

## ANEJO 9: HIDROLOGÍA Y DRENAJE



## **ANEJO 9: HIDROLOGÍA Y DRENAJE**

### **ÍNDICE DE CONTENIDO**

1.- INTRODUCCIÓN.....	5
2.- DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES.....	6
2.1.- Drenaje transversal .....	6
2.2.- Drenaje de plataforma y márgenes .....	6
3.- PROCESO DE CÁLCULO .....	7
3.1.- Delimitación de cuencas .....	7
3.2.- Cálculo de caudales .....	8
3.2.1.- Intensidad de precipitación .....	9
3.2.2.- Intensidad media diaria de precipitación corregida.....	9
3.2.3.- Factor de intensidad $F_{int}$ .....	9
3.2.4.- Tiempo de concentración .....	11
3.2.5.- Coeficiente de escorrentía .....	11
3.2.6.- Caudales de proyecto .....	14
3.3.- Dimensionamiento de las cunetas .....	15
3.3.1.- Introducción.....	15
3.3.2.- Criterio de diseño .....	15
3.3.3.- Verificación de las cunetas .....	15
3.4.- Verificación de las dimensiones de obras de drenaje transversal (ODT), desagües transversales del drenaje longitudinal (ODTL), colectores y caces. ....	18
4.- APÉNDICES .....	23
4.1.- Apéndice 1: Plano de delimitación de cuencas .....	25
4.2.- Apéndice 2: Cálculo hidrológicos de las cuencas .....	27
4.2.1.- Usos del suelo .....	29
4.2.2.- Cálculo hidrológicos cuencas drenaje transversal.....	30
4.2.3.- Cálculo hidrológicos cuencas plataforma y márgenes .....	30
4.3.- Apéndice 3: Cálculos hidráulicos comprobación de cunetas .....	31



## 1.- INTRODUCCIÓN

La zona objeto de estudio se encuentra situada en un valle natural que alberga las poblaciones de Benifairó, Simat y Tavernes y que se conoce como la Valldigna. Es un terreno de contrastes, ya que se puede pasar con relativa facilidad de la cota cero de la playa de Tavernes a los más de seiscientos metros de las cumbres de los picos más altos y que están situados a escasa distancia de la línea de costa.

La Valldigna es un valle de fondo plano y orientación este-oeste, que se desarrolla por debajo de la cota de 50 m. Está limitado al norte por la Serra de les Agulles y al sur por el Macizo del Mondúver. Por el este se prolonga hasta llegar al Mediterráneo a través de la llanura litoral.

EL valle de la Valldigna, con unos 8 km de longitud y unos 1.500 m de ancho, se sitúa en un entorno en el que constan algunos de los registros de precipitación más elevados de España. Se trata de una zona con una gran torrencialidad, asociada habitualmente a eventos de gran inestabilidad atmosférica generados por la presencia de una DANA (depresión aislada en niveles altos).

En lo que respecta a la torrencialidad, es habitual que las precipitaciones experimentan, en general, concentraciones temporales muy importantes y son relativamente frecuentes valores superiores a 100 mm/día.

En el centro del valle, se desarrolla una llanura aluvial relacionada con el río Vaca y el barranco de Badell, la intersección de estos elementos morfológicos, da lugar a una parte central del valle, con una superficie plana e inclinada hacia el mar, con pendientes comprendidas entre el 1 y 2 %. Lateralmente, junto a los macizos montañosos, se observan dos franjas de mayor pendiente (entre el 5 y el 10 %), inclinadas hacia el interior del valle. La configuración orográfica, con dos zonas claramente diferenciadas, la montañosa y la planicie del valle con gran dificultad de drenaje de la escorrentía, junto con el régimen pluviométrico de la zona y la presencia de la barrera que supone la Autopista A-7, motiva que las inundaciones sean habituales en el entorno.

Dadas las particularidades que presenta la zona desde el punto de vista de la inundabilidad, para el estudio del comportamiento de las aguas de las cuencas cuyo cauce natural se ve afectado por las obras asociadas al presente proyecto, se ha realizado un **estudio específico de inundabilidad que se incluye como Anejo 8** al presente proyecto. En dicho anejo se ha realizado el dimensionamiento de las infraestructuras de drenaje transversal a proyectar.

Se incluye en el presente anejo un listado resumen con nomenclatura, ubicación y tipología de las obras de drenaje transversal dimensionadas hidráulicamente en el Anejo 8 y justificadas estructuralmente en el Anejo 10, limitándose el cálculo de drenaje transversal del presente anejo a la zona del Polígono Industrial.

Se incluye en el presente anejo el dimensionamiento de los elementos de drenaje de la plataforma y márgenes (cunetas y caces), así como de los elementos complementarios del sistema de drenaje. (cruces bajo calzada y colectores).

## 2.- DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES

### 2.1.- Drenaje transversal

Como se ha comentado anteriormente, debido al riesgo de inundación existente y dada la singularidad de la zona de estudio, para la comprobación y dimensionamiento del drenaje transversal de la carretera, se realiza un Estudio de Inundabilidad incluido como Anejo 8 del presente proyecto, las obras de drenaje transversal quedan definidas en el mismo y justificadas estructuralmente en el Anejo 10 Estructuras.

A modo de resumen se muestra en las tablas siguientes las características y situación de las distintas obras de paso en relación al eje de proyecto:

Tabla 1. Pasos superiores proyectados.

	P.K. aprox.	Longitud total	Número de vanos	Longitud de los vanos	Tipología estructural
EST-5	0+212	57 m	3	16,5 + 16,5 + 24 m	Vigas doble "T"
EST-8	0+750	70 m	3	15 + 44 + 11 m	Vigas artesa
EST-23	2+320	99 m	2	50 + 49 m	Vigas artesa
EST-24	2+600	30 m	2	22 + 8 m	Vigas doble "T"
EST-34	3+370	31 m	2	22 + 9 m	Vigas doble "T"

Tabla 2. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado proyectados.

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior		Espesores			
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-1	0+035	16.33	1	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0
EST-2	0+047	102.00	1	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0
EST-3	0+060	17.90	8	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-4	0+129	17.90	8	5.25	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-10	0+997	12.60	7	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-11	1+108	12.60	10	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-13	1+319	12.60	7	5.25	0.8	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-14	1+439	12.60	8	4.75	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-15	1+555	12.60	9	4.75	1.50	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-16	1+707	34.00	2	3.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-17	1+768	28.00	2	3.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-18	1+837	12.60	9	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior			Espesores		
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-19	1+933	12.60	9	5.00	1.25	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-20	2+045	12.60	8	5.00	1.35	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-21	2+110	12.60	8	4.75	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-22	2+182	12.60	9	5.25	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-26	2+700	40.00	5	5.00	0.80	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-27	2+761	88.00	5	4.75	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-28	2+816	29.00	7	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-29	2+921	17.90	8	5.00	1.10	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-30	3+002	17.90	9	5.00	1.70	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-31	3+077	17.90	8	5.25	1.70	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-33	3+257	17.90	7	5.00	2.70	0.40	0.50	0.30	0.25

Tabla 3. Características geométricas de los marcos multicelulares de hormigón armado que se encuentran junto a los pasos inferiores.

	P.K. aprox.	Ancho Plataf. (m)	Nº celdas	Sección interior			Espesores		
				Ancho (m)	Alto (m)	Solera (m)	Dintel (m)	Hastiales exteriores (m)	Hastiales interiores (m)
EST-6	0+433	12.60	2	5.00	0.80	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-7	0+504	12.60	3	5.00	1.25	0.40	0.50	0.30	0.25
EST-9	0+920	12.60	2	5.25	2.11	0.40	0.5	0.25	0.25
EST-12	1+160	12.60	8	5.25	0.76	0.40	0.5	0.25	0.25
EST-25	2+630	17.90	0	-	-	-	-	-	-
EST-28'	2+853	17.90	0	-	-	-	-	-	-
EST-32	3+155	17.90	6	4.75	2.39	0.40	0.5	0.25	0.25

En el presente anejo se incluye el estudio del drenaje transversal en la zona final de la actuación, concretamente en el tramo en el que la nueva variante discurre paralela al polígono industrial, donde se ven interceptadas tres cuencas secundarias.

### 2.2.- Drenaje de plataforma y márgenes

La evacuación de las aguas superficiales de la calzada se realiza dotando a ésta de la adecuada pendiente transversal, es decir, bombeo en los tramos en recta, y en los tramos en curva el correspondiente peralte definido según la velocidad específica de la curva circular. Adicionalmente, se ha definido una pendiente longitudinal adaptada, en lo posible, al terreno sobre el que se proyectan las obras, para evacuar correctamente el agua de lluvia que cae sobre la plataforma.



Teniendo en cuenta que el trazado de prácticamente todo el tramo objeto de estudio discurre en terraplén, la escorrentía de los márgenes no afectará a la plataforma, y dado que la zona del proyecto es inundable incluso para periodos de retorno bajos (T=25 años), tal y como se determina en el Anejo 8 no tiene sentido práctico diseñar un drenaje longitudinal tradicional para vehicular esta agua pluvial hasta las obras de drenaje transversal. En este caso, se considera más adecuado disponer de forma generalizada para todo el trazado, de una cuneta funcional para ayudar al desagüe de la zona dirigiendo las aguas bajas hasta la obra de drenaje más próxima, siguiendo a lo largo del trazado la pendiente del terreno. Esta cuneta se dispone en el margen de la nueva variante que recibe el flujo y en el presente anejo se comprueba su capacidad hidráulica para la recogida de las aguas provenientes de la plataforma.

Las aguas superficiales de la calzada se conducen mediante caz de coronación delimitado por bordillo hasta bajantes ubicadas en puntos bajos y en zonas de terraplén a lo largo de todo el trazado. Las bajantes se disponen en ambos márgenes en tramos de bombeo y en el margen interior de curva en tramos peraltados.

En el caso de tramos en desmonte, la recogida de los caudales del drenaje longitudinal se realiza mediante cunetas triangulares y trapeciales revestidas de hormigón.

En el tramo final, donde el trazado discurre paralelo al polígono industrial, la sección adquiere un carácter más urbano disponiéndose una mediana ajardinada central y bombeo en ambas calzadas, en este caso la recogida de aguas provenientes de la plataforma se proyecta mediante caces longitudinales de sumidero continuo e imbornales. En este tramo se disponen bajantes para la recogida en terraplén de las salidas de los imbornales.

### 3.- PROCESO DE CÁLCULO

El proceso a seguir puede dividirse en dos fases:

1. Cálculo del caudal a evacuar por los distintos elementos de drenaje según un periodo de retorno establecido en el apartado 1.3.2 de la Norma 5.2 -IC:
  - Drenaje de plataforma y márgenes: Veinticinco años (T=25 años).
  - Drenaje transversal: Cien años (T=100 años). En este caso, debido a la inundabilidad de la zona incluso para periodos de retorno bajos, se ha considerado el dimensionamiento de las obras de drenaje de cuencas secundarias para periodo de retorno T=25 años.
2. Comprobación del funcionamiento del elemento de drenaje, según las dimensiones consideradas.

El cálculo se realiza de forma independiente para cada uno de los elementos de drenaje. Se expone en primer lugar la metodología general pasándose posteriormente a la salida de resultados de los cálculos concretos.

