



Ministerio de Obras Públicas y Transportes

**CEDEX**

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE LOS  
ESTUDIOS PARA LA DEFENSA DE MALAGA  
CONTRA LAS INUNDACIONES**

**INFORME SEGUNDO**

**TOMO PRIMERO**

**Para:**

**AYUNTAMIENTO DE MALAGA**

**CLAVE CEDEX: 42-556-2-001**

**Madrid , diciembre 1992**

**Centro de Estudios Hidrográficos**



Ministerio de Obras Públicas y Transportes

**CEDEX**

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE LOS  
ESTUDIOS PARA LA DEFENSA DE MALAGA  
CONTRA LAS INUNDACIONES**

INFORME SEGUNDO

TOMO PRIMERO

Para:

**AYUNTAMIENTO DE MALAGA**

CLAVE CEDEX: 42-556-2-001

Madrid , diciembre 1992

**Centro de Estudios Hidrográficos**

R.- 24107



**ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA ESTIMACION DE AVENIDAS  
DE LOS BARRANCOS DE MALAGA: ZONAS 2 Y 3**

**INDICE**

	<b>Pág.</b>
1.- OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	4
2.- INFORMACION BASICA	6
2.1. Documentación previa	6
2.2. Cartografía	7
2.3. Visitas de campo	8
3.- DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
3.1. Marco físico general	9
3.2. Zonas 2 y 3: Arroyos vertientes al río Guadalmedina y al Centro histórico de Málaga	11
4.- PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGIA	13
5.- ANALISIS PLUVIOMETRICO	14
5.1.- Objeto del análisis pluviométrico	14
5.2.- Leyes de frecuencia de máximas lluvias diarias	15
5.3.- Distribución temporal de la lluvia	21
6.- ESTIMACION DE CAUDALES	24
6.1.- Metodología propuesta	24
6.2.- Estimación de parámetros del método hidrometeorológico	30
6.3.- Leyes de frecuencia de caudales máximos en los puntos de interés	39
6.4.- Efecto de una hipotética repoblación forestal en las leyes de frecuencia de caudales máximos	43

**APENDICES****APENDICE N° 1: Análisis pluviométrico****PLANOS**

Plano n° 1.- Delimitación de la zona de estudio (escala 1:50.000)

Plano n° 2.- Delimitación de cuencas hidrológicas (escala 1:10.000)

## **1.- OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO**

La ciudad de Málaga viene sufriendo periódicas y devastadoras inundaciones desde tiempo inmemorial. Estas inundaciones tienen su origen en las avenidas de los dos grandes ríos que inciden sobre la ciudad, el Guadalmedina y el Guadalhorce, y en las de los diferentes arroyos que desde los montes próximos descienden hacia la misma.

Las crecidas del río Guadalmedina se pueden considerar en la actualidad satisfactoriamente resueltas salvo los problemas ocasionados por los arroyos afluentes a él aguas abajo de la presa de "El Limonero". En el caso del Guadalhorce y dentro de los trabajos incluidos en el convenio "Ensayo en modelo reducido y estudio en modelo matemático del río Guadalhorce" que el CEDEX esta realizando para la Dirección General de Obras Hidráulicas, se están estudiando soluciones que permitan controlar igualmente este río.

En lo que respecta a los diversos arroyos que atraviesan el casco urbano y sus alrededores, las recientes inundaciones de 1989 ponen de manifiesto la insuficiencia de las medidas de defensa arbitradas hasta la fecha y la necesidad de acometer nuevas actuaciones.

En este sentido el Ayuntamiento está llevando a cabo los oportunos estudios, dentro de los cuales se enmarca el presente trabajo de colaboración con el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

Como antecedentes a este estudio se encuentra, dentro del citado convenio de colaboración, el Informe Primero sobre "Asesoramiento y supervisión de los estudios para la defensa de Málaga contra las inundaciones", en el que se estudiaron y definieron las actuaciones para la defensa frente a las inundaciones de los arroyos de la zona Oeste

del río Guadalmedina vertientes al río Guadalhorce, incluyéndose en el mismo el arroyo de Teatinos.

