



## INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. HIDROLOGÍA.....	2
2.1 MÉTODO UTILIZADO.....	2
2.2 CUENCAS VERTIENTES.....	3
2.3. PLUVIOMETRÍA.....	4
2.4. COEFICIENTES DE ESCORRENTIA.....	4
2.5. TABLAS DE CÁLCULO.....	6
3. DIMENSIONADO DEL DRENAJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL.....	9
3.1. DRENAJE LONGITUDINAL.....	9
3.1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL.....	9
3.2. DRENAJE TRANSVERSAL.....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente Anejo tiene por objeto el diseño y cálculo de los sistemas de drenaje teniendo en cuenta las actuaciones proyectadas y los elementos existentes en la actualidad. Las obras dispuestas a lo largo de la carretera garantizarán tanto la evacuación de las aguas pluviales caídas sobre la plataforma de la carretera (drenaje longitudinal) como la permeabilidad superficial entre ambos márgenes del terreno circundante (drenaje transversal).

Para el cálculo de dichos elementos se ha recurrido a los criterios establecidos por la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial" (O.M. de 14 de mayo de 1990).

El cálculo de caudales de proyecto se realizará siguiendo un método hidrometeorológico (en concreto, el método racional), válido para pequeñas cuencas donde la generación de caudales se debe en su mayor parte a la escorrentía superficial.

La determinación de las cuencas recogidas se realizará apoyándose en el levantamiento topográfico realizado y en los planos a escala 1:5000 Y 1:1000 disponibles.

## 2. HIDROLOGÍA

### 2.1 MÉTODO UTILIZADO

Los métodos hidrometeorológicos simulan el proceso de lluvia-escorrentía mediante modelos determinísticos. Los datos requeridos son fundamentalmente pluviométricos, al resultar más abundantes y precisos que los datos frónómicos. La simulación hidrológica se realiza mediante modelos "de sucesos", que sólo consideran la parte de precipitación que provoca escorrentía superficial.

En la determinación de los caudales máximos de avenida en la cuenca vertiente a la carretera se ha aplicado el método propuesto por JR. Témez y recogido en el volumen "Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas" editado por la Dirección General de Carreteras del M.O.P.T. Este método es el adoptado por la *Instrucción 5.2.- I.C. "Drenaje Superficial"*.

Por tanto, para el desarrollo del método de cálculo que a continuación se ejecuta, se ha partido de lo propuesto en la *Instrucción 5.2 – I.C.*, adaptándolo con las pequeñas matizaciones y precisiones que han ido imponiendo tras la publicación de la referida Norma. La mayor parte de estas modificaciones han sido desarrolladas por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX), recogándose en sus correspondientes publicaciones:

El estudio hidráulico se desarrolla en las siguientes etapas:

1. Delimitación de las cuencas interceptadas por la obra lineal.
2. Determinación de las características físicas de la cuenca (área, longitud, desnivel).
3. Evaluación de las características morfológicas de las cuencas (tipo de terreno y uso del suelo).
4. Selección del período de retorno (T = 25, 100 o 500 años).

5. Estimación del umbral de escorrentía y factores de corrección.
6. Determinación de la máxima precipitación diaria.
7. Obtención del coeficiente de escorrentía.
8. Leyes de intensidad – duración
9. Caudales de cálculo de cada cuenca.

Este método obtiene como caudal máximo el valor:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

En la anterior fórmula el caudal es función de la intensidad del aguacero y del área de la cuenca, siendo:

Q = Caudal máximo, en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escorrentía de la cuenca.

I = Intensidad del aguacero, en mm/h, para un período de retorno (T) y un tiempo de concentración (Tc) dados.

A = Superficie de la cuenca, en Km<sup>2</sup>

K = Coeficiente de uniformidad.

- a) La intensidad de precipitación se supone constante durante el tiempo de lluvia.
- b) Se generaliza el método a los aguaceros reales incorporando un coeficiente que refleja la influencia de las distribuciones habituales de lluvia.
- c) Se limita la aplicación del método a cuencas menores de 3.000 Km<sup>2</sup>. La aplicación del coeficiente de uniformidad permite aumentar el límite de 75 km contenido en la Norma.
- d) Sólo se consideran las aguas de escorrentía superficial.
- e) El tiempo de concentración estará comprendido entre 0,25 y 24 horas. El límite mínimo de 0,25 h excluye aquellas cuencas minúsculas donde el tiempo de recorrido del flujo difuso (land flow) tiene relevancia frente al recorrido por la red de drenaje (channel flow). En tales casos el tiempo de concentración sólo puede estimarse de una forma aproximada por la fórmula propuesta.
- f) Los mínimos períodos de retorno a considerar en el cálculo vienen impuestos por la tabla 1-2 de la Instrucción:

**Tabla 1.2**  
**Mínimos períodos de retorno (años)**

Tipo de elemento de drenaje	IMD EN LA VÍA AFECTADA*		
	Alta	Media	Baja
	2000		500
Pasos inferiores con dificultades para desaguar por gravedad	50	25	**
Elementos del drenaje superficial de la plataforma y márgenes	25	10	
Obras de drenaje transversal	100 ***		

\* (Ver apartado 1.5.2). Si la comunicación interrumpida por el corte de la carretera no pudiera restablecerse por rutas alternativas, o éstas revistieran especial dificultad, se aumentará en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya «Alta». A efectos del revestimiento de caces y cunetas se podrá rebajar en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya «Baja».

\*\* Estos casos cubren una extensa gama, en la que los límites que razonablemente cabría imponer a las condiciones de desagüe varían ampliamente (por debajo de los límites de la categoría superior) en función de las circunstancias locales, por lo que se dejan a criterio del Proyectista.

\*\*\* Deberá comprobarse que no se alteran sustancialmente las condiciones de desagüe del cauce con el caudal de referencia correspondiente a un período de retorno de 10 años.

## 2.2 CUENCAS VERTIENTES

Para la delimitación de las cuencas vertientes a cada una de las obras de paso existentes bajo la carretera, se ha partido de la cartografía existente, obteniéndose una primera aproximación a dichas superficies que aparecen reflejadas en el plano general de cuencas, que se acompaña.