#### 3.1.- Delimitación de cuencas

En el Anejo 8 Estudio de Inundabilidad se definen las cuencas vertientes estudiadas para el dimensionamiento del drenaje transversal de la carretera realizado en dicho documento:

Imagen 1 Cuencas Vertientes sobre ortofoto

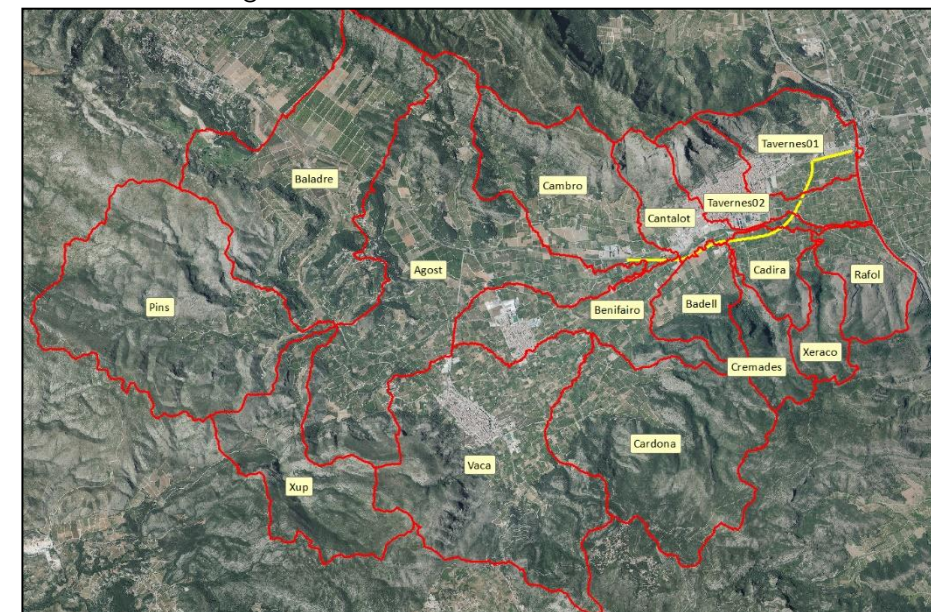
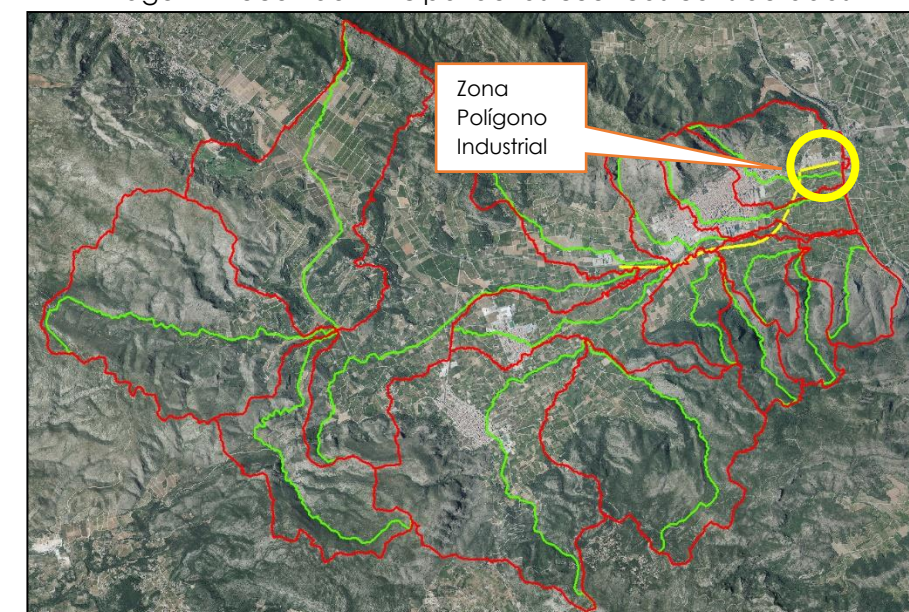


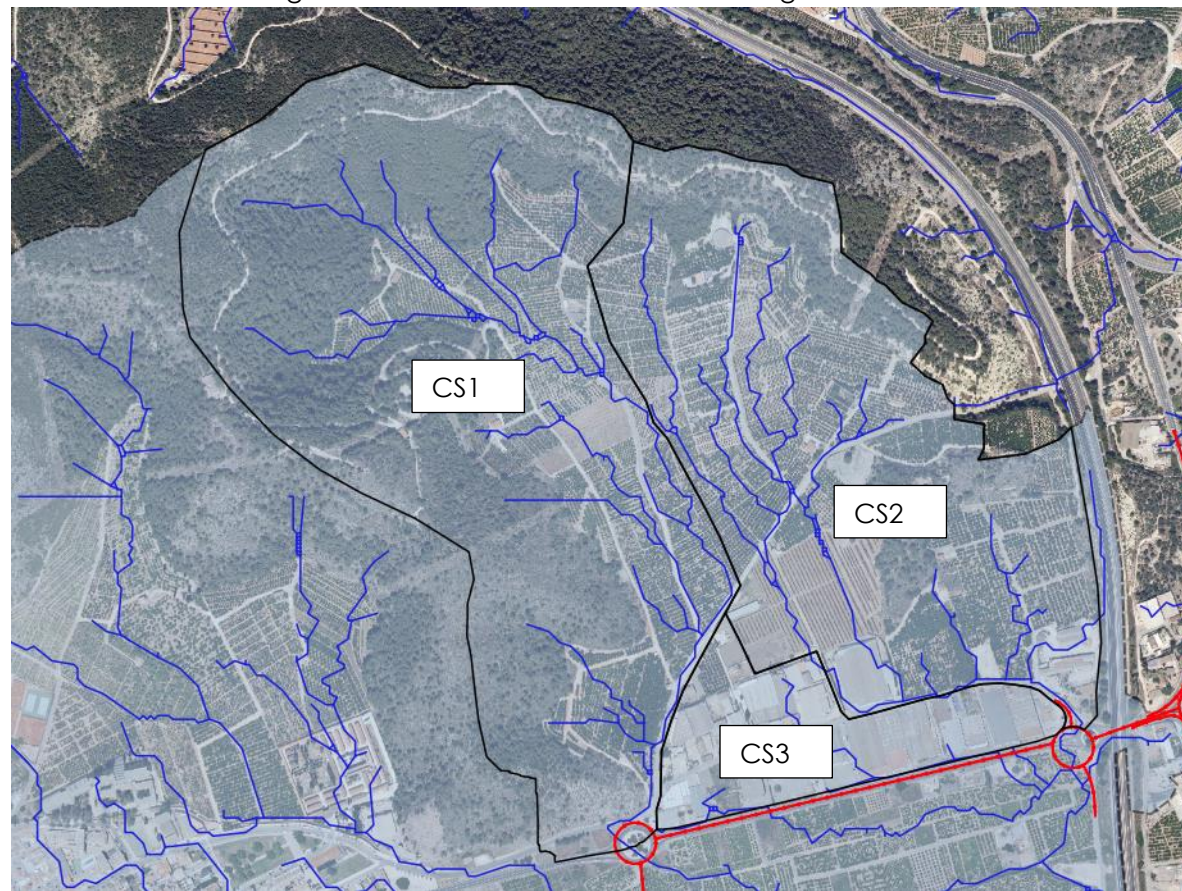
Imagen 2 Recorrido Principal de las cuencas consideradas





En el presente anejo se realiza el estudio del drenaje transversal en el tramo del Polígono Industrial, no dimensionado por el Estudio de Inundabilidad. En este tramo se delimitan tres cuencas que son interceptadas por la carretera, se han denominado CS1, CS2 y CS3, que se pueden apreciar en la siguiente imagen:

Imagen 3 Cuencas vertientes en zona Polígono industrial



En el **Apéndice 1** "Plano de Cuencas" del presente anejo se representan estas cuencas y las de la propia plataforma cuando han de ser recogidas por elementos de drenaje.

La cuenca CS1 interfiere con la carretera a la altura de la glorieta 4, existente en la actualidad y sobre la que no se actúa en el presente proyecto. Actualmente existe una obra de drenaje transversal que cruza la glorieta de noroeste a sudeste compuesta por dos marcos de hormigón de dimensiones interiores 0,85 m de anchura por 1,10 m de altura. En el presente anejo se realiza su comprobación hidráulica y se determina la necesidad de ampliación de la misma.

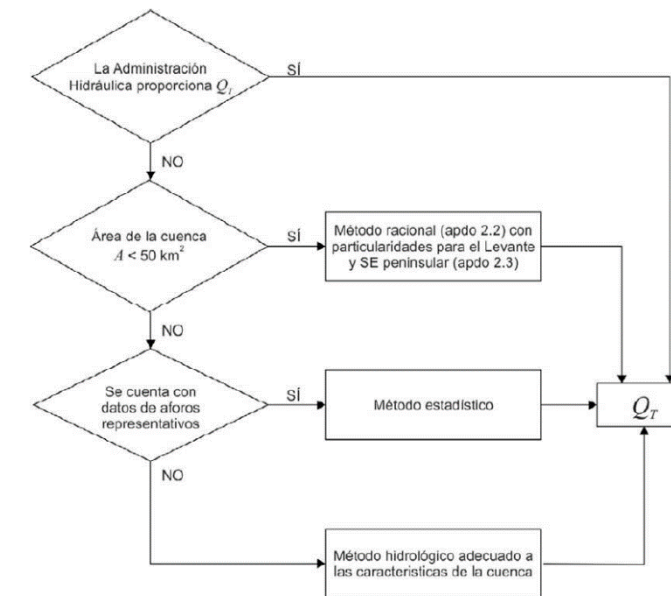
La cuenca CS2 interfiere con la carretera a la altura de la glorieta 5, de nueva ejecución, se proyecta la canalización del cruce a través de una nueva obra de drenaje transversal.

La cuenca CS3 alcanza la nueva calzada de forma longitudinal, por lo que se proyecta su recogida mediante una cuneta e incorporando varios desagües transversales en su recorrido.

### 3.2.- Cálculo de caudales

Para la elección del método de cálculo adecuado para el caudal de proyecto se ha utilizado el siguiente diagrama de flujo incluido en la Norma 5.2 – IC Drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras:

Imagen 4 Diagrama de flujo para la elección del método de cálculo de caudales. Figura 2.1. Norma 5.2 -IC



En el caso que nos ocupa, las cuencas estudiadas en el presente anejo, (zona del polígono industrial) tienen un área inferior a 50 km<sup>2</sup> y no teniendo datos sobre caudales máximos aportados por la Administración Hidráulica competente, se selecciona para el cálculo de los caudales de proyecto el **Método racional con las particularidades para las cuencas ubicadas en el Levante y SE Peninsular**.

En nuestro caso al estar situadas las obras en el Levante y Sureste peninsular, según la Norma 5.2-IC y para un periodo de retorno inferior o igual a veinticinco años (T ≤ 25 años), el caudal máximo anual correspondiente Q<sub>T</sub>, se determinará según el método racional.

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual Q<sub>T</sub>, correspondiente a un periodo de retorno T, se calcula mediante la fórmula:

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

Donde:

**Q<sub>T</sub>** (m<sup>3</sup>/s) Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.



**I(T,t<sub>c</sub>) (mm/h)** Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t<sub>c</sub>, de la cuenca.

**C (adimensional)** Coeficiente medio de escorrentía de la cuneca o superficie considerada.

**A (km<sup>2</sup>)** Área de la cuenca o superficie considerada.

**K<sub>t</sub> (adimensional)** Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

donde: **t<sub>c</sub> (horas)** Tiempo de concentración de la cuenca.

### 3.2.1.- Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación I(T,t) correspondiente a un periodo de retorno T se obtiene 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 periodo de retorno T y a una duración del aguacero t.

**I<sub>d</sub> (mm/h)** Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T

**F<sub>int</sub> (adimensional)** Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación para calcular el caudal máximo anual para un periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca, será la correspondiente a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración (t=t<sub>c</sub>) de dicha cuenca.

### 3.2.2.- Intensidad media diaria de precipitación corregida

Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T, se obtiene mediante la fórmula:

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

Donde:

**P<sub>d</sub> (mm)** Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T.

**K<sub>A</sub> (adimensional)** Factor de reducción de la precipitación por área de la cuenca:

Si A < 1 km<sup>2</sup>      K<sub>A</sub> = 1

Si A ≥ 1 km<sup>2</sup>      K<sub>A</sub> = 1 -  $\frac{\log_{10} A}{15}$

Donde:      **A (km<sup>2</sup>)** Área de la cuenca

Se toma como valor de la precipitación diaria P<sub>d</sub> (mm) correspondiente al periodo de retorno de 25 años, la determinada en el Anejo 8 Estudio de Inundabilidad partiendo de la serie monográfica "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" editada por el Ministerio de Fomento.