El presente trabajo se circunscribe al estudio hidrológico de las crecidas de los arroyos vertientes al río Guadalmedina y al centro histórico de Málaga (Zonas 2 y 3) y tiene por objetivo, en concreto, la estimación de las leyes de frecuencia de caudales máximos en los puntos de interés. En informes posteriores se completará con los estudios hidráulicos y la definición de actuaciones para la defensa de estas zonas frente a las inundaciones.

En relación con el ámbito del estudio, debe indicarse que este se refiere únicamente a la red de drenaje definida por el Ayuntamiento en las visitas a la zona de estudio, sin incluir en ella algunas vaguadas y pequeños cauces cuya solución, en cada caso, deberá estudiarse con detalle "in situ", en función de la red de saneamiento existente y futura.

## **2.- INFORMACION BASICA**

### **2.1.- Documentación previa**

Como documentación previa se ha dispuesto de la siguiente:

- Plan de actuación en los arroyos de la ciudad de Málaga (defensa contra inundaciones). Confederación Hidrográfica del Sur de España. Dirección General de Obras Hidráulicas. MOPU. Enero 1979.
- Plan General de Ordenación Urbana. Planos. Excmo. Ayuntamiento de Málaga 1983.
- Daños producidos en los arroyos urbanos con motivo de las inundaciones de noviembre y diciembre de 1989. Excmo. Ayuntamiento de Málaga. Area de Infraestructura y Proyectos. Diciembre 1989.
- Informe sobre el drenaje de las rondas de circunvalación a la ciudad de Málaga. Excmo. Ayuntamiento de Málaga. Area de Obras y Proyectos. Junio 1990.
- Incidencia de la red viaria de circunvalación sobre los arroyos de Málaga y su entorno. Andaluza de Ingeniería y Consulta, S.A. Diciembre 1990.
- Informe Primero sobre "Asesoramiento y Supervisión de los estudios para la defensa de Málaga contra las inundaciones", realizado por el CEDEX para el Ayuntamiento de Málaga. Enero 1992.



## 2.2.- Cartografía

La cartografía básica utilizada para el desarrollo del estudio ha sido la siguiente:

- Planos del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000. Se han utilizado como elemento de referencia para el manejo de planos a escala de mayor detalle (1:10.000 y 1:5.000) y para el estudio pluviométrico.
- Planos del Ayuntamiento de Málaga a escala 1:10.000. En estos planos se han ubicado los puntos de interés y se han trazado los límites de sus cuencas vertientes.
- Planos del Ayuntamiento de Málaga a escala 1:5.000. Estos planos han servido de apoyo en el trazado de la red de flujo y de las divisorias, y en la localización de los puntos de interés reseñados en los planos a escala 1:10.000.

Para la estimación del parámetro umbral de escorrentía de cada una de las cuencas se ha utilizado la siguiente información:

- Mapa de cultivos y aprovechamientos (M.A.P.A.). Escalas 1:50.000 y 1:200.000
- Mapa geológico nacional (I.G.T.E.). Escala 1:50.000.
- Mapas provinciales de suelos. Mapa agronómico. Escala 1:200.000.

- Estudio de suelos de la provincia de Málaga (C.S.I.C.). Escala 1: 50.000.
- Vuelo fotogramétrico nacional a escala 1:33.000.

### **2.3.- Visitas de campo**

Una parte de este trabajo lo han constituido las visitas de campo a las cuencas, los cauces y las obras, que han servido para facilitar la comprensión de la problemática planteada.

Entre las labores desarrolladas en campo, desde una visión hidrológica, cabe citar las siguientes:

- a) Confirmación de límites de cuenca, trazado de vaguadas y esquemas de flujo en crecidas extraordinarias.
- b) Características de las cuencas, a efectos de contrastar parámetros hidrológicos, como el umbral de escorrentía ( $P_0$ ).

### 3.- DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

#### 3.1.- Marco físico general

El área de todo el estudio objeto del Convenio abarca las cuencas de los arroyos comprendidos entre el de "Prado Jurado" al oeste y el "Totalán" al este, concretándose la de este trabajo, según ya se ha indicado en el epigrafe 1, en los cauces vertientes al río Guadalmedina y al centro histórico de Málaga (Zonas 2 y 3 del Plano nº 1).

