

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:

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

Nueva formulación. Cálculo manual

Salas (2005) y 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:

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

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

- $t < 1$ hora, punto situado en Zona 1 (mapa nº 3):

$$h(T) = -0,0004 * (\text{Ln}(T))^2 + 0,0092 * \text{Ln}(T) + 1,0044 \quad (3)$$

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

² 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 2 (mapa nº 3):

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

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

$$h(T) = -0,0037 * (\text{Ln}(T))^2 + 0,055 * \text{Ln}(T) + 0,9536 \quad (6)$$

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):

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

Con las fórmulas de Salas :

- Intensidad media diaria: $I_{24} = 66 / 24 = 2,75$ mm/hora
- Mapa de España³ 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 < 1 hora) : Zona = 2
- Aplicando la fórmula (4), correspondiente a $t < 1$ hora, punto situado en Zona 2:

$$h(T) = h(100) = -0,007 * (\text{Ln}(100))^2 + 0,1066 * \text{Ln}(100) + 0,9086 = 1,251$$
- Finalmente, aplicando la fórmula (2):

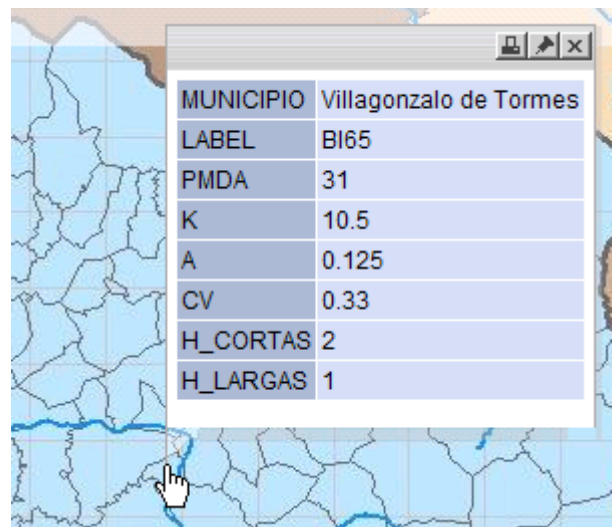
$$I_t = 2,75 \cdot (10,5)^{\frac{24^{0,125} - 0,5^{0,125}}{24^{0,125} - 1}} \cdot 1,251 = 53,9 \text{ mm/hora}$$

Cálculo automático: Programa MAXIN

Es más rápido realizar el cálculo para cualquier punto de la España peninsular mediante la aplicación informática MAXIN (Salas y Carrero, 2008; Carrero et al., 2007) disponible en Internet⁴. No solamente evita todos los cálculos anteriores y la consulta de los mapas que se citan en el apartado anterior, sino que no necesitamos el dato inicial: la precipitación máxima diaria para ese punto.

En la página inicial picamos ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.

En el mapa de España, picar sobre la provincia deseada. En el mapa provincial, picar sobre el municipio, aparece un cuadro de datos como éste:



³ Se entiende en todos los casos “España peninsular”

⁴ MAXIN, versión 2: www.ecogesfor.org/restauracion/MAXIN_v2/MAXIN/APLICACION/principal.html

Es necesario el navegador Explorer, no funciona con Firefox, Chrome ni Edge. En Explorer hay que hacer este ajuste: www.ecogesfor.org/restauracion/MAXIN_v2/MAXIN/APLICACION/IECompatibilidad.pdf

Picar en Calcular los valores de I(d;T). En la parte superior hay que rellenar los datos de la figura anterior (PMDA, K, a, CV, h_cortas, h_largas). Dejar el valor de F =1,13

