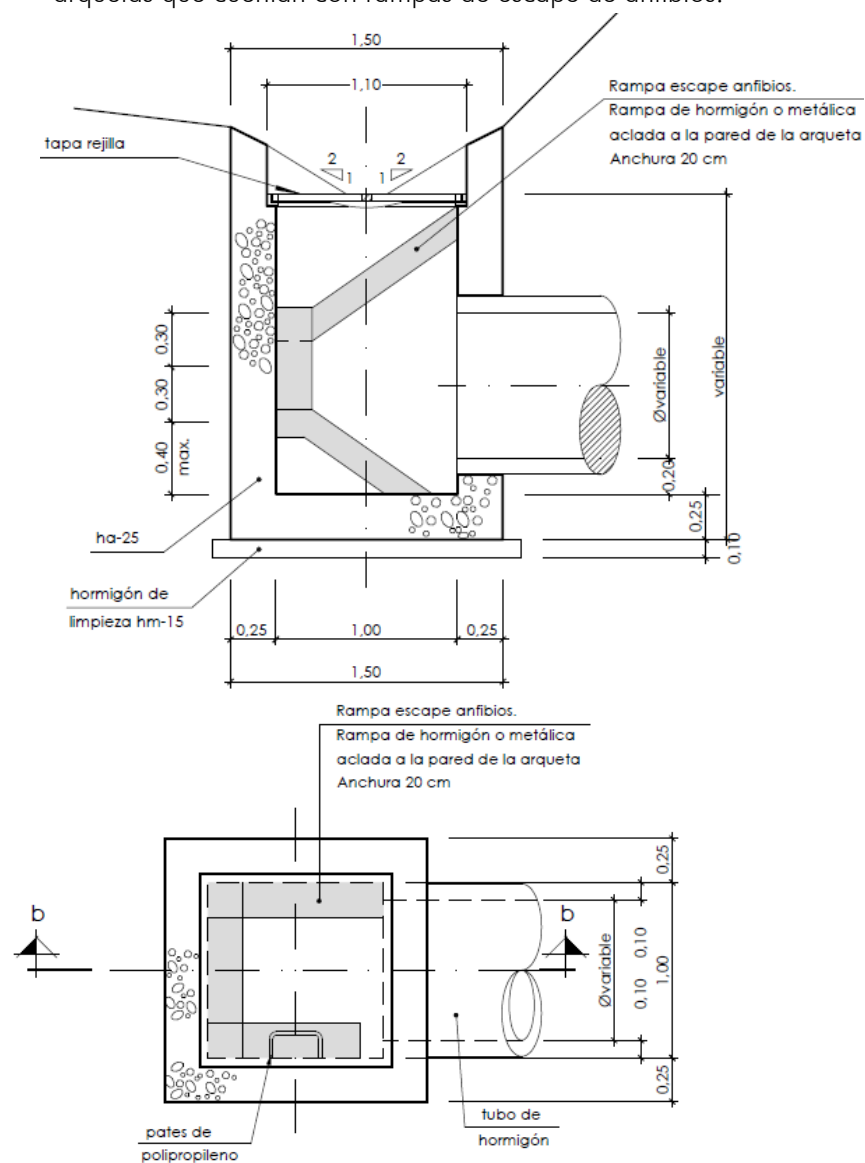
Las bajantes escalonadas, en la medida de lo posible, se diseñarán mediante técnicas de bioingeniería con la finalidad de conectar adecuadamente el paso seco con la misma, la plataforma tendrá la inclinación necesaria para que la unión sea funcional como paso de fauna, y en todo caso con una altura sobre el lecho del arroyo, no inferior a 1 metro para garantizar una sección hidráulica suficiente para la mayor parte de las situaciones hidrológicas.



6 Arquetas

En este proyecto se emplean diferentes tipos de arquetas:

- **Arquetas de drenaje** convencionales, estas se emplean para desaguar las aguas de la carretera, donde únicamente interfiere con la traza.
- **Arquetas de escape de anfibios**, en la mayor parte del drenaje se han empleado este tipo de arquetas que cuentan con rampas de escape de anfibios.

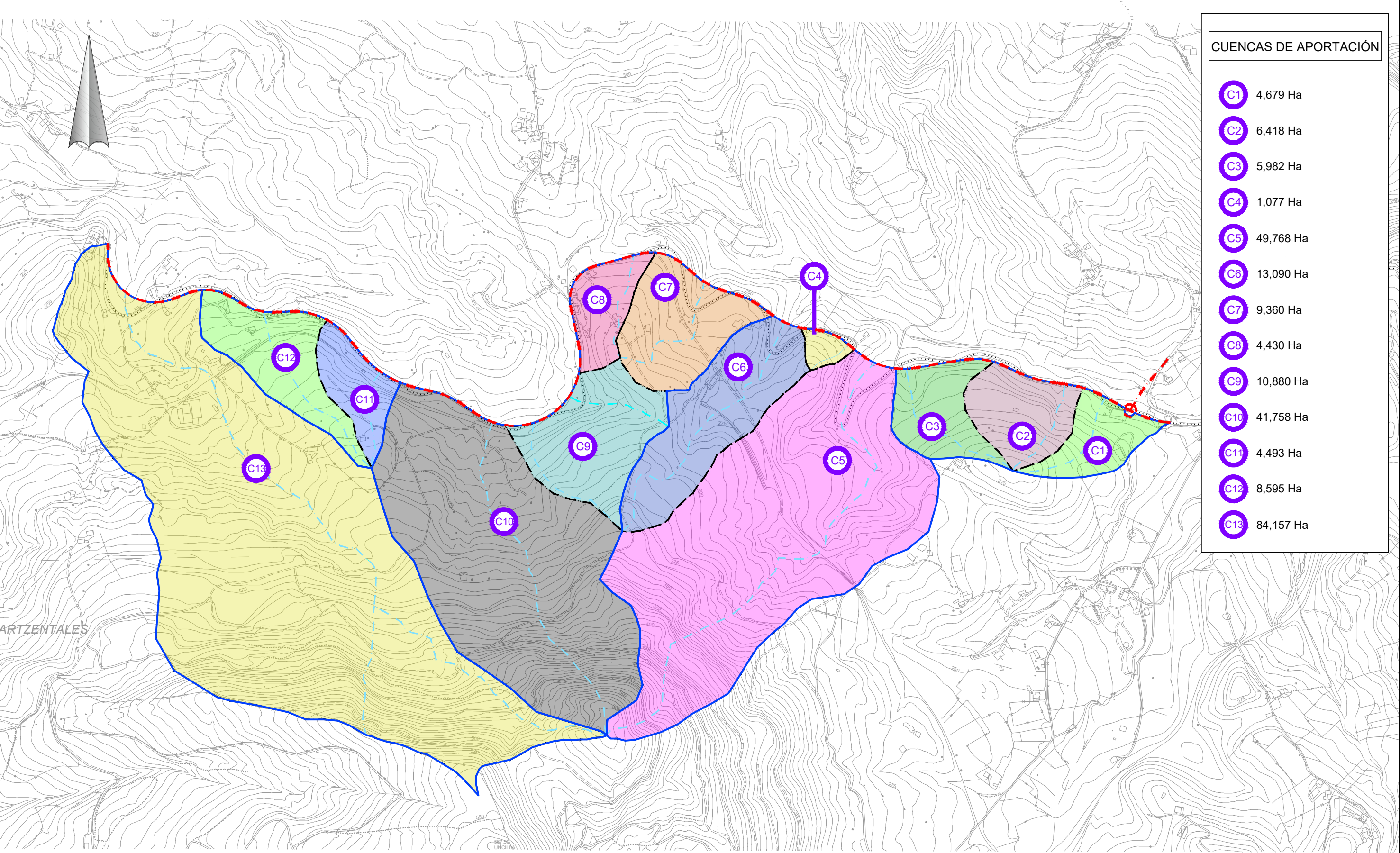


Arquetas hidrodinámicas en los puntos de vertido a cauces, se emplea un sistema de arquetas capaz de remover residuos flotantes, sólidos sedimentables e hidrocarburos. De manera que se tratan las aguas que llegan a los arroyos.



APENDICE N° 7.1

Plano de cuencas



APENDICE N° 7.2

Cálculos hidráulicos de cunetas

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
TRONCO Margen izquierda Plataforma	1+287	Paso salvacunetas	CT-0,75	0,75	74	0,50	10	1036,00	246,00	0,015	0,022	20,952	0,014	32,833	0,110	0,030	0,051	0,695
	Cambio pendiente		CT-1,00	1,00	110	1,97	10	1350,00	1200,00	0,015	0,022	46,650	0,014	108,014	0,102	0,035	0,049	1,342
	1+100		CT-1,00	1,00	60	1,97	10	400,00	0,00	0,015	0,022	6,000	0,014	108,014	0,047	0,007	0,023	0,803
	1+039		CT-1,00	1,00	60	1,97	10	400,00	0,00	0,015	0,022	6,000	0,014	108,014	0,047	0,007	0,023	0,803
Cuneta de guarda	1+108	ODT 1.03	CD-0,50	0,30	50	20,00	10	0,00	640,00	0,015	0,022	14,080	0,014	873,127	0,021	0,006	0,018	2,227
	1+140		CD-0,50	0,30	50	20,00	10	0,00	640,00	0,015	0,022	14,080	0,014	873,127	0,021	0,006	0,018	2,227
Cuneta de guarda	1+108	Arqueta	CD-0,50	0,30	75	15,00	10	0,00	1875,00	0,015	0,022	41,250	0,014	756,150	0,044	0,014	0,035	2,976
	1+039		CD-0,50	0,30	75	15,00	10	0,00	1875,00	0,015	0,022	41,250	0,014	756,150	0,044	0,014	0,035	2,976
Cuneta de guarda	1+260	ODT 1.21	CD-0,50	0,30	30	6,00	10	0,00	312,00	0,015	0,022	6,864	0,014	478,231	0,019	0,006	0,017	1,168
	1+230		CPT-0,50	0,30	20	0,50	10	0,00	685,00	0,015	0,022	15,070	0,014	138,054	0,068	0,022	0,050	0,683
	1+210		CPT-0,50	0,30	20	0,50	10	0,00	685,00	0,015	0,022	15,070	0,014	138,054	0,068	0,022	0,050	0,683
Cuneta guarda+pie	1+260	ODT 1.32	CPT-0,50	0,30	60	0,50	10	420,00	1770,00	0,019	0,027	55,770	0,014	138,054	0,158	0,056	0,088	1,000
	1+320		CPT-0,50	0,30	60	0,50	10	420,00	1770,00	0,019	0,027	55,770	0,014	138,054	0,158	0,056	0,088	1,000
EJE 78	0+000		CT-1,00	1,00	95	14,50	10	400,00	15000,00	0,015	0,022	336,000	0,014	292,969	0,147	0,072	0,071	4,645
	0+092		CT-1,00	1,00	95	14,50	10	400,00	15000,00	0,015	0,022	336,000	0,014	292,969	0,147	0,072	0,071	4,645
TRONCO Margen izquierda Plataforma	1+380	ODT 1.32	CT-0,75	0,75	30	0,50	10	0,00	285,00	0,019	0,027	7,695	0,014	32,833	0,075	0,014	0,035	0,541
	1+350		CPT-0,50	0,50	28	0,50	10	336,00	435,00	0,019	0,027	18,129	0,014	138,054	0,077	0,025	0,054	0,723
	1+326		CPT-0,50	0,50	28	0,50	10	336,00	435,00	0,019	0,027	18,129	0,014	138,054	0,077	0,025	0,054	0,723
Cambio de pendiente	1+750		CT-1,00	1,00	144	5,75	10	550,00	0,00	0,015	0,022	8,250	0,014	184,490	0,044	0,006	0,021	1,300
	1+606		CT-1,00	1,00	166	0,50	10	2550,00	0,00	0,015	0,022	38,250	0,014	54,403	0,123	0,050	0,059	0,763
	1+440		CT-1,00	1,00	166	0,50	10	2550,00	0,00	0,015	0,022	38,250	0,014	54,403	0,123	0,050	0,059	0,763

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
Cuneta guarda	1+480	ODT 1.41	CD-0,50	0,30	45	13,80	10	0,00	9512,50	0,019	0,027	256,838	0,014	725,274	0,145	0,051	0,084	5,070
	1+440		CD-0,50	0,30	30	4,00	10	2550,00	10387,90	0,019	0,027	328,923	0,014	390,474	0,252	0,097	0,116	3,404
	1+410																	
Cuneta guarda	1+480	BAJANTE 1	CD-0,50	0,30	40	4,90	10	0,00	4091,30	0,019	0,027	110,465	0,014	432,176	0,118	0,040	0,073	2,760
	1+520																	
Cuneta guarda	1+570	BAJANTE 1	CD-0,50	0,30	50	9,20	10	0,00	7979,20	0,019	0,027	215,438	0,014	592,184	0,148	0,052	0,084	4,170
	1+520																	
Cuneta guarda	1+570	BAJANTE 2	CD-0,50	0,30	70	10,20	10	0,00	11471,20	0,015	0,022	252,366	0,014	623,537	0,158	0,056	0,088	4,518
	1+640																	
Cuneta guarda	1+740	BAJANTE 2	CD-0,50	0,30	100	6,15	10	0,00	16835,50	0,015	0,022	370,381	0,014	484,172	0,237	0,090	0,112	4,124
	1+640																	
TRONCO Margen derecha Plataforma	1+615	ODT 1.52	CT-0,75	0,75	95	0,50	10	0,00	150,00	0,019	0,027	4,050	0,014	32,833	0,059	0,009	0,028	0,461
	1+520																	
EJE 35	0+092	SALIDA ODT 1.75 Conex. Drenaje existente	CPT-0,50	0,30	92	2,00	10	1186,00	1380,00	0,015	0,022	48,150	0,014	276,107	0,092	0,031	0,062	1,578
	0+020		CPT-1,50	1,00	20	2,00	10	1186,00	23893,00	0,015	0,022	543,436	0,014	1137,952	0,218	0,190	0,151	2,862
	0+000																	
EJE 70	0+000	Conex. Drenaje existente	CL-0,50	0,50	63	24,00	10	148,00	1263,00	0,012	0,017	23,247	0,014	77,610	0,053	0,008	0,022	2,778
	0+063																	

