



## **ANEJO Nº 6: ESTUDIO HIDROLOGICO.**





## INDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                             | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>CUENCAS VERTIENTES .....</b>                      | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA .....</b> | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b>ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO.....</b>                    | <b>11</b> |
| 4.1      | PRECIPITACIÓN DE CÁLCULO.....                        | 11        |
| 4.2      | INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.....                     | 13        |
| <b>5</b> | <b>CAUDALES DE CALCULO .....</b>                     | <b>15</b> |



## 1 INTRODUCCIÓN

En este apartado se realiza una estimación de los caudales máximos anuales en el barranco de Pedros en el TM de Tous (Valencia), para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años.

La obtención de los caudales  $Q_t$  se realizará aplicando la Instrucción 5.2.-I.C. de drenaje superficial aprobada de marzo de 2016, siguiendo el método de cálculo Racional. Aunque no es de aplicación por no ser carretera del Estado, tratándose de un camino de servicio el cruce objeto del estudio.

El método racional supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. Este método es válido para pequeñas cuencas donde la generación de caudales se debe en su mayor parte a la escorrentía superficial.

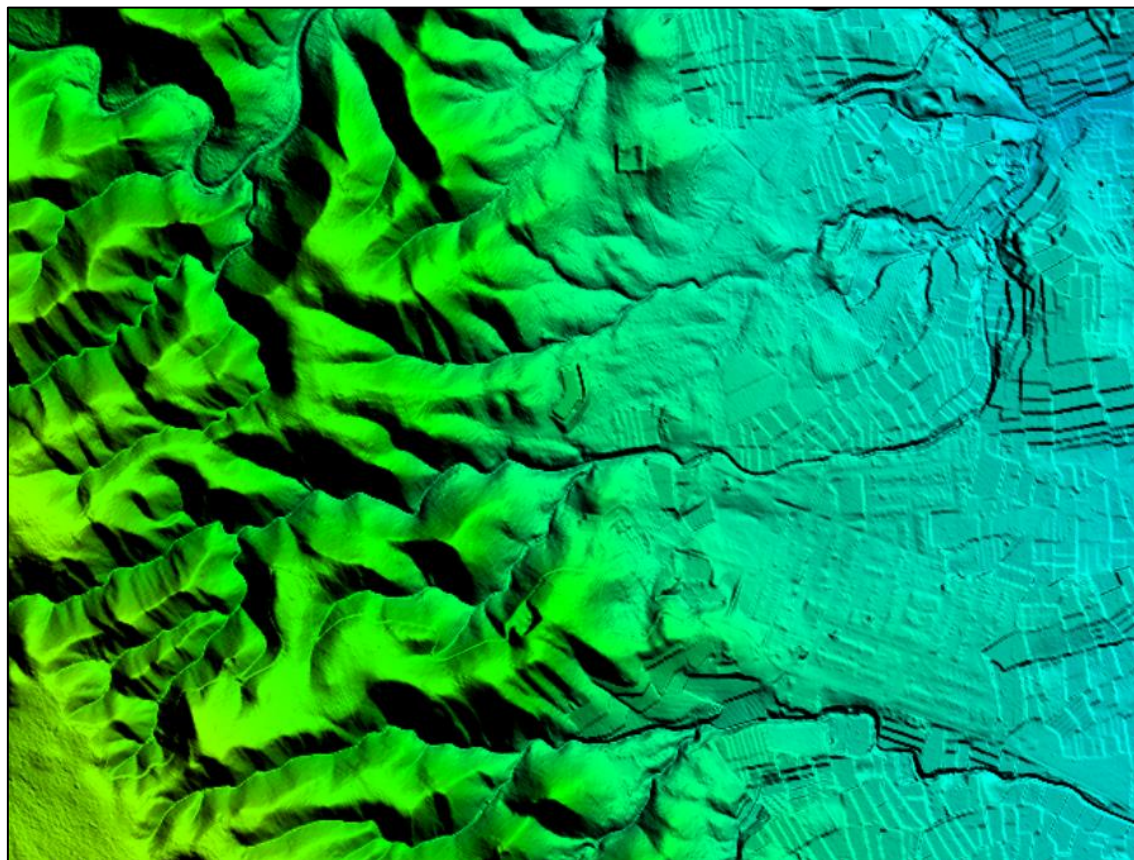
El estudio se desarrolla en las siguientes etapas:

- Delimitación de las cuencas interceptadas por la obra lineal.
- Determinación de las características físicas de la cuenca (área, longitud, desnivel).
- Evaluación de las características morfológicas de las cuencas (tipo de terreno y uso del suelo).
- Estimación del umbral de escorrentía y factores de corrección.
- Determinación de la máxima precipitación diaria.
- Obtención del coeficiente de escorrentía.