En cada tramo, se han delimitado las cuencas hidrográficas del as cuales se han deducido los siguientes parámetros:

1. Longitud del curso principal
2. Pendiente media del curso principal
3. Superficie de la cuenca.

Se han delimitado un total de 36 cuencas hidrográficas, una por cada obra de drenaje transversal.

Sobre estas cuencas se ha estimado el tiempo de concentración "Tc", o tiempo que tarda en salir por el punto de desagüe la última gota de escorrentía debida a la precipitación caída en un instante dado, mediante la expresión:

$$T_c = 0,3 \times \left( \frac{L}{\sqrt{J}} \right)^{0,76}$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (en horas)

L = Longitud del curso principal de la cuenca (en metros)

J = Pendiente de la cuenca (en tanto por uno)

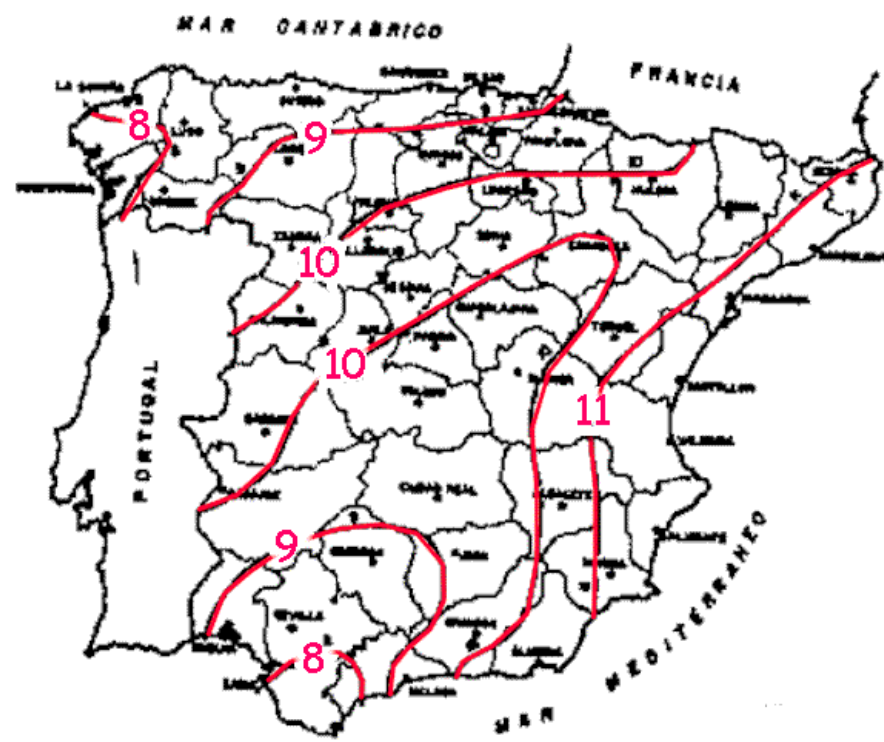
El tiempo de concentración es un valor característico de la cuenca. Los valores A, L, J, Tc para las distintas cuencas figuran en el cuadro "Determinación del Coeficiente de Escorrentía" del presente anejo.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, que según se ha visto es uno de los factores que intervienen en la fórmula del caudal punta, se viene utilizando tradicionalmente las curvas de intensidad-duración de una precipitación asociadas a una estación determinada.

En este proyecto se utiliza como expresión universal de cualquier curva intensidad-duración la siguiente:

$$\frac{I}{I_d} = \left( \frac{I_l}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} \cdot D^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} \quad (3.2.3.a)$$

En la anterior expresión el valor I1/I<sub>d</sub> es un parámetro característico de cada región independiente del período de retorno y obtenido de acuerdo con el mapa de isolíneas I1/I<sub>d</sub> de la Fig. 2.2. de la Instrucción.



En nuestro caso se toma el valor  $I1/I_d = 8$ .

El valor "D" representa la duración del aguacero en horas que aumenta al disminuir la intensidad "I". A efectos de cálculo se toma como duración de la precipitación el tiempo de concentración "Tc" definido en el apartado anterior.

I1 representa la intensidad horaria máxima en mm/h, e  $I_d$  es un valor de referencia que representa la Intensidad de la precipitación de 24 horas, esto es  $I_d = P_d/24$ , siendo  $P_d$  el valor de la máxima precipitación diaria en mm para cada uno de los periodos de retorno considerados.

### 2.3. PLUVIOMETRÍA

Para el cálculo de la pluviometría se parte de los datos publicados en el documento "Máximas llluvias diarias en la España Peninsular", de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

A través de la aplicación MAXPLUWIN, incluida en la anterior publicación, se obtiene para cada punto geográfico de la España peninsular el valor medio de la precipitación diaria máxima anual, el del coeficiente de variación y el de la precipitación diaria máxima correspondiente al periodo de retorno solicitado.

Los periodos de retorno utilizados son los recogidos en la Instrucción 5.2.I.C. de Drenaje Superficial. Se considera un periodo de retorno de 25 años para el dimensionado de los elementos de drenaje longitudinal y de 100 años para el drenaje transversal.

De acuerdo a lo anterior, se obtiene, para todos los puntos del tramo objeto de estudio:

$C_v = 0.35$

$P_{dmedia} = 75 \text{ mm}$

$P_{d_{t=25}} = 1,732 \times 75 = 129,9 \text{ mm}$

$P_{d_{t=100}} = 2,22 \times 75 = 166,50 \text{ mm}$

$P_{d_{t=500}} = 2,831 \times 75 = 212,13 \text{ mm}$

### 2.4. COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

De acuerdo con las características de la cuenca se ha calculado el coeficiente de escorrentía según los siguientes cuadros, tomados de la instrucción de drenajes superficiales:

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS A EFECTOS DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA**

GRUPO	INFILTRACION (cuando están muy húmedos)	POTENCIA	TEXTURA	DRENAJE
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Tabla 2.2.1

**ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA  $P_o$  (mm)**

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
BARBECHO	$\geq 3$	R	15	8	6	4
		N	17	11	8	6
	< 3	R/N	20	14	11	8
CULTIVO EN HILERA	$\geq 3$	R	23	13	8	6
		N	25	16	11	8
	< 3	R/N	28	19	14	11
CEREALES DE INVIERNO	$\geq 3$	R	29	17	10	8
		N	32	19	12	10
	< 3	R/N	34	21	14	12

Tabla 2.2.2

**ESTIMACION INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA  $P_o'$  (mm)**

USO DE LA TIERRA	PENDIENTE (%)	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
ROTACION DE CULTIVOS POBRES	≥ 3	R	26	15	9	6
	< 3	N	28	17	11	8
ROTACION DE CULTIVOS DENSOS	≥ 3	R/N	30	19	13	10
	< 3	R	37	20	12	9
PRADERAS	≥ 3	N	42	23	14	11
		R/N	47	25	16	13
		POBRE	14	8	6	
		MEDIA	24	23	14	9
	< 3	BUENA	53	33	18	13
		MUY BUENA	*	41	22	15
		POBRE	58	25	12	7
		MEDIA	*	35	17	10
PLANTACIONES REGULARES DE APROVECHAMIENTO FORESTAL	< 3	BUENA	*	*	22	14
		MUY BUENA	*	*	25	16
		POBRE	62	26	15	10
	≥ 3	MEDIA	*	34	19	14
		BUENA	*	42	22	15
		POBRE	*	34	19	14
MASAS FORESTALES (bosques, Monte bajo etc.)	≥ 3	MEDIA	*	42	22	15
		BUENA	*	50	25	16
		MUY CLARA	40	17	8	5
		CLARA	60	24	14	10
		MEDIA	*	34	22	16
NOTAS:	1.	N: denota cultivo según las curvas de nivel.				
		R.: denota cultivo según la línea de máxima pendiente.				
		2..* : denota que esa parte de cuenca debe considerarse inexistente a efectos de cálculo de caudales de avenida.				
		3.: Las zonas abancaladas se incluirán entre las de pendiente menos de 3 por 100				
Tipo de terreno	Pendiente (%)	Umbral de escorrentía (mm)				
Rocas permeables	≥ 3	3				
	< 3	5				

Rocas	≥ 3	2
Impermeables	< 3	4
Firmes granulares sin pavimento		2
Adoquinados		1,5
Pavimentos bituminosos o de hormigón		1

Tabla 2.2.3

El umbral de escorrentía Po se podrá obtener de la Tabla 2.2.3, multiplicando los valores en ella obtenidos por el coeficiente corrector dado por la Figura siguiente, la cual refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos, e incluye una mayoración para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia hidrometeorológico.

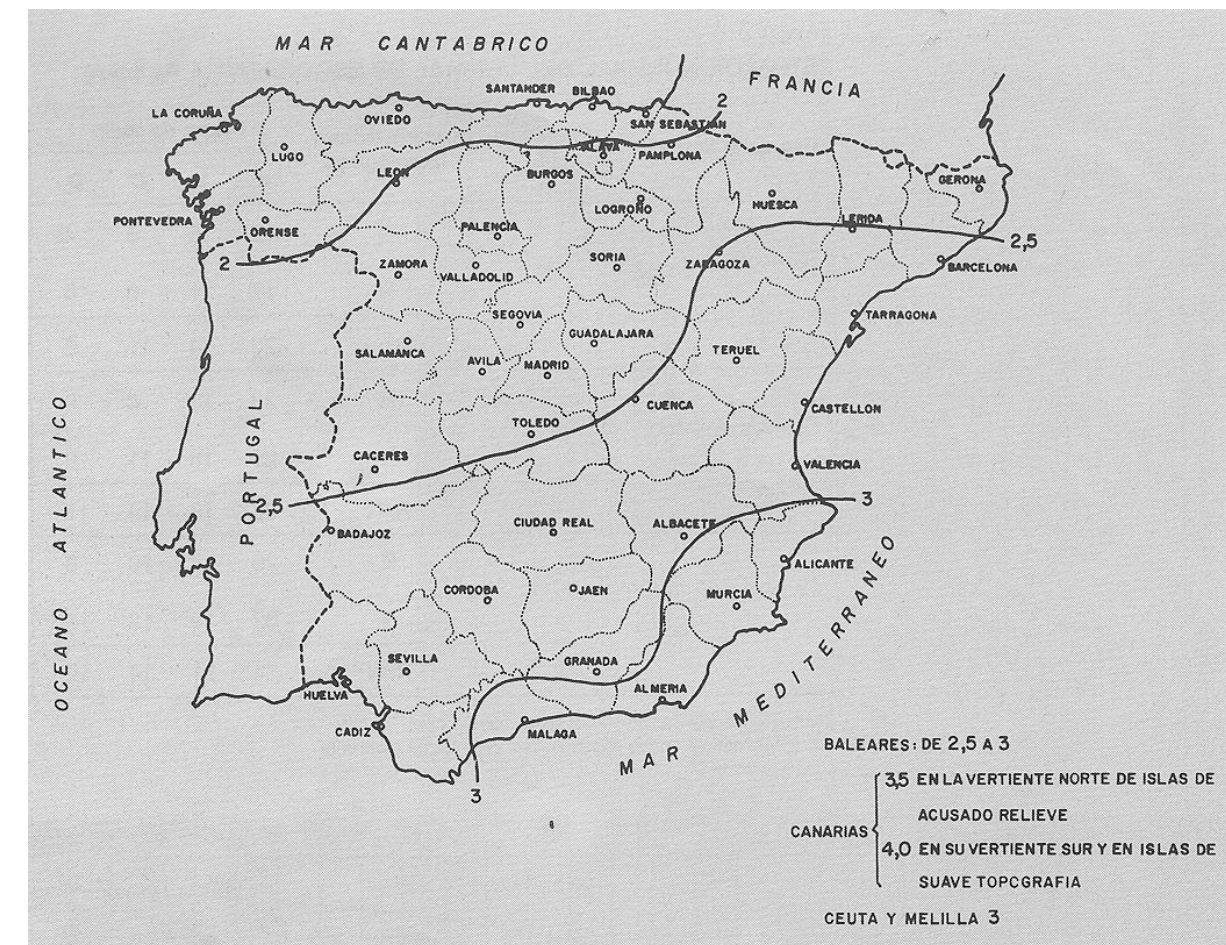


Figura 2.2.1

Los suelos se han clasificado en el grupo "B", con infiltración moderada, potencia media, textura franco-arcillosa-arenosa y drenaje moderado.



