

ANEJO N°4

Hidrología y drenaje

Índice

1	Introducción	2
2	Hidrología	3
2.1	Caudales	3
2.1.1	Determinación de los caudales esperados (Qe)	3
2.1.2	Cálculo de It.	3
2.1.3	Coeficiente de escorrentía	4
2.1.4	Determinación de los Caudales de Proyecto.	4
3	Drenaje	5
3.1	Aspectos generales	5
3.2	Diseño general de la red de drenaje longitudinal	5
3.2.1	Criterios de dimensionamiento	5
3.2.1.1	Cálculo de las cunetas y colectores:	6
3.2.2	Resultados	6
3.2.3	Comentarios a los resultados obtenidos	7

APÉNDICE Nº4.1: CÁLCULOS HIDRÁULICOS

P.C.de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Fase 2: Nosedal (Ortuella)-Sanfuentes (Abanto-Zierbena)

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

GRUPOB160000161-PC-AN-DRE-0

i

1 Introducción

El objeto del presente Anejo es el diseño del 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.

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

P.C.de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Fase 2: Nosedal (Ortuella)-Sanfuentes (Abanto-Zierbena)

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

GRUPPO160000161-PC-AN-DRE-0

2

2 Hidrología

2.1 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.

2.1.1 Determinación de los caudales esperados (Qe)

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 y de las normas BAT, 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:

$$Q_e = \frac{I_t \cdot S \cdot C}{3.6}$$

Siendo:

- I_t: Intensidad de lluvia en mm/h. (correspondiente a un tiempo de concentración T_c)
- S: superficie de la Cuenca en km²
- C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)
- Q_e: Caudal en m³/seg.

2.1.2 Cálculo de I_t.

La aplicación de las normas BAT simplifica el cálculo de la intensidad de lluvia a considerar. Estas normas tienen ya en cuenta las características del territorio y las series de datos recogidos por los Servicios de meteorología de la zona, por lo que la intensidad de lluvia pasa a depender de dos únicos factores que son el Periodo de retorno (T_r) y el Tiempo de concentración (T_c).

El tiempo de concentración se calcula mediante la fórmula:

$$T_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Siendo:

- T_c: Tiempo de concentración en horas.
- L: Longitud de cuenca interceptada en Km.
- J: Pendiente media de la cuenca en tanto por uno.

Se considera que el tiempo de concentración mínimo es de 10 minutos, por lo que cuando el resultado de la fórmula es menor tomaremos T_c = 10 min.

Con el valor de T_c entramos en la tabla, propuesta en las normas BAT, para hallar directamente el valor de la Intensidad Máxima para el periodo de retorno considerado.

Los periodos de retorno recomendados en las normas BAT a efectos de nuestro proyecto son:

- 25 años sumideros, cunetas, 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.
- 250 años para pontones, puentes y obras con sección de desagüe entre 5 m² y 50 m².
- 500 años para puentes y obras con sección de desagüe superior a 50 m².

Entrando en la tabla que aparece a continuación obtenemos lmax en función de estos valores:

INTENSIDAD MÁXIMA DE PRECIPITACIÓN						
	PERIODO DE RETORNO Tr (Años)					
Tiempo de concentración	10	25	50	100	250	500
24 h	6	7	8	9	10	11
12 h	9	11	12	14	16	17
9 h	11	13	15	17	19	21
6 h	14	17	19	22	24	27
5 h	16	19	22	24	27	30
4 h	18	22	25	28	31	34
3 h	21	26	29	33	37	41
2 h 30 min	23	29	32	36	41	45
2 h	27	32	37	41	47	51
1 h 45 min	29	35	40	44	50	55
1 h 30 min	31	38	43	48	55	60
1 h 20 min	33	40	46	51	58	64
1 h 10 min	36	43	49	55	63	68
1 h	40	47	53	60	68	74
50 min	42	52	59	66	75	81
40 min	47	58	66	73	84	91
30 min	55	67	76	85	96	105
25 min	60	73	83	92	105	115
20 min	66	81	92	103	117	127
15 min	76	92	105	117	133	145
10 min	91	111	125	140	159	174

2.1.3 Coeficiente de escorrentía

Si se dispone de datos fiables se utilizarán estos. En caso contrario se acudirá a la tabla contenida, a tal efecto, en las normas BAT.

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

Para este Proyecto se coge el valor de 1,00 para superficies pavimentadas y 0,70 cuando el agua es recogida por el terreno.