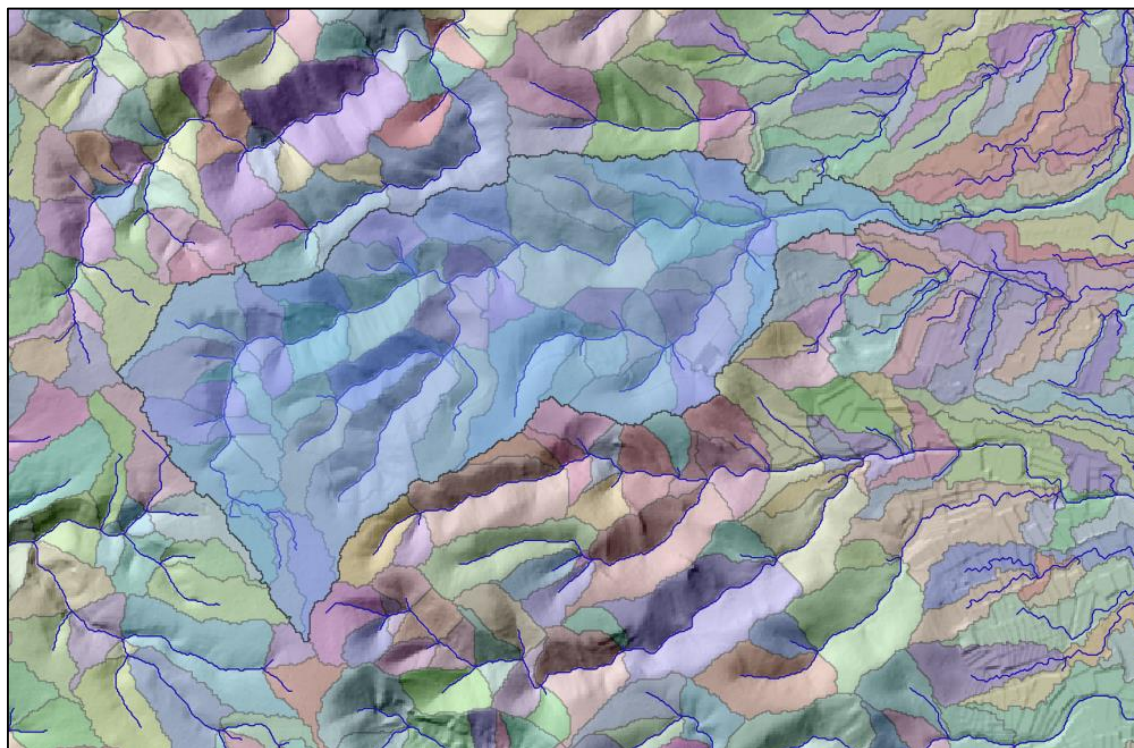
## 2 CUENCAS VERTIENTES

La determinación de las características morfométricas de una cuenca hidrográfica pasa previamente por la delimitación de la divisoria de cuenca y de la red de drenaje. El correcto trazado de los límites de la superficie que drena a un determinado punto geográfico resulta imprescindible, puesto que un error en este trazado invalida todo análisis posterior.

Para el análisis de la cuenca utilizamos de programa GIS denominado QGIS-GRASS, y el Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m, con la misma distribución de hojas que el MTN50. El MDT05 se ha obtenido de una de las dos siguientes formas: por estéreo correlación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/píxel, revisada e interpolada con líneas de ruptura donde fuera viable, o bien por interpolación a partir la clase terreno de vuelos LIDAR del PNOA.