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
TRONCO Margen izquierda Cuneta guarda	0+020	Conex. Drenaje existente	CL-0,50	0,50	43	24,00	10	130,00	90,00	0,012	0,017	3,090	0,014	77,610	0,025	0,002	0,010	1,677
	0+063																	
	2+040	Paso salvacunetas	CPT-0,50	0,30	105	8,60	10	0,00	4620,00	0,019	0,027	124,740	0,014	572,548	0,106	0,036	0,068	3,493
	1+935		CPT-0,50	0,30	47	17,00	10	1500,00	7490,00	0,019	0,027	230,730	0,014	804,983	0,127	0,043	0,077	5,310
	1+895		CPT-0,50	0,30	47	17,00	10	1500,00	7490,00	0,019	0,027	230,730	0,014	804,983	0,127	0,043	0,077	5,310
Cuneta guarda	2+040	Cuneta plataforma	CT-0,50	0,30	26	23,00	10	0,00	1286,00	0,019	0,027	34,722	0,014	936,324	0,035	0,011	0,029	3,224
	2+066																	
Plataforma	2+066	Paso salvacunetas	CT-0,75	0,75	131	4,10	10	1500,00	984,00	0,019	0,027	55,068	0,014	155,787	0,095	0,030	0,045	1,840
	1+935																	
Plataforma	2+340		CT-1,00	1,00	165	5,60	10	1680,00	6328,00	0,015	0,022	164,416	0,014	182,067	0,135	0,060	0,065	2,719
	2+197		CPT-0,50	0,30	34	20,00	10	1830,00	6828,00	0,015	0,022	177,666	0,014	873,127	0,102	0,034	0,066	5,222
	2+164		CPT-0,50	0,30	34	20,00	10	1830,00	6828,00	0,015	0,022	177,666	0,014	873,127	0,102	0,034	0,066	5,222
	2+164		CPT-0,50	0,30	34	20,00	10	1830,00	6828,00	0,015	0,022	177,666	0,014	873,127	0,102	0,034	0,066	5,222
EJE 69 MD	0+000	Cuneta CT-1.0	CL-0,50	0,50	55	4,00	10	138,00	0,00	0,015	0,022	2,070	0,014	31,684	0,030	0,003	0,013	0,775
	0+055																	
EJE 69 MI	0+000	Paso salvacunetas	CL-0,50	0,50	55	4,00	10	75,00	1325,00	0,015	0,022	30,275	0,014	31,684	0,082	0,020	0,035	1,516
	0+055																	
TRONCO Margen izquierda Plataforma	2+610	Paso salvacunetas	CT-1,00	1,00	55	3,45	10	550,00	2793,00	0,015	0,022	69,696	0,014	142,905	0,107	0,038	0,051	1,830
	2+550																	

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
Pto alto	2+530	ODT-2.61	CT-1,00	1,00	65	5,00	10	1200,00	6616,00	0,015	0,022	163,552	0,014	172,038	0,137	0,063	0,066	2,603
	2+465		CPT-0,50	0,30	25	10,00	10	1200,00	6616,00	0,015	0,022	163,552	0,014	617,394	0,121	0,041	0,074	3,983
	2+440																	
	2+770		CT-1,00	1,00	70	3,45	10	700,00	4909,00	0,015	0,022	118,498	0,014	142,905	0,131	0,057	0,062	2,089
	2+700		CT-1,00	1,00	50	3,45	10	500,00	5885,00	0,015	0,022	136,970	0,014	142,905	0,138	0,063	0,066	2,166
	2+650		CT-1,00	1,00	40	3,45	10	400,00	5009,00	0,015	0,022	116,198	0,014	142,905	0,130	0,056	0,062	2,079
	2+610																	
	2+780		CT-1,00	1,00	70	2,32	10	0,00	2739,00	0,015	0,022	60,258	0,014	117,188	0,109	0,040	0,052	1,520
	2+850		CPT-0,50	0,30	40	2,32	10	0,00	5477,00	0,015	0,022	120,494	0,014	297,376	0,158	0,056	0,088	2,155
	2+890																	
Plataforma	2+890	ODT-2.89	CPT-0,50	0,30	110	2,32	10	0,00	10650,00	0,015	0,022	234,300	0,014	297,376	0,241	0,092	0,114	2,551
	3+000																	
	2+780	ODT-2.99	CL-0,50	0,30	210	2,32	10	1625,00	0,00	0,015	0,022	24,375	0,014	24,130	0,083	0,021	0,035	1,171
	2+990																	
	2+990	ODT-3.32	CT-0,75	0,75	70	2,32	10	0,00	2665,00	0,015	0,022	58,630	0,014	70,724	0,121	0,037	0,056	1,597
	3+060		CPT-1,50	1,50	195	2,30	10	0,00	18665,00	0,015	0,022	410,630	0,014	1220,317	0,174	0,149	0,128	2,751
	3+210																	
	3+220	ODT-3.32	CT-0,75	0,75	30	3,30	10	0,00	750,00	0,015	0,022	16,500	0,014	84,349	0,071	0,012	0,033	1,328
	3+280		CPT-0,50	0,30	40	4,30	10	0,00	1600,00	0,015	0,022	35,200	0,014	404,852	0,059	0,019	0,045	1,861
	3+320																	

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
	3+320 3 + 390	ODT-3.40	CPT-0,50	0,30	80	2,00	10	0,00	2250,00	0,015	0,022	49,500	0,014	276,107	0,094	0,031	0,062	1,591
	3+410 3+500		CPT-0,50	0,30	80	4,40	10	900,00	2250,00	0,015	0,022	63,000	0,014	409,533	0,085	0,028	0,058	2,253
	3+520 3+500	ODT-3.50	CPT-0,50	0,30	20	3,50	10	200,00	500,00	0,015	0,022	14,000	0,014	365,255	0,035	0,011	0,029	1,273
	3+520 3+590		CT-0,75	0,75	70	4,38	10	500,00	1250,00	0,015	0,022	35,000	0,014	97,176	0,089	0,020	0,041	1,782
	3+700 3+720	ODT-3.70	CPT-0,50	0,30	110	4,70	10	800,00	5500,00	0,015	0,022	133,000	0,014	423,264	0,135	0,046	0,080	2,864
	3+840 3+840		CT-1,00	1,00	100	3,80	10	250,00	3500,00	0,015	0,022	80,750	0,014	149,979	0,111	0,041	0,053	1,968
	3+840 4+040	ODT-3.84	CT-1,00	1,00	200	4,38	10	1850,00	7115,00	0,015	0,022	184,280	0,014	161,018	0,147	0,072	0,071	2,552
	4+095 4+095		CPT-0,50	0,30	65	5,12	10	2325,00	12970,00	0,019	0,027	394,365	0,014	441,771	0,261	0,101	0,119	3,905
	4+095 4+195	ODT-4.09	CPT-1,0	30,00	100	0,70	10	0,00	12167,00	0,019	0,027	328,509	0,014	673,221	0,221	0,193	0,152	1,705
	4+230 4+200		CT-0,75	0,75	30	8,95	10	150,00	5361,00	0,019	0,027	147,597	0,014	138,910	0,133	0,044	0,062	3,338

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO					
Número	Progres Km+m	Elemento	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Tiempo concentración	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Area m2	Rh	Velocidad m/s
	4+250	ODT-4.38	CL-0,50	0,50	148	4,70	10	1480,00	0,00	0,012	0,017	17,760	0,014	34,345	0,065	0,013	0,027	1,409
	4+380																	
	4+250	ODT-4.38	CT-1,00	1,00	100	4,70	10	0,00	8992,00	0,012	0,017	152,864	0,014	166,797	0,135	0,061	0,065	2,500
	4+350		CPT-0,50	0,30	30	4,70	10	0,00	12525,00	0,012	0,017	212,925	0,014	423,264	0,182	0,066	0,096	3,246
	4+380																	

APENDICE N° 7.3

Cálculos hidráulicos de colectores y caños

PUNTO DE REFERENCIA				CONDUCTOS DE AGUA						CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO								NIVELES O COTAS	
Número	Progres Km+m	Elemento	Cota Terreno	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Cotas entrada m	Cotas salida m	Tiempo concen (min)	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Pendiente crítica %	Tipo control	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Velocidad m/s	Pérdidas fricción m	Otras pérdidas m/s	Lámina entrada m	Cota límite admisible m
TRONCO																									
COLECTOR 1	1+100	Arqueta		Colector	0,40	62,00	1,97			10,00	1.350,00	1.200,00	0,015	0,022	46,65	0,000	ENTRADA	0,014	271,42	0,112	1,615	---	0,320	0,32	-0,30
	1+030	Arqueta																							
ODT-1.03	1+037	Arqueta	213,37	Caño	0,80	11,14	0,50	211,80	211,74	10,00	532,98	16.745,76	0,027	0,036	617,24	0,595	ENTRADA	0,014	868,25	0,498	1,875	---	0,640	212,44	213,07
	1+037	Arqueta	213,37					211,74	211,70																
	1+037	Boquilla	211,70																						
ODT-1.14	1+142	Arqueta	215,14	Caño	1,80	21,66	5,00	212,71	211,63	10,00	476,77	13.988,87	0,027	0,036	516,47	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,183	3,803	---	0,900	213,61	214,84
	1+142	Boquilla	211,62																						
ODT-1.21	1+235	Boquilla	213,83	Caño	1,80	19,94	5,00	213,83	212,83	10,00	1.006,79	14.953,22	0,027	0,036	565,50	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,191	3,909	---	1,980	215,81	213,53
	1+235	Boquilla	212,84																						
ODT-1.32	1+321	Boquilla	214,03	Cajón 2x2	2,00	16,16	6,00	214,03	213,06	10,00	49,79	26.863,22	0,029	0,039	1049,11	---	ENTRADA	0,014	---	0,128	4,100	---	---	---	213,73
	1+321	Boquilla	213,06																						
ODT-1.41	1+410	Boquilla	215,21	Caño	1,50	13,63	8,00	215,21	214,12	10,00	223,20	21.632,17	0,029	0,039	850,13	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,219	5,334	---	0,750	215,96	214,91
	1+410	Boquilla	214,12																						
ODT-1.52	1+520	Arqueta	217,85	Caño	1,50	13,12	0,50	215,63	215,56	10,00	1.109,03	12.046,04	0,029	0,039	501,96	0,000	ENTRADA	0,014	4641,41	0,333	1,718	---	0,750	216,38	217,55
	1+520	Boquilla	215,56																						
COLECTOR 2 ODT-1.64	1+640	Arqueta	220,42	Colector	0,60	24,24	5,00	219,34	218,13	10,00	381,79	38.527,98	0,015	0,022	853,34	0,000	ENTRADA	0,014	1274,90	0,359	4,832	---	0,300	219,64	220,12
	1+615	Arqueta	219,31																						
	1+615	Boquilla	216,96	Caño	1,50	18,15	0,50	217,02	216,93	128,43	381,79	38.527,98	0,027	0,036	1397,32	0,000	ENTRADA	0,014	4641,41	0,564	2,298	---	0,750	217,77	219,01

HOJA 1

PUNTO DE REFERENCIA				CONDUCTOS DE AGUA						CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO									NIVELES O COTAS	
Número	Progres Km+m	Elemento	Cota Terreno	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Cotas entrada m	Cotas salida m	Tiempo concen (min)	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Pendiente critica %	Tipo control	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Velocidad m/s	Pérdidas fricción m	Otras pérdidas m/s	Lámina entrada m	Cota límite admisible m	
ODT-1.75	1+750	Boquilla	225,12	Caño	1,50	13,46	6,00	225,12	224,31	10,00	0,00	22.512,09	0,027	0,036	810,44	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,229	4,753	---	0,750	225,87	224,82	
	1+750	Boquilla	223,97																							
COLECTOR 3	2+700	Arqueta		Colector	0,50	80,00	3,45			10,00	1.600,00	15.803,00	0,015	0,022	371,67	0,412	ENTRADA	0,014	651,26	0,271	3,426	---	0,250	0,25	-0,30	
	2+623	Arqueta																								
ODT-2.61	2+623	Arqueta	263,17	Caño	1,80	15,54	6,00	260,62	259,69	10,00	963,74	16.270,03	0,027	0,036	611,74	0,000	ND	0,014	#####	0,190	4,266	0,000	0,000	0,00	0,00	
	2+623	Boquilla	259,69																							
ODT-2.89	2+898	Arqueta	270,78	Caño	1,80	18,47	8,00	267,46	265,98	10,00	1.141,42	7.979,47	0,027	0,036	318,08	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,130	3,870	---	1,620	269,08	270,48	
	2+898	Boquilla	265,99																							
ODT-2.98	2+993	Boquilla	265,88	Caño	1,80	16,08	5,00	265,88	265,08	10,00	322,83	8.056,42	0,027	0,036	298,75	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,141	3,224	---	1,620	267,50	265,58	
	2+993	Boquilla	265,08																							
Colector 4	3+210	Arqueta		Colector	0,80	39,34	4,20	258,28	256,63	10,00	6.765,00	75.619,07	0,015	0,022	1765,09	0,000	ENTRADA	0,014	2516,44	0,494	5,419	---	0,760	259,04	-0,30	
	3+240	Boquilla	258,28																							
ODT-3.25	3+240	Boquilla	257,41	Cajón 2x2	2,00	14,46	4,00	859,54	859,39	30,42	10.065,00	106.189,16	0,027	0,036	4094,56	---	ENTRADA	0,014	---	0,352	5,822	---	---	---	257,98	
ODT-3.32	3+320	Boquilla	255,60	Caño	1,50	16,56	6,00	255,60	254,61	10,00	0,00	7.723,24	0,027	0,036	278,04	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,137	3,448	---	1,500	257,10	255,30	
	3+320	Boquilla	254,59																							
ODT-3.39	3+390	Boquilla	253,71	Cajón 2x2	2,00	14,94	2,00	253,71	253,41	10,00	0,00	332.536,40	0,027	0,036	11971,31	---	ENTRADA	0,014	---	0,955	6,266	---	---	---	253,41	
	3+391	Boquilla	252,81																							
ODT-3.50	3+498	Boquilla	249,38	Caño	1,80	20,91	5,00	249,38	248,33	10,00	620,35	29.757,08	0,027	0,036	1088,00	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,262	4,755	---	0,900	250,28	249,08	
	3+498	Boquilla	248,33																							
	3+705	Arqueta	245,38																							