2.1.4 Determinación de los Caudales de Proyecto.

Para la determinación de los caudales de proyecto multiplicaremos el caudal estimado, obtenido por el método racional, por un coeficiente de mayoración, kp, que no depende de parámetros hidrológicos, sino de los posibles daños que una avenida pueda ocasionar en el entorno.

El parámetro kp se halla entrando en las tablas siguientes:

CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS POSIBLES	
A	Inundación de vegas agrícolas por elevación de la lámina de agua con la velocidad de la corriente < 1 m/seg.
B	Inundación de granjas, instalaciones industriales y viviendas aisladas, por la elevación de la lámina de agua con velocidad de la corriente>1 m/sg.
C	Inundación de áreas urbanas y suburbanas con arrastre de vehículos y corte de las vías de comunicación.
D	Inundación catastrófica con arrastre de árboles y animales, importantes daños materiales y peligro de vidas humanas

COEFICIENTE DE MAYORACIÓN Kp				
OBRA DE DRENAJE	Daños A	Daños B	Daños C	Daños D
Sumideros, cunetas, colectores, caños y obras con sección de desagüe inferior a 0.75 m²	1 - 1.2	1 - 1.2	–	–
Caños, alcantarillas, tajeas, pontones y obras con sección de desagüe entre 0.75 y 5 m²	1 - 1.2	1 - 1.2	1.1 - 1.3	1.2 - 1.4
Pontones, puentes y obras de drenaje con sección dedesagüe entre 5 y 50 m²	1 - 1.2	1.1 - 1.3	1.2 - 1.4	1.3 - 1.5

En todos los cálculos se han mayorado con el coeficiente de seguridad de 1.1.

3 Drenaje

Se trata en este apartado de proyectar adecuadamente los elementos de drenaje superficial a emplear en el Proyecto Constructivo de una senda ciclable entre Santurtzi y el bidegorri de La Arena.

Para ello se han dimensionado los diferentes elementos de drenaje, tanto cunetas como colectores y caños de tal forma que tengan capacidad hidráulica suficiente.

El drenaje superficial comprende:

- La recogida de aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante caces, cunetas y sus imbornales y sumideros.
- La evacuación de las aguas recogidas, mediante arquetas y colectores longitudinales, a cauces naturales bien, mediante obras de drenaje transversal o canalizaciones a cielo abierto o enterradas.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la traza, mediante su acondicionamiento y construcción de obras de drenaje transversal.

Los períodos de retorno para el cálculo de los caudales de cálculo de cada uno de los elementos de drenaje son los que siguen:

- 25 años sumideros, cunetas, 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.
- 250 años para pontones, puentes y obras con sección de desagüe entre 5 m² y 50 m².
- 500 años para puentes y obras con sección de desagüe superior a 50 m².

Hay que tener en cuenta que, en el cálculo de los caudales de diseño, se parte de los caudales para los diferentes períodos de retorno de cada una de las cuencas y subcuencas.

A continuación, se describe el sistema general de drenaje del tramo estudiado, desarrollando las redes en que se subdivide y todos los elementos que constituyen la solución general. Se entiende como red el conjunto de elementos de drenaje que conducen aguas que comparten el mismo punto final de vertido, pudiendo ser el mismo un cauce natural o una obra de drenaje transversal.

A continuación, se nombran y describen todas las redes y subredes que forman parte del drenaje longitudinal, así como los elementos de drenaje transversal.

3.1 Aspectos generales

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.

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

- Dimensiones establecidas en el estudio de las secciones tipo (Ver Planos. Secciones Tipo), que limitan las dimensiones de las bermas, cunetas de plataforma, y cunetas en terraplén.

El drenaje longitudinal se resuelve mediante los siguientes elementos:

- Cunetas de plataforma.
- Cunetas de pie de terraplén.
- Caños y boquillas.

3.2 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 de en cada caso:

- Secciones en terraplén
El agua se encauza mediante una cuneta revestidas a pie de terraplén, de 0,50 metros de anchura y talud 1V:1H.
- Secciones en plataforma
Se prevé la colocación de una cuneta de 0,5 m de ancho y talud 1V:3H.

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

3.2.1 Criterios de dimensionamiento

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

Para el diseño de las cunetas de guarda y de pie de terraplén se ha considerado secciones trapeciales. Las cunetas serán de hormigón y ejecutadas in situ.

Se ha limitado la velocidad a 6,0 m/s y se ha determinado la cuneta necesaria para que por capacidad no fuera necesario colocar un tubo colector.