De acuerdo a lo anterior se considera un  $Po'$  en función del uso de la tierra. Se han considerado los siguientes usos:

- 15% de cereales en hilera, con  $Po' = 19$
- 25% de masa forestal media, con  $Po' = 34$
- 60% de praderas, con  $Po' = 33$

Se calcula la media ponderada y se le aplica el coeficiente corrector extraído de la figura 2.2.1 obteniéndose:

- $Po' = 31,15 \rightarrow Po = 2 \times Po' = 62,3$

De acuerdo con estas consideraciones se ha calculado el coeficiente de escorrentía para cada una de las cuencas, partiendo de los valores de  $Pd$  para los dos período de retorno (25 y 100 años), mediante la siguiente fórmula:

$$C = [(Pd / Po) - 1] \times [(Pd / Po) + 23] / [(Pd/Po) + 11]^2$$

## 2.5. TABLAS DE CÁLCULO

Teniendo en cuenta todo lo expuesto en el presente apartado se incluyen las siguientes tablas con los cálculos de; cuencas de aportación, coeficientes de escorrentía y caudal de proyecto.

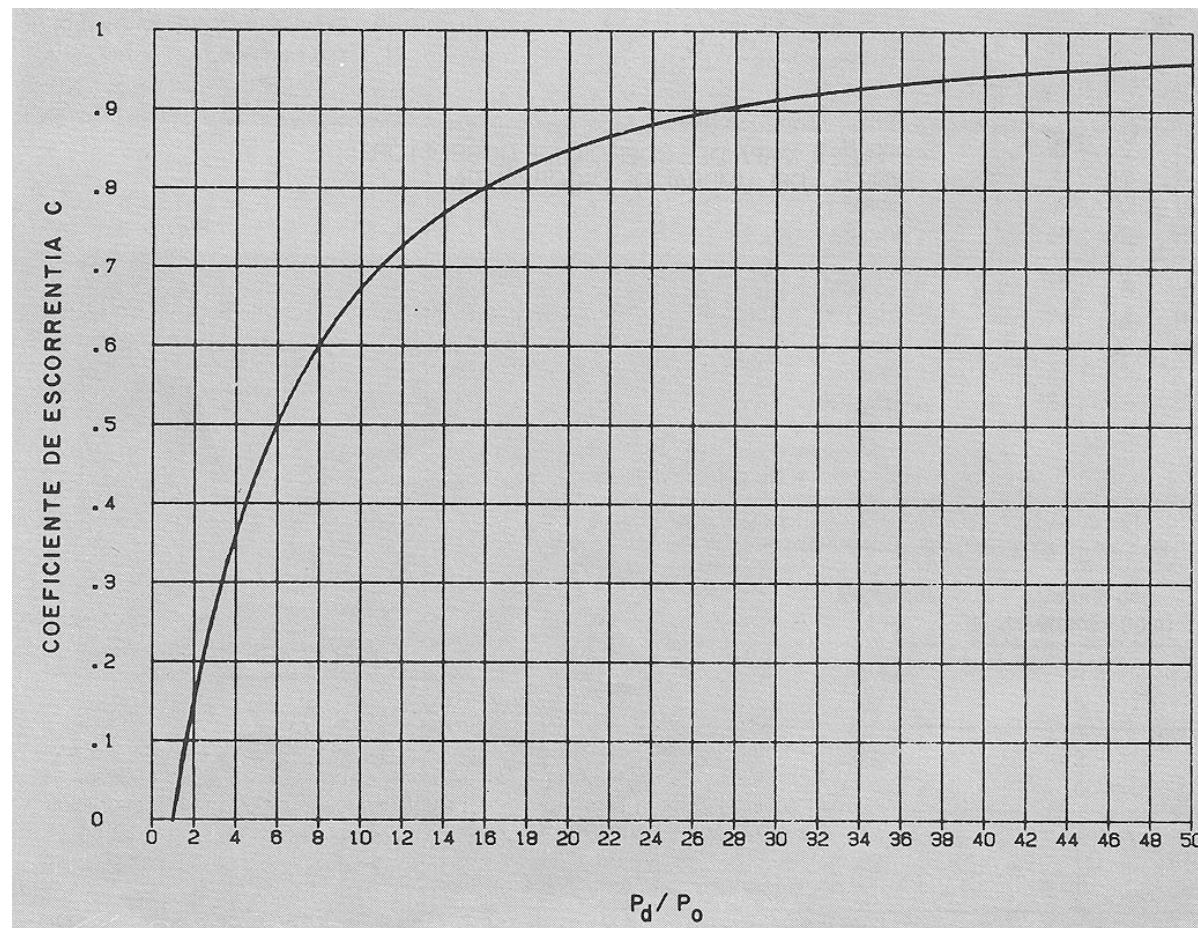


Figura 2.2.2

CUENCA		PRECIPITACIÓN MEDIA					DATOS FÍSICOS de la CUENCA						FACTOR R.AREAL $K_A$	$I_1/I_d$	TIEMPO de CONCENTRACIÓN		COEF. de UNIFORM. $K_U$
NOMBRE	PK	s/ isoyetas I.N.M.		s/ MOPT		ÁREA $A$ (m <sup>2</sup> )	LONG. $L$ (m)	COTAS			PEND. $J$ (%)	$T_c$ (h)			$T_c^*$ (h)		
		$P_d$ (mm/día)	$P_d(25)$ (mm/día)	$P_d(100)$ (mm/día)	$P_d(500)$ (mm/día)			SUP. (m)	INF. (m)	DIF. (m)				fig 2.3		NOTA (*)	
												3.2.3.b	fig. 2.2	fig 2.3	NOTA (*)	3.2.5.b	
1	1+540	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	65.751	784	246	97	149	19,0	1,00	8,00	0,342	0,342	1,000
2	1+630	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	10.338	124	143	103	40	32,3	1,00	8,00	0,076	0,167	1,000
3	1+685	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	5.215	131	144	106	38	29,0	1,00	8,00	0,081	0,167	1,000
4	1+770	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	7.249	167	148	110	38	22,8	1,00	8,00	0,102	0,167	1,000
5	1+865	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	14.205	252	185	117	68	27,0	1,00	8,00	0,135	0,167	1,000
6	1+965	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	24.760	272	240	124	116	42,6	1,00	8,00	0,131	0,167	1,000
7	2+045	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	18.604	318	225	122	103	32,4	1,00	8,00	0,156	0,167	1,000
8	2+175	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	174.383	709	320	111	209	29,5	1,00	8,00	0,291	0,291	1,000
9	2+310	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	9.693	229	170	130	40	17,5	1,00	8,00	0,136	0,167	1,000
10	2+510	T <sub>100</sub>	75	129,9	166,5	212,33	38.859	324	250	124	126	38,9	1,00	8,00	0,152	0,167	1,000

CUENCA		DETERMINACIÓN del COEFICIENTE de ESCORRENTÍA																								
Nº	ÁREA $A$ (m <sup>2</sup> )	USO de la TIERRA ó TIPO de TERRENO															Pend med. (%)	UMBRAL de ESCORRENTÍA			COEF. ESCORR.					
		CARAC. HIDROL.	GRUPO SUELO	$Po'$ (mm)	CARAC. HIDROL.	GRUPO SUELO	$Po'$ (mm)	CARAC. HIDROL.	GRUPO SUELO	$Po'$ (mm)	$Po$ (mm)	COEF.C.	$Po$ (mm)	$Po_{III}$	$C_{25}$	$C_{100}$		$C_{500}$								
		fig. 2.6 y tabla 2.1																fig. 2.5			tabla 3.3			fig. 2.4.	fig. 2.4.	fig. 2.4.
1	65.751	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
2	10.338	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
3	5.215	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
4	7.249	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
5	14.205	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
6	24.760	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
7	18.604	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
8	174.383	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
9	9.693	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		
10	38.859	15	% cereal invierno	R/N	B	19	25	% Masa forestal	media	B	34	60	% praderas	R/N	B	33	>3	31,2	2,0	62,3		0,1590	0,2297	0,3063		