PUNTO DE REFERENCIA				CONDUCTOS DE AGUA						CUENCA APORTACION			CAUDALES APORTADOS			DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO CONDUCTO								NIVELES O COTAS	
Número	Progres Km+m	Elemento	Cota Terreno	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Cotas entrada m	Cotas salida m	Tiempo concen (min)	Calzada m2	Terreno m2	Calzada l/s/m2	Terreno l/s/m2	Total l/s	Pendiente crítica %	Tipo control	Rugosidad	Caudal máximo l/s	Calado m	Velocidad m/s	Pérdidas fricción m	Otras pérdidas m/s	Lámina entrada m	Cota límite admisible m
ODT-3.70				Caño	1,50	12,34	4,00	243,08	242,59	10,00	627,34	67.220,68	0,027	0,036	2436,88	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,438	5,679	---	1,500	244,58	245,08
	3+705	Boquilla	242,34																						
ODT-3.84	3+840	Boquilla	234,14	Caño	1,50	13,73	6,00	231,78	230,96	10,00	74,08	23.387,92	0,029	0,039	914,28	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,243	4,926	---	1,500	233,28	233,84
	3+840	Boquilla	230,96																						
ODT-4.09	4+095	Boquilla	224,74	Cajón 2x2	2,00	15,89	4,50	224,74	224,02	10,00	1.045,68	46.031,48	0,031	0,041	1919,71	---	ENTRADA	0,014	---	0,206	4,663	---	---	---	224,44
	4+095	Boquilla	224,03																						
ODT-4.20	4+194	Boquilla	224,41	Caño	1,50	14,49	0,50	224,41	224,34	10,00	258,80	35.694,99	0,031	0,041	1471,52	0,000	ENTRADA	0,014	4641,41	0,580	2,331	---	0,750	225,16	224,11
	4+194	Boquilla	224,34																						
ODT-4.40	4+388	Boquilla	223,00	Caño	1,80	15,84	3,00	223,00	222,52	10,00	1.394,22	12.853,72	0,021	0,031	427,74	0,000	ENTRADA	0,014	#####	0,189	3,006	---	0,900	223,90	222,70
	4+388	Boquilla	22,51																						
ODT 17	13 + 360	Arqueta	858,10	Caño	1,20	20,31	6,54	855,02	853,69	10,00	5.610,00	53.720,00	0,025	0,006	482,53	0,000	ENTRADA	0,014	9258,22	0,186	4,319	---	0,600	855,62	857,80
	13 + 360	Arqueta	857,63																						
	13 + 360	Boquilla	849,06	Caño	1,20	33,13	6,54	851,23	849,06	10,00	9.735,00	53.720,00	0,025	0,006	584,67	0,000	ENTRADA	0,014	9258,22	0,204	4,572	---	0,600	851,83	857,33

APENDICE N° 7.4

Cálculos hidráulicos de bajantes escalonadas

CÁLCULO DE CUENCO DE CAÍDA VERTICAL

Identificación	ENTRADA ODT-6
----------------	---------------

1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Ancho de la bajante	B ₀	1,00 m
Espesor del labio		0,25 m
Pendiente		130,00 %
Pendiente de cálculo		0,77 T(H):1 (V)

2. CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO

Caudal	Q	0,14 m ³ /s
Caudal por metro de anchura	q	0,14 m ³ /s/m
Altura crítica	h _c	0,13 m

3. CARACTERÍSTICAS DEL RESALTO

Resguardo Cte		0,30 m
Resguardo		0,30 m
$h_c + \text{resguardo}$		0,43 m
Salto		1,65 m
Resalto aguas abajo	h'	0,06 m
Longitud del cuenco	L	1,02 m
Longitud mínima	$L_{\text{mín}}$	1,01 m
Longitud máxima	$L_{\text{máx}}$	1,16 m

CÁLCULO DE CUENCO DE CAÍDA VERTICAL

IdentificaciónENTRADA ODT-7

1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Ancho de la bajante	B_0	1,00 m
Espesor del labio		0,25 m
Pendiente		100,00 %
Pendiente de cálculo		1,00 T(H):1 (V)

2. CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO

Caudal	Q	0,25 m ³ /s
Caudal por metro de anchura	q	0,25 m ³ /s/m
Altura crítica	h_c	0,19 m

3. CARACTERÍSTICAS DEL RESALTO

Resguardo Cte		0,30 m
Resguardo		0,30 m
h_c +resguardo		0,49 m
Salto		1,50 m
Resalto aguas abajo	h'	0,09 m
Longitud del cuenco	L	1,25 m
Longitud mínima	$L_{\text{mín}}$	1,18 m
Longitud máxima	$L_{\text{máx}}$	1,33 m

APÉNDICE N° 7.5

Estudio hidrológico- hidráulico río Rolante

Índice

1	Introducción	1
2	Estudio hidrológico	2
3	Estudio hidráulico	3
3.1	Situación actual	3
3.2	Situación intermedia	5
3.3	Situación futura	5
4	Conclusiones	7

ANEXO Nº7.5.1: PLANOS	
ANEXO Nº7.5.2: PERFIL LONGITUDINAL	
ANEXO Nº7.5.3: PERFILES TRANSVERSALES	
ANEXO Nº7.5.4: TABLAS DE RESULTADOS	

1 Introducción

Dentro de las obras de adecuación de la BI-630, objeto del presente proyecto, se incluye la modificación del acceso desde el barrio de La Vía, en la BI-4613, para lo que es necesario ejecutar un nuevo paso sobre el arroyo Rolante.

Puesto que dicho arroyo cuenta en el punto de cruce con una superficie de cuenca drenante de 3,1075 km², superior a 1 km², la Agencia Vasca del Agua requiere la elaboración de un estudio hidráulico que permita ajustar el nuevo paso a las condiciones de inundabilidad reales de la zona.

El ámbito de estudio no se encuentra incluido en ninguna de la Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación de la CAPV, por lo que Ur Agentzia no cuenta con ningún modelo hidráulico que tomar como base. Es por ello, que se ha elaborado un estudio hidrológico e hidráulico completo.

En los siguientes apartados se presentan los trabajos desarrollados y los resultados obtenidos.

2 Estudio hidrológico

Tal y como se establece en los criterios para la elaboración de estudios hidráulicos recogidos en el Plan Hidrológico de la parte española de la DH del Cantábrico Oriental (2015-2021), para la delimitación cartográfica de la zona inundable, el análisis de las causas que motivan la inundación y las propuestas de mejoras hidráulicas y medioambientales, es necesario estimar los caudales correspondientes, al menos, a los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno.

En ausencia de otros validados por la Administración Hidráulica, se utilizarán los valores expresados en el Plan Hidrológico Norte III aprobado por el Real Decreto 1664/1998.

Para dar cumplimiento a los requerimientos anteriores, se utiliza el ábaco que se presenta en la siguiente imagen en el que, a partir de la superficie de cuenca drenante, se obtiene el valor de caudal específico correspondiente. El arroyo Rolante cuenta con una superficie de cuenca drenante de 3,1075 km².

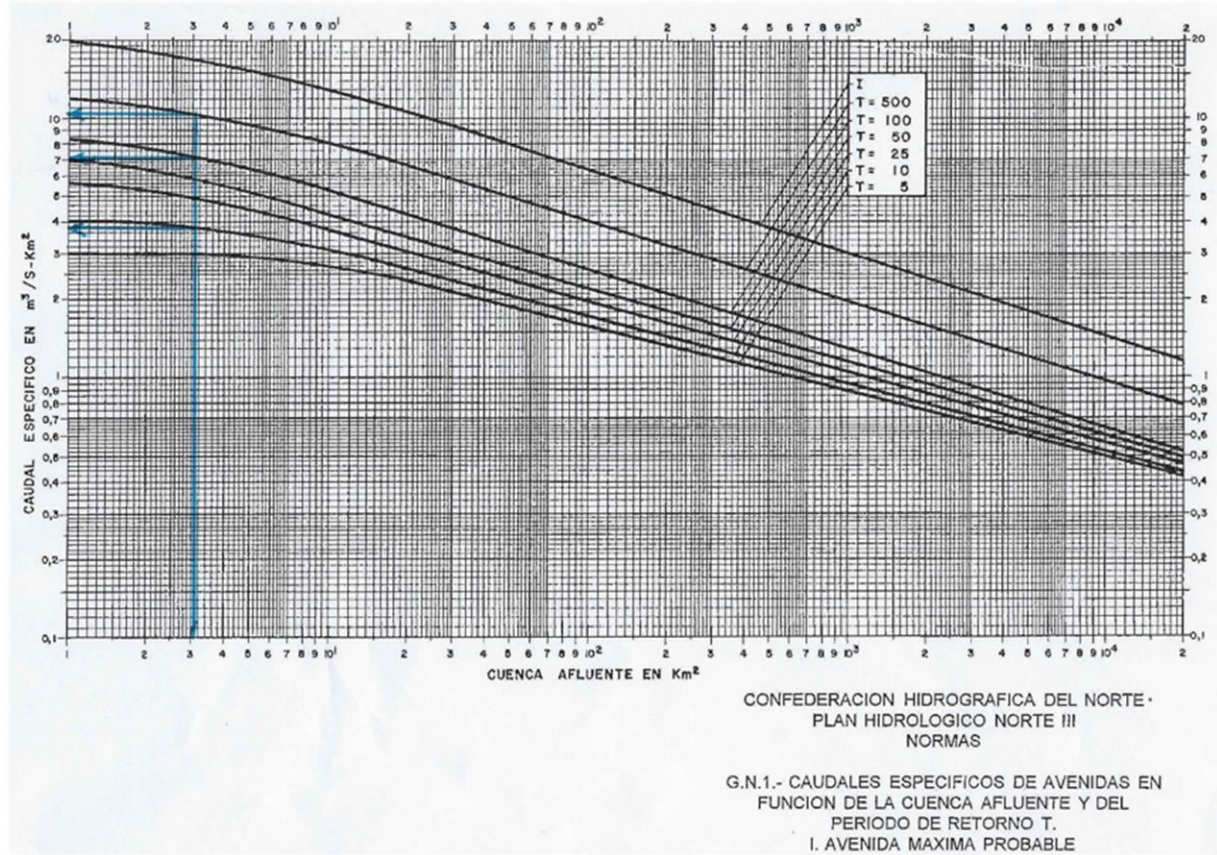


Figura nº1. Ábaco para obtención de caudales.

Los caudales obtenidos para los diferentes periodos de retorno son los siguientes:

	T10	T100	T500
Caudal específico (m³/s.km²)	3,79	7,08	10,47
Caudal total (m³/s)	11,78	22,01	32,55

Figura nº2. Caudales

Estos caudales totales son los que se han empleado en el análisis hidráulico del arroyo Rolante que se desarrolla en el siguiente apartado.

3 Estudio hidráulico

Para la elaboración de la cartografía de inundabilidad de la zona de estudio se ha empleado el software informático de cálculo hidráulico Hec-Ras v.5.0.6.

El análisis hidráulico se ha desarrollado en tres escenarios diferentes:

- Situación actual, considerando el trazado actual de la carretera BI-4613 y el paso existente.
- Situación intermedia, en la que se eliminan los rellenos de la carretera y el paso sobre el arroyo, al ser elementos antrópicos que no reflejan el estado natural del cauce.
- Situación futura, una vez ejecutadas las obras proyectadas en la que, partiendo de la situación anterior, se comprueba que no se produce un agravamiento de la inundabilidad existente, analizando para ello la sobreelevación que se produciría en la lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno una vez se encuentren ejecutados las obras del nuevo trazado y el nuevo paso sobre el arroyo.

En los siguientes apartados se exponen los criterios considerados, los trabajos desarrollados y los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

3.1 Situación actual

En primer lugar es necesario conocer la inundabilidad de la zona en las condiciones actuales, es decir, considerando la carretera BI-4613 con su trazado actual así como el paso existente sobre el arroyo Rolante.

Para ello, se han obtenido una serie de perfiles transversales al flujo del agua a partir del Modelo Digital del Terreno que se encuentra a disposición pública en la página web de GeoEuskadi, con los que poder analizar el comportamiento hidráulico de las diferentes avenidas. La separación entre perfiles es del orden de 50 metros, excepto en la zona del paso sobre el arroyo, en la que esta distancia se reduce notablemente para poder analizar correctamente la influencia de la estructura.

En total, se han modelizado 550 metros de cauce del arroyo Rolante, desde 335 metros aguas abajo del paso de la BI-4613, con el fin de que los resultados obtenidos no se vean condicionados por las condiciones existentes y hasta más de 200 metros aguas arriba, con el fin de poder comprobar la influencia del puente actual en la inundabilidad.

Como condición de contorno al final del estudio se ha considerado la pendiente normal del cauce en el tramo de aguas abajo del paso, que es del 1,11%.

Los coeficientes de rugosidad empleados en la modelización hidráulica del arroyo Rolante se han estimado a partir de las visitas a la zona de actuación y teniendo en cuenta los criterios que marca el Plan Territorial Sectorial de Ordenación de los Ríos y Arroyos de la CAPV-Vertiente Cantábrica, adoptándose los siguientes valores:

- En el cauce $n=0,05$
- En ambas márgenes $n=0,07$

En las siguientes imágenes se presentan los perfiles transversales en planta, tanto sobre la cartografía de la zona como en el propio modelo hidráulico Hec-Ras.

