# Nueva formulación para calcular la intensidad de precipitación para cualquier duración a partir de la precipitación diaria en la España peninsular

## Planteamiento del problema. Antecedentes

Si disponemos de la precipitación del **día más lluvioso del año** con un periodo de retorno de *T* años, a partir de ese dato queremos calcular la intensidad de precipitación para cualquier intervalo de tiempo comprendido dentro de ese día más lluvioso: los 30 minutos más lluviosos, las dos horas más lluviosas, etc..

Existen en la bibliografía diversas fórmulas para ello. Todas estas expresiones tienen unos coeficientes que generalmente se refieren a una zona geográfica concreta. En España puede utilizarse la expresión que aparece en la normativa 5.2-IC ya obsoleta (MOPU, 1990)[1]:

| | |
|---|---|
| $$I_t = I_{24}\left(\frac{I_1}{I_{24}}\right)^{\frac{28^{0,1}-t^{0,1}}{28^{0.1}-1}} \quad (1)$$ | $I_{24}$ = intensidad media diaria = P diaria /24<br>$I_1$ = Intensidad media en la hora más lluviosa de ese día.<br>En la fórmula introducimos el valor de $I_1/I_{24}$ leído directamente de un mapa<br>$t$ = periodo de tiempo (horas) para el que se quiere evaluar la intensidad<br>$I_t$ = Intensidad media en el periodo $t$ |

## Nueva formulación. Cálculo manual

Salas y Fernández (2006) han replanteado el problema utilizando todas las estaciones dotadas de pluviógrafo existentes en la España peninsular, obteniendo la formulación que resumimos a continuación.

La aplicación manual requiere consultar varios mapas que reproducimos al final de este documento.[2]:

| | |
|---|---|
| $$I_t = I_{24}\cdot\left(\frac{I_1}{I_{24}}\right)^{\frac{24^a-t^a}{24^a-1}}\cdot h(T) \quad (2)$$ | $I_{24}$ = intensidad media diaria = P diaria /24<br>$I_1$ = Intensidad media en la hora más lluviosa de ese día.<br>En la fórmula introducimos el valor de $I_1/I_{24}$ leído directamente del mapa nº 1<br>$t$ = periodo de tiempo (horas) para el que se quiere evaluar la intensidad<br>$I_t$ = Intensidad media en el periodo $t$<br>$T$ = periodo de retorno al que se refiere la intensidad diaria $I_{24}$<br>$a$ = valor que leemos en el mapa nº 2<br>$h(T)$ = función que se calcula con las fórmulas que se indican más abajo |

El valor de la función $h(T)$ se calcula con una de las siguientes fórmulas:

---

[1] Esta fórmula (1) en la 5.2-IC actual (Mº Fomento, 2016) aparece con otro aspecto, pero es la misma fórmula.

[2] Las figuras proceden de Carrero, Salas, y Fernández (2007).

La nomenclatura de las variables que utilizo aquí no es la misma que en las publicaciones originales: Por ejemplo, la variable ***t*** (tiempo) en las publicaciones originales es ***d*** (duración). Análogamente, el parámetro **($I_1/I_{24}$)** , mapa nº 1 de este documento, en Salas (op. cit.) se denomina ***K***.

He hecho estos cambios para mantener en lo posible los nombres de las variables utilizados en publicaciones anteriores (por ejemplo en MOPU, 1990).

- $t < 1$ hora, punto situado en Zona 1 (mapa nº 3):
  $h(T) = -0{,}0004 * (\mathrm{Ln}(T))^2 + 0{,}0092 * \mathrm{Ln}(T) + 1{,}0044$ (3)

- $t < 1$ hora, punto situado en Zona 2 (mapa nº 3):
  $h(T) = -0{,}007 * (\mathrm{Ln}(T))^2 + 0{,}1066 * \mathrm{Ln}(T) + 0{,}9086)$ (4)

- $t > 1$ hora, punto situado en Zona 1 (mapa nº 4):
  $h(T) = 0{,}0012 * (\mathrm{Ln}(T))^2 - 0{,}0136 * \mathrm{Ln}(T) + 1{,}0218$ (5)

- $t > 1$ hora, punto situado en Zona 2 (mapa nº 4):
  $h(T) = -0{,}0037 * (\mathrm{Ln}(T))^2 + 0{,}055 * \mathrm{Ln}(T) + 0{,}9536$ (6)

**Ejemplo.** Hemos calculado que la precipitación diaria máxima con un retorno de 100 años en Villagonzalo (Salamanca) es de 66 mm/día. Calcular la intensidad de los 30 minutos más lluviosos.