El área general objeto de Convenio tiene una superficie de unos 205 km<sup>2</sup> y está constituida por una zona costera más o menos llana, donde se asienta la ciudad, y otra montañosa - los Montes de Málaga - que la rodean. Las máximas elevaciones alcanzan los 900-1.000 m en la zona 4 (Vértice Geodésico Reina 1.033 m.).

Por las características topográficas, y fundamentalmente urbanísticas, todo este territorio se ha dividido en las cuatro zonas ya reseñadas, cuyas superficies aproximadas son:

Zona 1.- Arroyos al oeste del río Guadalmedina vertientes al río Guadalhorce:  
50 km<sup>2</sup>.

Zonas 2. y 3.- Arroyos vertientes al Guadalmedina y al centro histórico: 37 km<sup>2</sup>.

Zona 4.- Zona Este: 118 km<sup>2</sup>.



Geológicamente el área objeto de estudio se sitúa en el dominio de dos formaciones de características muy distintas. Una que se restringe a la aureola costera al N. y O. de la ciudad por debajo de la cota 100, cuyos relieves son relativamente suaves y que está constituida por materiales del Cuaternario y Terciario Superior postorogénico. La otra formación se extiende por los accidentados relieves de los Montes de Málaga que llegan hasta la costa por el E. de la ciudad; está formada por materiales muy variados, fundamentalmente del Paleozóico, e incluso anteriores (filitas, areniscas, conglomerados, grauwacas y otros) integrando un complejo alóctono denominado Maláquide, que ocupa la casi totalidad del área de los Montes.

En lo relativo a vegetación casi toda la cuenca se encuentra fuertemente deforestada con una flora rala y escasas masas arbóreas, circunstancias que origina una gran erosión en las zonas altas y medias y un depósito en los tramos bajos con intrusión de arrastres en las zonas urbanas.

La red hidrográfica procedente de los Montes se encuentra bien definida en sus tramos altos perdiendo en muchos casos su entidad al entrar en zonas urbanas y suburbanas donde su desagüe al mar se ve en múltiples ocasiones dificultado. Su régimen es, en la mayoría de los casos, torrencial.

Las precipitaciones en la zona son escasas y se concentran en pocos días al año, quedando toda el área sometida a los característicos y dañinos aguaceros mediterráneos propios del otoño, los cuales ponen en peligro la zona debido a sus intensas y esporádicas avenidas. El resto del año los arroyos están secos y son frecuentemente utilizados para otros usos distintos del que les es propio, por lo que a menudo cuando necesitan toda su sección para desaguar los máximos caudales, estas se encuentran reducidas.

### **3.2. Zonas 2 y 3.- Arroyos vertientes al río Guadalmedina y al Centro histórico de Málaga**

Estas zonas presentan en general, en su parte alta, las características propias de los Montes de Málaga, es decir, acusada deforestación, fuertes pendientes y litologías impermeables. Los terrenos bajos, predominantemente urbanos o suburbanos, tienen un topografía mucho más suave, si bien las pendientes en general son elevadas.

Se ha denominado zona 2 a la formada por los arroyos que vierten a la margen derecha del Guadalmedina y zona 3 a los que lo hacen a la izquierda.

La red hidrográfica está formada por una serie de arroyos con orientaciones predominantes Noroeste - Sureste (Zona 2) y Noreste - Suroeste (zona 3), siendo el de mayor cuenca receptora el denominado "Arroyo Pastelero" que desemboca en el Guadalmedina.