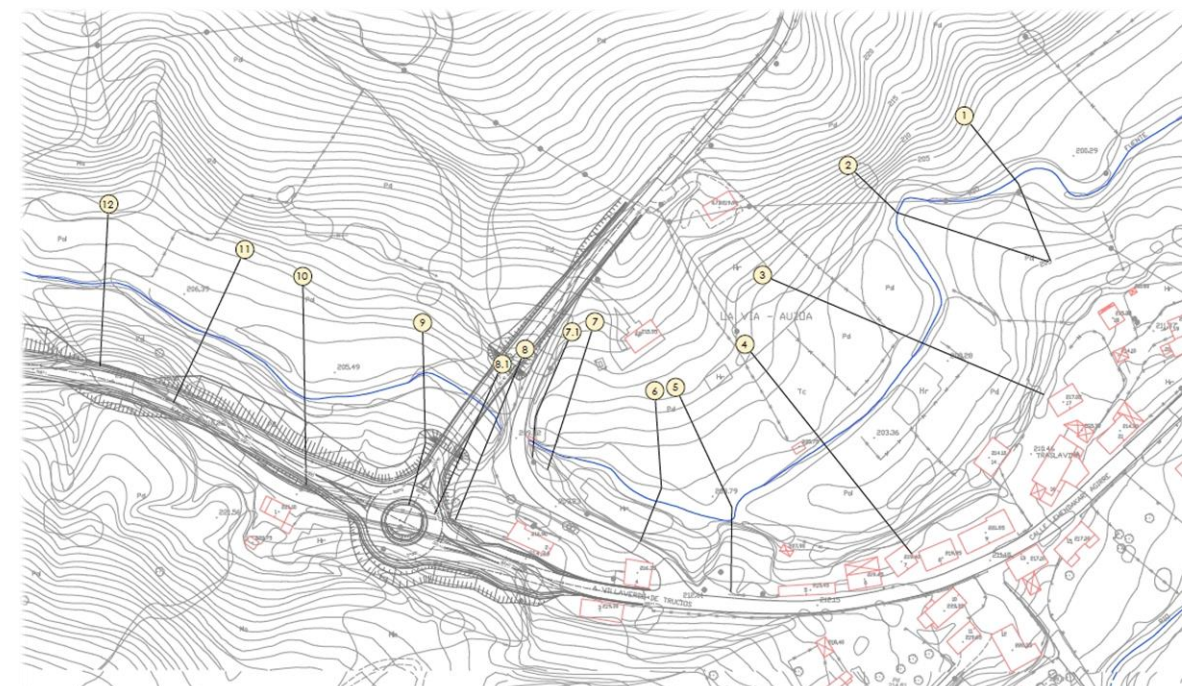


Figura nº3. Perfiles transversales sobre cartografía

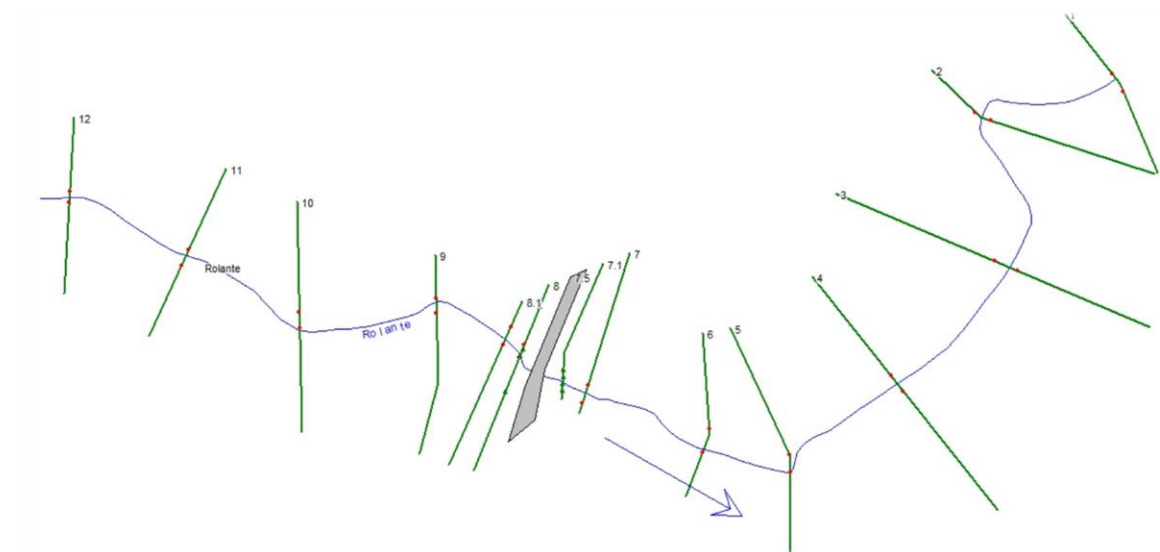


Figura nº4. Perfiles transversales del modelo Hec-Ras

En el **Anexo N° 7.5.1: Planos**, se presentan las superficies de inundación correspondientes a cada uno de los periodos de retorno así como la Zona de Flujo Preferente.

Como se puede comprobar en la imagen siguiente, la BI-4613 y su paso sobre el arroyo Rolante causan una importante sobreelevación de las láminas de agua y, más concretamente, de la lámina correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno.

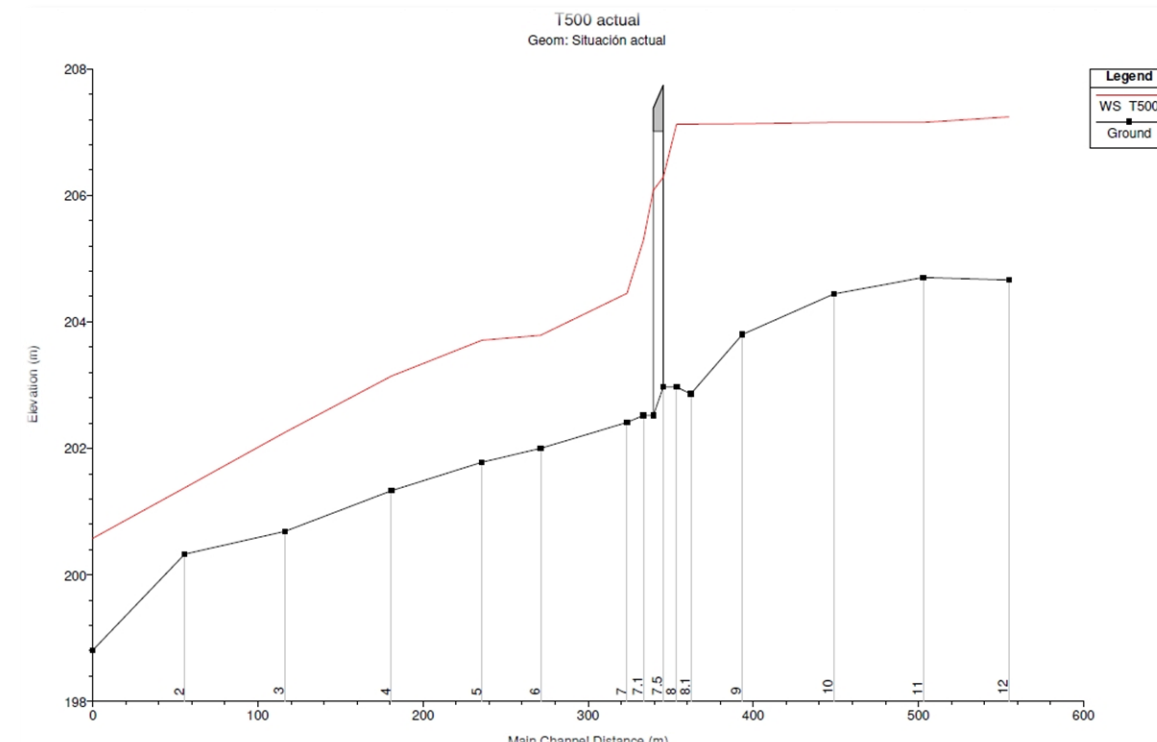


Figura nº5. Perfil longitudinal. T500

La insuficiente capacidad hidráulica del paso junto con el obstáculo que suponen para el flujo del agua los rellenos de la carretera, hacen que las avenidas inunden los terrenos aguas arriba de la BI-4613.

En la siguiente imagen se representa el perfil transversal del paso actual junto con los rellenos de la carretera.

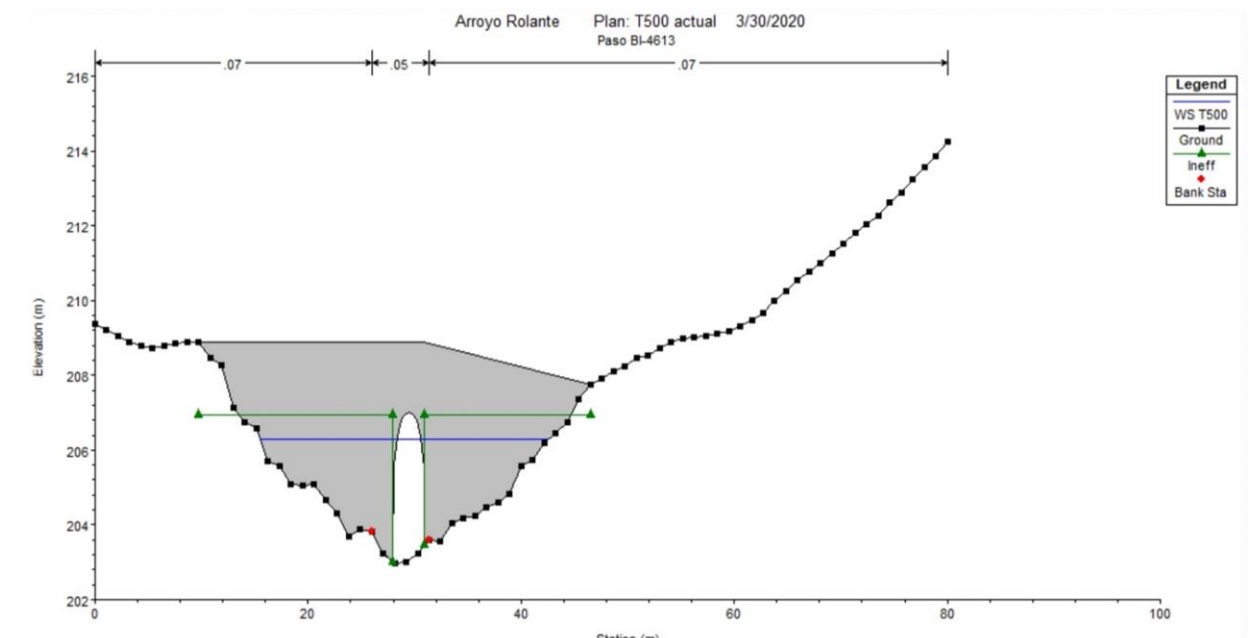


Figura nº6. Perfil transversal en el puente existente

La línea de energía que se presenta a continuación muestra cómo la sobreelevación causada en la lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno es superior a dos metros.

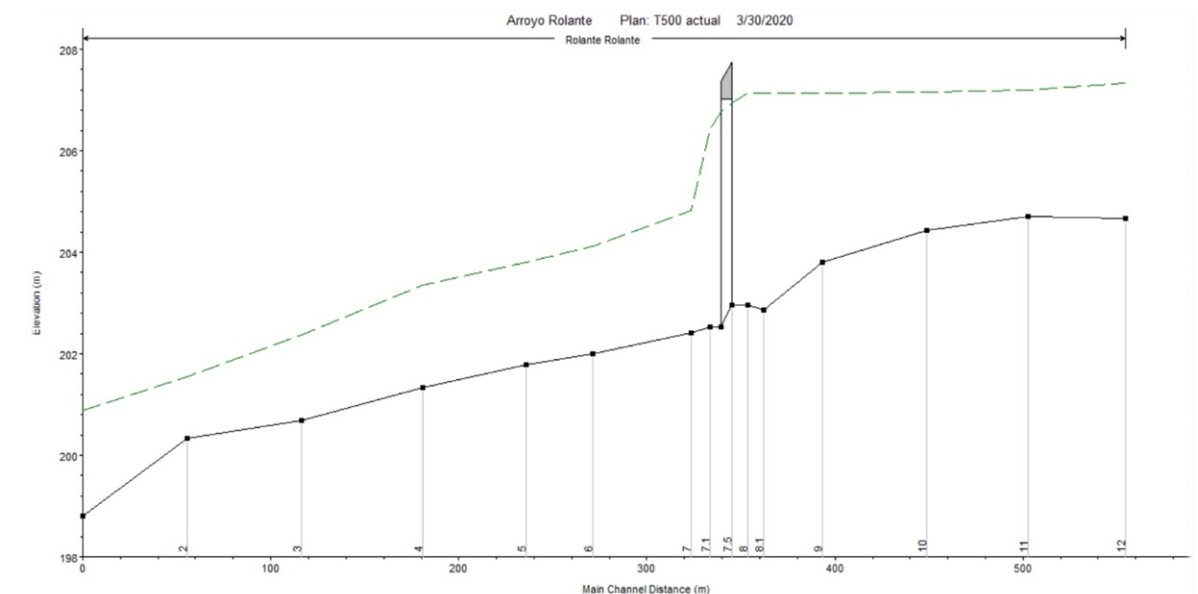


Figura nº7. Línea de energía. T500

3.2 Situación intermedia

Tal y como se ha comentado en la introducción del presente apartado, previo al análisis de la afección del nuevo puente sobre la Inundabilidad de la zona, es necesario conocer cuál sería ésta si no existieran los elementos antrópicos formados por los rellenos y el paso existente. Para ello, se ha realizado una nueva simulación hidráulica eliminando dichos elementos.

La eliminación en el modelo de los rellenos de la carretera y del paso existente conlleva la eliminación así mismo de los perfiles específicos que se incluyen para una correcta modelización de puentes, en este caso, los perfiles 7.1 y 8.1.

Tal y como era de suponer, la reducción en las cotas de las diferentes avenidas es notable, siendo en el caso de la avenida de 500 años de periodo de retorno, superior a dos metros.