**Con la fórmula clásica de la Instrucción 5.2-IC:**

- Intensidad media diaria: $I_{24}$ = 66 /24 =2,75 mm/hora
- Consultando el mapa de España de valores de ($I_1/I_{24}$) de la Instrucción 5.2-IC : ($I_1/I_{24}$) = 10,5
- Aplicando la fórmula (1):

$$I_t = 2{,}75 \cdot (10{,}5)^{\frac{28^{0,1} - 0{,}5^{0,1}}{28^{0.1} - 1}} = 43{,}0\ mm/hora$$

**Con las fórmulas de Salas :**

- Intensidad media diaria: $I_{24}$ = 66 /24 = 2,75 mm/hora
- Mapa de España[3] de valores de ($I_1/I_{24}$) (**mapa nº 1** en este documento) : ($I_1/I_{24}$) = 10,5
- Mapa de España de valores de $a$ (**mapa nº 2** en este documento) : $a$ = 0,125
- Mapa de España de *Zona 1 / Zona 2*
  (**mapa nº 3** en este documento, al tratarse de una duración < 1hora) : Zona = 2
- Aplicando la fórmula (4), correspondiente a $t < 1$ hora, punto situado en *Zona 2*:
  $h(T) = h(100) = -0{,}007 * (\mathrm{Ln}(100))^2 + 0{,}1066 * \mathrm{Ln}(100) + 0{,}9086) = 1{,}251$
- Finalmente, aplicando la fórmula (2):

$$I_t = 2{,}75 \cdot (10{,}5)^{\frac{24^{0,125} - 0{,}5^{0,125}}{24^{0,125} - 1}} \cdot 1{,}251 = 53{,}9\ mm/hora$$

## Cálculo Con Excel

Siguiendo la metodología que se indica más arriba para el cálculo manual, y leyendo los parámetros necesarios en los mapas que figuran más adelante en este documento, puede utilizarse la hoja de cálculo presentada en esta web que incorpora todas las fórmulas anteriores.

## Cálculo automático: Programa MAXIN

Es más rápido realizar el cálculo para cualquier punto de la España peninsular mediante la aplicación informática MAXIN (Salas et al., 2007), que estaba disponible en Internet, pero que en este momento (marzo 2022) no se encuentra.

[3] Se entiende en todos los casos "España peninsular"

