

ANEJO N°4

Hidrología y Drenaje

Índice

1	Introducción	1
2	Antecedentes	2
3	Hidrología	3
3.1	Caudales	3
3.1.1	Determinación de los caudales máximos calculados (Q_T)	3
3.1.2	Cálculo de $I(T, t_c)$.	3
3.1.3	Coeficiente de escorrentía	3
4	Drenaje longitudinal	4
4.1.1	Diseño general de la red de drenaje longitudinal	4
4.1.2	Criterios de dimensionamiento	4
4.1.2.1	Cálculo de las cunetas y obras de drenaje transversal	4
4.1.3	Resultados	4
4.1.4	Comentarios a los resultados obtenidos	5
5	Dimensionamiento de las nuevas Obras de Drenaje Transversal	6

APÉNDICE 4.1. CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Proyecto de Construcción de una senda
ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La
Arena. Tramo Mamariga-El Villar.

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

i

1 Introducción

El objeto del presente Anejo es el diseño de la Red de Drenaje del **“Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena. Tramo: Mamariga – El Villar”**. Esto incluye el dimensionamiento de las obras de drenaje y la justificación de los sistemas de evacuación de las aguas de las obras proyectadas.

A continuación se describen las principales características de la red de drenaje proyectada. Se adjuntan los cálculos justificativos de dicha red de drenaje en el apéndice nº1.

Proyecto de Construcción de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Tramo Mamariga-El Villar.

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

1

2 Antecedentes

El “Proyecto de Trazado de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Tramo Mamariga-El Villar” asienta gran parte de su trazado en una de las laderas del monte Serantes, al igual que la infraestructura viaria N-644 que sirve de acceso al Puerto de Bilbao y a la cual quedará asociado el eje ciclista en su gran mayoría, hasta adentrarse en zona urbana.

El trazado cruza por lo tanto alguna obra de drenaje transversal de la autovía existente que hará falta dar continuidad. Para ello se proponen una serie de actuaciones para garantizar su correcto desagüe con las obras propuestas. Esto ha constituido uno de los condicionantes que se ha tenido en cuenta tanto a la hora de encajar el trazado, como de diseñar el drenaje más adecuado.

En el apartado 7 del capítulo de Planos se incluye la descripción del drenaje proyectado en la zona de actuación.

Proyecto de Construcción de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Tramo Mamariga-El Villar.

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

2

3 Hidrología

3.1 Caudales

Para la determinación de los caudales de cálculo es necesario establecer diferentes parámetros, como el coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, la intensidad de lluvia o los periodos de retorno a considerar.

3.1.1 Determinación de los caudales máximos calculados (Q_T)

Al tratarse de Cuencas de extensión menor a 1 Km², no existen en los Organismos de Cuenca correspondientes datos de estos caudales. Se procede por ello, y siguiendo las prescripciones de la Instrucción 5.2-IC, a la estimación de estos caudales mediante el método hidrometeorológico basado en la fórmula racional.

La expresión de la fórmula racional a aplicar es la siguiente:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3.6}$$

Siendo:

- $I(T, t_c)$: Intensidad de lluvia en mm/h. (correspondiente a un tiempo de concentración t_c y un periodo T)
- A : superficie de la Cuenca en km²
- C : Coeficiente de escorrentía (adimensional)
- K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal
- Q_T : Caudal en m³/seg.

Estos factores son calculados según la norma 5.2 IC.

3.1.2 Cálculo de $I(T, t_c)$.

La intensidad de precipitación $I(T, t)$ correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero $t = t_c$, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, para ello se multiplica la intensidad media diaria corregida para el periodo de retorno T , por un factor de corrección de la intensidad F_{int} .

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

Los periodos de retorno recomendados en la norma para carreteras son:

- Plataforma y márgenes 25 años.
- Plataforma y márgenes por bombeo 50 años.
- Drenaje transversal ≥ 100 años.

Como en este caso, estamos ante una senda peatonal y ciclable, se consideran los siguientes periodos de retorno:

- 25 años sumideros, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0.75 m².
- 100 años para caños, alcantarillas, bajantes escalonadas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 m² y 5 m².

3.1.3 Coeficiente de escorrentía

La norma 5.2 – IC establece el coeficiente de escorrentía C en función de la precipitación diaria correspondiente, el área de la cuenca y el umbral de escorrentía, siendo este dependiente del uso del suelo por el que discurre el agua, estando este uso catalogado por el proyecto europeo Corine Land Cover 2000.