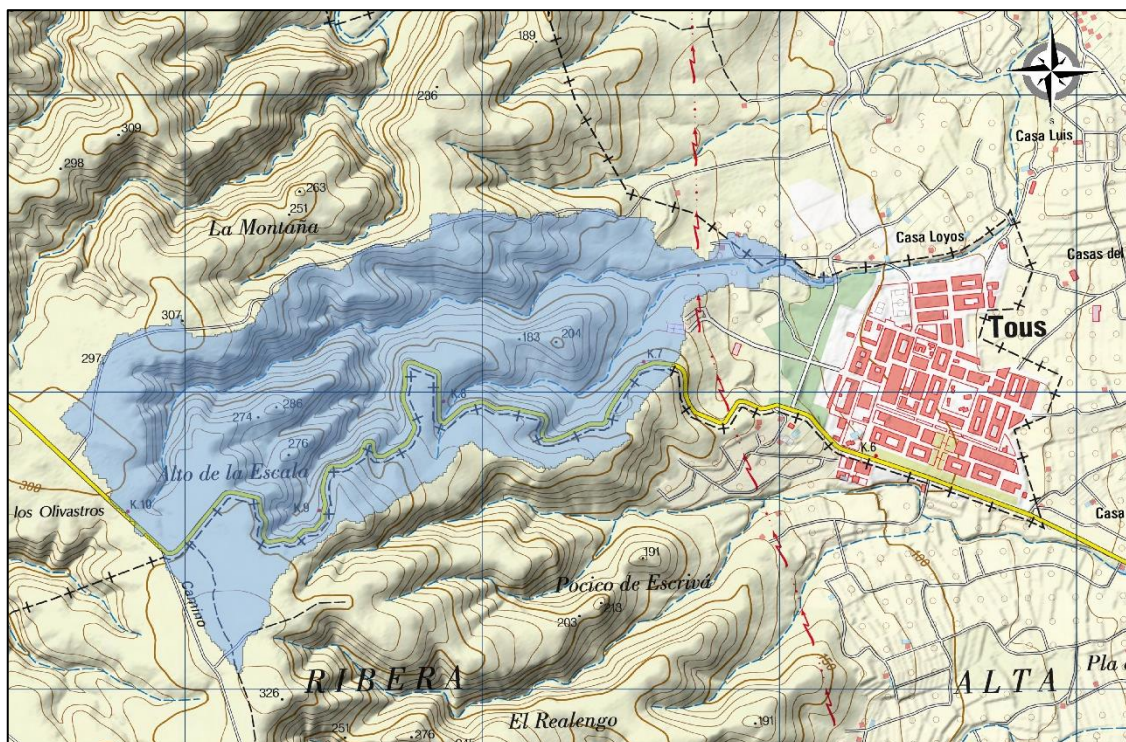


**Figura 1:** Modelo Digital del terreno

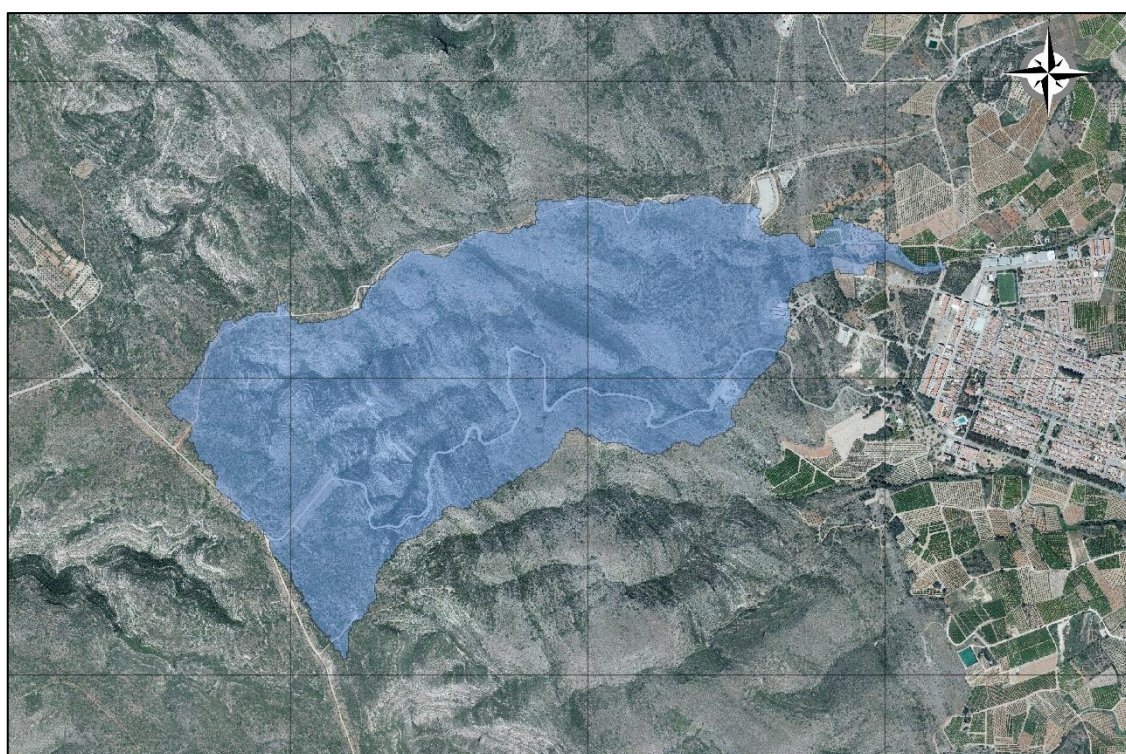


**Figura 2:** Delimitación Cuencas.





**Figura 3:** Delimitación cuenca.



**Figura 4:** Delimitación cuenca.

Las características morfométricas de una cuenca tienen una influencia decisiva en la magnitud de los fenómenos hidrológicos que en ella se producen y, especialmente, en los mecanismos de propagación de la escorrentía superficial.

En el método racional los parámetros que definen la forma y el relieve de las cuencas son la superficie (que determina el orden de magnitud del volumen de precipitación, el caudal de crecida, etc.) y el relieve y la altitud (que influyen en la capacidad de infiltración y la velocidad de la escorrentía).

El descriptor morfométrico del desfase será el tiempo de concentración, también denominado tiempo de respuesta o de equilibrio, y se define como el tiempo requerido para que, durante un aguacero uniforme, se alcance el estado estacionario; es decir, el tiempo necesario para que todo el sistema contribuya eficazmente a la generación de flujo en el desagüe.

Para obtener el tiempo de concentración se aplica la siguiente expresión:

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

, donde  $t_c$  (h) es el tiempo de concentración,  $L_c$  (km) es la longitud del cauce y  $J_c$  (m/m) la pendiente media de dicho cauce.

Se deducen aquí dos factores  $K_A$  y  $K_t$ , que se utilizarán más adelante y que están en relación con el área de la cuenta y de su tiempo de concentración

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca  $K_A$ , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. Se obtiene a partir de la siguiente formula, para áreas mayores de 1 km<sup>2</sup>:

$$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

El coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación  $K_t$  tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

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

A continuación, se resumen el área, longitud, cota máxima y mínima, pendiente del cauce, calculando el tiempo de concentración, factor reductor precipitación por área y coeficiente de uniformidad:

| Área<br>(km <sup>2</sup> ) | Longitud<br>(m) | Cota máx<br>(msnm) | Cota mín<br>(msnm) | Pendiente<br>(m/m) | $t_c$ (h) | $K_A$<br>Reducción areal | $K_t$<br>Coef. uniforme |
|----------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------------|-------------------------|
| 1.7                        | 3200.0          | 306.0              | 102.0              | 0.0638             | 1.225     | 0.98                     | 1.08                    |