P.C.de una senda ciclable entre Santurtzi y el Bidegorri de La Arena. Fase 2: Nucedal (Ortuella)-Sanfuentes (Abanto-Zierbena)

Anejo nº4: Hidrología y Drenaje

GRUP08160000161-PC-AN-DRE-0

5

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

3.2.1.1 CÁLCULO DE LAS CUNETAS Y COLECTORES:

El diámetro mínimo del colector establecido es de 400 mm por criterios de mantenimiento, aunque este proyecto no contempla la colocación de colectores.

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.

3.2.2 Resultados

Los cálculos de las redes de drenaje se reflejan en las tablas incluidas en el Apéndice nº 5.2: Cálculos realizados para el Dimensionamiento de Cunetas y Colectores. Para cada una de las redes dispuestas en la traza, se incluye por un lado una tabla con el dimensionamiento de cunetas y cunetones, y una segunda tabla con el dimensionamiento de caños, colectores y cajones. La primera 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.

3.2.3 Comentarios a los resultados obtenidos

De los cálculos hidráulicos obtenidos y que se incluyen como Apéndice 4.1, se deduce que tanto colectores como colectores cumplen las condiciones hidráulicas en cuanto a velocidad y calado. En algunos casos, se han obtenido resultados que superan ligeramente el resguardo, pero estos resultados han sido dados por buenos, al ser casos muy puntuales y dado el carácter claramente conservador que implica el empleo de las normas BAT para el diseño del drenaje.

APÉNDICE N°4.1

Cálculos hidráulicos

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		
TRAMO 2 Margen Izquierda	Inicio	Cuneta	Triangular	0,50	160	5,00	10	0,00	2275,00	0,034	0,024	54,012	0,014	101,958	0,131	0,026	0,047	2,089		
	Punto Alto		0 + 120	Triangular	0,50	120	8,00	10	420,00	2470,00	0,034	0,024	72,887	0,014	128,968	0,135	0,027	0,048	2,686	
	Punto Bajo		0 + 000																	
	Punto Alto	0 + 708	Cuneta	Triangular	0,50	57	8,70	10	199,50	85,50	0,034	0,024	8,796	0,014	261,281	0,070	0,005	0,025	1,791	
	ODT	0 + 765																		
	Punto Alto	1 + 235	Cuneta	Triangular	0,50	135	1,59	10	472,50	2870,00	0,034	0,024	84,164	0,014	111,698	0,225	0,051	0,079	1,665	
		1 + 100																		
	Punto Alto	1 + 665	Cuneta	Triangular	0,50	65	8,00	10	227,50	350,00	0,034	0,024	16,026	0,014	128,968	0,076	0,009	0,027	1,839	
	Punto Bajo	1 + 730		Triangular	0,50	30	1,00	10	105,00	45,00	0,034	0,024	4,630	0,014	45,597	0,071	0,007	0,025	0,618	
	Punto Alto	1 + 760	Cuneta	Triangular	0,50	180	7,00	10	630,00	5445,00	0,034	0,024	150,641	0,014	234,368	0,212	0,045	0,075	3,358	
	Final	1 + 940																		
	Margen Derecha		0 + 730	Cuneta	Triangular	0,50	35	8,70	10	0,00	35,00	0,034	0,024	0,831	0,014	261,281	0,029	0,001	0,010	0,993
		ODT	0 + 765		Triangular	0,50	95	8,70	10	332,50	130,00	0,034	0,024	14,364	0,014	261,281	0,084	0,007	0,030	2,024
			0 + 860																	
			1 + 465	Cuneta	Triangular	0,50	59	2,00	10	0,00	183,50	0,034	0,024	4,357	0,014	64,484	0,061	0,006	0,022	0,790
		Punto Bajo	1 + 406																	
			1 + 670																	
		Punto Bajo	1 + 730	Cuneta	Triangular	0,50	60	8,00	10	0,00	90,00	0,034	0,024	2,137	0,014	128,968	0,036	0,002	0,013	1,111
		Punto Alto	1 + 760		Triangular	0,50	30	1,00	10	0,00	45,00	0,034	0,024	1,068	0,014	45,597	0,041	0,002	0,015	0,428
			1 + 910	Cuneta	Triangular	0,50	30	7,00	10	0,00	45,00	0,034	0,024	1,068	0,014	120,638	0,028	0,001	0,010	0,889
		Final	1 + 940																	