Para el caso considerado, en el Anejo 8 se adoptan los siguientes valores:

- Precipitación diaria básica (P<sub>d</sub> básica): 112 mm/d
- Coeficiente de variación (Cv): 0.52

De modo que resultan los siguientes valores:

Tabla 4: Precipitación diaria correspondiente a un periodo de retorno

Período de retorno (T)	K <sub>t</sub>	P <sub>d</sub> (mm)
25	2.098	234,98

### 3.2.3.- Factor de intensidad F<sub>int</sub>

Se toma el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

**F<sub>a</sub> (adimensional)** Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I<sub>1</sub>/ I<sub>d</sub>)

**F<sub>b</sub> (adimensional)** Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

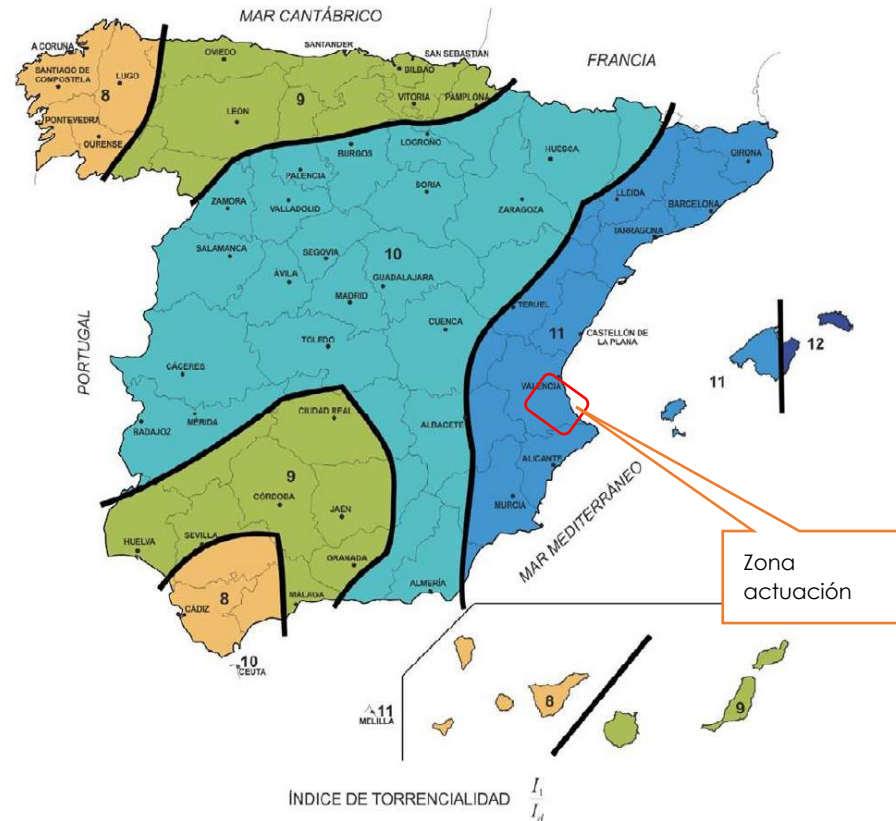
Obtención de F<sub>a</sub>

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

Donde:

**( $I_1/I_d$ ) (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:

Imagen 5 Mapa el índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ). Norma 5.2-IC figura 2.4



Siendo en el caso que nos ocupa el índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ) = 11.

Y **t (horas)** es la duración del aguacero. Para la obtención del factor  $F_a$  se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca ( $t = t_c$ ).

Obtención de  $F_b$

$$F_b = k_b \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Donde:

**$k_b$  (adimensional)** Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un periodo de veinticuatro horas, y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar  $k_b = 1,13$ .

**$I_{IDF}(T, t_c)$  (mm/h)** Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno  $T$  y a un tiempo de aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , obtenida a través de la curvas IDF del pluviógrafo que sea representativo y que esté situado más cerca del entorno del proyecto.

**$I_{IDF}(T, 24)$  (mm/h)** Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno  $T$  y a un tiempo de aguacero igual a 24 horas, obtenida a través de las curvas IDF del pluviógrafo que sea representativo y que esté situado más cerca del entorno del proyecto.

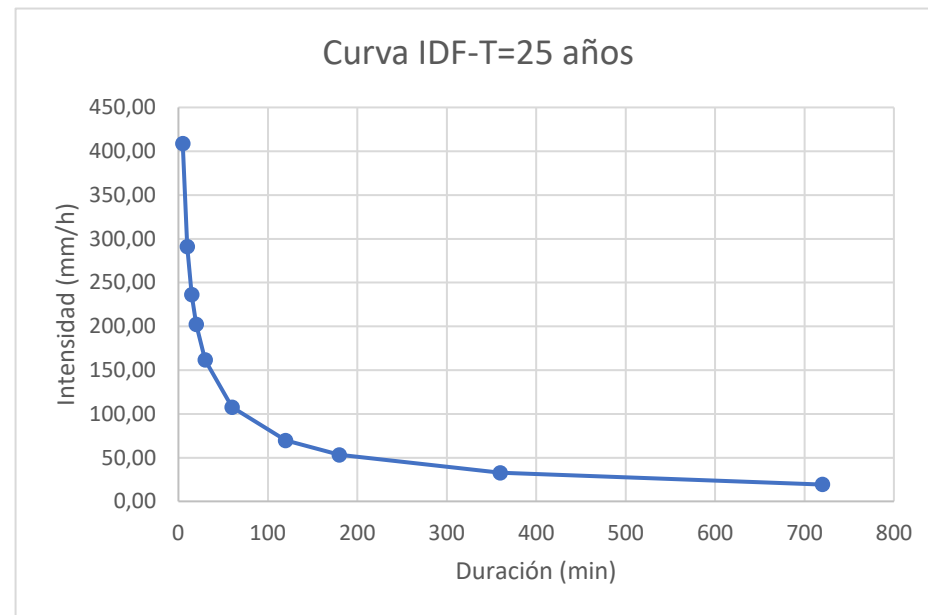
Para una ( $I_1/I_d$ ) = 11 se calculan las curvas IDF en la zona de proyecto para los distintos periodos de retorno y diferentes duraciones de aguacero, resultando:

Tabla 5 Valores de las curvas IDF en la variante Tavernes CV-50

Duración (min)	Valores de $I(d;T)$ en mm/h							
	Periodo de retorno							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
5	171,70	254,92	319,63	408,89	480,22	557,59	639,45	752,30
10	122,28	181,55	227,63	291,20	342,00	397,10	455,39	535,76
15	99,14	147,20	184,56	236,10	277,29	321,96	369,23	434,39
20	84,99	126,18	158,21	202,39	237,69	275,99	316,51	372,36
30	67,88	100,78	126,35	161,64	189,84	220,43	252,79	297,40
60	45,22	67,14	84,19	107,70	126,49	146,86	168,42	198,15
120	29,27	43,45	54,48	69,69	81,85	95,04	108,99	128,23
180	22,37	33,21	41,63	53,26	62,55	72,63	83,29	97,99
360	13,76	20,43	25,61	32,77	38,48	44,69	51,25	60,29
720	8,18	12,14	15,22	19,47	22,87	26,55	30,45	35,82

En concreto, para un período de retorno de 25 años la curva empleada es:

Imagen 6 Curva IDF para 25 años de período de retorno en la CV-50



En el **Apéndice 2** del presente anejo se presentan los diferentes  $F_a$  y  $F_b$  calculados correspondientes a cada cuenca considerada.

### 3.2.4.- Tiempo de concentración

En el caso de cuencas en las que predomina el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración  $t_c$ , en horas, se puede deducir de la siguiente fórmula:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Donde:

- $t_c$  **(horas)** Tiempo de concentración
- $L_c$  **(km)** Longitud del cauce
- $J_c$  **(adimensional)** Pendiente media del cauce

Para cuencas principales con  $t_c \leq 0,25$  horas, y cuencas secundarias, el tiempo de concentración se debe determinar dividiendo el recorrido de la escorrentía en tramos de características homogéneas inferiores a 300 metros y sumando los tiempos parciales obtenidos, distinguiendo entre:

- Flujo canalizado a través de cunetas u otros elementos de drenaje: Se puede considerar régimen uniforme y aplicar la ecuación de Manning.
- Flujo difuso sobre el terreno:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

Donde:

- $t_{dif}$  **(minutos)** Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno
- $n_{dif}$  **(adimensional)** Coeficiente de flujo difuso
- $L_{dif}$  **(m)** Longitud de recorrido en flujo difuso
- $J_{dif}$  **(adimensional)** Pendiente media

Tabla 6 Valores del coeficiente de flujo difuso  $n_{dif}$ . Norma 5.2-IC Tabla 2.1

Cobertura del terreno		$n_{dif}$
Pavimentado o revestido		0,015
No pavimentado ni revestido	Sin vegetación	0,050
	Con vegetación escasa	0,120
	Con vegetación media	0,320
	con vegetación densa	1,000

El valor del tiempo de concentración  $t_c$ , a considerar se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 7 Determinación del  $t_c$  en condiciones de flujo difuso. Norma 5.2-IC tabla 2.2

$t_{dif}$ (minutos)	$t_c$ (minutos)
$\leq 5$	5
$5 \leq t_c \leq 40$	$t_{dif}$
$\geq 40$	40

Se han calculado como flujo difuso las cuencas secundarias de calzada (CAZ max, 100 M EJE8, CS\_G5-01, CS\_E01, CS\_E28, CS\_G5-02, CS\_G6, CS\_E14 y Cunetón\_220m), en el **Apéndice 2** del presente anejo se detallan los tiempos de concentración obtenidos para cada una de las cuencas consideradas.

### 3.2.5.- Coeficiente de escorrentía

La proporción de agua precipitada que escurre se conoce como coeficiente de escorrentía y depende del relieve de la cuenca y de la naturaleza y uso de su superficie. Por lo tanto, el caudal que circula es una cierta proporción de la precipitación total que supera el umbral de escorrentía.

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_o \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_o} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_o \quad C = 0$$

Donde:

- C** (adimensional) Coeficiente de escorrentía
- P<sub>d</sub>** (mm) Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado
- K<sub>A</sub>** (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
- P<sub>o</sub>** (mm) Umbral de escorrentía

#### UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía  $P_o$  representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$P_o = P_o^i \cdot \beta$$

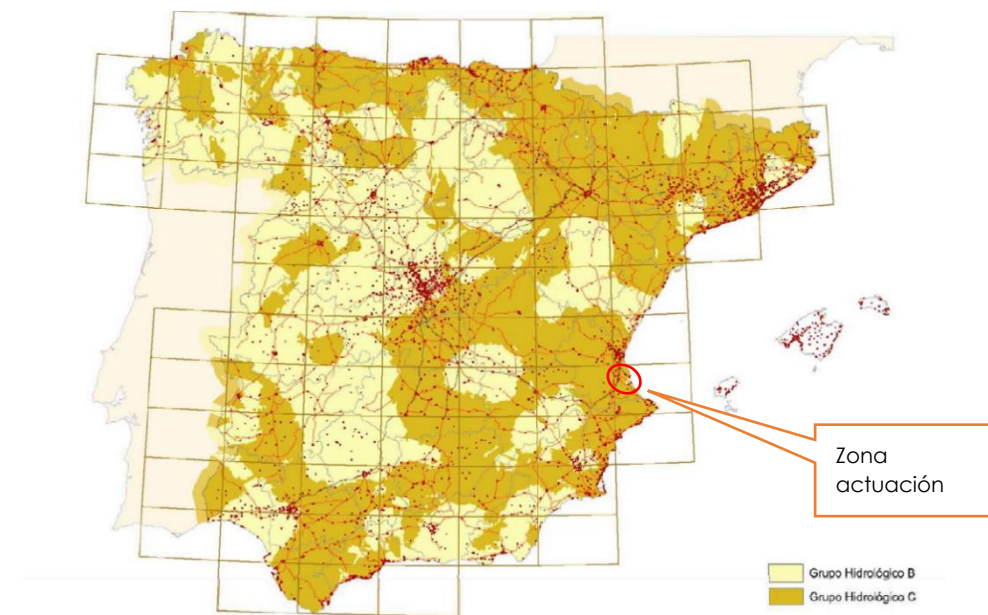
Donde:

- P<sub>o</sub><sup>i</sup>** (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía
- β** (adimensional) Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

#### Obtención de P<sub>o</sub><sup>i</sup> Valor inicial del umbral de escorrentía:

El valor inicial del umbral de escorrentía se ha obtenido para cada cuenca, determinando los grupos hidrológicos de suelo presentes en la cuenca según el siguiente mapa:

Imagen 7 Mapa de grupos hidrológicos de suelo. Norma 5.2-IC Figura 2.7



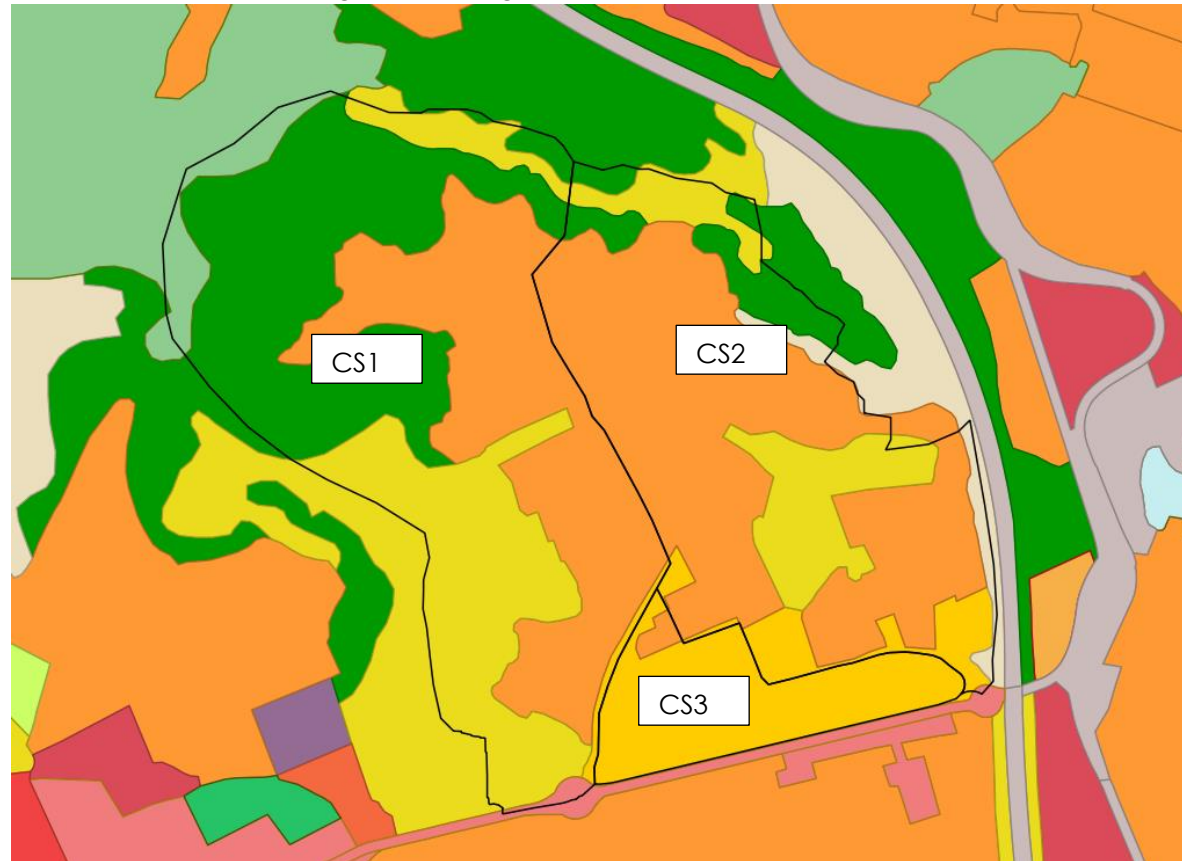
Se toman los grupos hidrológicos determinados en el Anejo 8 Estudio de Inundabilidad, donde se define el grupo C para las zonas elevadas y el grupo B para los fondos de valle.

Una vez determinado el grupo hidrológico de suelo, para cada cuenca, se han diferenciado los diferentes tipos y usos del suelo existente atribuyendo a cada una el valor correspondiente de umbral de escorrentía inicial que se indica en la tabla 2.3 de la Norma 5.2 – IC.

Para todas las cuencas estudiadas – que se muestran en los planos del **Apéndice 1**– se ha realizado la intersección de su contorno con la cartografía de usos de suelo definidos en el CORINE y definido su correspondencia con los usos definidos en la tabla 2.3 de la Norma 5.2 – IC en el **Apéndice 2**.



Imagen 8. Cartografía de usos del suelo. CORINE



Obtención de  $\beta$  Coeficiente corrector del umbral de escorrentía:

Para el cálculo del coeficiente corrector del umbral de escorrentía se han aplicado las siguientes fórmulas:

Para drenaje de plataforma y márgenes:

$$\beta^{PM} = (\beta_m \cdot F_T)$$

Donde:

**$\beta^{PM}$  (adimensional)** Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje de plataforma y márgenes, o drenaje transversal de vías auxiliares

**$\beta_m$  (adimensional)** Valor medio en la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía

**$F_T$  (adimensional)** Factor función del periodo de retorno T

Para el drenaje transversal de la carretera (puentes y obras de drenaje transversal)

$$\beta^{DT} = (\beta_m - \Delta_{50}) \cdot F_T$$

Donde:

**$\beta^{DT}$  (adimensional)** Coeficiente corrector del umbral de escorrentía para drenaje transversal de la carretera.

**$\Delta_{50}$  (adimensional)** Desviación respecto al valor medio: intervalo de confianza correspondiente al cincuenta por ciento (50%).

Los valores  $\beta_m$ ,  $\Delta_{50}$  y  $F_T$ , se han obtenido de la tabla 2.5 de Norma 5.2-IC en función de las regiones definidas en el siguiente mapa, encontrándose las cuencas afectadas ubicadas en la región 822.

Imagen 9 Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Norma 5.2-IC. Figura 2.9



Tabla 8 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía: valores correspondientes a calibraciones regionales. Norma 5.2-IC. Tabla 2.5.

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Periodo de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,76	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.  
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla  
En todos los casos  $F_{10}=1,00$

De la tabla anterior se obtiene para el periodo de retorno  $T=25$  años los siguientes valores:

$\beta_m = 2,4$

$F_{25} = 1,16$

$\Delta_{50} = 0,25$

### 3.2.6.- Caudales de proyecto

En el **Apéndice 2** se incluyen los cálculos realizados para la determinación de los caudales de referencia en cada cuenca.

Caudales de proyecto calculados:

Tabla 9 Caudales de proyecto cuencas consideradas  $T=25$  años

Cuenca	Área total (m <sup>2</sup> )	Longitud (m)	Z <sub>sup</sub>	Z <sub>inf</sub>	Pendiente (m/m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Elemento de drenaje
CS1	449.998	1325,00	138,00	5,90	0,100	5,966	ODTCS1
CS2	318.045	1116,00	114,00	4,60	0,098	4,349	ODTCS2
CS3	75.300	560,00	7,30	4,40	0,005	3,077	Cuneta tramos CU_8: 01, 02, 03, 04, 05 y 06
CAZ max	423	130,00	-	-	0,005	0,034	CAZ Ø300 mm
100 M EJE8	2.250	100,00	-	-	0,005	0,114	Cuneta tramo CU_8_07
CS_G5-01	1.975	80,00	-	-	0,020	0,152	Cuneta tramo CU_8_08
CS_E10	1.575	240,00	4,86	4,57	0,001	0,094	Cuneta tramo CU_10_01
CS_E28	975	90,00	4,30	3,80	0,006	0,0662	Cuneta tramo CU_28-11
CS_G5-02	2.064	84,00	4,40	3,60	0,010	0,1606	Cuneta tramo CU_10_02
CS_G6	3.575	90,00	6,60	4,60	0,022	0,280	Colector
CS_E14	1.122	104,00	23,20	22,14	0,010	0,081	Cuneta tramo CU_14
Cunetón_220m	4.244	220,00	12,72	11,85	0,004	0,231	Cuneta tipo A

### 3.3.- Dimensionamiento de las cunetas

#### 3.3.1.- Introducción

La verificación de las dimensiones de la cuneta se realiza de acuerdo con la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", según la cual se debe comprobar que la cota de la lámina de agua en la cuneta no sobrepasa un determinado valor.

#### 3.3.2.- Criterio de diseño

Según se indica en la Instrucción de Drenaje 5.2 I.C, para drenaje de plataforma y márgenes, se plantea adoptar período de retorno igual a 25 años.

Además, se adoptan los siguientes criterios de diseño:

- Se disponen cunetas triangulares y trapeziales revestidas en hormigón HM-20/P/20.
- Se dispone de resguardo de 5 cm, salvo en cunetas a pie de terraplén.

En la zona del Polígono Industrial se proyectan desagües transversales a fin de limitar la longitud y ocupación de las cunetas. Estos desagües transversales se calculan para un caudal igual al de la cuneta que desaguan. Las características y ubicación de los mismo se detallan en plano 9 del presente proyecto y su dimensionamiento se justifica en el apartado 3.4. del presente anejo.

Para la comprobación hidráulica de la cuneta a pie de terraplén Tipo A, proyectada a lo largo de todo el trazado, se ha calculado el tramo más desfavorable en cuanto a superficie evacuada, longitud y pendiente mínima del terreno, ubicándose en el EJE 2, tramo peraltado de 220 m metros, entre los PK 2+360-2+580.

#### 3.3.3.- Verificación de las cunetas

El cálculo de la cota de la lámina de agua y de la velocidad del agua se realiza con las fórmulas hidráulicas del apartado 3.4.5 de la Norma 5.2-IC.

Para los cálculos hidráulicos, donde la pérdida de energía sea debida al rozamiento con cauces o conductos de paredes rugosas en régimen turbulento, se emplea habitualmente la fórmula de Manning-Strickler.

$$Q = \frac{J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_{max}}{n}$$

donde:

**n (m<sup>-1/3</sup>/s)** = coeficiente de rugosidad de la fórmula de Manning – Strickler, dado por la tabla 3.1 de la Norma 5.2-IC .

Dado que se proyectan cunetas revestidas de hormigón n varía entre 0,013 y 0,017 m<sup>-1/3</sup>/s. Para el cálculo se ha considerado n = 0,015.

**J = Pendiente de la línea de energía.** Para su cálculo, donde el régimen pueda considerarse uniforme, se tomará como valor de J el igual a la pendiente longitudinal del elemento.

**S<sub>max</sub>**=Área de la sección transversal ocupada por la corriente

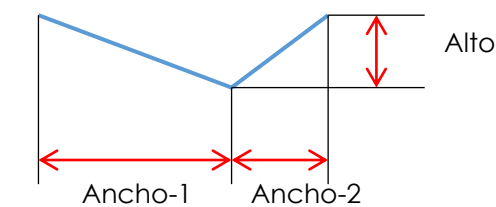
**R** = Radio hidráulico,

Donde R = S/P; S y P son, para un valor de calado h, la sección mojada y el perímetro mojado respectivamente.

Para una cuneta triangular:

$$S = h \cdot \left( \frac{h}{2} \cdot (T_1 + T_2) \right) \quad P = h \cdot (\sqrt{1+T_1^2} + \sqrt{1+T_2^2})$$

Siendo T1 (Ancho 1/Alto) y T2 (Ancho2/Alto) los taludes de las cunetas en el lado de la calzada y el opuesto, respectivamente.



Sustituyendo en la la fórmula de Manning-Strickler queda de la forma:

$$\frac{\left( \frac{1}{2} \cdot (h \cdot (T_1 + T_2)) \cdot h \right)^{5/3}}{\left( h \cdot (\sqrt{1+T_1^2} + \sqrt{1+T_2^2}) \right)^{2/3}} = \frac{n \cdot Q}{J^{1/2}}$$

De donde se estima el calado **h**.

Cálculo de la velocidad del agua v:

La velocidad del agua se obtiene por la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

donde:

**v (m/s)** = velocidad media de la corriente.

$R_H = S/p$  = Radio hidráulico, variable con el calado.

$n$  ( $m^{-1/3}/s$ ) = coeficiente de rugosidad de la fórmula de Manning – Strickler, dado por la 3.1 de la Norma 5.2-IC. ( $n = 0,015$ .)

Debiendo ser dicha velocidad menor de 4-6 m/s para cunetas revestidas de hormigón, según la Tabla 3.2 de la Instrucción 5.2-IC.

En el **Apéndice 2** se incluyen los cálculos realizados para la obtención de los caudales de referencia correspondientes a cada cuenca, a partir de los caudales calculados se ha realizado la comprobación de los distintos tramos de cunetas, se incluyen los cálculos realizados en el **Apéndice 3**.

A continuación se muestra una tabla resumen de los tramos de cunetas calculados, su ubicación se grafía en el plano 9 del presente proyecto.