La disposición general de toda esta red hidrográfica puede verse en el plano Nº 2 a escala 1:10.000, en el cual además figuran las cuencas vertientes de cada arroyo en los puntos considerados para el estudio hidrológico. (Tabla 3.1)

REFERENCIA	ZONA	DENOMINACION ARROYO	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )
1	2	A. del Cuarto	1.065
2	2	A. del Cuarto	1.485
3	2	A. de los Angeles	1.470
4	2	A. de los Angeles	1.665
5	2	A. del Burro	0.205
6	2	A. del Burro	0.275
7	2	-	0.155
8	2	A. de la Palma	1.715
9	2	A. de la Virreyna	0.650
10	2	A. de Medalino Pescadores	2.380
11	3	A. del Pastelero	5.580
12	3	A. del Sastre	1.135
13	3	A. Alegría de la Huerta	0.310
14	3	A. Quintana	0.620
15	3	A. de Cambrones o Aceiteros	0.200
16	3	A. de Cambrones o Aceiteros	0.325
17	3	A. del Seminario+Cementerio	0.065
18	3	A. del Seminario+Cementerio	0.170
19	3	A. del Calvario	0.213
20	3	A. de la María	0.055
21	3	-	0.011

TABLA 3.1.- Cuencas hidrológicas (Zonas 2 y 3)

#### **4.- PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGIA**

Como se ha dicho en los epígrafes anteriores el objetivo del estudio es obtener la ley de frecuencia de caudales máximos instantáneos en los puntos de interés.

El pequeño tamaño de las cuencas objeto de estudio y, consecuentemente la falta de estaciones de aforo, impide que se utilice un tratamiento estadístico directo para la obtención de las leyes de frecuencia de caudales máximos. Esta ausencia de datos instantáneos de caudales, ha conducido, por tanto, al empleo de un método de cálculo hidrometeorológico.

Los métodos hidrometeorológicos simulan el proceso lluvia-escorrentía habitualmente mediante modelos determinísticos de mayor o menor complejidad. Los datos requeridos son fundamentalmente pluviométricos y aprovechan por tanto la ventaja de la mayor longitud y densidad espacial de los datos pluviométricos respecto a los foronómicos.

La simulación hidrológica se realiza de forma mayoritaria mediante modelos denominados "de suceso", que sólo consideran la parte de precipitación que provoca escorrentía superficial y están basados, muy frecuentemente, en el hidrograma unitario (si se precisan hidrogramas) o en el método racional (si solo se necesitan caudales punta).

En el presente trabajo se va a aplicar una versión del "método racional", ya que no es necesario obtener los hidrogramas de caudales y es suficiente la estimación de caudales punta para el estudio hidráulico de las obras.

## **5.- ANALISIS PLUVIOMETRICO**

### **5.1.- Objetivo del análisis pluviométrico**

El empleo de métodos hidrometeorológicos en la estimación de crecidas con un determinado período de retorno requiere la definición previa de la lluvia para los distintos períodos de retorno. Esta definición debe incluir no sólo la cantidad total para una duración dada sino también su distribución temporal y su valor areal sobre la cuenca objeto de estudio. El tratamiento conjunto de estos factores es complejo y dada la escasez de datos a escala menor de la diaria sigue habitualmente los siguientes pasos que se desarrollan a continuación:

- Estimación de la lluvia diaria en un punto para el período de retorno considerado.
- Reducción de los valores puntuales anteriores en función del tamaño de la cuenca para considerar el efecto de no simultaneidad de lluvias y obtención de lluvias areales.
- Determinación de la distribución temporal de la lluvia a lo largo del chubasco, en función del método hidrológico de cálculo considerado.



## **5.2.- Leyes de frecuencia de máximas lluvias diarias**

En el Apéndice N° 1 del presente estudio se realiza el estudio de las precipitaciones máximas diarias anuales en las estaciones pluviométricas consideradas más representativas en la zona de estudio.