4 Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal consiste en la disposición de los elementos necesarios para:

- Recoger el agua en la plataforma y taludes de desmonte y conducirla hasta el punto de drenaje.
- Encauzar la escorrentía de las áreas adyacentes que inciden en el trazado.

Para el cálculo de los caudales de diseño, se ha utilizado la metodología descrita en los apartados anteriores, en los que se estudian los aspectos hidrológicos.

Todas las cuencas drenadas mediante los elementos de drenaje longitudinal, plataforma y taludes, se consideran cuencas de pequeña superficie.

Además existen ciertos condicionantes tenidos en cuenta en el diseño de la red de drenaje longitudinal del tramo estudiado:

- Dimensiones establecidas en las secciones tipo (Ver Planos. Secciones Tipo), que limitan las dimensiones de las bermas y cunetas de plataforma de la senda ciclable.

El drenaje longitudinal se resuelve mediante los siguientes elementos:

- Cunetas de plataforma, que recogen el terraplén de la autopista y la plataforma de la senda ciclable.
- En general no habrá nuevos colectores puesto que no se ha superado la capacidad hidráulica de las cunetas dimensionadas.
- Cuenta triangular para zonas de coronación de desmonte.

4.1.1 Diseño general de la red de drenaje longitudinal

Dado que el caudal recogido por el drenaje longitudinal y las características de cada sección se asemejan, se dispondrán en todos los casos cunetas de plataforma. Las características geométricas cumplirán las condiciones de calado y velocidad de la corriente establecidas en el capítulo 5 de la Instrucción 5.2-IC “Drenaje superficial”.

A continuación, se describen las características generales del drenaje longitudinal:

- Estas cunetas se han dimensionado teniendo en cuenta una limitación de velocidad de 6 m/s, comprobando que fueran capaces de desaguar el caudal.
- Se han dimensionado teniendo en cuenta una limitación de calado.

Según la sección tipo se colocaran diferentes tipos de cunetas:

- En general se dispondrán cunetas triangulares de 0,35 o 0,75 m de anchura, de hormigón revestido con talud de 3H:1V, normalmente dispuestas sobre el elemento de cimentación del cerramiento y/o pantalla correspondiente a la sección.

- Las cunetas de pie de terraplén, serán trapeziales, de 0,5 o de 1,5 m de anchura, en función de la necesidad.
- En secciones en fondo de terraplén de autopista y senda ciclable se dispone cuenta triangular de 1,0 m de anchura, con taludes 3H:2V, como los de los terraplenes.

4.1.2 Criterios de dimensionamiento

Como ya se ha comentado, el drenaje longitudinal se resuelve mediante rigolas y cunetas triangulares dispuestos en diferentes posiciones de la sección, según el caso el trazado en planta y alzado del tramo.

Se ha limitado la velocidad a 6 m/s y se ha determinado la cuneta necesaria para que por capacidad no fuera necesario colocar un tubo colector.

4.1.2.1 CÁLCULO DE LAS CUNETAS Y OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Además de aprovechar la vaguada existente, donde ya vierte una obra de drenaje transversal de la N-644 que encauza el arroyo de La Magdalena, para desaguar un tramo de la vía ciclable y reproducir la ODT con bajante existente cerca de la Residencia de Nuestra Señora de Begoña, ha sido necesario disponer otras 4 obras de drenaje transversal. Una de ellas, la última, sustituye a una obra de drenaje transversal actual que se verá afectada debido a la elevación de la rasante y que actualmente vierte en una cuneta. Esta obra de drenaje transversal pertenece al tramo contiguo ya ejecutado y con el cual conecta el presente proyecto.

4.1.3 Resultados

Los cálculos de las redes de drenaje se reflejan en las tablas incluidas en el Apéndice nº 4.1: Cálculos Hidráulicos. Para cada una de las redes dispuestas en la traza, se incluye una tabla con el dimensionamiento de cunetas y otra con las obras de drenaje transversal y colectores, que son tubos de hormigón de sección circular. Para su dimensionamiento se ha partido de unos diámetros mínimos que en el caso de los colectores es de 300 mm y en los caños de 400 mm, y las tablas para su dimensionamiento incluyen 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.

Proyecto de Construcción de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Tramo Mamariga-El Villar.

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

- 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.