Tabla 10: Comprobación hidráulica de cunetas

Cuenca	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tramo	Eje	Margen	PK inicio	Pk fin	Long. (m)	J(m/m) min	J(m/m) max	Tipo	Acabado	Calado mín. (m)	Vel. (m/s)	Tipo cuneta	T1	T2	Fondo	Profund. Proyect. (m)	Ocupación (m)
22,5%CS3	0,692	CU_08_01	EJE 8	Izquierdo	3+505	3+630	125	0,008	0,008	Trapezial	Revestida HM-20/P/20	0,43	2,06	TIPO B	1:1	1:1	0,50	0,45	1,4
22,5%CS3	0,692	CU_8_02	EJE 8	Izquierdo	3+630	3+752	127	0,008	0,008	Trapezial	Revestida HM-20/P/21	0,43	2,06	TIPO B	1:1	1:1	0,50	0,45	1,4
10%CS3	0,308	CU_8_03	EJE 8	Izquierdo	3+752	3+800	58	0,005	0,005	Trapezial	Revestida HM-20/P/22	0,33	1,43	TIPO C	1:1	1:1	0,50	0,35	1,2
18%CS3	0,554	CU_8_04	EJE 8	Izquierdo	3+800	3+900	100	0,005	0,005	Trapezial	Revestida HM-20/P/23	0,42	1,66	TIPO B	1:1	1:1	0,50	0,45	1,4
21%CS3	0,646	CU_8_05	EJE 8	Izquierdo	3+900	4+014	114	0,005	0,005	Trapezial	Revestida HM-20/P/24	0,45	1,38	TIPO B	1:1	1:1	0,50	0,45	1,4
6%CS3	0,185	CU_8_06	EJE 8/EJE24	Izquierdo	4+014	0+020	85	0,005	0,005	Trapezial	Revestida HM-20/P/25	0,350	1,25	TIPO C	1:1	1:1	0,50	0,35	1,2
18%CS3 +100 m calzada	0,668	CU_8_07	EJE 8	Derecho	3+870	4+014	144	0,005	0,005	Trapezial pie terraplén	Revestida HM-20/P/26	0,42	1,75	TIPO B	1:1	1:1	0,50	0,45	1,4
CU_8_05+CU_8_06+CU_8_07+40M CALZADA+G5_01	1,696	CU_8_08	EJE 8	Derecho	4+014	ODTCS 2	58	0,005	0,005	Trapezial pie terraplén	Revestida HM-20/P/27	0,56	2,21	TIPO D	1:1	1:1	0,80	0,60	2
CS_E10	0,094	CU_10_01	EJE 10	Izquierdo	4+114	4+240	140	0,001	0,001	Triangular	Revestida HM-20/P/28	0,38	0,57	TIPO E	1:1	1:1	0	0,40	0,8
CS_G5_02	0,161	CU_10_02	EJE 10-11	Derecho	4+160	0+150	85	0,010	0,010	Trapezial pie terraplén	Revestida HM-20/P/29	0,16	1,51	TIPO B	1:1	1:1	0,5	0,45	1,4
CS_E28	0,066	CU_28-11_01	EJE 28-EJE 11	Izqdo-Drcho	0+040	0+015	90	0,006	0,006	Triangular pie terraplén	Revestida HM-20/P/30	0,25	1,03	TIPO C	1:1	1:1	0,5	0,35	1,2
CS_14	0,081	CU_14	EJE 14	Izquierdo	0+000	0+080	80	0,081	0,081	Triangular	Revestida HM-20/P/31	0,19	2,82	TIPO E	1:1	1:1	0	0,40	0,8
220 m cunetón	0,231	220 m cunetón	EJE 2	Izquierdo	2+360	2+580	220	0,002	0,002	Trapezial pie terraplén	Revestida HM-20/P/32	0,21	0,86	TIPO A	3:2	3:2	1	0,50	2,5

T1=H:V en el cajero interior      T2= H:V en el cajero exterior

En conclusión, para homogenizar y teniendo en cuenta los criterios de diseño anteriormente descritos, se proyecta los siguientes tipos de cunetas revestidas de hormigón comprobándose que tienen capacidad hidráulica suficiente para un correcto funcionamiento del drenaje longitudinal.

- Tipo A: Trapecial a pie de terraplén, con talud interior 3:2 (H:V), fondo 1,00 y talud exterior 3:2 (H:V) con profundidad mínima de 0,50 m.
- Tipo B: Trapecial superior y a pie de terraplén, con talud interior 1:1 (H:V), fondo 0,5 m y talud exterior 1:1 (H:V) con profundidad mínima de 0,45 m.
- Tipo C: Trapecial superior y a pie de terraplén, con talud interior 1:1 (H:V), fondo 0,5 m y talud exterior 1:1 (H:V) con profundidad mínima de 0,35 m.
- Tipo D: Trapecial a pie de terraplén, con talud interior 1:1 (H:V), fondo 0,8 m y talud exterior 1:1 (H:V) con profundidad mínima de 0,60 m.
- Tipo E: Triangular superior y a pie de terraplén, con talud interior 1:1 (H:V) y talud exterior 1:1 (H:V) con profundidad mínima de 0,40 m.

### 3.4.- Verificación de las dimensiones de obras de drenaje transversal (ODT), desagües transversales del drenaje longitudinal (ODTL), colectores y caces.

El cálculo del funcionamiento hidráulico en los elementos lineales circulares se ha realizado a partir de la fórmula de Manning, lo que equivale a considerar un régimen permanente, con flujo turbulento totalmente desarrollado.

La fórmula original está asociada a la velocidad:

$$v = \frac{1}{n} R_h^{2/3} J^{1/2}$$

donde:

**n (s/m<sup>-1/3</sup>)** = coeficiente de rugosidad de la fórmula de Manning – Strickler.

**R<sub>h</sub> (m)** = radio hidráulico de la sección hidráulica, definido por  $R_h = \frac{S}{P_m}$

**J (m/m)** = pendiente longitudinal

**S<sub>m</sub> (m<sup>2</sup>)** = área de flujo

**P<sub>m</sub> (m)** = perímetro mojado

Si se multiplica por el área, se llega a la fórmula de caudal:

$$Q = S \frac{1}{n} R_h^{2/3} J^{1/2} = \frac{1}{n} \frac{S^{5/3}}{P_m^{2/3}} J^{1/2}$$

En general, se llega a una ecuación implícita del tipo  $\frac{S(y)^{5/3}}{P_m(y)^{2/3}} = \frac{nQ}{J^{1/2}}$ , de modo que dados n, Q e J se obtiene **y** (calado normal).

La forma concreta de la ecuación indicada depende del tipo de sección. A continuación, se muestra la ecuación para sección circular:

Se define una variable auxiliar que representa el ángulo mojado de la sección, a partir de

la expresión  $\theta(y) = 2 \cos^{-1} \left( \frac{R-y}{y} \right)$ , en radianes

$$S(\theta(y)) = \frac{R^2}{2} (\theta - \text{sen}\theta)$$

$$P_m(\theta(y)) = R\theta$$

Luego se llega a:  $= \frac{\left( \frac{R^2}{2} (\theta - \text{sen}\theta) \right)^{5/3}}{(R\theta)^{2/3}} = \frac{nQ}{J^{1/2}}$ , de donde se estima  $\theta(y)$ , y posteriormente se obtiene **y**.

Debe tenerse en cuenta que para una sección circular el caudal máximo se da no para la sección llena, sino para un ángulo mojado de 5.2781 rads.

La aproximación asociada al empleo de la fórmula de Manning se considera suficientemente válida para las obras de drenaje planteadas.

Los caudales de diseño de los elementos proyectados son los de las cuencas o cunetas que desaguan en cada caso.

Tabla 11: Caudales de diseño. ODT, OTDL, CBC, caces y colectores.

ELEMENTO	Cuenca	Q (m <sup>3</sup> /s)
ODT SC1	CS1	5,966
ODT SC2	CS2	4,349
CAZ	130 m carril + arcén	0,034
OTDL1	3 x 116 m caz+ Cuneta CU_8_01	0,783
OTDL2	3 x 130 m caz+ 3x 50 m caz+ Cuneta CU_8_02+ Cuneta CU_8_03	1,140
OTDL3	3 x 100 m caz+ Cuneta CU_8_04	0,632
OTDL4	3 x 114 m caz+ Cuneta CU_8_05+ Cuneta CU_8_06	0,920
C.B.C. 1	Cuneta CU_8_01	0,269
C.B.C. 2	Cuneta CU10_02	0,161
COLECTOR	CS_G6	0,280

Se establecen los siguientes condicionantes de diseño:

- Con el fin de evitar el posible taponamiento de las conducciones por objetos relativamente grandes, se establece, como norma general, el diámetro mínimo de diseño de 400 mm para colectores, cruces bajo calzada, ODTs y OTDLs, y de 300 mm para caces.
- Para prevenir la sedimentación de materia sólida en la conducción, la velocidad mínima admisible es de 0,5 m/s.
- La velocidad máxima aconsejable es de 4 a 6 m/s.
- Para minimizar en lo posible el volumen de excavación, se intentará ajustar en lo posible las pendientes de las conducciones a las propias de la rasante.

Para el dimensionamiento hidráulico del caz proyectado se ha considerado el tramo más desfavorable en cuanto a superficie a drenar, longitud y pendientes mínima.

Adoptando dichos criterios establecidos anteriormente, se muestran a continuación los cálculos hidráulicos realizados para el dimensionamiento:

COMPROBACIÓN HIDRÁLICA DE LA ODT SC1 EXISTENTE:

DIMENSIONAMIENTO ODT Denominación ODT(CS1) existente	
P.K.	0+078 Eje 7
Cuenca:	CS1
CAUDAL (T=25)=	5,97 m <sup>3</sup> /seg.
<b>1. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA OD</b>	
Nº de marcos	2
<b>1.1. Datos de partida</b>	
<b>OD Rectangular</b>	
Ancho (m)	0,85
Alto (m)	1,10
Nº Manning:	0,015
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	<b>2,9828</b>
Cota inicio	5,90
Cota final	5,60
Londitud	59
Pendiente (m/m):	0,0051
<b>1.2. Cálculos.</b>	
Radio hidráulico (m):	0,333
Velocidad (m/s):	<b>2,28</b>
Calado (m):	<b>1,535</b>
Sección (m <sup>2</sup> ):	1,305
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	2,98
R <sub>hidráulico</sub> S llena(m):	0,240
Sección llena (m <sup>2</sup> ):	0,935
Q sección llena (m <sup>3</sup> /s):	1,7154
% llenado sección	139,588 <span style="background-color: #f08080; padding: 2px;">No Cumple</span>

Se comprueba que para el caudal calculado la obra de drenaje transversal existente no tiene capacidad hidráulica suficiente, por lo que proyecta su ampliación mediante la incorporación de un tercer marco de hormigón in situ de la mismas dimensiones interiores que los existentes (0,85 m x 1,10 m) y paralelo a los mismos.

Se comprueba a continuación la capacidad hidráulica de la ODT SC1 ampliada:

DIMENSIONAMIENTO ODT	Denominación	ODT(CS1)
P.K.	0+078 Eje 7	
Cuenca:	SC1	
CAUDAL (T=25)=	5,97	m <sup>3</sup> /seg.
<b>1. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA OD</b>		
Nº de marcos	3	
<b>1.1. Datos de partida</b>		
<b>OD Rectangular</b>		
Ancho (m)	0,85	
Alto (m)	1,10	
Nº Manning:	0,015	
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	1,9885	
Cota inicio	5,90	
Cota final	5,60	
Londitud	59	
Pendiente (m/m):	0,0051	
<b>1.2. Cálculos.</b>		
Radio hidráulico (m):	0,305	
Velocidad (m/s):	2,16	
Calado (m):	1,086	
Sección (m <sup>2</sup> ):	0,923	
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	1,99	
R <sub>hidráulico</sub> S llena(m):	0,240	
Sección llena (m <sup>2</sup> ):	0,935	
Q sección llena (m <sup>3</sup> /s):	1,7154	
% llenado sección	98,713	OK

DIMENSIONAMIENTO ODT SC2, CAZ, OTDLs, C.B.C. Y COLECTOR

DIMENSIONAMIENTO	ODT SC2	CAZ	OTDL1
Ubicación:	PK 0+033 EJE 9	Mediana EJE 8	PK 3+621 EJE8
Cuenca:	1/3 SC2	130 m Calzada	
CAUDAL (T=25)=	1,450 m <sup>3</sup> /seg.	0,034 m <sup>3</sup> /seg.	0,783 m <sup>3</sup> /seg.
<b>1. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA OD</b>			
<b>1.1. Datos de partida</b>			
<b>OD circular</b>			
Diámetro (mm):	800	300	800
Diámetro (m):	0,800	0,300	0,800
Nº Manning:	0,015 H.A	0,015 H.A	0,015 H.A
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	1,450	0,034	0,783
Cota inicio	4,110	-	5,300
Cota final	2,980	-	5,000
Londitud	68,00	130,00	22,80
Pendiente min (m/m):	0,0166	0,0050	0,0132
<b>1.2. Cálculos.</b>			
alfa (grados):	127,327	95,746	96,400
alfa (rads):	2,222	1,671	1,683
Radio hidráulico (m):	0,243	0,079	0,213
Velocidad (m/s):	3,35	0,87	2,73
Calado (m):	0,643	0,165	0,445
Sección (m <sup>2</sup> ):	0,433	0,040	0,287
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	1,4497	0,0347	0,7830
R <sub>hidráulico</sub> S llena(m):	0,200	0,075	0,200
Sección llena (m <sup>2</sup> ):	0,503	0,071	0,503
Q sección llena (m <sup>3</sup> /s):	1,4774	0,0593	1,3146
% llenado caudal	98,13 OK	57,12 OK	59,55 OK
% llenado sección	86,09 OK	56,36 OK	57,08 OK