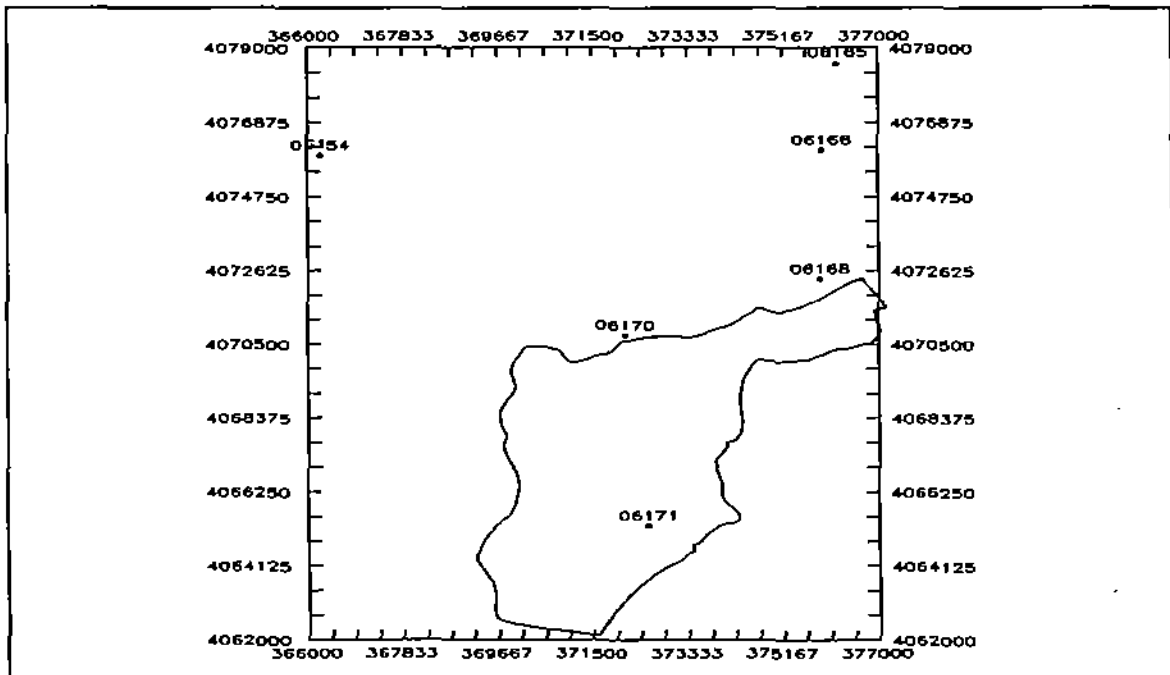
Los datos empleados corresponden a las máximas lluvias diarias procedentes del Instituto Nacional de Meteorología, con series actualizadas hasta el año hidrológico 90-91. La selección de estaciones pluviométricas se ha realizado en función de los criterios siguientes:

- número de años de la serie de registros.
- cobertura espacial de la cuenca hidrológica.
- análisis de sus estadísticos principales: media, coeficiente de variación y coeficiente de sesgo.

Como resultado de estos análisis (Apendice n° 1) se han seleccionado las estaciones pluviométricas que se muestran en la figura 5.1., y cuyo indicativo, nombre y número de años se resumen en la tabla 5.1.

INDICATIVO	MUNICIPIO	LUGAR	Nº AÑOS*
06154	ALMOGIA	LOS LLANES	38
06165	MALAGA	LAS CONTADORAS	28
06166	MALAGA	EL CERRADO	36
06168	MALAGA	EL BOTICARIO	35
06170	MALAGA	AGUJERO	32
06171	MALAGA		79

**TABLA Nº 5.1.- Estaciones pluviométricas consideradas**



**FIGURA 5.1.- Estaciones pluviométricas seleccionadas.**

\* Nº de años después de haber completado con criterios la serie

La obtención de leyes de frecuencia suele abordarse mediante modelos de series anuales de máximas y métodos paramétricos que utilizan diversas leyes de distribución cuyos parámetros son ajustados a los datos existentes.

Esta modelación estadística requiere la elección de:

- . Ley de distribución de la población.
- . Método de estimación de parámetros y cuantiles.
- . Esquema de uso combinado, en su caso, de datos locales y regionales.

Los modelos de ley de distribución más empleados en el análisis de lluvias máximas diarias\* son:

- . GEV (Valores extremos generalizados)
- . LP3 (Log-Pearson III)
- . TCEV (Valores extremos con 2 componentes)
- . GUMBEL
- . SQRT -  $ET_{m\acute{a}x}$

Los parámetros de estos modelos de leyes, estimados a partir de una única muestra presentan una cierta incertidumbre, debido a la propia variabilidad muestral, que puede reducirse al aprovechar la información adicional suministrada por otras estaciones pluviométricas de similar comportamiento.