Nº CUENCA	para T = 25 años					para T = 100 años					para T = 500 años				
		INTENS. MEDIA	COEF. de ESCORR.	INTENS.-MED PRECIP.	CAUDAL de cálculo	PRECIP. MEDIA	INTENS. MEDIA	COEF. de ESCORR.	INTENS.-MED PRECIP.	CAUDAL de cálculo		INTENS. MEDIA	COEF. de ESCORR.	INTENS.-MED PRECIP.	CAUDAL de cálculo
	<i>P<sub>d</sub></i> (mm/dia)	<i>I<sub>d</sub> · K<sub>A</sub></i> (mm/h)	<i>C<sub>25</sub></i>	<i>I<sub>t</sub></i> (mm/h)	<i>Q<sub>25</sub></i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>P<sub>d</sub></i> (mm/dia)	<i>I<sub>d</sub> · K<sub>A</sub></i> (mm/h)	<i>C<sub>100</sub></i>	<i>I<sub>t</sub></i> (mm/h)	<i>Q<sub>100</sub></i> (m <sup>3</sup> /s)	<i>P<sub>d</sub></i> (mm/dia)	<i>I<sub>d</sub> · K<sub>A</sub></i> (mm/h)	<i>C<sub>500</sub></i>	<i>I<sub>t</sub></i> (mm/h)	<i>Q<sub>500</sub></i> (m <sup>3</sup> /s)
	3.2.3.d		3.2.3.a	3.2.5.a		3.2.3.d		3.2.3.a	3.2.5.a		3.2.3.d	3.2.4.a	3.2.3.a	3.2.5.a	
1	129,90	5,41	0,1590	73,948	<b>0,215</b>	166,50	6,94	0,2297	94,783	<b>0,398</b>	212,33	8,85	0,3063	120,870	<b>0,676</b>
2	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,047</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,087</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,147</b>
3	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,024</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,044</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,074</b>
4	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,033</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,061</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,103</b>
5	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,064</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,119</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,203</b>
6	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,112</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,208</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,353</b>
7	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,084</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,156</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,265</b>
8	129,90	5,41	0,1590	79,698	<b>0,614</b>	166,50	6,94	0,2297	102,153	<b>1,137</b>	212,33	8,85	0,3063	130,269	<b>1,933</b>
9	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,044</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,081</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,138</b>
10	129,90	5,41	0,1590	102,500	<b>0,176</b>	166,50	6,94	0,2297	131,380	<b>0,326</b>	212,33	8,85	0,3063	167,539	<b>0,554</b>

### 3. DIMENSIONADO DEL DRENAJE LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

#### 3.1. DRENAJE LONGITUDINAL

##### 3.1.1. PLANTEAMIENTO GENERAL

La finalidad perseguida con el diseño de los distintos elementos que forman parte del drenaje longitudinal es la recogida de las aguas pluviales que llegan a las márgenes de la calzada y su posterior evacuación.

Los propósitos de la evacuación de agua llevada a cabo por el drenaje longitudinal son:

- Evitar que el agua invada total o parcialmente la plataforma o permanezca en ella.
- Evitar infiltraciones perjudiciales para el firme.
- Evitar deterioro en los taludes de desmonte o terraplén por erosión.
- Evitar infiltraciones en los terraplenes, que los podría desestabilizar.

En primer lugar, es necesario evacuar el área recogida directamente por la plataforma, lo que se realiza principalmente por escorrentía superficial, ya que los firmes de calidad son muy cerrados, e impiden la infiltración del agua de escorrentía a través de ellos. El agua es enviada a un lateral de la calzada donde es recogida por las cunetas correspondientes, y posteriormente enviada al exterior de la explanación del vial.