4.1.4 Comentarios a los resultados obtenidos

De los cálculos hidráulicos obtenidos y que se incluyen como Apéndice 4.1, se deduce que las cunetas cumplen las condiciones hidráulicas en cuanto a velocidad y calado.

5 Dimensionamiento de las nuevas Obras de Drenaje Transversal

Las obras de drenaje transversal tienen por objeto restituir el curso de los cauces de agua superficial que se vean interrumpidos por la traza, introduciendo las mínimas modificaciones sobre las condiciones originales de dichos cauces, como son las pendientes en alzado y el esviaje.

Como ya se ha comentado, el itinerario de la nueva senda ciclable discurre en paralelo a la autopista, por lo que interfiere con parte de las obras de drenaje transversal y, en menor medida, con algún elemento de desagüe del drenaje longitudinal de la N-644. Estas interferencias requerirán revisar las obras de drenaje transversal afectadas, procediendo cuando sea necesario a la ampliación de su longitud para darles salida en la ladera del terraplén de la vía ciclable.

La primera ODT de la N-644 que se encuentra a lo largo del trazado, se salva a través de la pasarela que cruza por encima evitando una afección directa. Por lo tanto, únicamente son necesarios elementos secundarios que encaucen la salida en la vaguada existente. La ODT afectada consiste en un caño de diámetro 1.200 mm, según los datos disponible del Proyecto de la “Autovía del Puerto”.

En relación al desagüe de la red de drenaje longitudinal de la senda ciclable, se han dispuesto un total de 6 obras de drenaje transversal a lo largo del trazado. Sus dimensiones son reducidas, disponiendo un diámetro mínimo de 400 mm, al no interrumpir ninguna cuenca significativa (ya han sido interceptadas por la autovía y su sistema de drenaje) la vía ciclable recoge principalmente los taludes en los que se asienta y el agua que recoge de su propia calzada.

A continuación se recogen las obras de drenaje trasversal específicas para la senda ciclable:

PK	Tipología	Diámetro (Ø)	Observaciones
1+035	Caño+Boquilla	400	
1+260	Caño+Boquilla	400	
1+710	Caño+Boquilla	1200	Conexión con ODT N-644
1+810	Caño+Boquilla	400	
1+960	Caño+Boquilla	400	
2+065	Cño+Boquilla	400	Conexión a drenaje tramo Santurtzi-Nocedal

En el apartado 7 del capítulo de Planos se recoge la definición del drenaje longitudinal, los perfiles longitudinales de cada una de las obras de drenaje transversal, tanto las afecciones al drenaje de la autopista como las nuevas obras destinadas al drenaje de la senda ciclable, y algunos detalles para la definición de los diversos elementos empleados.

Proyecto de Construcción de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Tramo Mamariga-El Villar.

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

APENDICE Nº4.1

Cálculos Hidráulicos

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION Cunetas			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 en cabeza desmonte	1 + 035	Cuneta	Triangular	0,50	115	6,00	11	0,00	4770,00	0,022	0,016	77,358	0,014	397,250	0,088	0,029	0,060	2,671
	1 + 150																	
Cuneta en cabeza desmonte	1 + 160	Cuneta	Triangular	0,50	25	7,00	11	0,00	715,00	0,022	0,016	11,596	0,014	429,079	0,025	0,008	0,022	1,487
	1 + 185																	
ODT1	1 + 035		Cuneta	0,75	115	6,00	11	382,50	6089,00	0,022	0,016	107,104	0,014	278,531	0,161	0,040	0,060	2,675
	1 + 150																	
Cambio de pendiente	1 + 150	Sumidero	Cuneta	0,75	30	2,00	11	0,00	1015,00	0,022	0,016	16,461	0,014	160,810	0,098	0,015	0,036	1,109
	1 + 180																	
	1 + 180	Sumidero	Cuneta	0,30	85	2,00	11	382,50	2732,00	0,022	0,016	52,661	0,014	160,810	0,151	0,035	0,056	1,484
	1 + 265																	
<u>Margen izquierdo</u>	1 + 080	Sumidero	Cuneta	0,30	70	6,00	11	315,00	0,00	0,022	0,016	6,880	0,014	30,690	0,057	0,005	0,021	1,349
	1 + 150																	
ODT2 <u>Margen Derecho</u>	1 + 265	Sumidero	Cuneta	3,00	55	4,50	11	720,00	4262,00	0,022	0,016	84,846	0,014	241,215	0,155	0,037	0,058	2,266
	1 + 320																	
Cambio de cuenca Cambio de pendiente	1 + 320	Sumidero	Cuneta	3,00	80	2,00	13	360,00	1606,00	0,021	0,015	32,092	0,014	160,810	0,126	0,024	0,047	1,311
	1 + 400																	
	1 + 400	Sumidero	Cuneta	3,00	80	0,50	13	360,00	1556,00	0,021	0,015	31,324	0,014	80,405	0,162	0,040	0,060	0,775
	1 + 480																	
VAGUADA EXISTENTE																		

