

# ANEJO Nº4

## ESTUDIO HIDROLÓGICO

## ÍNDICE

1. OBJETO DEL ANEJO.....	Pág 3
2. ZONA DE ESTUDIO.....	Pág 3
3. FUNCIONAMIENTO DEL MAXPLUWIN.....	Pág 3
3.1 INTRODUCCIÓN.....	Pág 3
3.2 RESUMEN DE LOS RESULTADOS.....	Pág 5
3.3 APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	Pág 7
3.4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	Pág 8
4. OBTENCIÓN DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO.....	Pág 9

## 1. OBJETO DEL ANEJO

En este estudio se recogen los cálculos realizados para obtener la tormenta de diseño, la cual será empleada para el dimensionamiento hidráulico de la red.

A partir de estos caudales se realizará el dimensionamiento de la red de drenaje, detallada en los siguientes anejos.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

Debido al software utilizado se debe georeferenciar la ubicación de la zona de estudio en el Puerto de Sagunto mediante coordenadas UTM referidas al huso 30.

$$X_{\min} = -116250$$

$$X_{\max} = 1161250$$

$$Y_{\min} = 3893750$$

$$Y_{\max} = 4971250$$

## 3. FUNCIONAMIENTO DEL MAXPLUWIN, MINISTERIO DE FOMENTO

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La finalidad del método operativo del programa en cuestión es obtener de forma breve y fiable una metodología que proporcione un valor de las Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular y que sirva de base de partida para el cálculo de los caudales a desaguar por la estructura diseñada con tal fin. Los pasos que sigue el programa son los siguientes:

- Selección de estaciones pluviométricas y recopilación de sus datos correspondientes a las máximas lluvias diarias.
- Modelación estadística de las series anuales de máximas lluvias diarias realizando una estimación regional de parámetros y cuantiles.
- Análisis de la distribución del valor medio de las series anuales de máximas lluvias diarias, estimado directamente a partir de las muestras.
- Resumen y presentación de los resultados alcanzados.

Como se ha mencionado anteriormente, estos son los pasos seguidos por el programa una vez introducidas las coordenadas U.T.M o geográficas de la zona a estudiar, y en función del distinto periodo de retorno de datos, MAXPLUWIN devuelve los cuantiles de Máximas Lluvias Diarias en cualquier punto que se encuentre dentro de su zona de trabajo.

### 3.2 RESUMEN DE RESULTADOS

#### 3.2.1 MÉTODO REGIONAL ADOPTADO

Frente a anteriores trabajos a escala nacional en que se empleaban exclusivamente los datos locales en cada una de las distintas estaciones pluviométricas, se ha optado por un enfoque regional que trata de reducir la varianza de los parámetros estimados con una única muestra, empleando la información de estaciones con comportamiento similar.

El enfoque tradicional de estos métodos asume la existencia de una región homogénea respecto a ciertas características estadísticas, lo que permite aprovechar el conjunto de información disponible en dicha región.

El método regional adoptado, denominado tradicionalmente “índice de avenida”, asume que la variable  $Y$  resultante de dividir en cada estación los valores máximos anuales por su media ( $Y = P/\bar{P}$ ) sigue una distribución idéntica de frecuencia en toda la región considerada. Los parámetros de dicha distribución, una vez seleccionado el modelo de ley, son obtenidos a partir del conjunto de datos de las estaciones de la región; mientras que el valor local de la media  $\bar{P}$  se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones.

La estimación de los cuantiles locales  $X_t$  en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales con  $Y_t$  con la media local  $\bar{P}$  según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t \cdot \bar{P}$$

### 3.2.2 ESTIMACIÓN REGIONAL DE CUANTILES

La primera etapa de la estimación regional de cuantiles consistió en agrupar las 1545 estaciones básicas, con 30 o más años de registro, en 26 regiones geográficas.