El resguardo mínimo exigido por la norma de "Drenaje superficial 5.2. – I.C." en su apartado 1.2. B entre el máximo nivel de la lámina de agua y la superficie de la plataforma para elementos de drenaje superficial de la plataforma es de 0 (cero) metros.

Para aquellos revestidos de hormigón, la velocidad admisible es de 4,5 – 6 m/s, y el espesor de revestimiento será de 10 cm.

Paralelamente a la carretera se dispondrán cunetas para recoger las aguas pluviales de escorrentía que pudieran circular por la calzada o por aquellas superficies que vierten hacia la infraestructura de la misma. Así, se dispondrán cunetas en los bordes de calzada de los tramos dispuestos en desmonte.

Todas estas cunetas se dispondrán de forma continua, desaguando a las obras de drenaje existentes. Se procurará que la longitud máxima de las cunetas no exceda de 500 metros para atenuar el riesgo de que un deficiente mantenimiento pudiera llegar a provocar obstrucciones en la cuneta.

Las cunetas serán de sección triangular. Se procurará dotarlas con pendientes iguales a la de rasante del eje del trazado excepto en la proximidades de puntos bajos en acuerdos cóncavos con escasa pendiente, donde se adoptan pendientes mayores que el 0,5% para evitar aterramientos. En los tramos en los que se considere necesario se dispondrán en contrapendiente.

En cumplimiento del artículo 3.6.3 de la Instrucción 5.2-IC, se emplearán cunetas revestidas de hormigón siempre que la pendiente longitudinal sea superior al 4% (para evitar fenómenos de erosión) o inferior al 1% (para facilitar el movimiento de las aguas), o cuando se considere necesario para aumentar la capacidad de transporte de la cuneta.

En las zonas donde la carretera discurre por zona urbana, el agua será enviada al lateral de la calzada y recogida en arquetas-sumidero y canalizada por la red de saneamiento municipal o por tubos proyectados.

##### 3.1.2. TIPOLOGÍA DE LAS CUNETAS Y ELEMENTOS DE DRENAJE LONGITUDINAL

Las cunetas laterales de desmonte o de borde de calzada serán cunetas de seguridad revestidas de hormigón con las siguientes dimensiones: 1,25 metros de ancho y con 20 cm de altura. Los tramos horizontales medirán 1 metro y 0,25 metros. En los casos en los que las cunetas proyectadas sean insuficientes para desaguar los caudales generados se dispondrán bajo las mismas tubos de 300 o 400 mm de diámetro en función del caudal.

Las cunetas laterales de terraplén que se proyectan para dar continuidad a las de desmonte tendrán las siguientes dimensiones: 1 metro de ancho y 0,40 metros de altura. Los anchos horizontales horizontales serán de 0,60 metros y 0,40 metros.

##### 3.1.3. ELEMENTOS DEL DRENAJE LONGITUDINAL

Se deberá proceder a la reposición e incorporación al diseño de la red de drenaje longitudinal de cuantos elementos accesorios resulten precisos para la evacuación óptima del agua de la plataforma y márgenes: pasos salvacunetas, arquetas sumidero y colectores. A continuación se definen las características y los criterios de colocación. Los detalles constructivos se detallan en los planos de drenaje.

##### **Pasos salvacunetas**

En aquellos puntos en los que el entronque de una acceso a vivienda o camino con la calzada intercepte con alguna cuneta y con el fin de garantizar la continuidad de la misma, será preciso disponer de pasos salvacunetas bajo el referido entronque y siguiendo la alineación de la cuneta.

Estos pasos salvacunetas están constituidos por tubos de sección circular de características análogas al resto de las obras de drenaje y diámetros acordes con las necesidades hidráulicas, partiendo de un mínimo de 0,50 metros.

##### **Arquetas y arquetas sumidero**

Las arquetas son los elementos que sirven de recogida de agua en el drenaje profundo, asegurando a su vez la inspección y conservación de los elementos enterrados de desagüe (drenes profundos y colectores). Por lo general, se colocan con una separación mínima aconsejable de 50 metros e inferior a 100 metros.

Sus dimensiones, características y colocación han de ajustarse a lo establecido en los planos de detalle de drenaje y riego y las disposiciones municipales existentes al respecto.

##### **Colectores**

Será preciso disponer de colectores para saneamiento de pluviales con tubo de hormigón de 300 mm o de 400 mm de diámetro cuando la capacidad de la cuneta sea insuficiente. En los planos en planta quedan reflejados los elementos a disponer en cada caso.

Sus dimensiones, características y colocación han de ajustarse a lo establecido en los planos de detalles de drenaje y a las disposiciones municipales.

3.1.4. CÁLCULOS

El dimensionado de los colectores se realiza de acuerdo con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{\sqrt{J} \cdot Rh^{2/3} \cdot K}{u}$$

j: pendiente de la línea de energía

Rh (m) : radio hidráulico

K (m<sup>1/3</sup>/s): coeficiente de rugosidad (inversa de coeficiente de manning)

u: coeficiente corrector de unidades

$$Q = v \cdot S$$

v: velocidad

S: sección

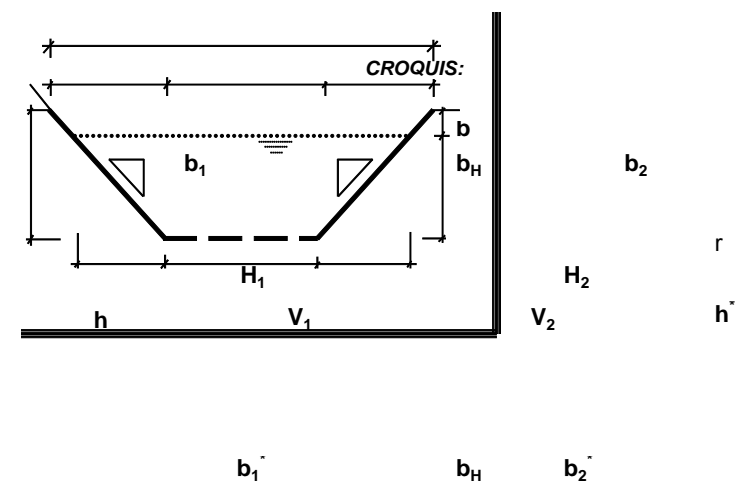
3.1.2. CAPACIDAD DE LAS CUNETAS

Las cunetas serán asimétricas, con una anchura de 1'25m y 0'20m de profundidad, con el lado de menor pendiente del lado del arcén de la carretera, de acuerdo a los cálculos hidráulicos adjuntos.