**Tabla 1:** Características de la Cuenca.



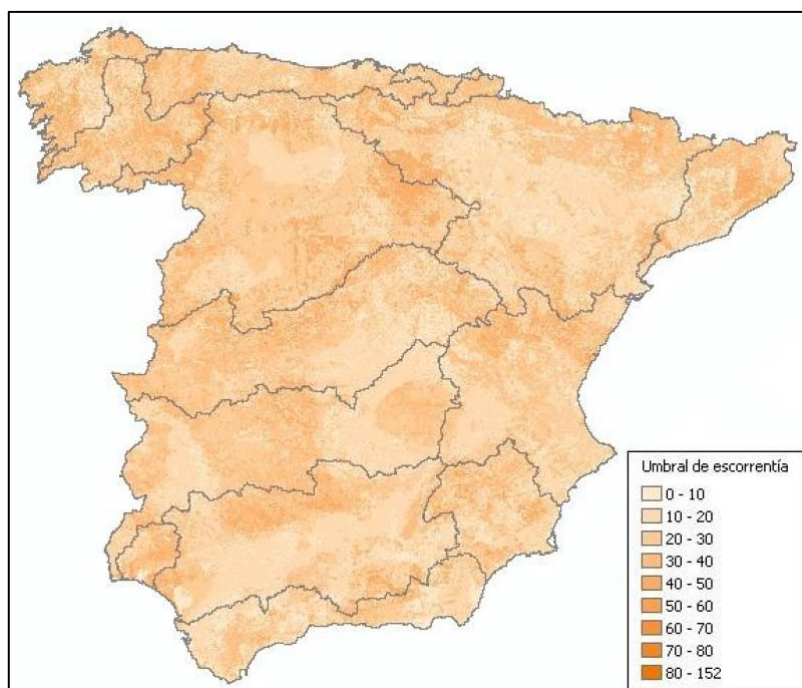
### 3 DETERMINACIÓN DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

El umbral de escorrentía  $P_0$ , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

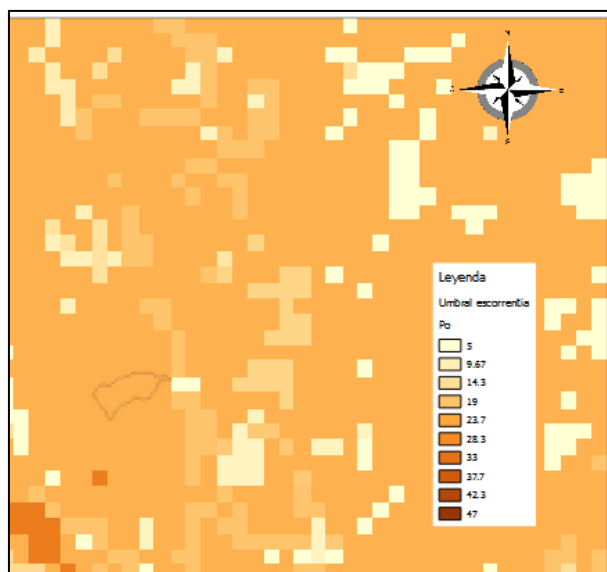
$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

, donde  $P_0^i$  es el valor inicial del umbral de escorrentía (expresado en mm) y  $\beta$  es el coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía se ha obtenido a partir de la aplicación de "Mapa de Caudales Máximos. Memoria Técnica" (Caumax) del CEDEX que a su vez se ha obtenido siguiendo la metodología utilizada en la Tesis doctoral "Análisis de nuevas fuentes de datos para la estimación del parámetro número de curva del modelo hidrológico del SCS: Datos de perfiles de suelos y teledetección" (Ferrer, 2003), a partir del mapa de usos de suelo Corine Land Cover 2000 y datos de infiltración actualizados. En concreto, el valor inicial del umbral de escorrentía en todas las cuencas analizadas es de 22 mm.



**Figura 5:** Mapa de umbral de escorrentía en condiciones medias de humedad.



**Figura 6:** Mapa de umbral de escorrentía

Respecto al factor corrector, la Instrucción 5.2.-IC establece su valor en función de la región en la que se encuentra la cuenca (Figura 2.9 de la Instrucción, en nuestro caso estamos en la región 822) y del tipo de obra que se va a dimensionar.



**Figura 7:** Regiones consideradas para la caracterización del Coeficiente Corrector del Umbral de Escorrentía.

En el dimensionamiento de drenaje transversal de vías de servicio, ramales y caminos que es nuestro caso, el coeficiente corrector se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

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

, donde  $\beta_m$  es el valor medio del coeficiente en la región y  $F_T$  es el factor función del período de retorno.