DIMENSIONAMIENTO	OTDL2		OTDL3		OTDL4		C.B.C. 1	
Ubicación:	PK 3+750	EJE8	PK 3+900	EJE 8	PK 4+015	EJE 8	EJE 8	margen izq
CAUDAL (T=25)=	0,570 m <sup>3</sup> /seg.		0,632 m <sup>3</sup> /seg.		0,920 m <sup>3</sup> /seg.		0,269 m <sup>3</sup> /seg.	
<b>1. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA OD</b>								
<b>1.1. Datos de partida</b>								
<b>OD circular</b>								
Diámetro (mm):	800		800		800		600	
Diámetro (m):	0,800		0,800		0,800		0,600	
Nº Manning:	0,015	H.A	0,015	H.A	0,015	H.A	0,015	H.A
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,570		0,632		0,920		0,269	
Cota inicio	4,600		4,050		3,540		-	
Cota final	4,490		3,930		3,330		-	
Londitud	22,80		22,80		22,80		50,00	
Pendiente min (m/m):	0,0048		0,0053		0,0092		0,0050	
<b>1.2. Cálculos.</b>								
alfa (grados):	104,590		107,794		113,511		104,522	
alfa (rads):	1,825		1,881		1,981		1,824	
Radio hidráulico (m):	0,227		0,231		0,237		0,170	
Velocidad (m/s):	1,72		1,82		2,45		1,45	
Calado (m):	0,501		0,522		0,560		0,375	
Sección (m <sup>2</sup> ):	0,331		0,348		0,376		0,186	
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,5700		0,6328		0,9199		0,2691	
R <sub>hidráulico</sub> S llena(m):	0,200		0,200		0,200		0,150	
Sección llena (m <sup>2</sup> ):	0,503		0,503		0,503		0,283	
Q sección llena (m <sup>3</sup> /s):	0,7960		0,8314		1,0999		0,3763	
% llenado caudal	71,64	OK	76,00	OK	83,62	OK	71,49	OK
% llenado sección	65,87	OK	69,15	OK	74,71	OK	65,80	OK

DIMENSIONAMIENTO	C.B.C. 2		COLECTOR	
Ubicación:	PK 0+018	EJE 27	EJE 11	
CAUDAL (T=25)=	0,161 m <sup>3</sup> /seg.		0,280 m <sup>3</sup> /seg.	
<b>1. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA OD</b>				
<b>1.1. Datos de partida</b>				
<b>OD circular</b>				
Diámetro (mm):	600		800	
Diámetro (m):	0,600		0,800	
Nº Manning:	0,015	H.A	0,015	H.A
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,161		0,280	
Cota inicio	-		-	
Cota final	-		-	
Londitud	13,00		-	
Pendiente min (m/m):	0,0050		0,0020	
<b>1.2. Cálculos.</b>				
alfa (grados):	85,169		93,027	
alfa (rads):	1,486		1,624	
Radio hidráulico (m):	0,142		0,206	
Velocidad (m/s):	1,28		1,04	
Calado (m):	0,275		0,421	
Sección (m <sup>2</sup> ):	0,126		0,268	
Caudal (m <sup>3</sup> /s):	0,1616		0,2794	
R <sub>hidráulico</sub> S llena(m):	0,150		0,200	
Sección llena (m <sup>2</sup> ):	0,283		0,503	
Q sección llena (m <sup>3</sup> /s):	0,3763		0,5125	
% llenado caudal	42,69	OK	54,60	OK
% llenado sección	44,65	OK	53,36	OK

Como conclusión, a la vista de los cálculos anteriores, se proyectan la ODT CS2, OTDLs, cruces bajo calzada y colectores mediante tuberías de hormigón armado de diámetros comprendidos entre los 600 mm y 1000 mm, comprobando que tienen capacidad hidráulica suficiente para desaguar el drenaje longitudinal y transversal en cada caso.

En esta zona del polígono industrial, la rasante proyectada se ajusta al terreno no generándose mucha altura de terraplén con la ampliación de plataforma proyectada. Esto implica que las obras de drenaje transversal deban ajustarse en altura para que las salidas no queden enterradas, es por esto que se proyectan lo más superficiales posible y con el diámetro calculado por capacidad hidráulica. Se proyecta la protección de las conducciones mediante envolvente de hormigón HNE-15/P/20 de 10 cm de base y recubrimiento lateral y superior de 15 cm.

La ampliación de la ODT CS1 existente se proyecta mediante la incorporación de un tercer marco de dimensiones iguales a los existentes (850 x 1100 mm) y paralelo a los mismos. Asimismo se proyecta la prolongación de esta obra de drenaje, en su extremo sudeste, bajo el carril bici de nueva ejecución adosado a la glorieta.

Tabla 12: Comprobación hidráulica de ODTs, OTDLs, CBCs, caces y colectores.

ELEMENTO	Q (m <sup>3</sup> /s)	EJE	PK	Material	Dim, (mm)	J (m/m)	V(m/s)	% Sección llena
ODT SC1	5,966	EJE 7	PK 0+078	H.A.	3x850X1100	0,0051	2,16	98,71
ODT SC2	4,349	EJE 9	PK 0+033	H.A.	3xØ800	0,0166	3,35	86,09
CAZ	0,034	EJE 8	PK 3+621	H.A.	Ø300	0,0050	2,73	57,08
OTDL1	0,783	EJE8	PK 3+750	H.A.	Ø800	0,0132	1,72	65,87
OTDL2	1,140	EJE 8	PK 3+900	H.A.	2xØ800	0,0048	1,82	69,15
OTDL3	0,632	EJE 8	PK 4+015	H.A.	Ø800	0,0053	2,45	74,71
OTDL4	0,920	EJE 8	-	H.A.	Ø800	0,0092	0,87	56,36
C.B.C. 1	0,269	EJE 8	-	H.A.	Ø600	0,0050	1,45	65,80
C.B.C. 2	0,161	EJE 27	PK 0+018	H.A.	Ø600	0,0050	1,28	44,65
COLECTOR	0,280	EJE 11	-	H.A.	Ø800	0,0020	1,04	53,36

#### 4.- APÉNDICES

##### ÍNDICE

1. PLANO DE DELIMITACIÓN DE CUENCAS
2. CÁLCULO HIDROLÓGICOS DE LAS CUENCAS
3. CÁLCULOS HIDRÁULICOS COMPROBACIÓN DE CUNETAS,

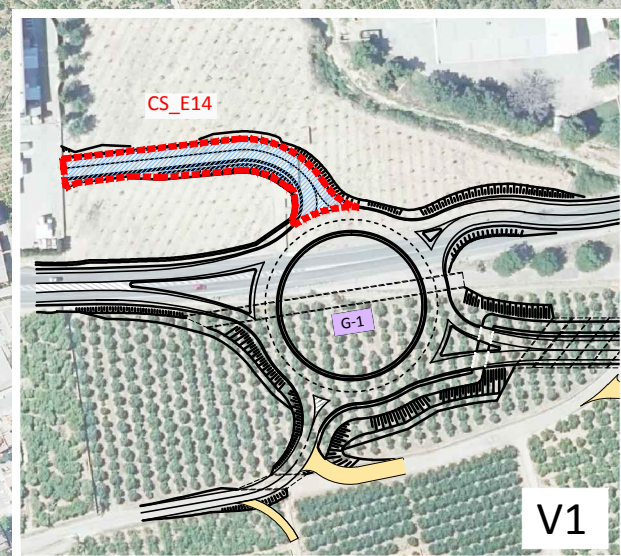
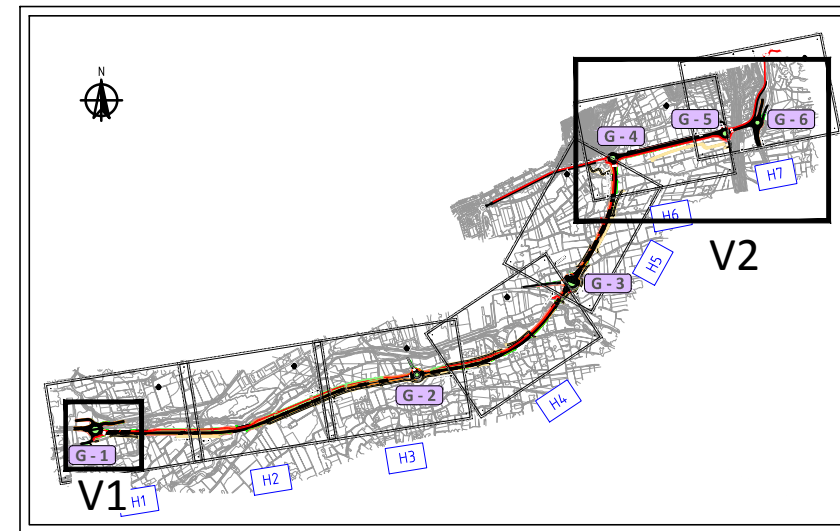
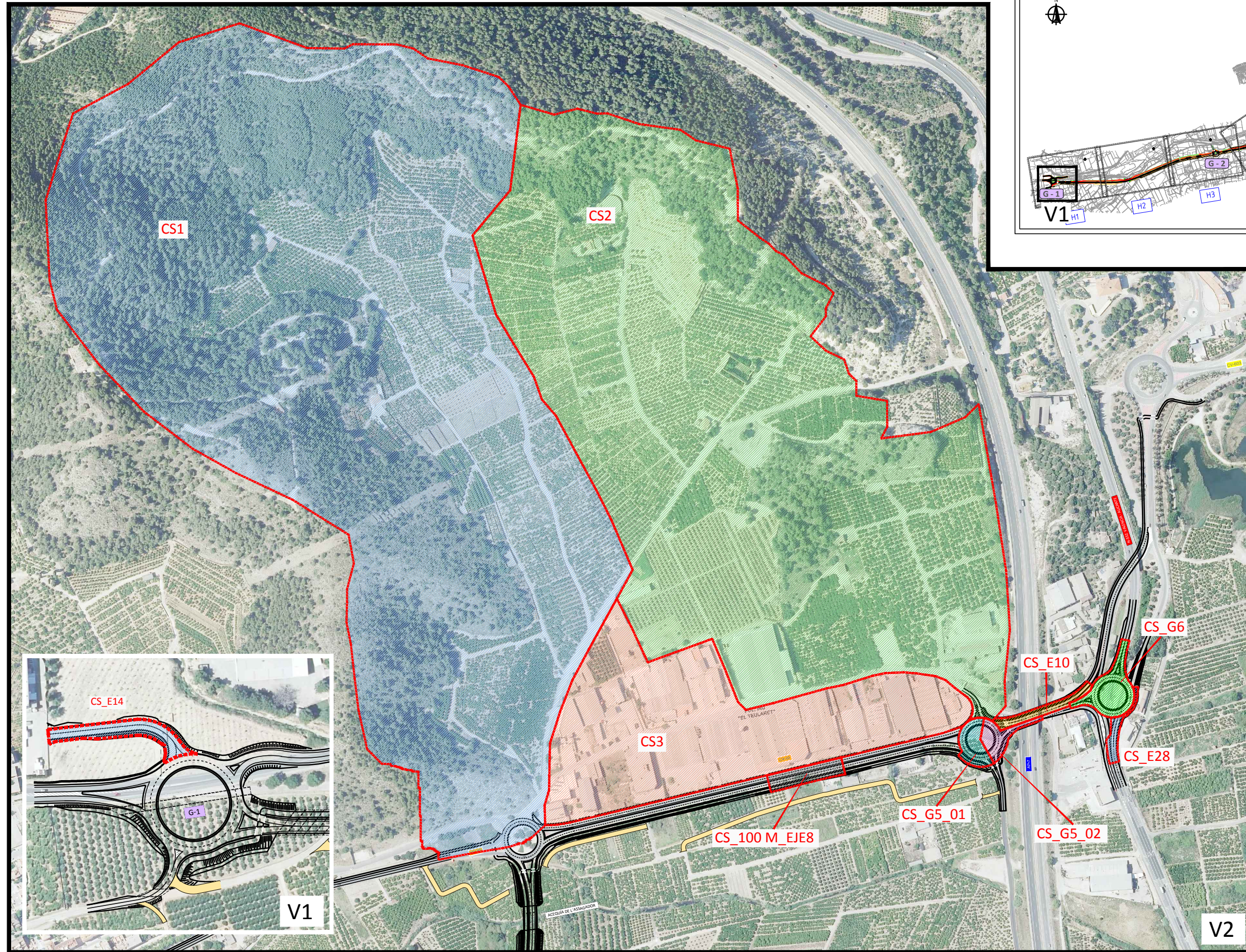