En los casos necesarios se dispondrá un tubo de diámetro 300 o 400 mm.

En las sendas se proyecta la ejecución de un tubo de 300 mm de diámetro.

Se presenta a continuación un cuadro resumen con las distintas tipologías de elementos de evacuación longitudinales.



CUNETA TIPO =	1	2	3	4	5	6
[ dimensiones en m ]	CUNETA SEGURIDAD	CUNETA + TUBO 300	CUNETA + TUBO 400	CUNETA TERRAPLÉN	TUBO 400	TUBO 300
PENDIENTES TALUDES LATERALES	H <sub>1</sub>	0,2			3	
	V <sub>1</sub>	0,2			2	
	H <sub>2</sub>	1			1	
	V <sub>2</sub>	0,2			1	
DIMENSIONES GEOMETRICAS (CUNETAS)	h-R	0,20	0,30	0,40	0,40	0,40
	b	1,20	--		1,00	
	b <sub>1</sub>	0,20	--		0,60	
	b <sub>H</sub>	--	--		--	
	b <sub>2</sub>	1,00	--		0,40	
Resguardo = DIMENS. GEOMETRIC. (MAX. INUND.)	r	0,02			0,05	
	h*	0,18			0,35	
	b*	1,08			0,88	
	b <sub>1</sub> *	0,18			0,53	
	b <sub>2</sub> *	0,90			0,35	
RESULTADO HIDRAULICO	S <sub>M</sub>	0,0972	0,0707	0,1257	0,1531	0,1257
	P <sub>M</sub>	1,1724	0,9425	1,2566	1,1259	1,2566
	R <sub>H</sub>	0,0829	0,0750	0,1000	0,1360	0,1000
	q*(1)	0,0185	0,0311	0,0456	0,0405	0,0271

Se incluye a continuación una tabla con los cálculos de los elementos de evacuación longitudinal. Al final del presente anexo se incluye un plano con las cuencas de drenaje longitudinal.

ID	Vierte a	TRAMO P.K.i al P.K.f		CUNETAS TIP	MATERIAL (1)	TIPO DE CUNETAS, PS, OTDL ó COLECTOR ø (mm)	PEND. i (%)	COEF. RUG. K	CAUDAL MÁX. Q <sub>MAX</sub> (2) (m <sup>3</sup> /seg)	LONG. tramo L <sub>c</sub> (m)	SUPERFICIE de APORTACIÓN			COEF. de ESCORR. C [MEDIA PC	NTENS.M e PRECIP I <sub>r</sub> (mm/h)	CAUDAL de cálculo Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /seg)	CAUDAL previo acumulado (m <sup>3</sup> /seg)	CAUDAL acumulado Q <sub>d</sub> acum. (m <sup>3</sup> /seg)	% OCUP. máx. (%)
											ANCHO (a)		ÁREA S=a x L <sub>c</sub> +ZV (m <sup>2</sup> )						
											CALZ. (m)	Z VERDE (m <sup>2</sup> )							
<b>C01MI</b>	OD1	1+480	al 1+630	<b>5</b>	RH	<b>TUBOø400</b>	1,1	60	<b>0,170</b>	150	7,8	6.575,2	7.745	0,3982	102,59	0,088	0,000	<b>0,088</b>	<b>52</b>
<b>C02MI</b>	OD2	1+630	al 1+685	<b>5</b>	RH	<b>TUBOø400</b>	5,1	60	<b>0,367</b>	55	4,8	10.338,0	10.602	0,3162	102,59	0,096	0,088	<b>0,183</b>	<b>50</b>
<b>C03MI</b>	OD3	1+685	al 1+770	<b>6</b>	RH	<b>TUBOø300</b>	3,7	60	<b>0,145</b>	85	7,8	5.215,0	5.878	0,3733	102,59	0,063	0,000	<b>0,063</b>	<b>43</b>
<b>C04MI</b>	OD4	1+770	al 1+880	<b>6</b>	RH	<b>TUBOø300</b>	3,2	60	<b>0,135</b>	110	8,0	7.249,0	8.129	0,3704	102,59	0,086	0,000	<b>0,086</b>	<b>64</b>
<b>C05MI</b>	OD5	1+880	al 1+965	<b>1</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]</b>	9,1	60	<b>0,335</b>	85	4,0	14.205,0	14.545	0,3152	102,59	0,131	0,000	<b>0,131</b>	<b>39</b>
<b>C06MI</b>	OD6	1+965	al 2+045	<b>2</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]+TUBOø300</b>	3,2	60	<b>0,334</b>	80	4,0	24.760,0	25.080	0,3083	102,59	0,220	0,000	<b>0,220</b>	<b>66</b>
<b>C07MI</b>	OD7	2+045	al 2+175	<b>2</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]+TUBOø300</b>	0,2	60	<b>0,083</b>	130	4,0	7.441,6	7.962	0,3425	102,59	0,078	0,000	<b>0,078</b>	<b>93</b>
<b>C08MI</b>	OD8	2+175	al 2+310	<b>1</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]</b>	6,0	60	<b>0,272</b>	135	4,0	26.157,5	26.697	0,3131	102,59	0,238	0,000	<b>0,238</b>	<b>88</b>
<b>C09MI</b>	OD9	2+310	al 2+510	<b>1</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]</b>	0,5	60	<b>0,078</b>	200	4,0	4.846,5	5.647	0,3921	102,59	0,063	0,000	<b>0,063</b>	<b>80</b>
<b>C10MI</b>	OD10	2+510	al 2+560	<b>2</b>	RH	<b>CUNETAS[a=1,25m; h=0,20m]+TUBOø300</b>	4,0	60	<b>0,373</b>	50	0,0	38.859,0	38.859	0,3000	102,59	0,332	0,000	<b>0,332</b>	<b>89</b>

## **3.2. DRENAJE TRANSVERSAL**

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CAUCES NATURALES Y PUNTOS DE DESAGÜE**

El objeto del presente apartado es la identificación de los cauces naturales afectados por las obras y las medidas a tomar sobre los mismos, en caso de considerarse necesario.