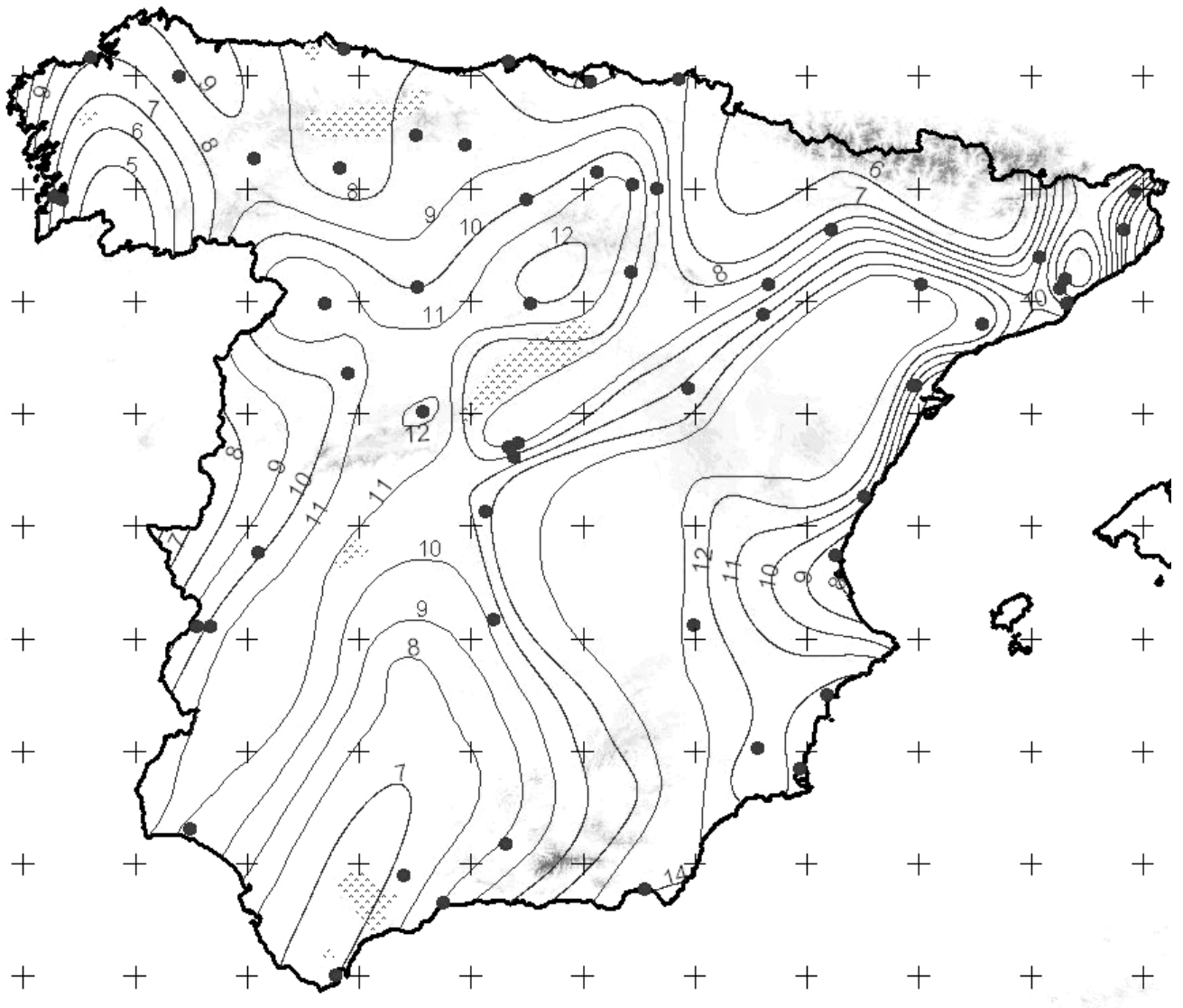
Aparecen automáticamente las intensidades para distintas duraciones y diferentes periodos de retorno:

DURACIÓN	PERÍODO DE RETORNO							
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
5 m	44.6	63.09	77.65	97.68	114.65	131.79	149.82	174.28
10 m	32.39	45.82	56.4	70.94	83.26	95.71	108.81	126.57
15 m	26.51	37.5	46.16	58.06	68.15	78.34	89.05	103.59
20 m	22.85	32.33	39.79	50.05	58.75	67.53	76.77	89.3
30 m	18.37	25.98	31.98	40.23	47.22	54.28	61.7	71.78
1 h	12.31	17.41	21.44	26.96	31.65	36.38	41.36	48.11
2 h	8.23	10.63	12.37	14.64	16.57	18.51	20.59	23.52
3 h	6.26	8.09	9.41	11.14	12.61	14.08	15.66	17.89
6 h	3.8	4.9	5.7	6.75	7.64	8.54	9.5	10.85
12 h	2.2	2.84	3.3	3.91	4.43	4.95	5.5	6.28

