

ANEJO N°5

Hidrología y Drenaje

Índice

1	Introducción	1
2	Climatología e Hidrología	2
2.1	Introducción	2
2.2	Precipitación máxima en 24h (Pd)	2
2.2.1	Máximas lluvias diarias en la España peninsular	2
2.2.2	Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales	3
2.3	Cálculos hidrológicos	3
2.3.1	Definición de cuencas	3
2.3.2	Intensidad de precipitación $[I(T,t)]$	3
2.3.3	Tiempo de concentración (tc)	5
2.3.4	Coefficiente de escorrentía	5
3	Reposición de Morlans	7

APÉNDICE Nº1: PLANO DE CUENCAS

1 Introducción

El ámbito de estudio comprende la parte oeste de la ciudad de Donosti que desde la futura estación del TOPO en Easo, avanza aproximadamente un tramo de 1000 metros a lo largo de la línea Donostia-Hendaia. Se analizan las necesidades tanto de drenaje transversal como longitudinal.

Las actuaciones previstas en cualquiera de las alternativas analizadas en este Estudio informativo, implica la afección a la conducción que actualmente lleva encauzada la regata de Morlans. Esto supone buscar una reposición del trazado de este encauzamiento para cada una de estas alternativas 1D y 2.

2 Climatología e Hidrología

2.1 Introducción

La zona objeto de estudio se localiza en el núcleo urbano de Donosti.

El clima de la zona, como el resto de la cornisa cantábrica, se caracteriza por inviernos suaves y veranos frescos, aire húmedo, abundante nubosidad y precipitaciones frecuentes.

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 DFG.

Las cuencas obtenidas tienen una extensión de 76,65 ha para la alternativa 1D y de 54,10 ha para la alternativa 2 y su representación gráfica se ha incluido en el apéndice nº5.1: Planos de cuencas. 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.

2.2 Precipitación máxima en 24h (Pd)

Para la determinación de la precipitación máxima diaria correspondiente al período de retorno T, Pd 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.vz

2.2.1 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 Pm (Precipitación media) y Cv (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 Pm y Cv puede realizarse de dos maneras:

1. Consultando el mapa de isolinéas 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 isolinéas para la obtención de los valores descritos con anterioridad.

De esta forma, se ha calculado la precipitación máxima diaria, (Pd), 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 Pm y coeficiente de variación Cv.
- La carretera se encuentra en el plano 3-1 BILBAO.
- Estimación del valor medio Pm de la máxima precipitación diaria anual y del coeficiente de variación Cv, mediante las isolinéas representadas en el plano anterior. Obteniéndose mediante interpolación entre curvas, en caso necesario. Las isolinéas rojas se refieren al Cv y las moradas al Yt.
- Obtención del cuantil regional Yt, 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)				
PERIODO DE RETORNO T(años)	COEF. VARIACION Cv (Adim)	PRECIP. MEDIA Pm (mm)	FACTOR DE AMPLIFICACION Yt (Adim)	PRECIP. MAX EN 24 H Pd
2	0,38	75,00	0,914	68,55
5	0,38	75,00	1,240	93
25	0,38	75,00	1,793	134,475
100	0,38	75,00	2,327	174,525
500	0,38	75,00	3,014	226,05

Máximas lluvias diarias España Peninsular (1999)				
PERIODO DE RETORNO T(años)	COEF. VARIACION Cv (Adim)	PRECIP. MEDIA Pm (mm)	FACTOR DE AMPLIFICACION Yt (Adim)	PRECIP. MAX EN 24 H Pd
2	0,38	74,00	0,914	67,63
5	0,38	74,00	1,240	91,76
25	0,38	74,00	1,793	132,682
100	0,38	74,00	2,327	172,198
500	0,38	74,00	3,014	223,036

2.2.2 Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales

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

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

0	2	5	25	100	500
Pd (mm)	67,63	91,76	132,682	172,198	223,036

2.3 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:

$$Q = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot Kt}{3,6}$$

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.

2.3.1 Definición de cuencas

En base a la cartografía disponible de la DFG, 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 Drenadas						
CUENCA	ÁREAS		LONG.	COTAS		PEND.
	TERRENO (Ha)	CALZADA (Ha)	VAGUADA (Km)	MAX (m)	MIN (m)	(m/m)
C-Alt-1D	48,46	28,17	1,15	113	6	0,093
C-Alt-2	31,77	22,33	0,98	107,00	16,00	0,0928

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

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

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

Donde:

- I (T, t) (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T (epígrafe 2.2.2.2 de la norma).
- F_{int} (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 QT, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración (t = tc) de dicha cuenca.