## Bibliografía

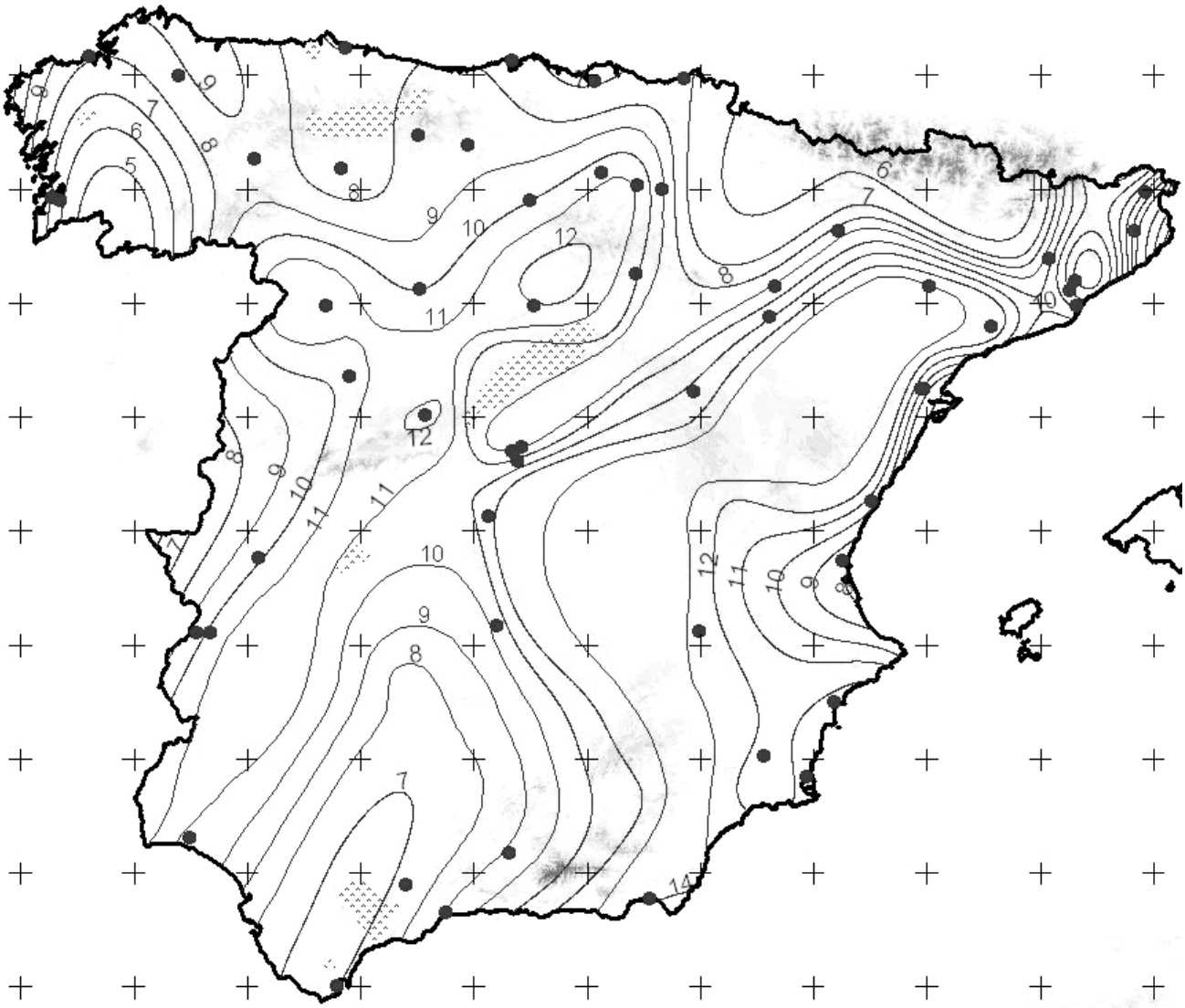

M.O.P.U. (1990).- *Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial"* . Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Boletín Oficial del Estado, 123, 23-5-1990).

Ministerio de Fomento (2016).- *Norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*. Boletín Oficial del Estado, 10 marzo 2016, pp. 18882-19023.