Adjuntamos a continuación los umbrales de escorrentía hasta el periodo de retorno de 25 años, que es el máximo que podemos calcular con el método racional al estar en la región 822 (Levante)

| Período retorno | $F_T$ | $\beta^{PM}$ | $P_0 = P^i_0 \beta$ |
|-----------------|-------|--------------|---------------------|
| 2               | 0.70  | 1.68         | 36.96               |
| 5               | 0.86  | 2.06         | 45.41               |
| 10              | 1.00  | 2.40         | 52.80               |
| 25              | 1.16  | 2.78         | 61.25               |

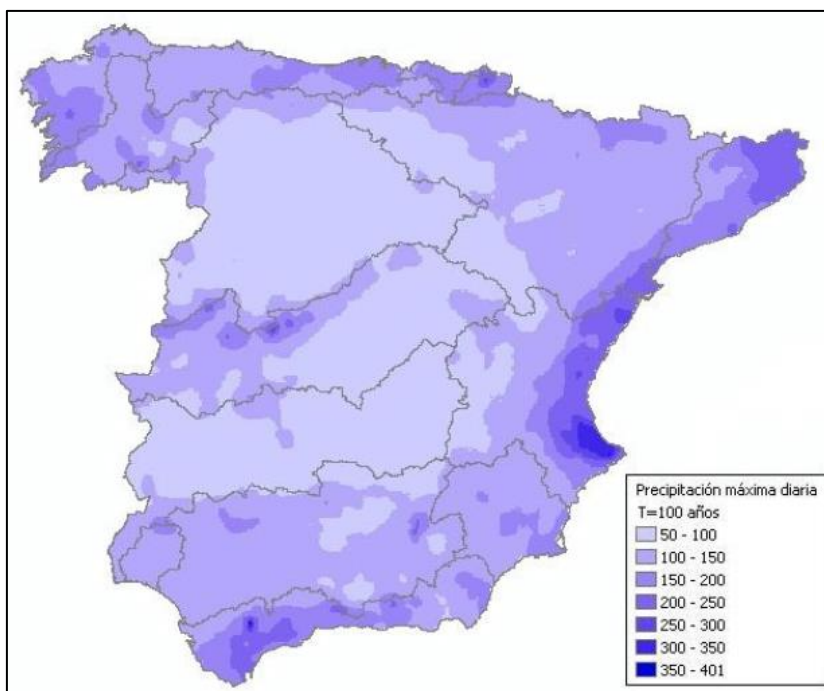
**Tabla 2:** Umbral de escorrentía.

## 4 ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

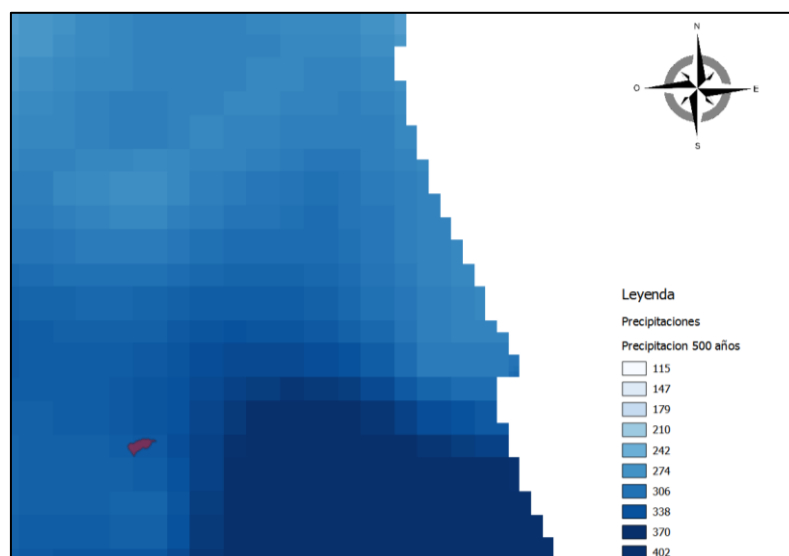
### 4.1 PRECIPITACIÓN DE CÁLCULO

Como paso previo para obtener la intensidad media de precipitación asociada al período de retorno es necesario determinar la precipitación total diaria asociada a dicho período.

Los valores de las precipitaciones máximas diarias se obtienen mediante los mapas de precipitación elaborados a partir del trabajo de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular realizado por el CEDEX para la Dirección General de Carreteras (DGC, 1999). Disponiendo del mapa raster en la aplicación CAUMAX (aplicación informática desarrollada dentro de un Convenio de colaboración entre el MAGRAMA y el CEDEX).