2.3.2.1 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.

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

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

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

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

El Factor reductor de la precipitación K_A , 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.

En nuestro caso como todas las cuencas son menores de 1 km², se ha tomado $K_A = 1$

Cuencas	Superficie	Ka
	Ha	
C-Alt 1D	76,63	1,00
C-alt-2	54,10	1,00

2.3.2.2 Factor de intensidad Fint

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

$$F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b)$$

donde:

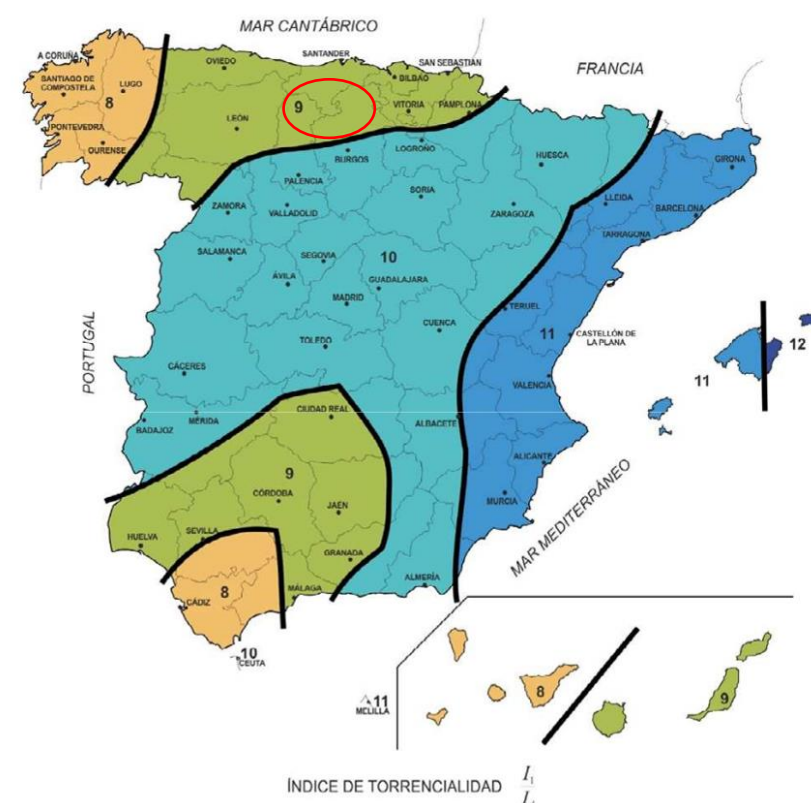
F_{int}	(Adimensional)	Factor de intensidad
F_a	(Adimensional)	Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_2/I_d)
F_b	(Adimensional)	Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo

Para la obtención de F_a se obtiene de:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$$

donde:

F_a	(Adimensional)	Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_2/I_d)
t	(Horas)	Duración del aguacero. Se puede particularizar el tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$).
I_2/I_d	(Adimensional)	Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica a partir del siguiente mapa. Para la zona objeto del proyecto se toma el valor 9.



Para la obtención de F_b se obtiene de:

$$F_b = K_b \left(\frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)} \right)$$

donde:

F_b	(Adimensional)	Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.
$I_{IDF}(T, t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y al tiempo de concentración t_c , obtenido a partir de las curvas IDF del pluviógrafo.
$I_{IDF}(T, 24)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno T y a un tiempo de aguacero igual a 24h ($t=24h$), obtenido a partir de las curvas IDF del pluviógrafo. kb (adimensional) = Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar $kb = 1,13$

En nuestro caso y al no disponer de un pluviógrafo cercano se considera F_{int} igual a F_a .

2.3.3 Tiempo de concentración (t_c)

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:

$$t_c = 0,3 \cdot Lc^{0,76} \cdot Jc^{-0,19}$$

Donde:

T_c (horas): Tiempo de concentración.

Lc (km): Longitud del cauce.

Jc : (m/m): Pendiente media del cauce.

En nuestro caso todas las cuencas principales, su t_c es menos de 0,25 horas, por lo que se ha usado la fórmula de flujo difuso t_c

Cuencas	Tc	Tdif
	min	Min
Alter 1D	40	48,10
Alter 2	27,87	38,29

2.3.4 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C , define la parte de la precipitación de intensidad I (T, t_c) 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 5.2-1.C de Drenaje Superficial.

$$\begin{aligned} \text{Si } Pd \cdot KA > P_0 & \quad C = \frac{\left(\frac{Pd \cdot KA}{P_0} - 1\right) \left(\frac{Pd \cdot KA}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{Pd \cdot KA}{P_0} + 11\right)^2} \\ \text{Si } Pd \cdot KA \leq P_0 & \quad C = 0 \end{aligned}$$

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.