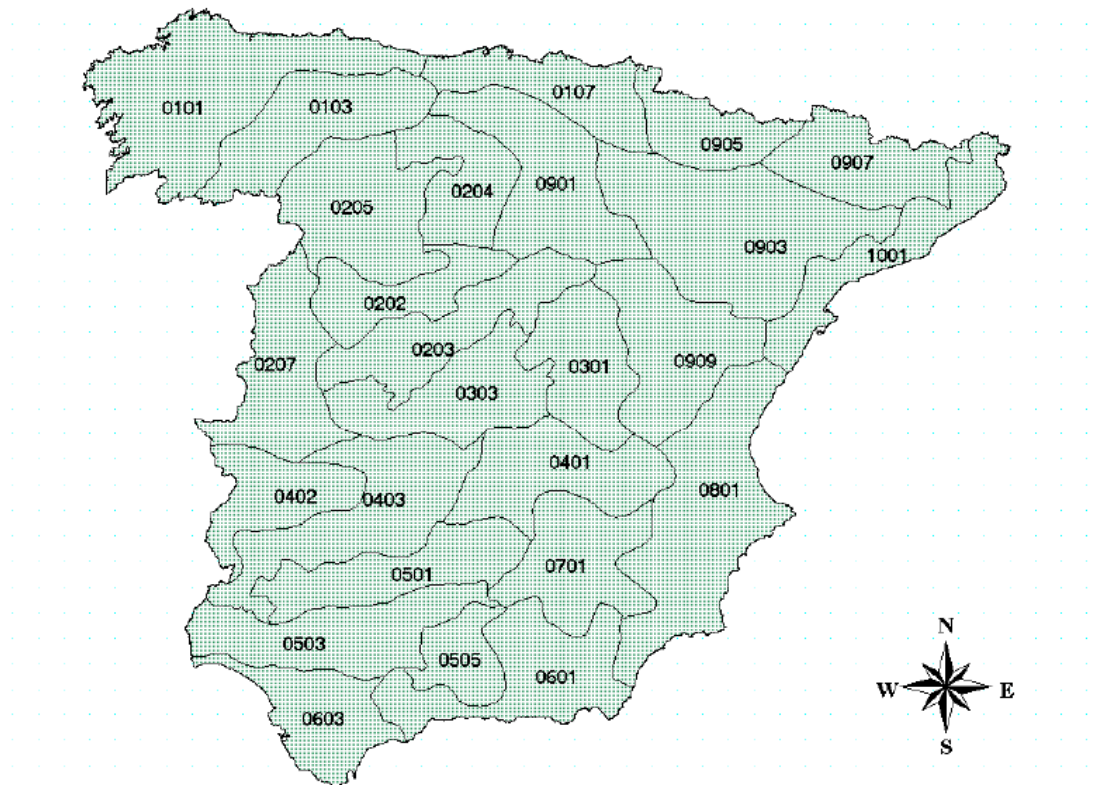


Fig 1

Las regiones fueron definidas tratando de agrupar zonas del territorio con características meteorológicas comunes y analizando de forma complementaria los  $C_v$  (coeficientes de variación) maestras. Posteriormente la homogeneidad de las regiones fue contrastada mediante un test estadístico de  $\chi^2$ .

La segunda etapa consistió en la estimación regional de los parámetros y los cuantiles de los siguientes cuatro modelos de función de distribución:

**1. Valores Extremos Generalizados (GEV):**

$$F(x) = e^{-\left[1-\beta\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)\right]^{\beta}} I_{[\alpha, \infty[}(x)$$

**2. Log-Pearson III (LP3):**

$$F(x) = \frac{1}{|\alpha|\Gamma(\beta)} \left(\frac{Lx - y_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{Lx - y_0}{\alpha}\right)} I_{[\alpha, \infty[}(x)$$

**3. Valores Extremos con dos Componentes (TCEV):**

$$F(x) = e^{(-\alpha_1 e^{-x/\beta_1} - \alpha_2 e^{-x/\beta_2})}$$

**4. SQRT-ET max:**

$$F(x) = e^{-k(1+\sqrt{\alpha x})} e^{-\sqrt{\alpha x}}$$

Un análisis de los cuantiles regionales  $Y_t$  estimados, con los cuatro modelos de ley seleccionados en las 26 zonas adoptadas, muestran diferencias prácticamente inexistentes para bajos y medios periodos de retorno (2, 5, 10 y 25 años), y sólo cuando los periodos de retorno son mayores, existen ligeras diferencias siempre inferiores al 8% para 500 años.

Este hecho reduce en cierto modo la trascendencia del proceso de selección del modelo de ley, siendo la ley *SQRT-ET max* la finalmente seleccionada por las siguientes razones:

- Es el único de los modelos analizados de la ley de distribución que ha sido propuesto específicamente para la modelación estadística de Máximas Lluvias diarias.
- Está formulada con sólo dos parámetros, lo que conlleva una completa definición de los cuantiles en función exclusivamente del coeficiente de variación. Así se consigue una mayor facilidad de presentación de resultados.
- Por la propia definición de la ley, proporciona resultados más conservadores que la tradicional ley de Gumbel.
- Conduce a valores más conservadores que los otros modelos de ley analizados para las 17 regiones con cuantiles menores, mostrando unos resultados similares en el resto de las regiones.
- Demuestra una buena capacidad para reproducir las propiedades estadísticas observadas en los datos, lo que se comprobó mediante técnicas de simulación de Montecarlo.