**Figura 8:** Mapa de precipitaciones máximas diarias para 100 años de periodo de retorno.



**Figura 9:** Mapa precipitación 500 años.

Las precipitaciones máximas diarias en 24 h para los distintos periodos de recurrencia, se resumen en la tabla adjunta:

| T(años)             | 2     | 5      | 10     | 25     | 100    | 500    |
|---------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>d</sub> (mm) | 75.86 | 112.71 | 140.71 | 178.71 | 243.71 | 329.43 |

**Tabla 3:** Precipitaciones máximas diarias en 24 h.



## 4.2 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La formulación seguida para obtener la intensidad de precipitación es la establecida en la instrucción y sigue la siguiente expresión:

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

, donde  $I_d$  es la intensidad media diaria de precipitación para el período de retorno de estudio, expresada en mm/h, y  $F_{int}$  es un factor de intensidad.

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T, se obtiene mediante la fórmula:

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

donde:

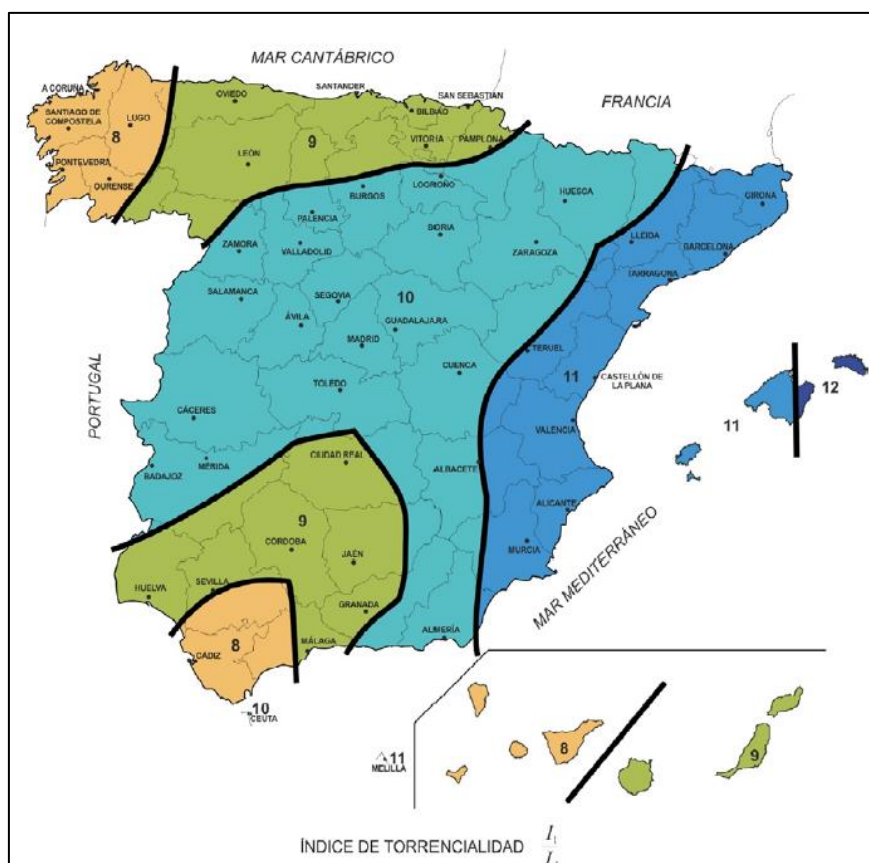
|                      |   |
|----------------------|---|
| $I_d$ (mm/h)         | Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T. |
| $P_d$ (mm)           | Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T                                |
| $K_A$ (adimensional) | Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca                                   |

El factor de intensidad lo hemos obtenido usando la siguiente fórmula:

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

, donde:

- $I_1/I_d$  es el índice de torrencialidad, que depende de la zona geográfica y toma el valor de 11 en la zona de estudio, como puede observarse en la figura que se muestra a continuación.