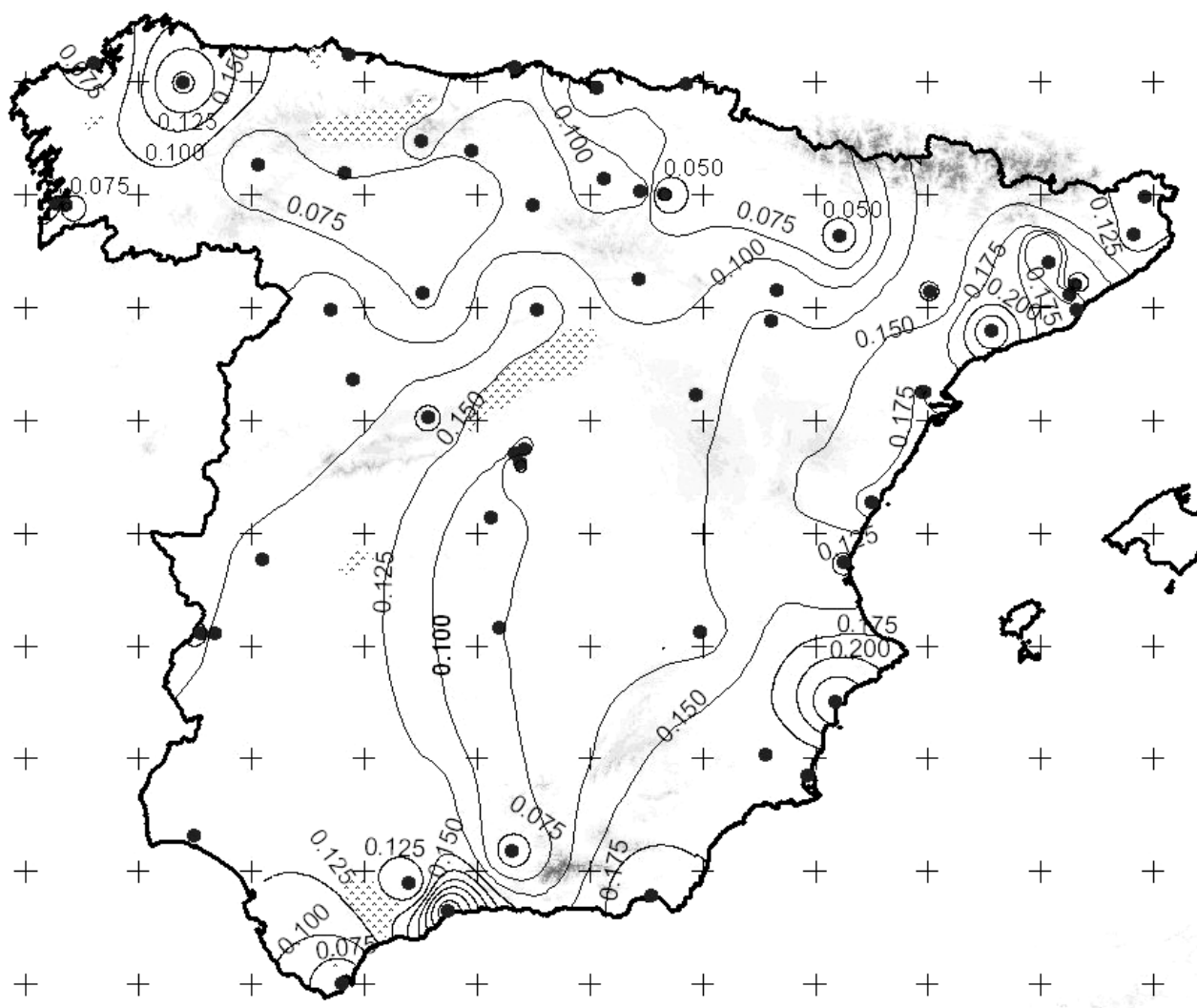
Como hemos utilizado los mismos datos que para el ejemplo calculado manualmente, el valor de 53,9 mm/hora que obtuvimos allí equivale al 54,28 de esta tabla (intensidad de los 30 minutos más lluviosos con un retorno de 100 años)