El enfoque tradicional de los métodos regionales permite estimar el valor de los cuantiles regionales en un punto simplemente asignándole los valores obtenidos en la región en la que dicho punto está incluido, lo que presenta como principales inconvenientes tanto la incertidumbre existente respecto a los límites considerados en las regiones como la indeseable discontinuidad que presentan los resultados en dichos límites.

Para resolver estos problemas, se optó por presentar los resultados en forma “suavizada” trazando un mapa nacional de Isolíneas del coeficiente de variación que se muestra a continuación:

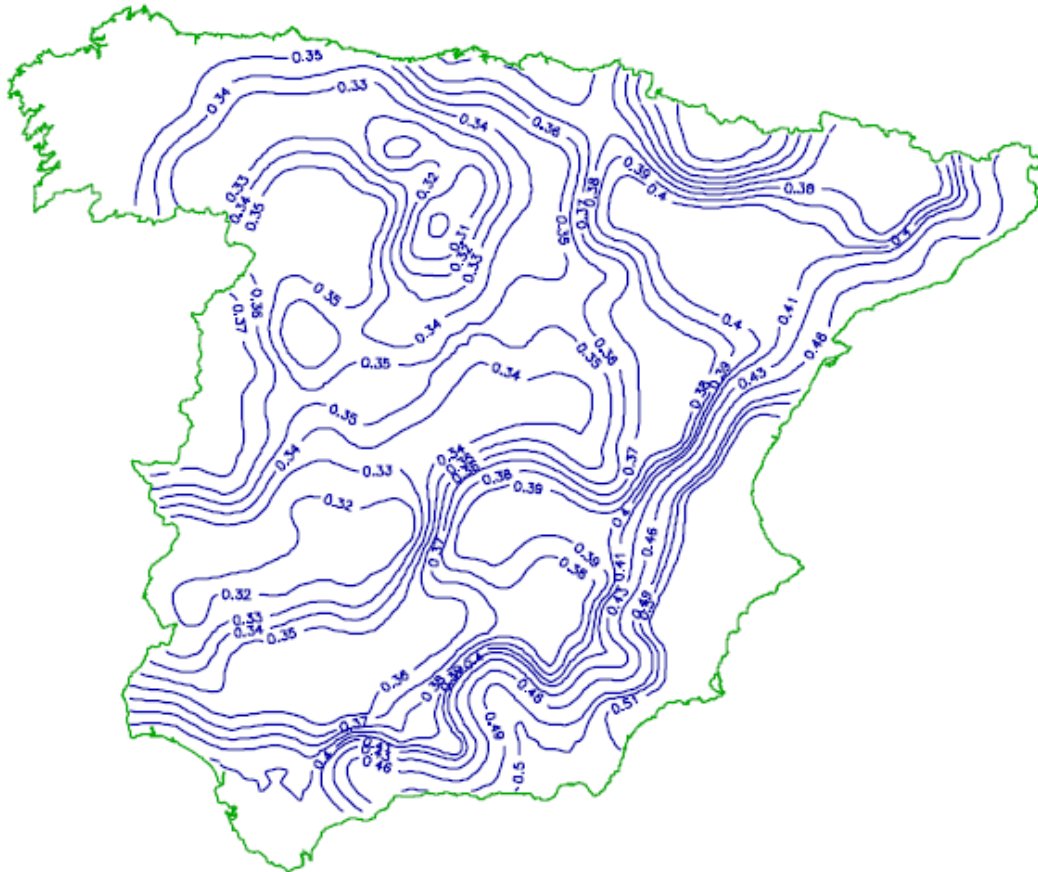


Fig 2

El  $C_v$  fue seleccionado como parámetro básico debido a su fácil comprensión al estar directamente relacionado con el valor de los cuantiles debido al modelo de ley y al método de estimación de parámetros adoptados.

### 3.2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL VALOR MEDIO COMO FACTOR DE ESCALA LOCAL

La estimación de cuantiles en un determinado punto es el resultado de aplicar la expresión de la función de distribución de la ley *SQRT-ET max* anteriormente expuesta, en la que la media  $\bar{P}$  de las series analizadas actúa como factor local.

El análisis de la distribución espacial de  $\bar{P}$  se abordó mediante interpolación espacial con técnicas de Krigado a partir de los valores medios de las series de 2231 estaciones, que incluyen las 1545 “básicas” ya empleadas en la modelación estadística; y otras 686 “complementarias” con series de más de 20 años.