**Figura 10:** Mapa del índice de torrencialidad de la Instrucción 5.2.-IC de drenaje superficial

- $t$  (horas): 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 ( $t = t_c$ ). Obteniendo un factor de intensidad de  $F_{int} = 9,71$

| Período retorno | $P_d$ (mm) | $I_d$ (mm/h) | $I(T,t)$ (mm/h) |
|-----------------|------------|--------------|-----------------|
| 2               | 75.857     | 3.112        | 30.219          |
| 5               | 112.714    | 4.624        | 44.902          |
| 10              | 140.714    | 5.773        | 56.056          |
| 25              | 178.714    | 7.332        | 71.194          |
| 100             | 243.714    | 9.999        | 97.088          |
| 500             | 329.429    | 13.515       | 131.234         |

**Tabla 4:** Intensidad de precipitación  $I(T,t)$ .

## 5 CAUDALES DE CALCULO

Los caudales de diseño se obtendrán aplicando el método racional indicado en la Instrucción 5.2.- IC siguiendo la siguiente formulación:

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

, donde  $I(T, t_c)$  es la intensidad de precipitación (mm/h),  $C$  es el coeficiente medio de escorrentía,  $A$  es el área de la cuenca expresada en  $\text{km}^2$  y  $K_t$  es el coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

El coeficiente de escorrentía  $C$ , define la parte de la precipitación de intensidad  $I(T, t_c)$  que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escorrentía se obtiene a partir del umbral de escorrentía y la precipitación diaria:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)}$$

, donde:

|                      |  |
|----------------------|--|
| $P_d$ (mm)           | Precipitación diaria correspondiente al período de retorno $T$ considerado |
| $K_A$ (adimensional) | Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca                  |
| $P_0$ (mm)           | Umbral de escorrentía  |

De conformidad con lo especificado en el apartado 2.1 de la instrucción, en cuencas de área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados ( $A < 50 \text{ km}^2$ ) del Levante y Sureste peninsular (regiones 72, 821 y 822 de la figura 2.9), si la Administración Hidráulica no dispone de datos sobre caudales máximos, se debe aplicar el siguiente método:

- Si el período de retorno es inferior a o igual a veinticinco años ( $T \leq 25$  años) el caudal máximo anual correspondiente  $Q_T$ , se debe determinar según el método racional.

| Período<br>retorno | $F_T$ | $\beta^{PM}$ | $\beta^{DT}$ | $P_0 = P_i \cdot \beta$ | $C$   | $Q$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|--------------------|-------|--------------|--------------|-------------------------|-------|----------------------------------|
| 2                  | 0.70  | 1.68         | 1.51         | 36.96                   | 0.151 | 2.331                            |
| 5                  | 0.86  | 2.06         | 1.85         | 45.41                   | 0.203 | 4.674                            |
| 10                 | 1.00  | 2.40         | 2.15         | 52.80                   | 0.224 | 6.435                            |
| 25                 | 1.16  | 2.78         | 2.49         | 61.25                   | 0.252 | 9.179                            |

**Tabla 5:** Caudal avenida periodo de retorno  $\leq 25$  años.

- Si el período de retorno es superior a veinticinco años ( $T > 25$  años) el caudal máximo anual correspondiente  $Q_T$ , se debe determinar como sigue:
  - El caudal máximo anual  $Q_T$  correspondiente al período de retorno  $T$ , estará en función del caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de diez años  $Q_{10}$  en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^\lambda$$

, donde:

- $\varphi$  (adimensional): Coeficiente propio de la región y del período de retorno considerado
- $\lambda$  (adimensional): Exponente propio de la región y del período de retorno considerado.

| Región 72                      |         |         |         |          |
|--------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| Período de retorno, $T$ (años) | 50      | 100     | 200     | 500      |
| $\varphi$                      | 1,4057  | 3,0570  | 4,7152  | 6,9135   |
| $\lambda$                      | 1,2953  | 1,2751  | 1,2678  | 1,2631   |
| Regiones 821 y 822             |         |         |         |          |
| Período de retorno, $T$ (años) | 50      | 100     | 200     | 500      |
| $\varphi$                      | 11,1378 | 51,6297 | 86,5765 | 131,7650 |
| $\lambda$                      | 0,7401  | 0,6065  | 0,5982  | 0,5953   |

**Tabla 6:** Parámetros para el cálculo en cuencas pequeñas del Levante y Sureste Peninsular ( $T > 25$  años).

| Período retorno | $\varphi$ | $\lambda$ | Q (m³/s) |
|-----------------|-----------|-----------|----------|
| 50              | 11.1378   | 0.7401    | 44.18    |
| 100             | 51.6297   | 0.6065    | 159.70   |
| 500             | 131.7650  | 0.5953    | 399.15   |

**Tabla 7:** Caudal avenida período de retorno  $> 25$  años.