Bibliografía

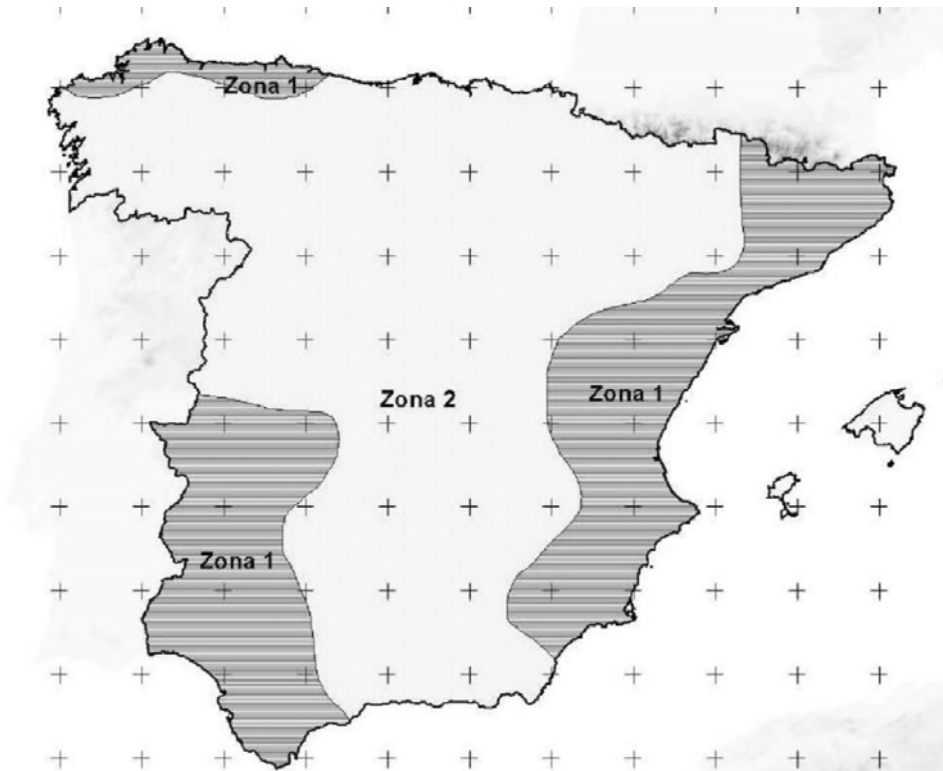
- M.O.P.U. (1990).- *Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial"* . Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Boletín Oficial del Estado, 123, 23-5-1990).
- Ministerio de Fomento (2016).- *Norma 5.2-IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras*. Boletín Oficial del Estado, 10 marzo 2016, pp. 18882-19023.
- SALAS, L. (2005).- *Regionalización de leyes IDF para el uso de modelos hidrometeorológicos de estimación de caudales*. Tesis Doctoral, Univ. Politécnica Madrid
- 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
En: http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_20_16_tcm7-46345.pdf
- CARRERO, L.; L. SALAS, Y J. A. FERNÁNDEZ (2007).- MAXIN: aplicación GIS para la estimación de leyes IDF en la España Peninsular. *Ingeniería Civil* N° 146 Abril-Mayo
- SALAS, L; CARRERO, L (2008).- Estimación de la intensidad máxima anual para una duración y período de retorno determinados en la España peninsular mediante la aplicación informática MAXIN.
En: http://www.ecogesfor.org/restauracion/MAXIN_v2/MAXIN/manual%20de%20usuario.pdf



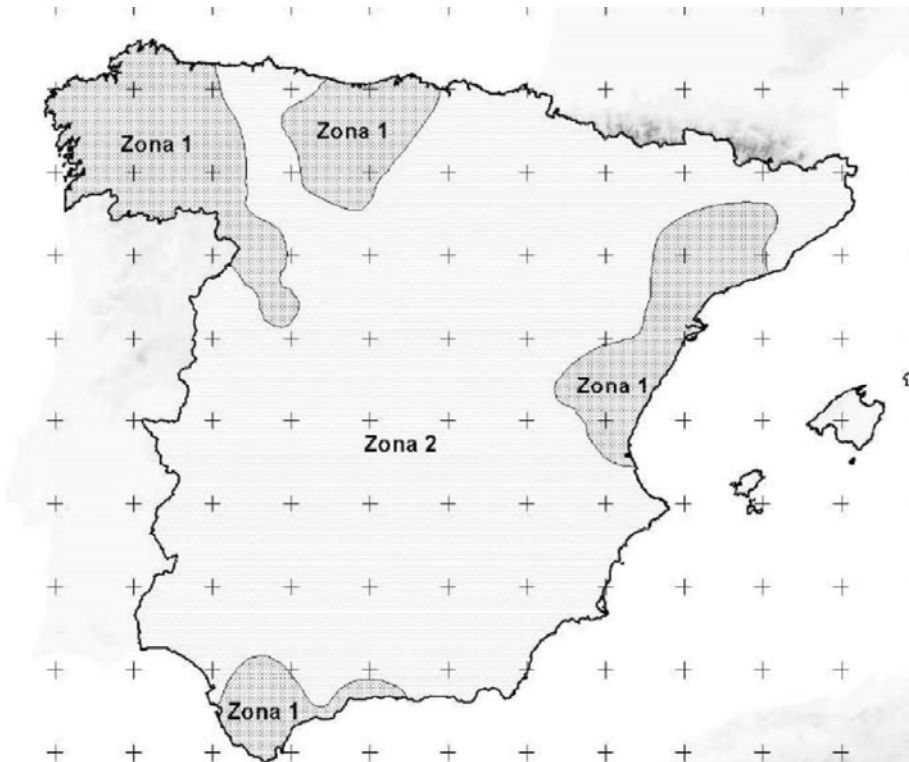
Mapa nº 1.- Valores de (I_1/I_{24}) (: Áreas de incertidumbre)



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



Mapa nº 3.- Zonas para valores de $t \leq 1$ hora



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