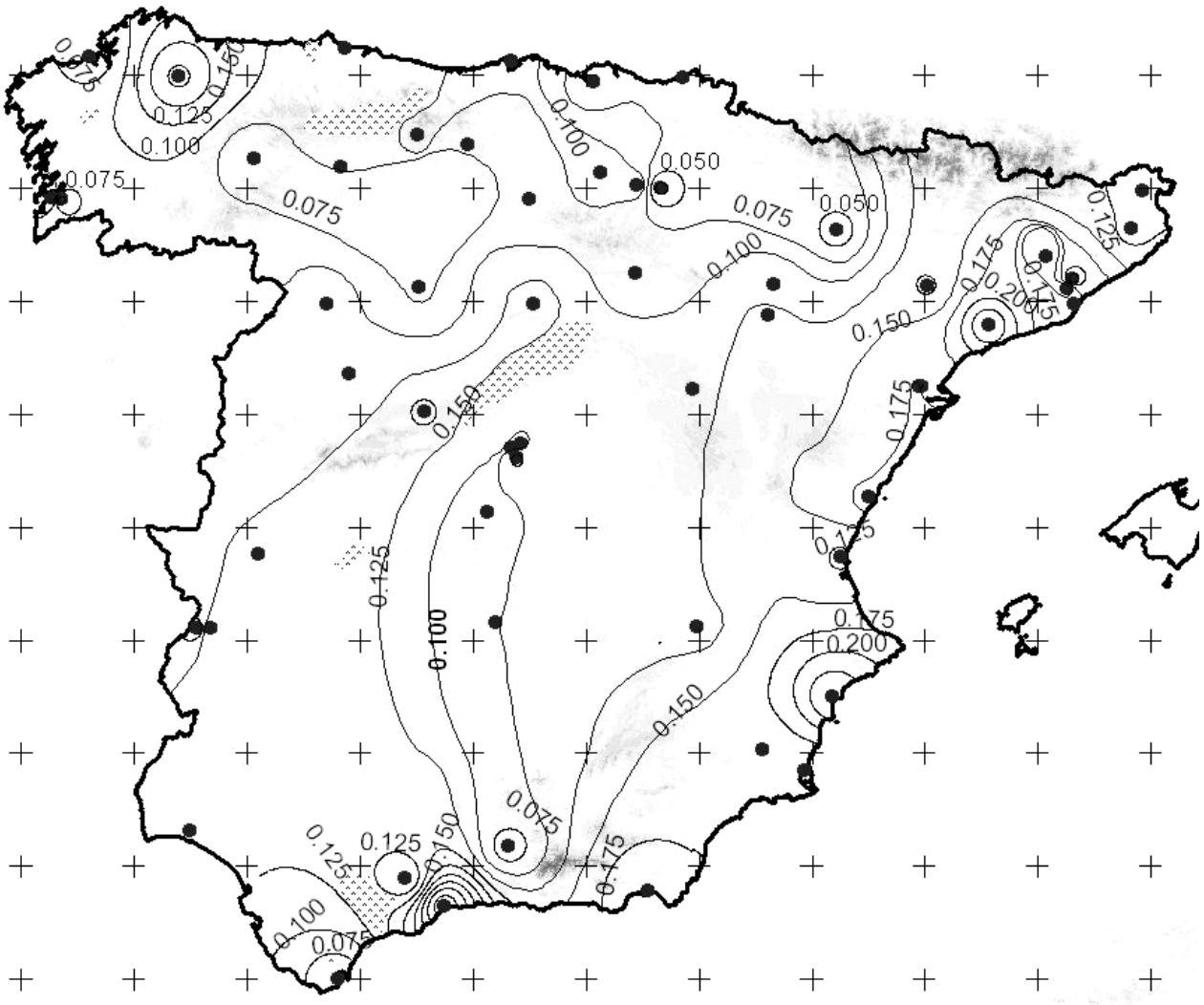
Salas, L. y J. A. Fernández (2006).- Nueva metodología para el análisis de la variable Intensidad Máxima Anual de Precipitación. *Ecología*, nº 20 : 435-444

Salas, L.; L. Carrero, y J. A. Fernández (2007).- MAXIN: aplicación GIS para la estimación de leyes IDF en la España Peninsular. *Ingeniería Civil* Nº 146 Abril-Mayo