Es necesario señalar que las obras, en lo que al drenaje se refieren, no suponen cambios significativos en el drenaje preexistente de la carretera, manteniéndose en todos los casos los puntos de desagüe primitivos y sin existir variación en la superficie de las cuencas vertientes al sistema de drenaje. Se trata, por tanto, de la reposición de los elementos de drenaje primitivos en los puntos en los que es preciso, para adaptarlos a las variaciones en la geometría de la carretera.






Simplemente se realiza una ampliación de la longitud de las obras de drenaje preexistentes, en los casos en los que el nuevo ancho de la plataforma así lo exija. Existen varias obras de drenaje que se sustituirán por otras nuevas tal y como queda reflejado en el plano de drenaje.

Se incluye a continuación una tabla con las características de las obras de drenaje transversales existentes:

Nº	P.K.	DIMENSIONES (m)	TIPO DE BOQUILLA		FOTO		OBSERVACIONES
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
0	1+475	Ø400	Tubo de hormigón	Aletas de piedra			Parcialmente obstruido
1	1+540	Ø400	Pozo de hormigón	Murete de piedra			Parcialmente obstruido
2	1+630	Ø400	Pozo de piedra	Pozo con tapa sumidero			
3	1+685	0,50*0,70	Pozo con tapa	Aletas de piedra con tapa de hormigón			
4	1+770	0,40*0,50	Pozo de hormigón	Aletas de piedra			Parcialmente obstruido



Nº	P.K.	DIMENSIONES (m)	TIPO DE BOQUILLA		FOTO		OBSERVACIONES
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
5	1+865	Ø400	Pozo de piedra	Murete de piedra			Parcialmente obstruido
6	1+965	0,40*0,40	Pozo de piedra	Aletas de piedra			
7	2+045	Ø400	Pozo de hormigón	Murete de hormigón			
8	2+175	0,50*0,50	Inaccesible	Aletas de piedra			Parcialmente obstruido

Nº	P.K.	DIMENSIONES (m)	TIPO DE BOQUILLA		FOTO		OBSERVACIONES
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
9	2+310	0,40*0,40	Pozo de piedra	Aletas de piedra			
	2+365	Falta tajea riego	Obstruido	Aletas de piedra			Parcialmente obstruido
10	2+510	0,50*0,70	Aletas de piedra	Aletas de piedra			

### 3.2.2. CAPACIDAD DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Para el cálculo de la capacidad de las obras de drenaje transversal se sigue el mismo procedimiento que para el cálculo del drenaje longitudinal. Se comprobará que es suficiente con realizar una ampliación de las existentes ya que tienen capacidad suficiente para desaguar el caudal de cálculo.

En las tablas adjuntas se recogen los datos de los cálculos efectuados.

CUADRO Nº T4: COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA DE LAS OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES Y PROYECTADAS

NOMBRE ODT	PK LOCALIZ O.D.T.	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA			CAUDAL a DESAGUAR		PEND. O.F. j (%)	S. HIDRAUL.(xUD)		COEF. RUGOS K=1/n	CAUDAL MÁX. ODT Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	VELOCID. ODT V <sub>max</sub> (m/s)					VELOCID. de PROY. V <sub>p</sub> (m/s)	CALADO de PROY. h (m)	LLENADO %	
		TIPO	DIMENSIONES B x H ó D/H2 (m)		Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)		ÁREA S (m <sup>2</sup> )	RADIO R <sub>H</sub> (m)				Q <sub>p</sub> / Q <sub>max</sub>	S(h) h/D	RH(h)	V <sub>p</sub> V <sub>p</sub>				
1	1+540	circular			0,40	0,398	0,676	9,0	0,126	0,10	83	0,677	5,39	0,999	0,992	1,002	5,40	5,40	0,397	99,24%
2	1+630	circular			0,40	0,087	0,147	8,0	0,126	0,10	83	0,638	5,08	0,231	0,325	0,821	4,17	4,17	0,130	32,47%
3	1+685	rectang.	0,50	x	0,70	0,044	0,074	3,5	0,350	0,18	71	1,505	4,30	0,049	0,037	0,058	1,98	1,98	0,075	10,71%
4	1+770	rectang.	0,40	x	0,50	0,061	0,103	0,3	0,200	0,14	71	0,213	1,06	0,486	0,111	0,116	0,93	0,93	0,279	55,74%
5	1+865	circular			0,40	0,119	0,203	2,0	0,126	0,10	83	0,319	2,54	0,635	0,584	1,050	2,67	2,67	0,234	58,38%
6	1+965	rectang.	0,40	x	0,40	0,208	0,353	2,8	0,160	0,13	71	0,496	3,10	0,712	0,122	0,121	2,90	2,90	0,304	76,05%
7	2+045	circular			0,40	0,156	0,265	3,0	0,126	0,10	83	0,391	3,11	0,679	0,612	1,060	3,30	3,30	0,245	61,22%
8	2+175 exist.	rectang.	0,50	x	0,50	1,137	1,933	1,8	0,250	0,17	71	0,721	2,88	2,680	0,582	0,206	3,32	3,32	1,164	232,86%
8	2+175 nueva	circular			1,80	1,137	1,933	1,5	2,545	0,45	71	12,994	5,11	0,149	0,258	0,728	3,72	3,72	0,464	25,78%
9	2+310	rectang.	0,40	x	0,40	0,081	0,138	3,4	0,160	0,13	71	0,547	3,42	0,253	0,056	0,082	2,48	2,48	0,140	34,89%
10	2+510	rectang.	0,50	x	0,70	0,326	0,554	2,0	0,350	0,18	71	1,138	3,25	0,487	0,194	0,152	2,86	2,86	0,388	55,36%