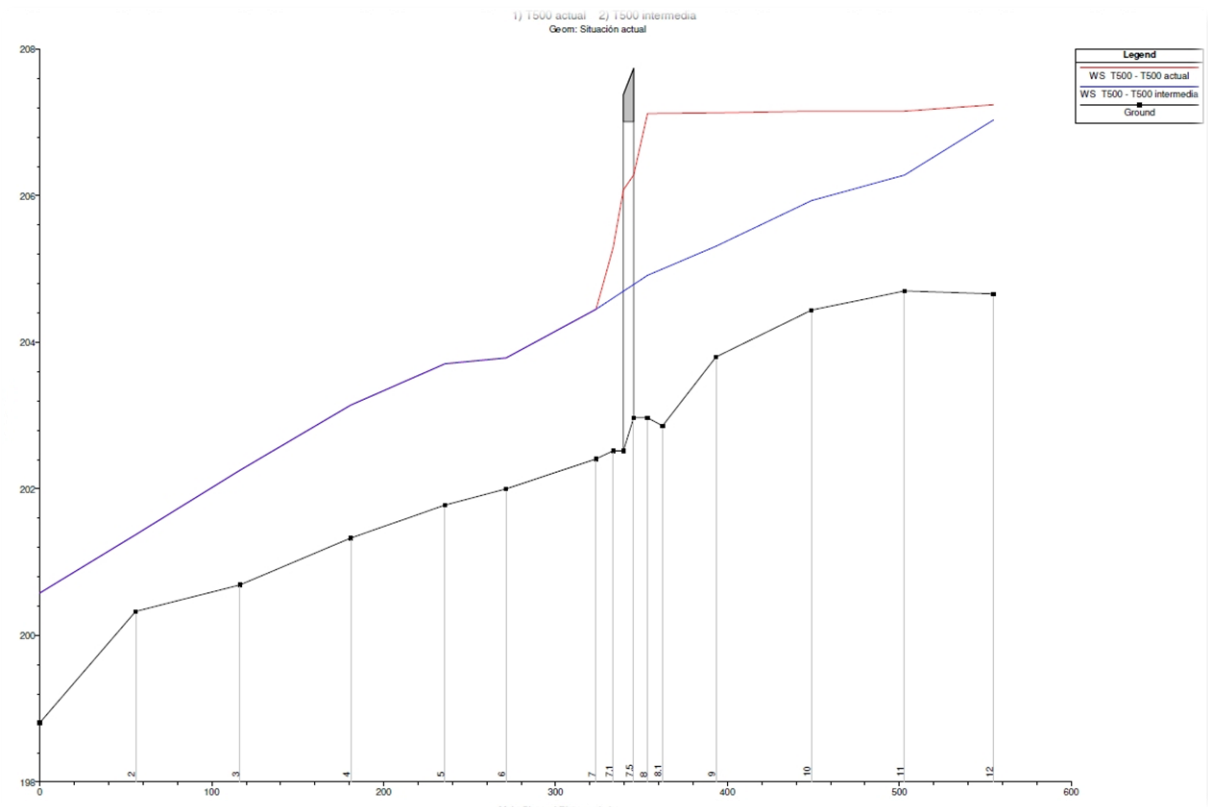


Figura nº8. Comparativa perfil longitudinal situación actual-situación intermedia. T500

3.3 Situación futura

A continuación, se analiza la afección que la ejecución del nuevo trazado de la BI-4613 y del nuevo paso pueden provocar en la inundabilidad de la zona.

La situación futura se refleja en el modelo hidráulico tanto modificando los perfiles que, de acuerdo con la implantación prevista, se ven afectados por la obras como con la eliminación e introducción de nuevos perfiles necesarios.

Por ello, para la modelización de la situación futura se eliminan los perfiles 7.1 y 8.1, necesarios únicamente para modelizar el paso existente y se incluye un nuevo perfil, el perfil 8.2, situado aguas arriba del nuevo puente.

La topografía del nuevo perfil se ha obtenido, al igual que el resto de perfiles, del MDT de Gobierno Vasco.

Para la implantación del nuevo paso se han tenido en consideración los requisitos que establece la Agencia Vasca del Agua en los cruces sobre los cauces:

- Los estribos deben situarse fuera de la Zona de Flujo Preferente (Z.F.P.).
- Las nuevas actuaciones no deben empeorar la Inundabilidad de la zona (sobreelevación de la lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno inferior a 10 centímetros).
- Resguardo mínimo de 1 metro de la cara inferior del tablero respecto a la cota de lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno.

Como puede comprobarse en los planos correspondientes, los estribos de nuevo paso se encuentran no sólo fuera de la Zona de Flujo Preferente, sino incluso fuera de las superficies de inundación correspondientes a las diferentes avenidas.

La cota inferior del nuevo tablero es de 211,58 metros, muy superior a la cota 205,03 correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno, por lo que el resguardo es muy superior al mínimo de un metro exigido por la normativa.

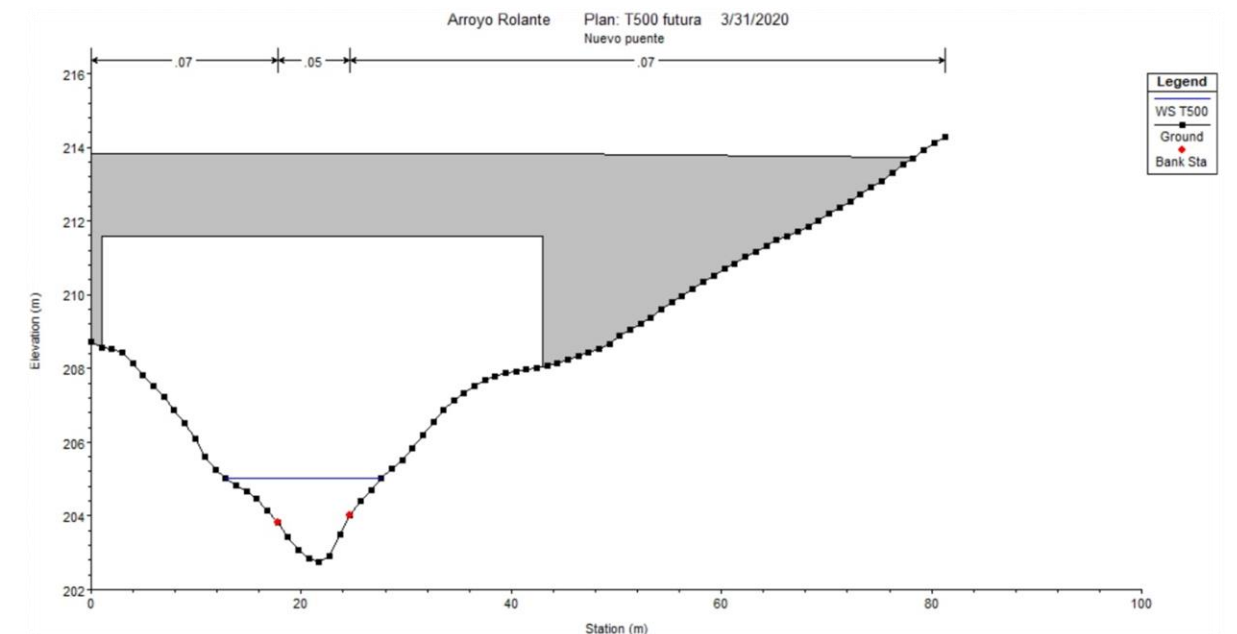


Figura nº9. Perfil transversal del nuevo puente

Tal y como se puede comprobar en las cotas incluidas en la tabla adjunta, la ejecución del nuevo paso no sólo no perjudica a la inundabilidad existente actualmente en el entorno sino que mejora notablemente.

La diferencia de cotas existente entre la situación intermedia y la situación futura se debe más a la introducción del nuevo perfil para el análisis de la situación futura que a una variación real de la lámina de agua.

Perfil	T-500 Actual	T-500 Intermedia	T-500 Futura
12	207,24	207,03	207,03
11	207,15	206,28	206,28
10	207,15	205,93	205,95
9	207,13	205,31	205,23
8	207,12	204,91	204,91
7	204,45	204,45	204,45

Tabla nº1. Cota de lámina de agua T500 actual, intermedia y futura

4 Conclusiones

Del análisis hidrológico-hidráulico realizado y presentado se concluye que el nuevo paso proyectado en la BI- 4613 cumple con todos los condicionantes exigidos:

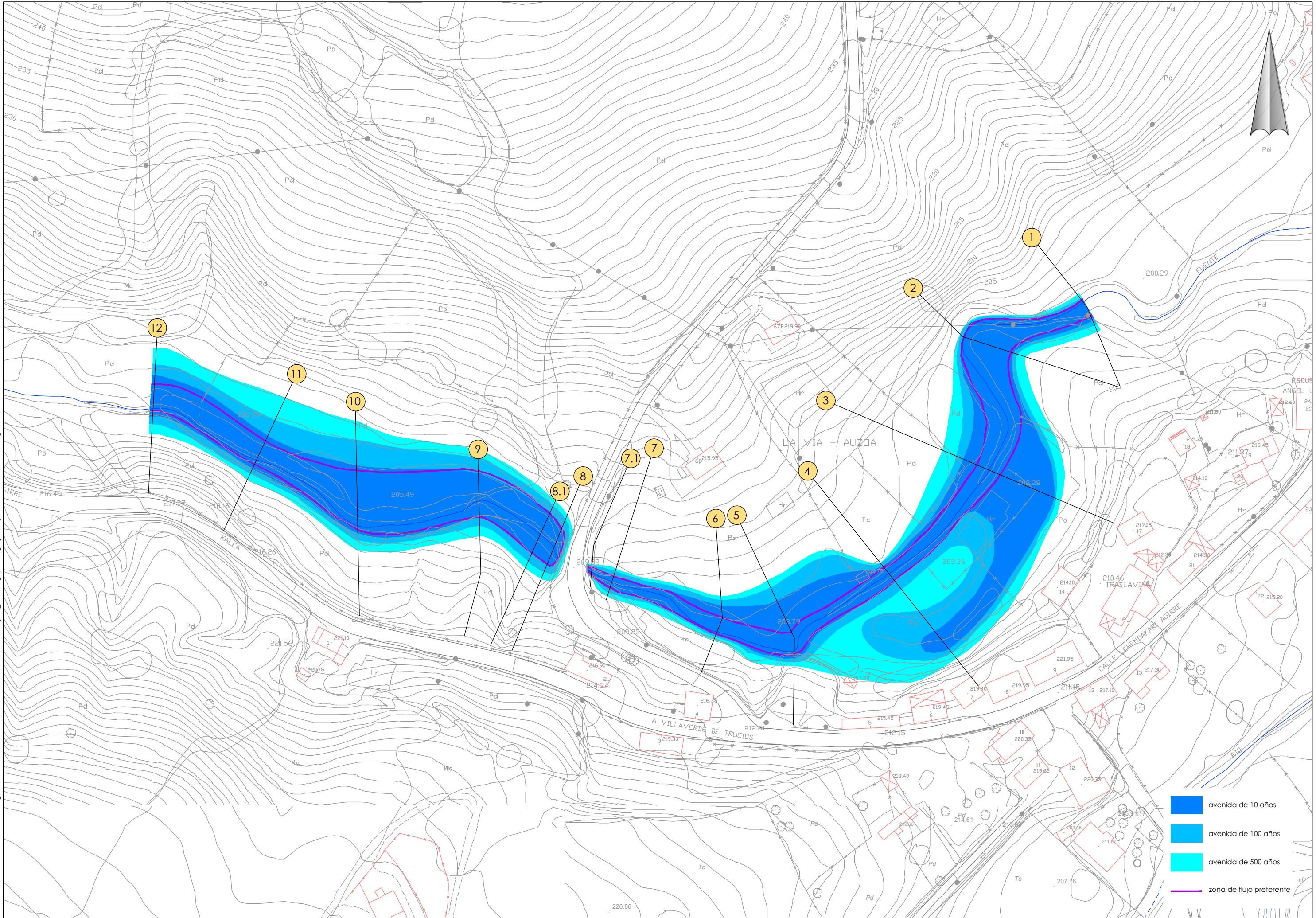
- Los estribos se sitúan fuera de la Zona de Flujo Preferente (Z.F.P.).
- No incrementa la inundabilidad de la zona (sobreelevación inferior a 10 centímetros para la avenida correspondiente a 500 años de periodo de retorno).
- Resguardo de la cara inferior del tablero respecto a la cota de lámina de agua correspondiente a la avenida de 500 años de periodo de retorno superior a 1 metro.

En el **anexo 7.5.1: Planos**, **anexo 7.5.2: Perfil longitudinal**, **anexo 7.5.3:Perfiles transversales** y **anexo 7.5.4: Tablas de resultados**, se muestran las superficies de inundación, perfiles y resultados obtenidos en cada una de las situaciones analizadas.