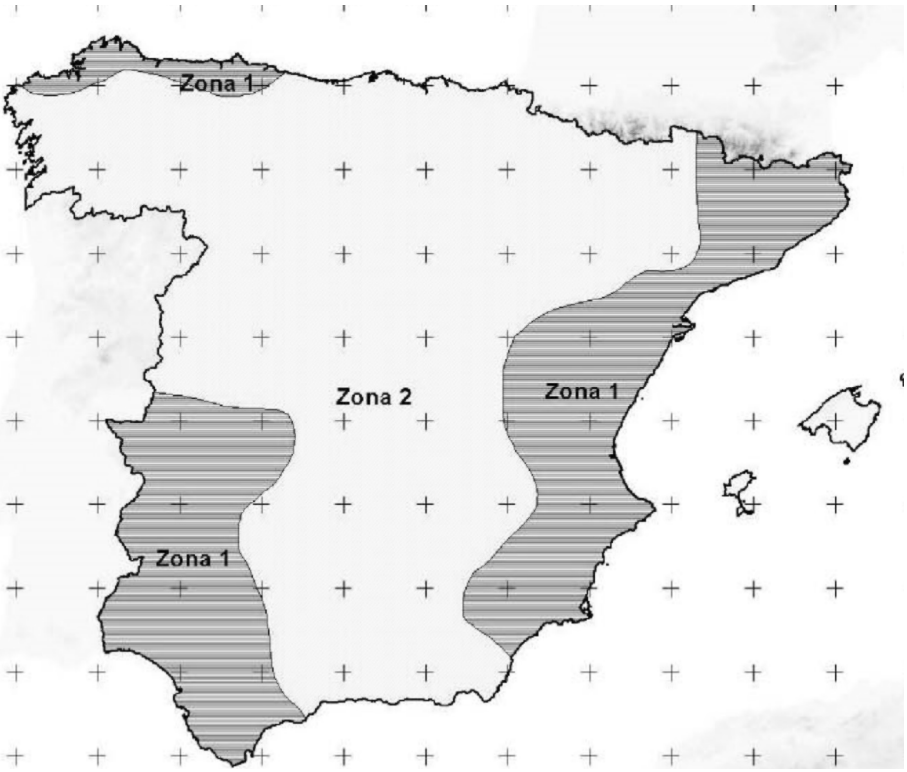
Salas, L. y L. Carrero (2011).- Estimación de leyes IDF en la España peninsular mediane la aplicación MAXIN. *Cuad. Soc. Esp. Cienc. For*. 32: 145-151 http://secforestales.org/publicaciones/index.php/cuadernos_secf/article/view/10152/10056



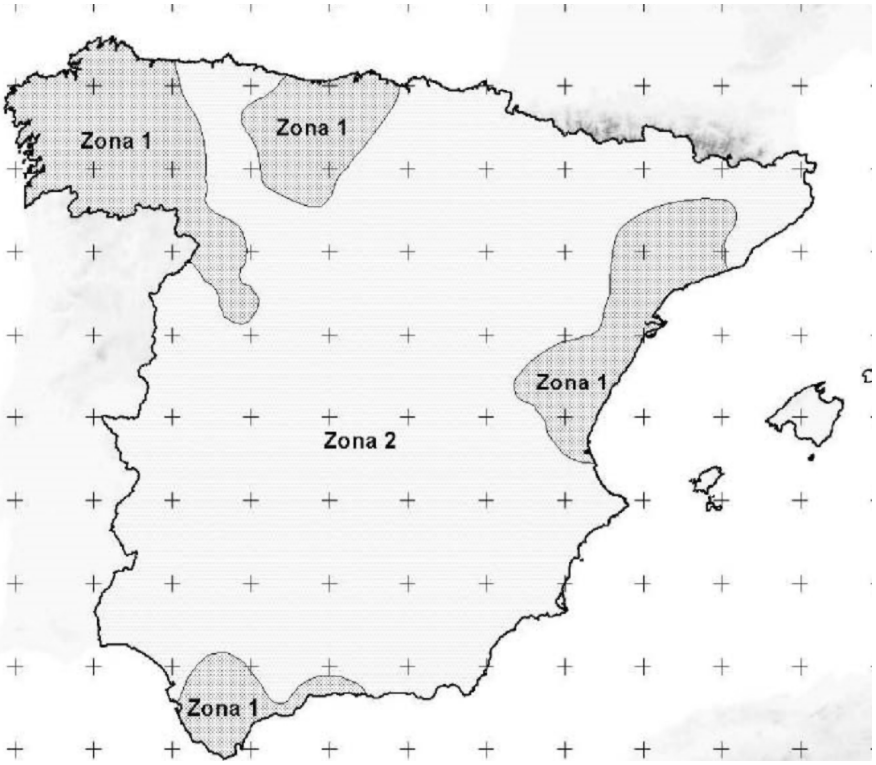

**Mapa nº 1.- Valores de ($I_1/I_{24}$) ( : Áreas de incertidumbre)**




**Mapa nº 2.- Valores del coeficiente *a*** **( : Áreas de incertidumbre)**




**Mapa nº 3.- Zonas para valores de *t* ≤ 1 hora**




**Mapa nº 4.- Zonas para valores de *t* > 1 hora**