La técnica del Krigado presenta como ventaja fundamental frente a otros métodos de interpolación (como la inversa de la distancia elevada a un exponente) la posibilidad de aprovechar directamente la información sobre correlación espacial existente en los propios datos, que queda reflejada en el denominado variograma muestral.

Para la aplicación del Krigado se consideraron 15 zonas geográficas con comportamiento similar de la variable analizada, caracterizado fundamentalmente por unas variaciones “bruscas” en zonas montañosas y “suaves” en el resto. En dichas zonas se calcularon los variogramas muestrales y se ajustaron variogramas teóricos. El proceso de obtención de los variogramas teóricos y de resolución de las ecuaciones básicas del Krigado se abordó mediante el software *GEO-EAS*, realizando una estimación de la variable sobre una malla cuadrada de 2500 m de lado.

### 3.3 APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfico *SIG* es una base de datos georeferenciada que permite realizar una serie de operaciones con los datos captados. Estas operaciones son de almacenamiento, catalogación, tratamiento o procesado, de análisis y representación gráfica de la información.

En un sistema de información geográfico la representación de los datos se puede realizar utilizando dos sistemas:

- Representación vectorial: Una característica queda delimitada gráficamente por la línea que une los puntos que definen su contorno. Cada punto de ese contorno está unívocamente definido por un par de números que indican las coordenadas  $X$  e  $Y$  en sistemas de representación geodésica universales o en el sistema particular de referencia del usuario.
- Representación matricial o ráster: En esta representación el área de estudio es subdividida en una fina malla de celdas (la precisión que se obtendrá en las imágenes será en función de la resolución que se dé a estas celdas) a la cual se asignan los atributos de la superficie de terreno encerrada por la celda.

La representación referida en último lugar es la más recomendable para el estudio de datos que varían de forma continua en el espacio (como es el caso de la precipitación) permitiendo un mayor poder analítico aprovechando la potencialidad de las operaciones matriciales.

Los *SIG* matriciales organizan la información existente en capas unitarias, cada una de las cuales contiene los datos de un determinado tipo en todas las celdas del mallado considerado. En el presente estudio, las capas de información de interés corresponden a los valores numéricos de las siguientes características pluviométricas: valor medio  $\bar{P}$ , coeficiente de variación  $C_v$ , cuantiles regionales  $Y_t$ , y cuantiles locales  $X_t$ .

Este conjunto de información espacial debe geo-referenciarse, es decir, localizarse respecto a un sistema conocido de coordenadas. La geo-referenciación adoptada, que cubre la totalidad del territorio peninsular, ha consistido en:

- Sistema de referencia: Coordenadas UTM referidas al huso 30.
- Unidades de referencia: Metros (m).

- Coordenadas de los bordes inferiores ( $Y_{\min}$ ), superior ( $Y_{\max}$ ), izquierdo ( $X_{\min}$ ) y derecho ( $X_{\max}$ ) de la malla considerada.

$$X_{\min} = -116250 \quad X_{\max} = 1161250$$

$$Y_{\min} = 3893750 \quad Y_{\max} = 4971250$$

El anterior sistema de referencia, junto con la resolución espacial adoptada de 2500mx2500m, define una matriz de 511 columnas y 431 filas y permite situar geográficamente el valor numérico asignado a cada celda. Las capas de información pluviométrica obtenidas han sido las siguientes:

### 1. VALOR MEDIO $\bar{P}$

La metodología para el análisis espacial de la variable P ha conducido a su estimación en los puntos de un mallado coincidente con el adoptado y que queda guardado en un archivo dentro del programa, por lo que al introducir las coordenadas del lugar de estudio dará este valor automáticamente.

### 2. COEFICIENTE DE VARIACIÓN $C_v$

El mapa de isolíneas de  $C_v$  fue obtenido mediante una interpolación espacial en una malla por el método del inverso de la distancia al cuadrado. Los datos empleados para la interpolación fueron las 1545 estaciones “básicas” a las que se asigna el  $C_v$  regional correspondiente.

Este mismo proceso, pero sobre una malla idéntica a la adoptada en  $\bar{P}$  ha permitido la obtención de la capa de información del  $C_v$ . Este campo está guardado en un archivo dentro del programa, por lo que de igual forma se obtiene de forma automática al introducir las coordenadas del punto objeto de estudio.

## 3.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Como la característica especial de los chubascos extremos mediterráneos es sus muy bajas intensidades para bajos periodos de retorno y para periodos de retorno medios y altos muy altas, se toma un periodo de retorno  $T=25$  años. Además así viene recogido en la tabla 1.2. de la instrucción 5.2. IC. Por otro lado se toma el periodo  $T=2$  años para asegurar la autolimpieza de la red.