ANEXO N°7.5.1

Planos

P:\Vivos\X0000054\X0000054\000002\02_Vigentes\01 PROYECTO CONSTRUCTIVO\02 PLANOS\ANEJOS\Anejos_07_Climatología, Hidrología y Drenaje\AP070501H01-02INUNDA.dwg



LURRALDE GARAPENERAKO ZUZENDARITZA NAGUSIA
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL

AZPIEGITURAK GARATZEKO
ZUZENDARIORDEZTA NAGUSIA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE
DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS

AZPIEGITURATARAKO ETA LURRALDE
GARAPENERAKO SAILA
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS
Y DESARROLLO TERRITORIAL

AKOLULARIA
CONSULTOR



KONTRATUKO ZUZENDARIA
DIRECTORA DEL CONTRATO
EVA ISA GUTIERREZ
I.C.C.P. COLEG. Nº 14.922



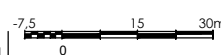
EGITAMAIAREN TITULUA / TÍTULO DEL PROYECTO
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE RECTIFICACIÓN DE
TRAZADO Y ENSANCHE DE LA CARRETERA BI-630
TRAMO: TRASLAVIÑA-TRUCIOS

GAIKOA
CLAVE
DATA
FECHA
Marzo 2020

IZENDURA
DESIGNACIÓN

Climatología, Hidrología y Drenaje
Superficies de inundación
Situación actual

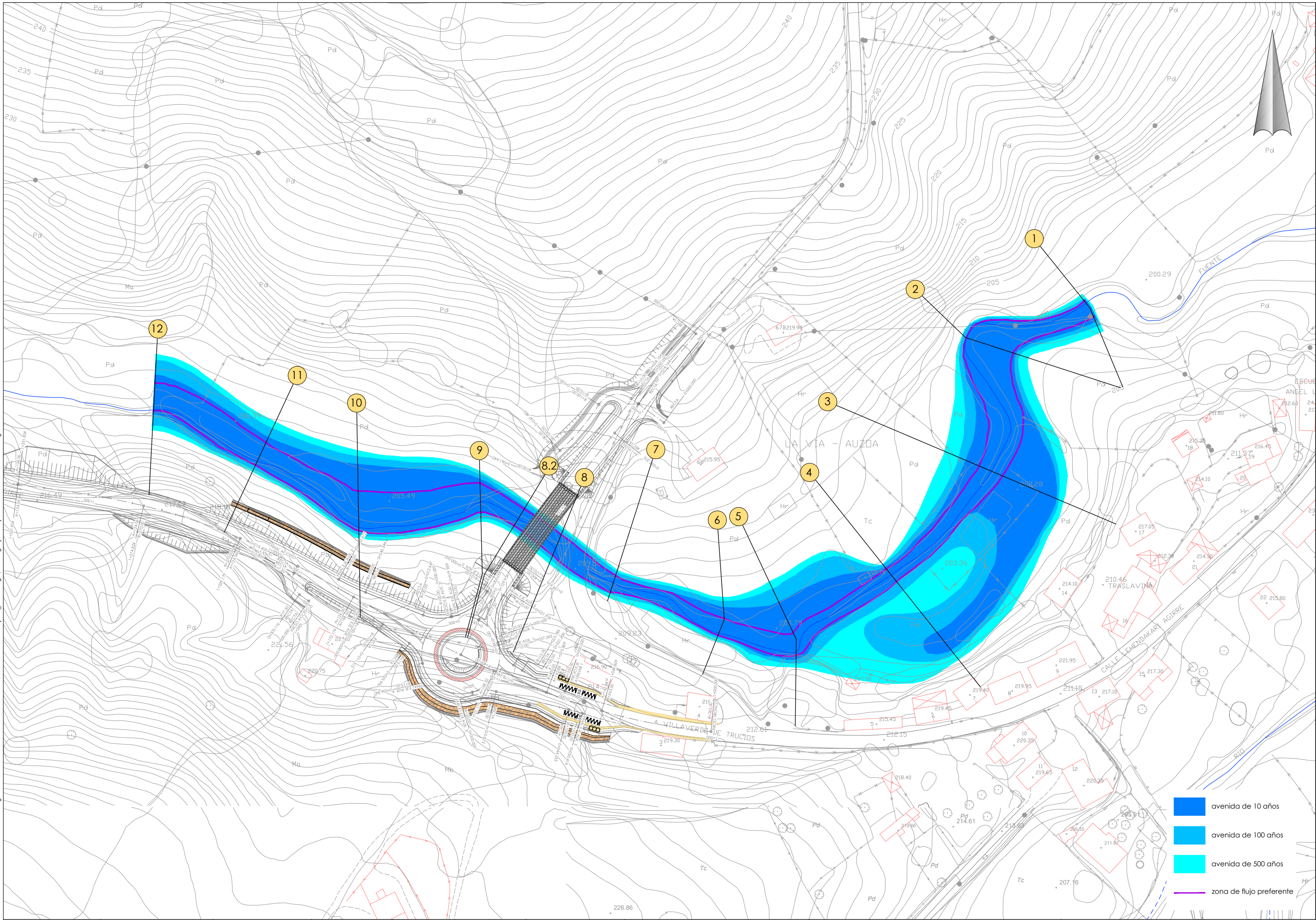
A1 ESKALA (A)
ESCALA (B) A1
1/750
ORIGINAL LINE A1



230° / N°
Ap.7.5.1

2 TIK 1 ORRIA
HOJA 1 DE 2

P:\vices\X0000054\X0000054\00000027\02 Vigentes\01 PROYECTO CONSTRUCTIVO\02 PLANOS\ANEJOS\Anejo 07_ Climatología, Hidrología y Drenaje\AP07050\1\01-02\INUNDA.dwg



LURRALDE GARAPENERAKO ZUZENDARITZA NAGUSIA
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO TERRITORIAL

AZPIEGITURAK GARATZEKO
ZUZENDARITZA NAGUSIA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE
DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS

AZPIEGITURAKO ETA LURRALDE
GARAPENERAKO SALA
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS
Y DESARROLLO TERRITORIAL

AHOLKILARIA
CONSULTOR



KONTRATUKO ZUZENDARIA
DIRECTORA DEL CONTRATO



EGITAMAIAREN TITULUA | TÍTULO DEL PROYECTO
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE RECTIFICACIÓN DE
TRAZADO Y ENSANCHE DE LA CARRETERA BI-630
TRAMO: TRASLAVIÑA-TRUCIOS