#### 4.1.- Apéndice 1: Plano de delimitación de cuencas













#### 4.2.- Apéndice 2: Cálculo hidrológicos de las cuencas



#### 4.2.1.- Usos del suelo

Se toman los grupos hidrológicos determinados en el Anejo 8 Estudio de Inundabilidad, donde se define el grupo C para las zonas elevadas y el grupo B para los fondos de valle. Una vez determinado el grupo hidrológico de suelo, para cada cuenca, se han diferenciado los diferentes tipos y usos del suelo atribuyendo a cada una el valor correspondiente de umbral de escorrentía inicial que se indica en la tabla 2.3 de la Norma 5.2 – IC. Los usos del suelo se han obtenido a partir de la cartografía del CORINE del año 2012

Cuenca	Uso del suelo CORINE	Código 5.2 IC	Área cuenca (m <sup>2</sup> )	Área uso (m <sup>2</sup> )	Tipo de suelo	Pendiente	Practica cultivo	Poi (cuenca)	Poi (subdiv)	n (subdiv)	n (cuenca)
CS1	Pastizal	24410	449.998	115.190	B	>3	N	30,0	23		
	Bosque coníferas	31200		158.916	C	>3			31		
	Matorral	32400		19.012	B	>3			34		
	Frutal cítricos	22221		150.847	B	>3			34		
	Industrial	12100		3.625	B				4		
	Infraestructuras	12200		2.388	B				1		
CS2	Pastizal	24410	318.045	15.256	B	>3	N	30,3	23		
	Bosque coníferas	31200		24.558	C	>3			31		
	Matorral	32400		40.215	B	>3			34		
	Frutal cítricos	22221		203.569	B	>3			34		
	Tierras	21100		9.827	B				14		
	Infraestructuras	12200		198	B				1		
	Industrial	12100		24.422	B				4		
CS3	Frutal cítricos	22221	75.300	2676	B	>3	N	5,1	34		
	Industrial	12100		72624	B				4		
100 m eje 8	Calzada+carril bici	12200	2.250	1.700	B			5,4	1	0,015	0,060
	Jardinera	14100		300	B				23	0,320	
	Berma+terraplén	21100		250	B				14	0,050	
CS_G5-01	Infraestructuras	12200	1.975	1320	B			5,3	1	0,015	0,027
	Tierras	21100		655	B				14	0,050	
CS_E10	Infraestructuras	12200	1.575	1.575	B			1,0	1	0,015	0,015
CS_E28	Infraestructuras	12200	975	698	B			4,7	1	0,015	0,025
	Tierras	21100		277	B				14	0,050	
CS_G5-02	Infraestructuras	12200	2.064	1.644	B			3,6	1	0,015	0,022
	Tierras	21100		420	B				14	0,050	
CS_G6	Infraestructuras	12200	3.575	2.500	B			4,9	1	0,015	0,026
	Tierras	21100		1.075	B				14	0,050	
CS_E14	Infraestructuras	12200	1.122	873	B			3,9	1	0,015	0,023
	Tierras	21100		249	B				14	0,050	
Cunetón_220m	Infraestructuras	12200	4.244	3.080	B			4,6	1	0,015	0,025
	Tierras berma	21100		1.164	B				14	0,050	

4.2.2.- **Cálculo hidrológicos cuencas drenaje transversal**

\*Método racional para determinación de Q según la Instrucción de Drenaje de Carreteras 5.2 IC del año 2016

\*Cálculo del P0 realizado con los usos del suelo correspondientes al CORINE\_2012

<b>P<sub>d</sub> (mm/d)</b> 234,98	<b>Tipología del drenaje</b> Transversal de la carretera	<b>T (años)</b> 25	<b>Región</b> 822	<b>Cauce</b> Principal	<b>I<sub>r</sub>/I<sub>d</sub></b> 11	
---------------------------------------	---	-----------------------	----------------------	---------------------------	--	--

Cuenca	Área (m <sup>2</sup> )	Área (km <sup>2</sup> )	K <sub>A</sub>	P <sub>0</sub> <sup>i</sup> (mm)	β	P <sub>0</sub> (mm)	C	L (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	t <sub>c</sub> (h)	L <sub>dif</sub> (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	n <sub>dif</sub>	t <sub>dif</sub> (min)	t <sub>c</sub> (h)	t <sub>c</sub> (min)	F <sub>a</sub>	k <sub>b</sub>	I <sub>DF</sub> (T,t <sub>c</sub> )	I <sub>DF</sub> (T,24)	F <sub>b</sub>	F <sub>int</sub>	I <sub>d</sub> (mm/h)	I (mm/h)	K <sub>r</sub>	Q (m <sup>3</sup> /s)													
CS1	449998	0,450	1,000	30,00	2,49	74,82	0,280	1325,00	138,00	5,90	0,100	0,576	1325,00	138,00	5,90	0,100		0,000	0,576	34,547	15,234	1,13	153,47	10,30	16,84	16,84	9,791	164,841	1,035	5,966													
CS2	318045	0,318	1,000	30,30	2,49	75,56	0,277	1116,00	114,00	4,60	0,098	0,507	1116,00	114,00	4,60	0,098		0,000	0,507	30,419	16,381	1,13	160,89	10,30	17,65	17,65	9,791	172,814	1,030	4,349													
CS3	75300	0,075	1,000	5,07	2,49	12,63	0,836	560,00	7,30	4,40	0,005	0,525	560,00	7,30	4,40	0,005		0,000	0,525	31,492	16,062	1,13	158,96	10,30	17,44	17,44	9,791	170,742	1,031	3,077													
Coeficiente de área			Umbral de escorrentía			Flujo canalizado						Flujo difuso						Tiempo de concentración										Factor de Intensidad										Inten. Diaria		Coef. Uniformidad		Caudal de diseño	
Coeficiente medio de escorrentía										Intensidad de precipitación																																	

4.2.3.- **Cálculo hidrológicos cuencas plataforma y márgenes**

\*Método racional para determinación de Q según la Instrucción de Drenaje de Carreteras 5.2 IC del año 2016

\*Cálculo del P0 realizado con los usos del suelo correspondientes al CORINE 2012

<b>P<sub>d</sub> (mm/d)</b> 234,98	<b>Tipología del drenaje</b> Plataforma	<b>T (años)</b> 25	<b>Región</b> 822	<b>Cauce</b> Secundario	<b>I<sub>r</sub>/I<sub>d</sub></b> 11	
---------------------------------------	--	-----------------------	----------------------	----------------------------	--	--

Cuenca	Área (m <sup>2</sup> )	Área (km <sup>2</sup> )	K <sub>A</sub>	P <sub>0</sub> <sup>i</sup> (mm)	β	P <sub>0</sub> (mm)	C	L (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	t <sub>c</sub> (h)	L <sub>dif</sub> (m)	Z (m)	z (m)	J (m/m)	n <sub>dif</sub>	t <sub>dif</sub> (min)	t <sub>c</sub> (h)	t <sub>c</sub> (min)	F <sub>a</sub>	k <sub>b</sub>	I <sub>DF</sub> (T,t <sub>c</sub> )	I <sub>DF</sub> (T,24)	F <sub>b</sub>	F <sub>int</sub>	I <sub>d</sub> (mm/h)	I (mm/h)	K <sub>r</sub>	Q (m <sup>3</sup> /s)													
CAZ max	423	0,000	1,000	1,00	2,78	2,78	0,984	130,00	-	-	0,005	0,174	130,00	-	-	0,005	0,015	11,895	0,198	11,895	27,217	1,13	270,31	10,30	29,66	29,66	9,791	290,347	1,009	0,034													
100 M EJE8	2250	0,002	1,000	5,38	2,78	14,97	0,798	100,00	-	-	0,005	0,143	100,00	-	-	0,005	0,060	16,433	0,274	16,433	22,976	1,13	139,77	10,30	15,33	22,98	9,791	224,946	1,014	0,114													
CS_G5-01	1975	0,002	1,000	5,31	2,78	14,79	0,801	80,00	-	-	0,020	0,093	80,00	-	-	0,020	0,027	8,733	0,146	8,733	31,841	1,13	321,01	10,30	35,22	35,22	9,791	344,808	1,006	0,152													
CS_E01	1575	0,002	1,000	1,00	2,78	2,78	0,984	240,00	4,86	4,57	0,001	0,361	240,00	4,86	4,57	0,001	0,015	20,424	0,340	20,424	20,437	1,13	200,66	10,30	22,01	22,01	9,791	215,533	1,018	0,094													
CS_E28	975	0,001	1,000	4,69	2,78	13,07	0,829	90,00	4,30	3,80	0,006	0,129	90,00	4,30	3,80	0,006	0,025	11,737	0,196	11,737	27,405	1,13	272,05	10,30	29,85	29,85	9,791	292,218	1,009	0,0662													
CS_G5-02	2064	0,002	1,000	3,65	2,78	10,15	0,877	84,00	4,40	3,60	0,010	0,111	84,00	4,40	3,60	0,010	0,022	9,821	0,164	9,821	30,016	1,13	295,41	10,30	32,41	32,41	9,791	317,309	1,007	0,1606													
CS_G6	3575	0,004	1,000	4,91	2,78	13,67	0,819	90,00	6,60	4,60	0,022	0,099	90,00	6,60	4,60	0,022	0,026	8,848	0,147	8,848	31,634	1,13	318,31	10,30	34,92	34,92	9,791	341,903	1,006	0,280													
CS_E14	1122	0,001	1,000	3,89	2,78	10,82	0,866	104,00	23,20	22,14	0,010	0,128	104,00	23,20	22,14	0,010	0,023	10,659	0,178	10,659	28,792	1,13	275,68	10,30	30,24	30,24	9,791	296,109	1,008	0,081													
Cunetón_220m	4244	0,004	1,000	4,57	2,78	12,71	0,834	220,00	12,72	11,85	0,004	0,272	220,00	12,72	11,85	0,004	0,025	18,068	0,301	18,068	21,838	1,13	215,41	10,30	23,63	23,63	9,791	231,379	1,016	0,231													
Coeficiente de área			Umbral de escorrentía			Flujo canalizado						Flujo difuso						Tiempo de concentración										Factor de Intensidad										Inten. Diaria		Coef. Uniformidad		Caudal de diseño	
Coeficiente medio de escorrentía										Intensidad de precipitación																																	



#### 4.3.- Apéndice 3: Cálculos hidráulicos comprobación de cunetas

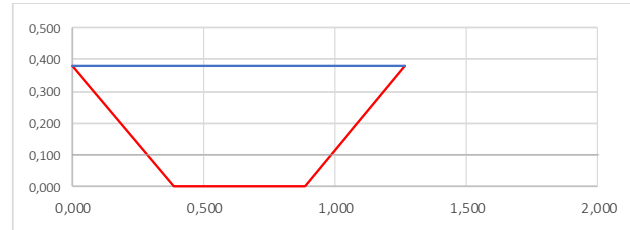


## COMPROBACIÓN DE CUNETAS

En el presente apéndice se incluyen los listados con los cálculos de comprobación y dimensionamiento de las distintas cunetas adoptadas. En general, se calculan las mismas para el caudal total recogido por la cuneta, y considerando el punto último de la misma.

### CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL

Ubicación: EJE 8  
3+505 3+630  
Tramo: CU\_8\_01  
Longitud: 125  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Triangular  
Cuenca: 22,5%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,6922 m³/seg**



### 2. CÁLCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETA.

#### 2.1. Datos:

Comprobación pendiente mínima

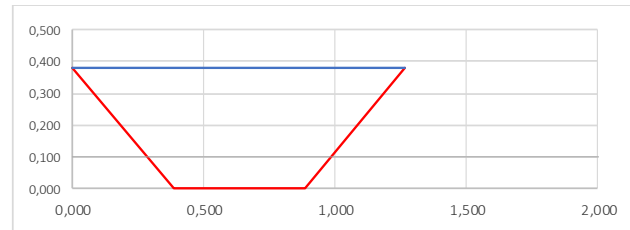
Caudal	0,6922 m³/s	Sección mojada S:	0,336 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,579 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,213 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,381 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,6922 m³/s
Pendiente J:	0,0075 m/m	Resguardo 5 cm	0,431

#### 2.3. Cálculo de la velocidad:

Velocidad: **2,06 m/s**

### CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL

Ubicación: EJE 8  
3+630 3+752  
Tramo: CU\_8\_02  
Longitud: 127  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Triangular  
Cuenca: 22,5%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,6922 m³/seg**



### 2. CÁLCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETA.

#### 2.1. Datos:

Comprobación pendiente mínima

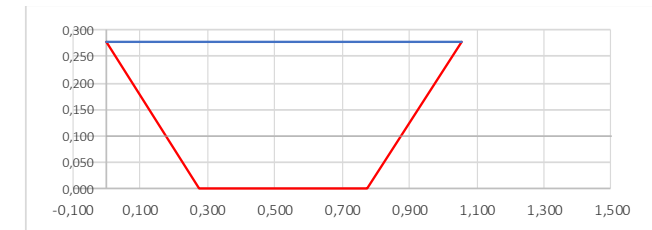
Caudal	0,6922 m³/s	Sección mojada S:	0,336 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,579 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,213 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,381 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,6923 m³/s
Pendiente J:	0,0075 m/m	Resguardo 5 cm	0,431

#### 2.3. Cálculo de la velocidad:

Velocidad: **2,06 m/s**

### CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL

Ubicación: EJE 8  
3+752 3+800  
Tramo: CU\_8\_03  
Longitud: 58  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Trapecial  
Cuenca: 10%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,3077 m³/seg**



### 2. CÁLCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETA.

#### 2.1. Datos:

Comprobación pendiente mínima

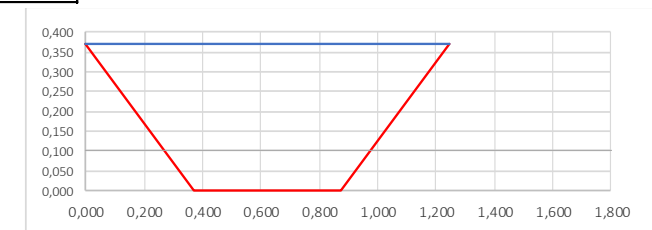
Caudal	0,3077 m³/s	Sección mojada S:	0,215 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,282 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,168 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,277 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,3077 m³/s
Pendiente J:	0,0050 m/m	Resguardo 5 cm	0,33

#### 2.3. Cálculo de la velocidad:

Velocidad: **1,43 m/s**

### CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL

Ubicación: EJE 8  
3+800 3+900  
Tramo: CU\_8\_04  
Longitud: 100  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Trapecial  
Cuenca: 18%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,5538 m³/seg**



### 2. CÁLCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETA.

#### 2.1. Datos:

Comprobación pendiente mínima

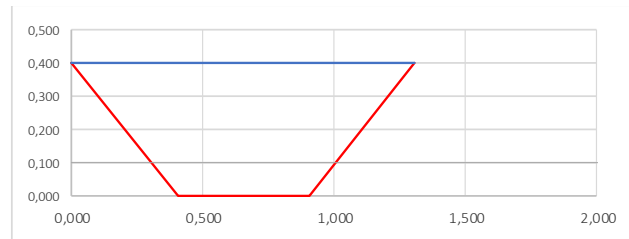
Caudal	0,5538 m³/s	Sección mojada S:	0,324 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,552 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,209 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,372 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,5382 m³/s
Pendiente J:	0,0050 m/m	Resguardo 5 cm	0,42

#### 2.3. Cálculo de la velocidad:

Velocidad: **1,66 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 8  
3+900 4+014  
Tramo: CU\_8\_05  
Longitud: 114  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Trapecial  
Cuenca: 21%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,6461 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

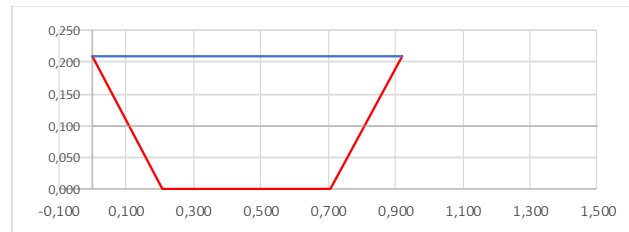
Caudal	0,6461 m³/s	Sección mojada S:	0,363 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,638 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,222 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,402 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	<b>0,6272 m³/s</b>
Pendiente J:	0,0050 m/m	Resguardo 5 cm	0,45

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **1,73 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 8/EJE24  
4+014 0+020  
Tramo: CU\_8\_06  
Longitud: 85  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Trapecial  
Cuenca: 6%CS3  
CAUDAL TOTAL **0,1846 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

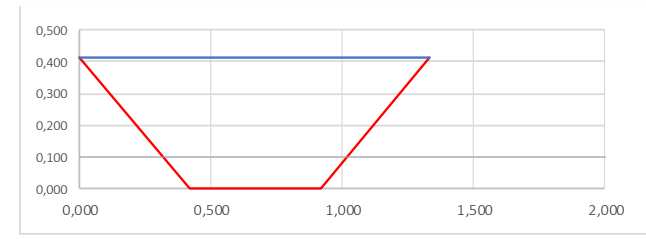
Caudal	0,1846 m³/s	Sección mojada S:	0,148 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,091 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,136 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,209 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	<b>0,1846 m³/s</b>
Pendiente J:	0,0050 m/m	Resguardo 5 cm	0,259

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **1,25 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 8  
3+870 4+014  
Tramo: CU\_8\_07  
Longitud: 144  
Margen: Derecho  
Cuneta tipo: Trapecial pie terraplén  
Cuenca: 18%CS3+100 m calzada  
CAUDAL TOTAL **0,6675 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

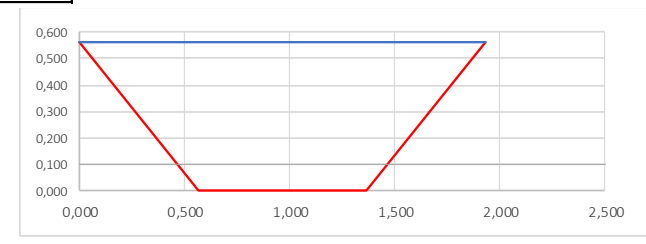
Caudal	0,6675 m³/s	Sección mojada S:	0,381 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	1,676 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,227 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,416 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	<b>0,6681 m³/s</b>
Pendiente J:	0,0050 m/m		

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **1,75 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 8  
4+014 ODTCS2  
Tramo: CU\_8\_08  
Longitud: 58  
Margen: Derecho  
Cuneta tipo: Trapecial pie terraplén  
Cuenca: CU\_8\_05+CU\_8\_06+CU\_8\_07+40M CALZADA+G5\_01  
CAUDAL TOTAL **1,6962 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

Caudal	1,6962 m³/s	Sección mojada S:	0,768 m²
Ancho fondo F:	0,80 m	Perímetro mojado P:	2,393 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,321 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,563 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	<b>1,6963 m³/s</b>
Pendiente J:	0,0050 m/m		

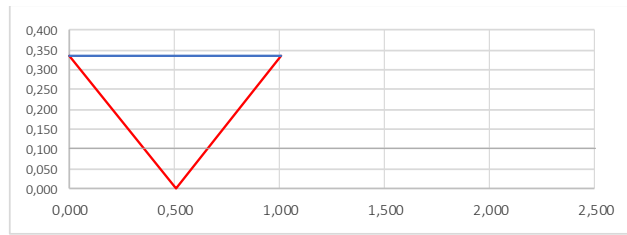
**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **2,21 m/s**



**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 10  
4+114 4+240  
Tramo: CU\_10\_01  
Longitud: 140  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Trapecial pie terraplén  
Cuenca: CS\_E10  
CAUDAL TOTAL **0,0945 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

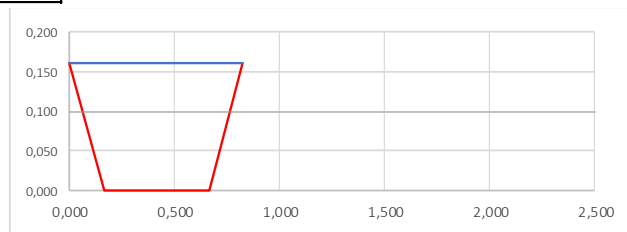
Caudal	0,0945 m³/s	Sección mojada S:	0,168 m²
Ancho fondo F:	0,00 m	Perímetro mojado P:	1,205 m
Talud T1:	1,5	Radio Hidráulico R:	0,139 m
Talud T2:	1,5	Calado:	<b>0,334 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,0949 m³/s
Pendiente J:	0,0010 m/m	Resguardo 5 cm	0,384

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **0,57 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 10-11  
4+160 0+150  
Tramo: CU\_10\_02  
Longitud: 85  
Margen: Derecho  
Cuneta tipo: Trapecial pie terraplén  
Cuenca: CS-G5\_02  
CAUDAL TOTAL **0,1606 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

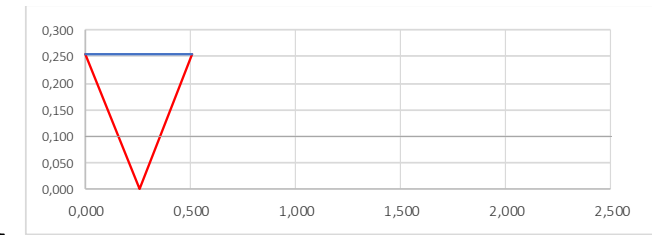
Caudal	0,1606 m³/s	Sección mojada S:	0,107 m²
Ancho fondo F:	0,50 m	Perímetro mojado P:	0,956 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,112 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,161 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,1608 m³/s
Pendiente J:	0,0095 m/m	Resguardo 5 cm	0,188

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **1,51 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 28-EJE 11  
0+040 0+015  
Tramo: CU\_28-11\_01  
Longitud: 90  
Margen: Izqdo-Drcho  
Cuneta tipo: Trapecial pie terraplén  
Cuenca: CS\_E28  
CAUDAL TOTAL **0,0662 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

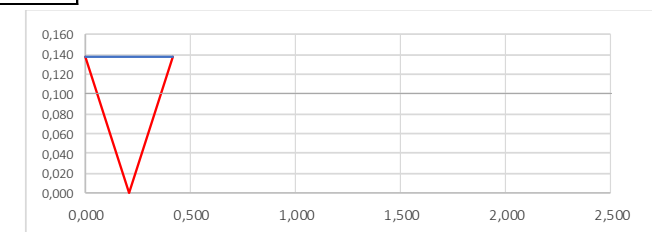
Caudal	0,0662 m³/s	Sección mojada S:	0,064 m²
Ancho fondo F:	0,00 m	Perímetro mojado P:	0,716 m
Talud T1:	1	Radio Hidráulico R:	0,090 m
Talud T2:	1	Calado:	<b>0,253 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,0663 m³/s
Pendiente J:	0,0060 m/m	Resguardo 5 cm	0,188

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **1,03 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

Ubicación: EJE 14  
0+000 0+080  
Tramo: CU\_14  
Longitud: 80  
Margen: Izquierdo  
Cuneta tipo: Triangular  
Cuenca: CS\_E14  
CAUDAL TOTAL **0,0805 m³/seg**



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

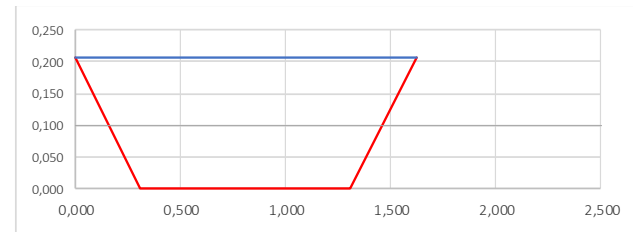
Caudal	0,0805 m³/s	Sección mojada S:	0,029 m²
Ancho fondo F:	0,00 m	Perímetro mojado P:	0,498 m
Talud T1:	1,5	Radio Hidráulico R:	0,057 m
Talud T2:	1,5	Calado:	<b>0,138 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 sm <sup>-1/3</sup>	Caudal:	0,0807 m³/s
Pendiente J:	0,0805 m/m	Resguardo 5 cm	0,188

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **2,82 m/s**

**CÁLCULO DRENAJE SUPERFICIAL**

**Ubicación:** EJE 2  
 2+360 2+580  
**Tramo:** 220 m cunetón  
**Longitud:** 220  
**Margen:** Izquierdo  
**Cuneta tipo:** Trapecial  
**Cuenca:** 220 m cunetón  
**CAUDAL TOTAL** 0,2312 m<sup>3</sup>/seg



**2. CALCULO CALADOS Y VELOCIDAD EN LA CUNETETA.**

**2.1. Datos:**

Comprobación pendiente mínima

Caudal	0,2312 m <sup>3</sup> /s	Sección mojada S:	0,269 m <sup>2</sup>
Ancho fondo F:	1,00 m	Perímetro mojado P:	1,742 m
Talud T1:	1,5	Radio Hidráulico R:	0,155 m
Talud T2:	1,5	Calado:	<b>0,206 m</b>
Coef. Rugosidad (Manning-Stikler) n:	0,015 m <sup>-1/3</sup>	Caudal:	<b>0,2313 m<sup>3</sup>/s</b>
Pendiente J:	0,0020 m/m		

**2.3. Cálculo de la velocidad:**

Velocidad: **0,86 m/s**