P_0 (mm): Umbral de escorrentía

2.3.4.1 Umbral de escorrentía (P_0)

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

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Donde:

P_0 (mm): Umbral de escorrentía.

P_0^i (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 5.2-1.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 se encuentra dentro del Grupo Hidrológico C.

2.3.4.2 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.

- Para reposición del encauzamiento de la regata de Morlans (T=100 años)

$$\beta_{PM} = (\beta_m - \Delta 50) \cdot F_T$$

Siendo:

β_{PM} (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares.

β_m (adimensional): Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

F_T (adimensional): Factor función del periodo de retorno T.

$\Delta 50$ (Adimensional): Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al 50%.

Cuencas	Usos del suelo	Po (calzadas)	Po (terreno)
C-Alt-1D	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	8	31
C-Alt-2	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas	8	31

A continuación se especifican las intensidades de precipitación y caudales generados en las cuencas, para un periodo de retorno de 2, 5, 25, 100 y 500 años. Con estos valores se ha realizado el cálculo de los caudales en los colectores afectados.

CUENCA	PERÍODOS DE RETORNO (años)									
	2		5		25		100		500	
	I (mm/h)	Q (m ³ /s)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)	I (mm/h)	Q (m ³ /s)
C-Alt-1D	31,63	4,66	42,91	6,00	62,05	9,99	80,53	13,36	104,30	18,01
C-Alt-2	38,22	4,01	51,86	5,67	74,98	8,56	97,31	11,42	126,04	15,38

3 Reposición de Morlans

En el apéndice nº5.1: Planos longitudinales, se ha incluido el longitudinal de las conducciones para las Alternativas 1D y 2

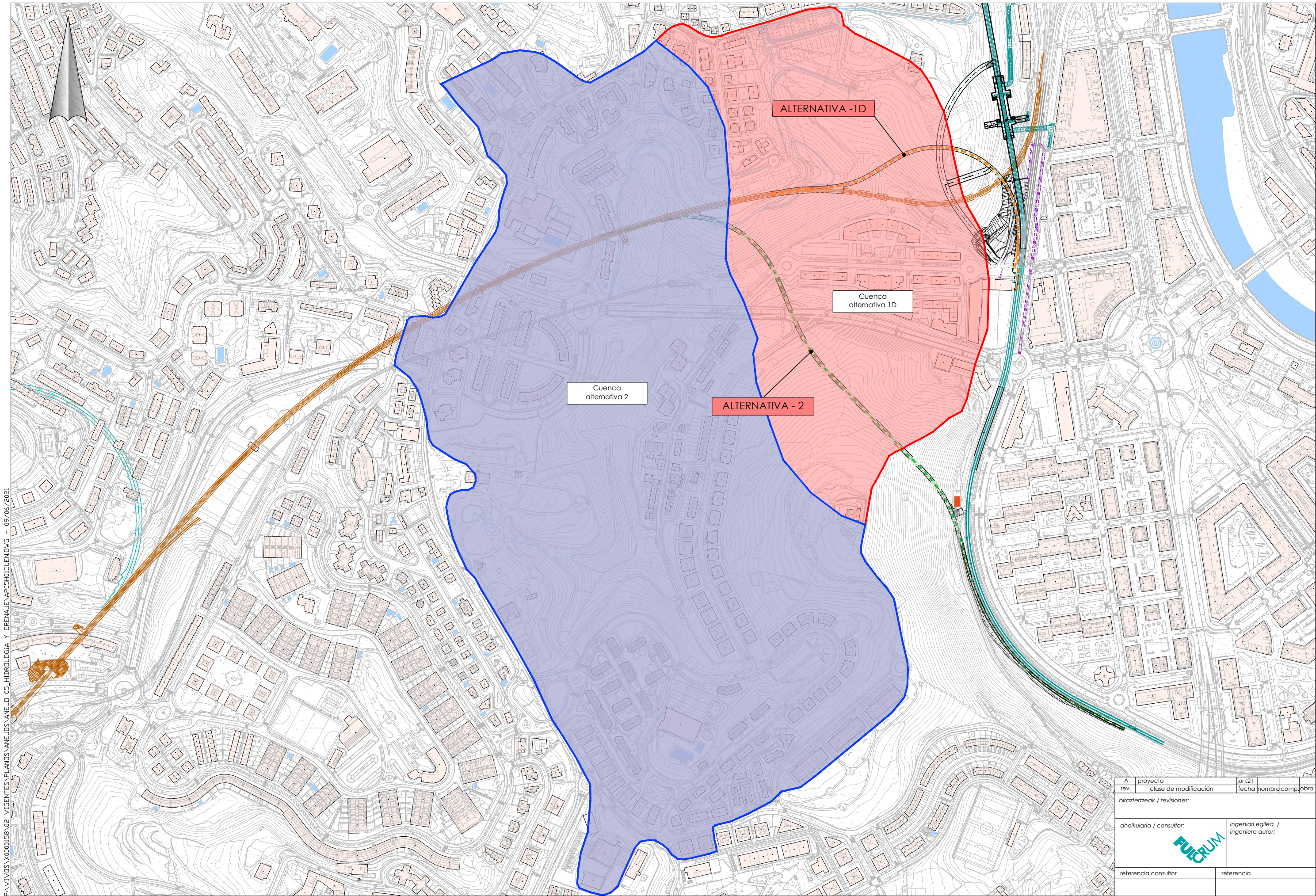
En la página siguiente se han incluido los cálculos hidráulicos de cada uno de los encauzamientos de la regata de Morlans para cada alternativa.