GAIOA
CLAVE

DATA
FECHA

Marzo 2020

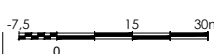
IZENDURA
DESIGNACIÓN

Climatología, Hidrología y Drenaje
Superficies de inundación
Situación futura

A1 ESKALA (K)
ESCALA (S) A1

1/750

ORIGINAL LINEA A1

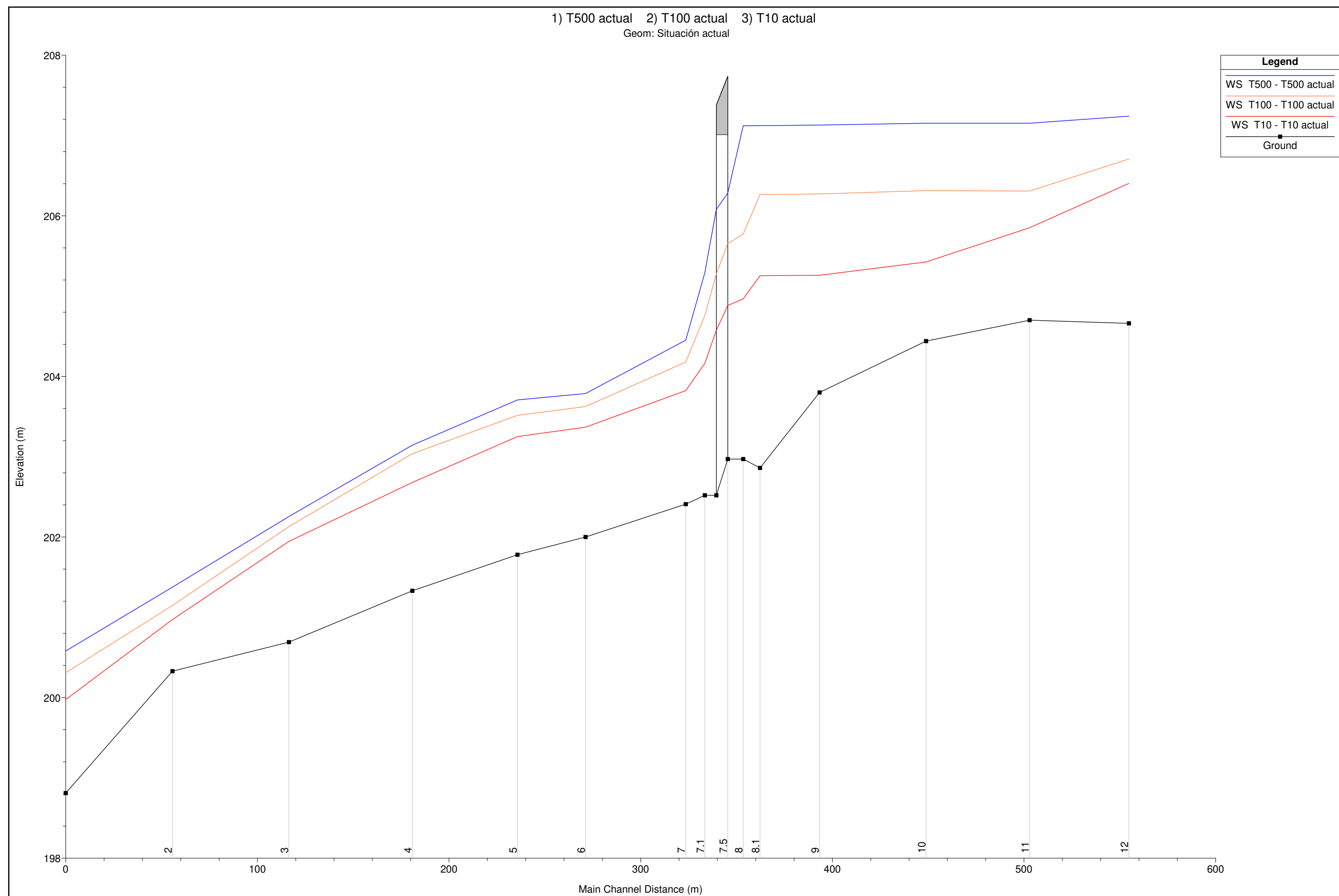


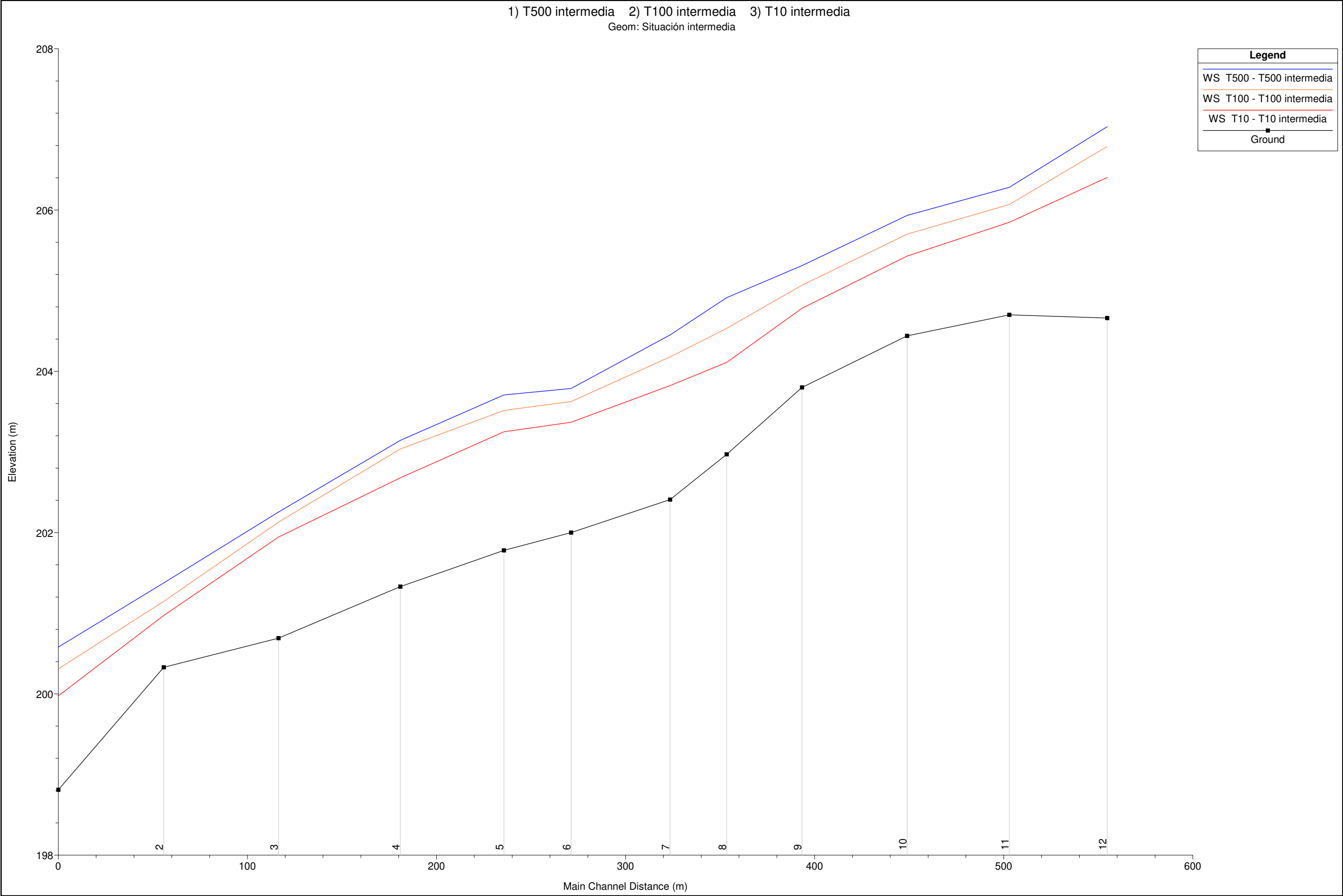
2^{da} / 1^{ra}
Ap.7.5.1

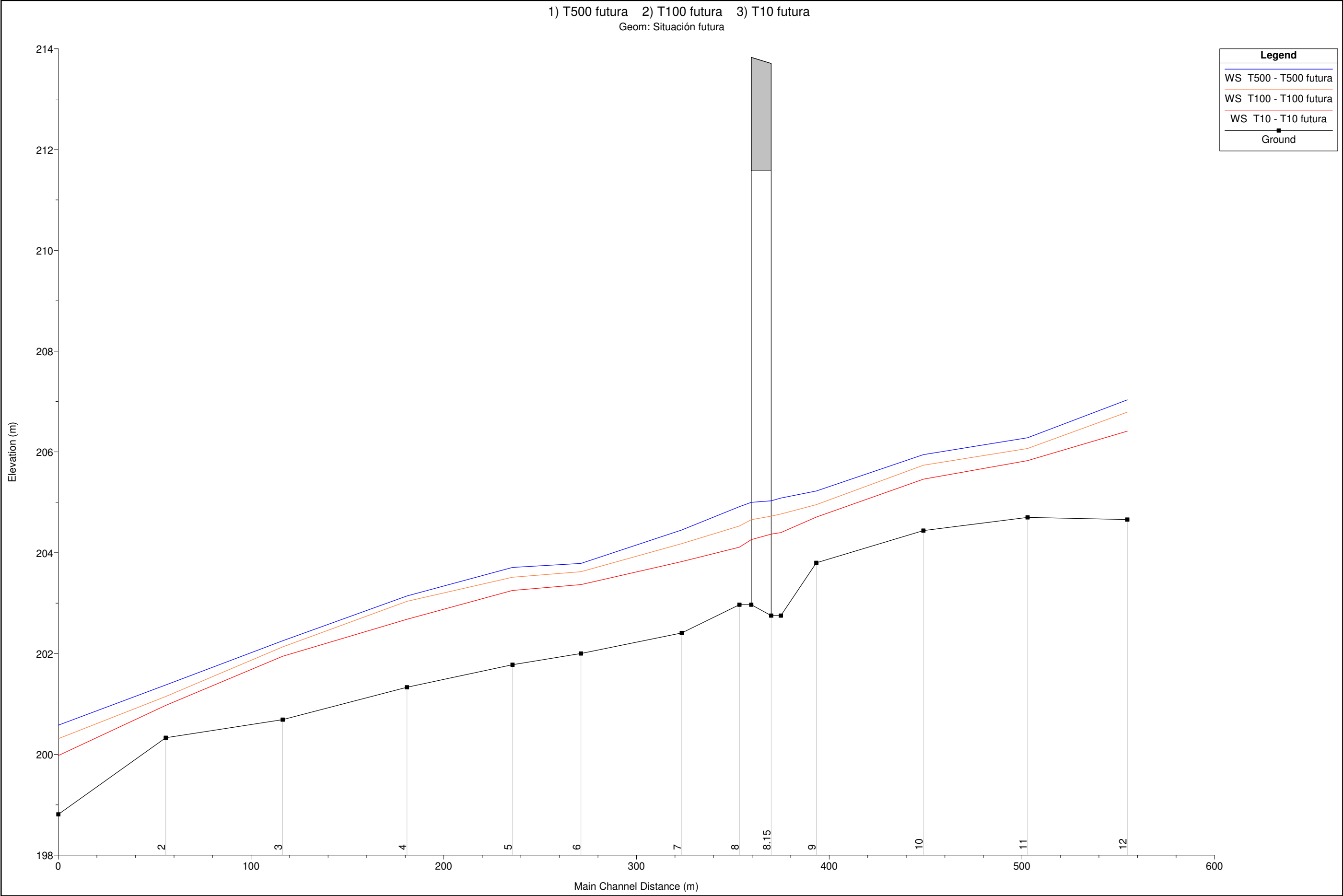
2 TIK 2 ORRIA
HOJA 2 DE 2

ANEXO N°7.5.2

Perfil longitudinal

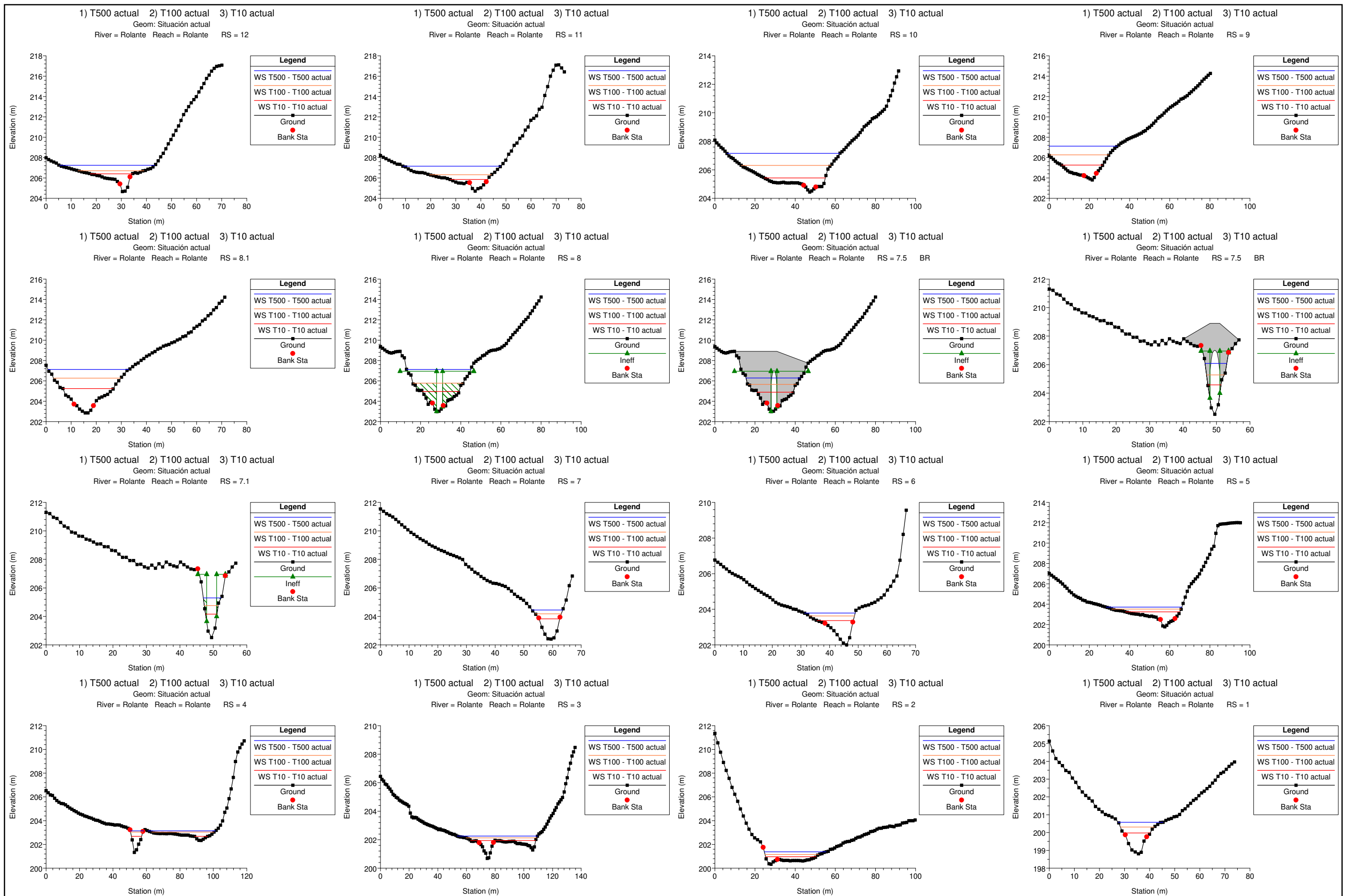


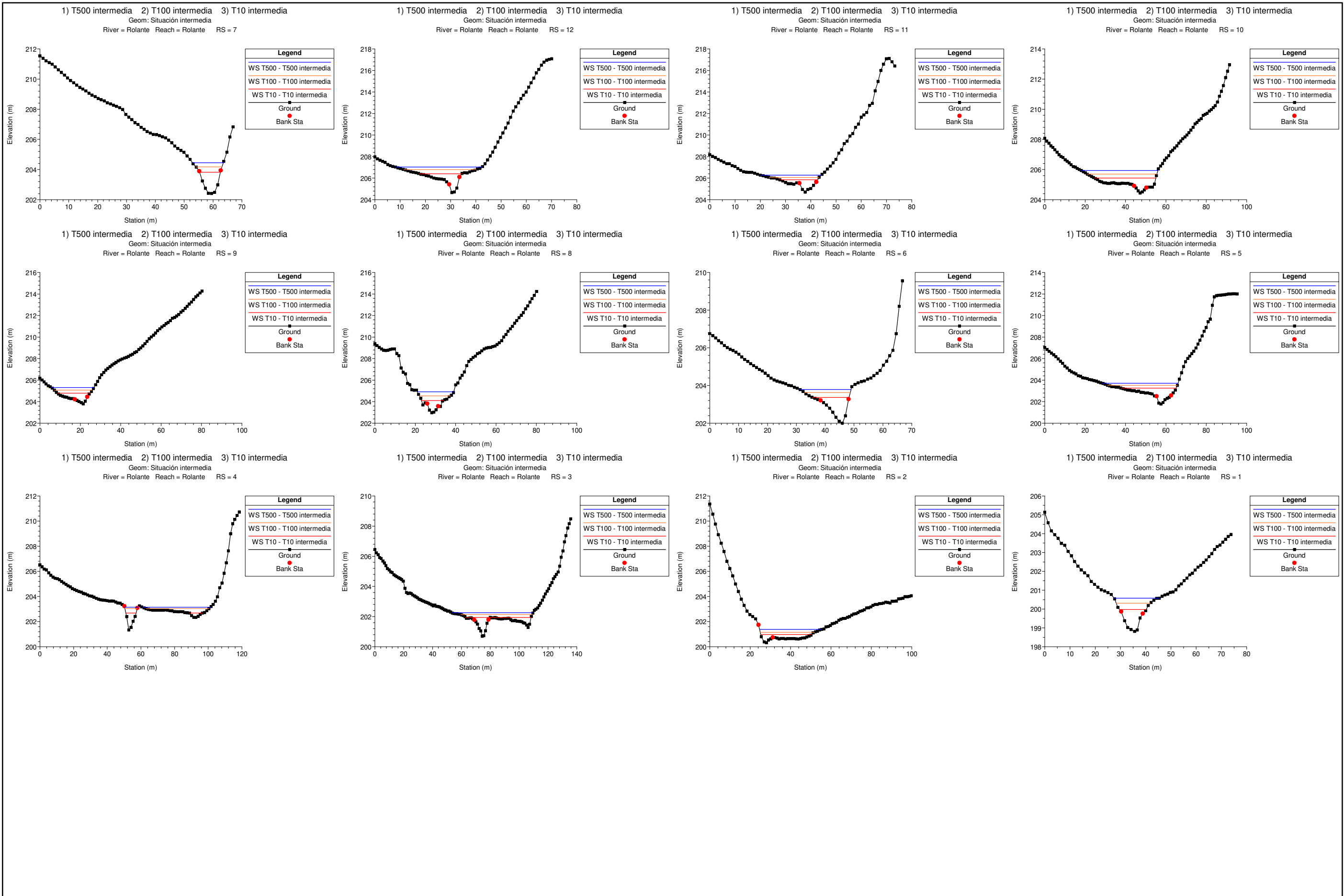


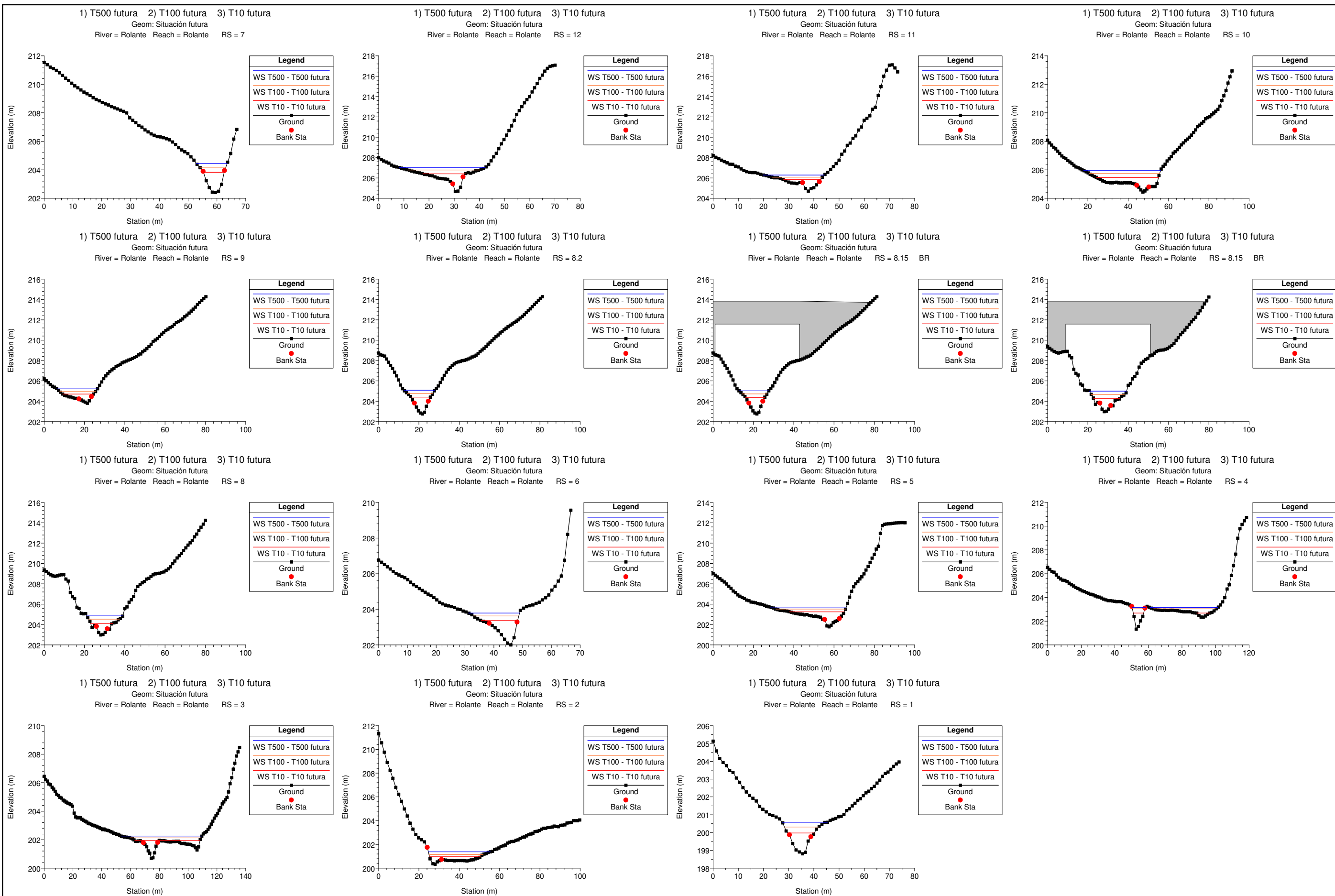


ANEXO N°7.5.3

Perfiles transversales







ANEXO N°7.5.4

Tablas de resultados

SITUACIÓN ACTUAL

T-10

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T10	11,78	204,66	206,40	1,74		206,52	0,005906	1,68	0,46
Rolante	11	T10	11,78	204,70	205,85	1,15	205,78	206,03	0,015459	2,01	0,74
Rolante	10	T10	11,78	204,44	205,43	0,99		205,49	0,006943	1,41	0,51
Rolante	9	T10	11,78	203,80	205,26	1,46		205,30	0,001975	1,00	0,29
Rolante	8,1	T10	11,78	202,86	205,25	2,39		205,27	0,000351	0,60	0,13
Rolante	8	T10	11,78	202,97	204,96	1,99	204,29	205,20	0,005161	2,13	0,50
Rolante	7,5	Puente existente									
Rolante	7,1	T10	11,78	202,52	204,16	1,64	204,16	204,75	0,035800	3,38	1,00
Rolante	7	T10	11,78	202,41	203,82	1,41		203,97	0,008521	1,69	0,55
Rolante	6	T10	11,78	202,00	203,37	1,37		203,49	0,009479	1,58	0,58
Rolante	5	T10	11,78	201,78	203,25	1,47		203,31	0,003000	1,15	0,35
Rolante	4	T10	11,78	201,33	202,68	1,35	202,67	202,93	0,023216	2,33	0,86
Rolante	3	T10	11,78	200,69	201,95	1,26		202,02	0,007960	1,37	0,53
Rolante	2	T10	11,78	200,33	200,97	0,64	200,97	201,12	0,036831	2,13	1,05
Rolante	1	T10	11,78	198,81	199,98	1,17	199,75	200,13	0,011003	1,74	0,63