Por tanto, partir de los parámetros insertados en el software anteriormente mencionados se nos devuelve la siguiente información:

#### T: 25 años

Valor medio $\bar{P}$	74,16 mm/día
Coef. Variacion $C_v$	0,518 adim
Cuantil regional $Y_t$	2.09 adim
Cuantil de precipitacion $P_t$	121 mm/día

#### T: 2 años

Valor medio $\bar{P}$	74,16 mm/día
Coef. Variacion $C_v$	0,518 adim
Cuantil regional $Y_t$	2.09 adim
Cuantil de precipitacion $P_t$	65 mm/día

#### 4. OBTENCIÓN DEL HIETOGRAMA DE DISEÑO

Con los datos obtenidos utilizando la fórmula de la Intensidad Media de Precipitación<sup>1</sup>, expresión recogida en la normativa 5.2-IC (MOPU,1990), con una duración de tormenta de una hora y media en intervalos diezminutales obtenemos las siguientes tablas:

**T : 25años**

Duración minutos	Intensidad mm/h	Lluvia Acum mm	Increm Lluvia mm
10	131,04	21,84	21,84
20	92,40	30,80	8,96
30	74,46	37,23	6,43
40	63,54	42,36	5,13
50	56,01	46,67	4,31
60	50,42	50,42	3,74
70	46,06	53,73	3,32
80	42,54	56,72	2,98
90	39,62	59,43	2,72

**T : 2 años**

Duración minutos	Intensidad mm/h	Lluvia Acum mm	Increm Lluvia mm
10	70,391	11,73	11,73
20	49,636	16,55	4,81
30	39,999	20,00	3,45
40	34,134	22,76	2,76
50	30,088	25,07	2,32
60	27,083	27,08	2,01
70	24,741	28,86	1,78
80	22,851	30,47	1,60
90	21,285	31,93	1,46

1

$$I = I_t = I_d \times \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

Donde:

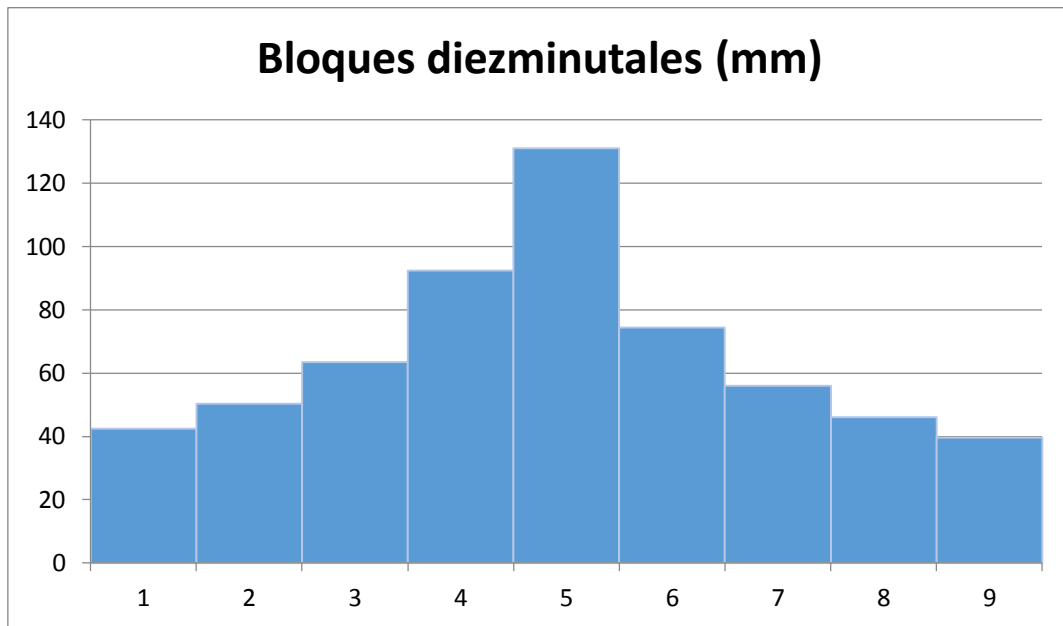
$$I_d = \frac{P_d}{24} = \text{Intensidad media diaria}$$

$I_1$  = duración de la lluvia en minutos

$t$  = periodo de tiempo (horas) para el que se quiere evaluar la intensidad

Al ordenar los datos anteriores obtenemos las siguientes gráficas de bloques alternos:

**T: 25 años**



**T: 2 años**