ALTERNATIVA 1D													
PUNTO DE REFERENCIA				CONDUCTOS DE AGUA						CAUDAL			
Número	Progres PR	Elemento	Cota Terreno	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Cotas entrada	Cotas salida	Total l/s	Rugosidad	Calado m	Velocidad m/s
								m	m				
Repo Morlans 1D	PR-1	Arqueta	5,74	Cajón	2,50	62,50	0,26	3,47	3,31	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-2	Arqueta	7,20	Cajón	2,50	63,22	0,26	3,31	3,14	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-3	Arqueta	10,91	Cajón	2,50	42,97	0,26	3,14	3,03	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-4	Arqueta	7,62	Cajón	2,50	41,35	0,26	3,03	2,92	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-5	Arqueta	6,96	Cajón	2,50	52,25	0,26	2,92	2,79	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-6	Arqueta	6,59	Cajón	2,50	77,24	0,26	2,79	2,59	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-7	Arqueta	9,03	Cajón	2,50	20,55	0,26	2,59	2,53	13.360,00	0,014	1,798	2,973
	PR-8	Arqueta	10,02	Cajón	3,00	18,36	0,40	2,53	2,46	13.360,00	0,014	1,267	3,516
	PR-9	Arqueta	9,44	Cajón	3,00	38,75	0,25	2,46	2,36	13.360,00	0,014	1,508	2,953
	PR-10	Arqueta	8,27	Cajón	3,00	55,81	0,25	2,36	2,22	13.360,00	0,014	1,508	2,953
	PR-11	Arqueta	7,30	Cajón	3,00	56,61	0,25	2,22	2,08	13.360,00	0,014	1,508	2,953
	PR-12	Arqueta	6,83	Cajón	3,00	58,52	0,25	2,08	1,93	13.360,00	0,014	1,508	2,953
	PR-13	Arqueta	6,41										

ALTERNATIVA 2													
PUNTO DE REFERENCIA				CONDUCTOS DE AGUA						CAUDAL			
Número	Progres PR	Elemento	Cota Terreno	Tipo	Dimens. m	Longitud m	Pendiente %	Cotas entrada	Cotas salida	Total l/s	Rugosidad	Calado m	Velocidad m/s
								m	m				
Repo Morlans 2 A	10 + 500	Arqueta	16,54	Cajón	3,00	64,82	0,15	12,05	11,95	11.420,00	0,014		
	10 + 500	Arqueta	13,70										
	10 + 500	Arqueta	13,70	Tubería	1,80	20,49	1,25	9,96	9,70	11.420,00	0,014	1,410	5,339
	10 + 500	Arqueta	12,40	Tubería	1,80	18,13	1,25	9,70	9,48	11.420,00	0,014	1,410	5,339
	10 + 500	Arqueta	11,03										

APÉNDICE Nº1

Plano de cuencas



P:\VIVOS\X0000158\02_VIGENTES\PLANS\ANEJOS\ANEJ05_HIDROLOGIA Y DRENAJE\APOSHOICUENJ.DWG - 09/06/2021

A	proyecto	jun.21		
rev.	clase de modificación	fecha	hombre	comp. obra
birazterteak / revisiones:				
aholkularia / consultor:		ingenieri egilea / ingeniero autor:		
FUGRUM				
referencia consultor		referencia		