SITUACIÓN ACTUAL
T-100

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T100	22,01	204,66	206,71	2,05	206,46	206,87	0,007403	2,15	0,53
Rolante	11	T100	22,01	204,70	206,31	1,61		206,46	0,007820	1,96	0,57
Rolante	10	T100	22,01	204,44	206,31	1,87		206,33	0,000808	0,80	0,20
Rolante	9	T100	22,01	203,80	206,27	2,47		206,29	0,000561	0,80	0,17
Rolante	8,1	T100	22,01	202,86	206,27	3,41		206,28	0,000235	0,64	0,12
Rolante	8	T100	22,01	202,97	205,77	2,80	204,89	206,16	0,005370	2,77	0,54
Rolante	7,5	Puente existente									
Rolante	7,1	T100	22,01	202,52	204,76	2,24	204,76	205,65	0,031387	4,18	1,01
Rolante	7	T100	22,01	202,41	204,18	1,77		204,44	0,010648	2,28	0,64
Rolante	6	T100	22,01	202,00	203,62	1,62		203,85	0,011782	2,13	0,67
Rolante	5	T100	22,01	201,78	203,52	1,74		203,60	0,003883	1,51	0,41
Rolante	4	T100	22,01	201,33	203,04	1,71	203,04	203,21	0,014693	2,16	0,71
Rolante	3	T100	22,01	200,69	202,13	1,44		202,22	0,008159	1,63	0,55
Rolante	2	T100	22,01	200,33	201,15	0,82	201,12	201,34	0,032632	2,46	1,03
Rolante	1	T100	22,01	198,81	200,31	1,50	200,09	200,55	0,011011	2,21	0,67

SITUACIÓN ACTUAL
T-500

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T500	32,55	204,66	207,24	2,58		207,33	0,003279	1,73	0,37
Rolante	11	T500	32,55	204,70	207,15	2,45		207,20	0,001471	1,21	0,27
Rolante	10	T500	32,55	204,44	207,15	2,71		207,16	0,000290	0,63	0,13
Rolante	9	T500	32,55	203,80	207,13	3,33		207,15	0,000304	0,73	0,13
Rolante	8,1	T500	32,55	202,86	207,12	4,26		207,14	0,000182	0,66	0,11
Rolante	8	T500	32,55	202,97	207,12	4,15	205,41	207,14	0,000216	0,71	0,11
Rolante	7,5	Puente existente									
Rolante	7,1	T500	32,55	202,52	205,29	2,77	205,29	206,44	0,028341	4,74	1,00
Rolante	7	T500	32,55	202,41	204,45	2,04	204,15	204,83	0,011984	2,75	0,70
Rolante	6	T500	32,55	202,00	203,79	1,79	203,68	204,12	0,014941	2,65	0,78
Rolante	5	T500	32,55	201,78	203,71	1,93		203,81	0,004447	1,76	0,45
Rolante	4	T500	32,55	201,33	203,14	1,81	203,14	203,35	0,017888	2,51	0,79
Rolante	3	T500	32,55	200,69	202,25	1,56		202,37	0,009165	1,88	0,60
Rolante	2	T500	32,55	200,33	201,38	1,05		201,55	0,021434	2,40	0,87
Rolante	1	T500	32,55	198,81	200,58	1,77	200,35	200,89	0,011018	2,55	0,69

SITUACIÓN INTERMEDIA
T-10

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T10	11,78	204,66	206,40	1,74		206,52	0,005880	1,68	0,46
Rolante	11	T10	11,78	204,70	205,85	1,15		206,03	0,015697	2,02	0,74
Rolante	10	T10	11,78	204,44	205,43	0,99		205,49	0,006768	1,40	0,50
Rolante	9	T10	11,78	203,80	204,78	0,98		204,95	0,015128	1,99	0,74
Rolante	8	T10	11,78	202,97	204,11	1,14		204,33	0,015243	2,20	0,75
Rolante	7	T10	11,78	202,41	203,82	1,41		203,97	0,008520	1,69	0,55
Rolante	6	T10	11,78	202,00	203,37	1,37		203,49	0,009479	1,58	0,58
Rolante	5	T10	11,78	201,78	203,25	1,47		203,31	0,003001	1,15	0,35
Rolante	4	T10	11,78	201,33	202,68	1,35	202,67	202,93	0,023216	2,33	0,86
Rolante	3	T10	11,78	200,69	201,95	1,26		202,02	0,007958	1,37	0,53
Rolante	2	T10	11,78	200,33	200,97	0,64	200,97	201,12	0,036858	2,14	1,05
Rolante	1	T10	11,78	198,81	199,98	1,17	199,75	200,13	0,011003	1,74	0,63

SITUACIÓN INTERMEDIA
T-100

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T100	22,01	204,66	206,79	2,13		206,92	0,005702	1,95	0,47
Rolante	11	T100	22,01	204,70	206,07	1,37	206,07	206,38	0,020160	2,71	0,88
Rolante	10	T100	22,01	204,44	205,70	1,26		205,78	0,005975	1,60	0,50
Rolante	9	T100	22,01	203,80	205,07	1,27		205,28	0,013924	2,37	0,75
Rolante	8	T100	22,01	202,97	204,53	1,56		204,78	0,011230	2,45	0,69
Rolante	7	T100	22,01	202,41	204,18	1,77		204,44	0,010647	2,28	0,64
Rolante	6	T100	22,01	202,00	203,62	1,62		203,85	0,011783	2,13	0,67
Rolante	5	T100	22,01	201,78	203,52	1,74		203,60	0,003887	1,51	0,41
Rolante	4	T100	22,01	201,33	203,04	1,71	203,04	203,21	0,014653	2,16	0,71
Rolante	3	T100	22,01	200,69	202,13	1,44		202,22	0,008160	1,63	0,55
Rolante	2	T100	22,01	200,33	201,15	0,82	201,12	201,34	0,032636	2,46	1,03
Rolante	1	T100	22,01	198,81	200,31	1,50	200,09	200,55	0,011011	2,21	0,67

SITUACIÓN INTERMEDIA
T-500

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T500	32,55	204,66	207,03	2,37	206,72	207,18	0,005890	2,16	0,49
Rolante	11	T500	32,55	204,70	206,28	1,58	206,28	206,63	0,018826	2,99	0,88
Rolante	10	T500	32,55	204,44	205,93	1,49		206,02	0,005418	1,74	0,49
Rolante	9	T500	32,55	203,80	205,31	1,51		205,56	0,012860	2,63	0,74
Rolante	8	T500	32,55	202,97	204,91	1,94		205,15	0,008301	2,50	0,61
Rolante	7	T500	32,55	202,41	204,45	2,04	204,15	204,83	0,011985	2,75	0,70
Rolante	6	T500	32,55	202,00	203,79	1,79	203,68	204,12	0,014934	2,65	0,78
Rolante	5	T500	32,55	201,78	203,71	1,93		203,81	0,004447	1,76	0,45
Rolante	4	T500	32,55	201,33	203,14	1,81	203,14	203,35	0,017893	2,51	0,79
Rolante	3	T500	32,55	200,69	202,25	1,56		202,37	0,009167	1,88	0,60
Rolante	2	T500	32,55	200,33	201,38	1,05		201,55	0,021443	2,40	0,87
Rolante	1	T500	32,55	198,81	200,58	1,77	200,35	200,89	0,011018	2,55	0,69

SITUACIÓN FUTURA
T-10

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T10	11,78	204,66	206,41	1,75		206,53	0,005692	1,66	0,45
Rolante	11	T10	11,78	204,70	205,83	1,13	205,78	206,03	0,017536	2,10	0,78
Rolante	10	T10	11,78	204,44	205,46	1,02		205,52	0,005681	1,31	0,46
Rolante	9	T10	11,78	203,80	204,71	0,91	204,71	204,93	0,023486	2,31	0,90
Rolante	8,2	T10	11,78	202,75	204,40	1,65	203,86	204,50	0,004208	1,40	0,41
Rolante	8,15	Nuevo puente									
Rolante	8	T10	11,78	202,97	204,11	1,14		204,33	0,015243	2,20	0,75
Rolante	7	T10	11,78	202,41	203,82	1,41		203,97	0,008520	1,69	0,55
Rolante	6	T10	11,78	202,00	203,37	1,37		203,49	0,009479	1,58	0,58
Rolante	5	T10	11,78	201,78	203,25	1,47		203,31	0,003001	1,15	0,35
Rolante	4	T10	11,78	201,33	202,68	1,35	202,67	202,93	0,023216	2,33	0,86
Rolante	3	T10	11,78	200,69	201,95	1,26		202,02	0,007958	1,37	0,53
Rolante	2	T10	11,78	200,33	200,97	0,64	200,97	201,12	0,036858	2,14	1,05
Rolante	1	T10	11,78	198,81	199,98	1,17	199,75	200,13	0,011003	1,74	0,63

SITUACIÓN FUTURA
T-100

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T100	22,01	204,66	206,79	2,13	206,46	206,92	0,005691	1,95	0,47
Rolante	11	T100	22,01	204,70	206,07	1,37	206,07	206,38	0,020160	2,71	0,88
Rolante	10	T100	22,01	204,44	205,74	1,30		205,81	0,005154	1,52	0,46
Rolante	9	T100	22,01	203,80	204,95	1,15	204,95	205,26	0,022429	2,79	0,93
Rolante	8,2	T100	22,01	202,75	204,77	2,02	204,24	204,95	0,005547	1,92	0,49
Rolante	8,15	Nuevo puente									
Rolante	8	T100	22,01	202,97	204,53	1,56		204,78	0,011230	2,45	0,69
Rolante	7	T100	22,01	202,41	204,18	1,77		204,44	0,010647	2,28	0,64
Rolante	6	T100	22,01	202,00	203,62	1,62		203,85	0,011783	2,13	0,67
Rolante	5	T100	22,01	201,78	203,52	1,74		203,60	0,003887	1,51	0,41
Rolante	4	T100	22,01	201,33	203,04	1,71	203,04	203,21	0,014653	2,16	0,71
Rolante	3	T100	22,01	200,69	202,13	1,44		202,22	0,008160	1,63	0,55
Rolante	2	T100	22,01	200,33	201,15	0,82	201,12	201,34	0,032636	2,46	1,03
Rolante	1	T100	22,01	198,81	200,31	1,50	200,09	200,55	0,011011	2,21	0,67

SITUACIÓN FUTURA
T-500

Cauce	Sección	Periodo de retorno	Caudal (m3/s)	Cota lecho (m)	Cota lámina (m)	Calado (m)	C. Crítico (m)	Cota energía (m)	Pendiente (m/m)	Vel. Cauce (m/s)	Nº Froude
Rolante	12	T500	32,55	204,66	207,03	2,37	206,72	207,18	0,005893	2,17	0,49
Rolante	11	T500	32,55	204,70	206,28	1,58	206,28	206,63	0,018826	2,99	0,88
Rolante	10	T500	32,55	204,44	205,95	1,51		206,03	0,005175	1,71	0,48
Rolante	9	T500	32,55	203,80	205,23	1,43	205,15	205,53	0,017003	2,88	0,84
Rolante	8,2	T500	32,55	202,75	205,08	2,33	204,54	205,32	0,006014	2,26	0,53
Rolante	8,15	Nuevo puente									
Rolante	8	T500	32,55	202,97	204,91	1,94		205,15	0,008301	2,50	0,61
Rolante	7	T500	32,55	202,41	204,45	2,04	204,15	204,83	0,011985	2,75	0,70
Rolante	6	T500	32,55	202,00	203,79	1,79	203,68	204,12	0,014934	2,65	0,78
Rolante	5	T500	32,55	201,78	203,71	1,93		203,81	0,004447	1,76	0,45
Rolante	4	T500	32,55	201,33	203,14	1,81	203,14	203,35	0,017893	2,51	0,79
Rolante	3	T500	32,55	200,69	202,25	1,56		202,37	0,009167	1,88	0,60
Rolante	2	T500	32,55	200,33	201,38	1,05		201,55	0,021443	2,40	0,87
Rolante	1	T500	32,55	198,81	200,58	1,77	200,35	200,89	0,011018	2,55	0,69