PUNTO DE REFERENCIA			CONDUCTOS DE AGUA				CUENCA APORTACION Cunetas			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
ODT EXISTENTE - ODT 3	1 + 570	Sumidero	Cuneta	3,00	140	0,50	13	315,00	1732,00	0,021	0,016	34,270	0,014	80,405	0,167	0,043	0,062	0,792
	1 + 710																	
Cambio de pendiente	1 + 710	Sumidero	Cuneta	1,00	100	0,50	21	0,00	3717,00	0,021	0,016	70,153	0,014	115,521	0,191	0,073	0,083	0,964
	1 + 810																	
ODT 4	1 + 810	Sumidero	Cuneta	1,00	30	4,50	21	0,00	697,00	0,021	0,016	11,078	0,014	346,562	0,063	0,008	0,028	1,385
	1 + 780																	
ODT 5	1 + 810	Sumidero	Cuneta	0,75	140	4,75	21	1116,00	5768,00	0,021	0,016	115,561	0,014	247,825	0,173	0,046	0,064	2,498
	1 + 950																	
<u>Margen izquierdo</u>	1 + 960	Sumidero	Cuneta	0,75	108	7,00	21	486,00	5459,00	0,021	0,016	97,165	0,014	300,848	0,151	0,035	0,056	2,766
	2 + 068																	
Reproducir la ODT actual, o solo recrecer arqueta ODT 6	1 + 980	Sumidero	Cuneta	0,35	65	7,00	21	0,00	500,00	0,021	0,015	7,387	0,014	33,149	0,057	0,005	0,021	1,455
	2 + 045																	
	2 + 065	Sumidero	Cuneta	3,00	85	1,00	10	807,50	0,00	0,021	0,015	100,000	0,014	163,371	0,191	0,073	0,084	1,366
	2 + 150																	

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		
TRONCO																											
	1 + 035	Arqueta	64,85	Caño	0,40	6,30	1,50	63,53	63,44	10,88	3.300,00	6.089,00	0,028	0,021	220,27	0,971	ENTRADA	0,014	236,84	0,305	2,141	1,206	0,97	857,77	64,55		
ODT 1	1+035	Boquilla	63,50																								
	1+265	Arqueta	74,52	Caño	0,40	5,80	1,00	73,24	73,18	10,88	720,00	4.262,00	0,028	0,021	109,66	0,675	ENTRADA	0,014	193,38	0,216	1,587	0,723	0,67	870,68	74,22		
ODT 2	1+265	Boquilla	73,50																								
	1 + 710	Arqueta	81,18	Caño	1,20	6,35	1,70	81,18	81,07	20,50	0,00	3.717,00	0,028	0,021	110,65	0,480	ENTRADA	0,014	4720,23	0,127	1,734	0,948	0,48	855,16	80,88		
ODT 3	1 + 710	Boquilla	80,00																								
	1 + 810	Arqueta	82,77	Caño	0,40	8,00	1,50	81,18	81,06	20,50	0,00	3.717,00	0,028	0,021	110,65	0,395	ENTRADA	0,014	236,84	0,213	3,560	0,948	0,47	855,16	82,47		
ODT 4	1 + 810	Boquilla	81,00																								
	1+960	Arqueta	873,10	Caño	0,40	5,60	14,00	88,11	87,33	20,50	486,00	5.459,00	0,028	0,021	128,25	0,595	ENTRADA	0,014	723,57	0,114	4,344	0,168	0,59	872,38	872,80		
ODT 5	1+960	Arqueta	871,91																								
	2+065	Arqueta	96,05	Caño	0,40	6,90	1,00	94,83	94,76	20,50	4.950,00	0,00	0,025	0,006	100,00	0,656	ENTRADA	0,014	193,38	0,204	1,552	0,170	0,66	866,68	95,75		
ODT 6	2+065	Boquilla	96,05																								