---

\* CEDEX, 1991. Cálculo hidrometeorológico de Avenidas. Asistencia Técnica a la Planificación Hidrológica. C.E.H. CEDEX

Esta es la base de los denominados métodos regionales de estimación de parámetros en que se agrupan los datos de distintas estaciones para un tratamiento común. El primer paso consiste en la definición de la "región", o conjunto de estaciones en las que se asume un comportamiento similar. En el presente estudio se ha considerado la ley regional propuesta en el trabajo realizado recientemente por el CEDEX (Noviembre 1991) y que lleva por título "Estudio por simulación hidrológica de la ley de frecuencia de avenidas máximas en la cuenca del río Guadalhorce. CEDEX, Octubre 92", en el que se considera toda la cuenca del río Guadalhorce, así como la zona objeto del presente estudio, como integrantes de una misma región.

Los métodos regionales asumen valores comunes para distintos estadísticos, aplicando esa hipótesis en la estimación de los cuantiles. El enfoque de regionalización adoptado en el referido estudio es el denominado "índice de avenida", que asume valores comunes del coeficiente de variación  $C_v$  y del de sesgo  $C_s$ , por lo que los cuantiles de cada estación pluviométrica ( $X_{it}$ ) son el resultado de escalar mediante su valor medio ( $\bar{x}_i$ ) una única ley adimensional ( $Y_t$ ) según la siguiente expresión:

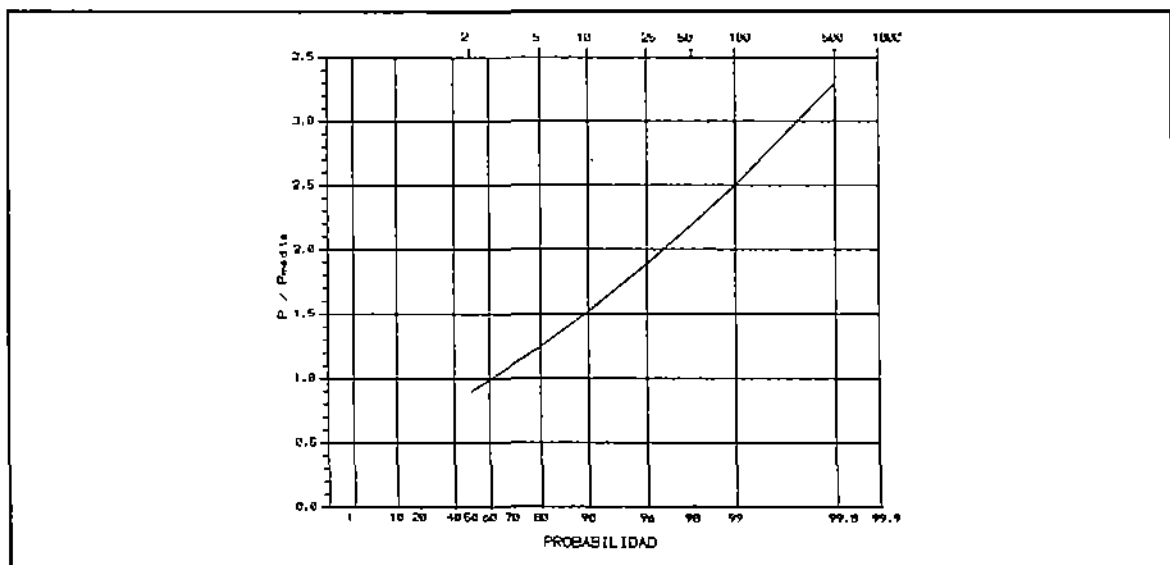
$$X_{it} = \bar{x}_i \cdot Y_t \quad (5.1)$$

Respecto a la obtención de la ley regional el procedimiento utilizado en dicho estudio tuvo las siguientes fases:

- a) Se seleccionó un modelo de ley para la población, SQRT-ET<sub>máx</sub>, avalado por los buenos resultados que se habían obtenido en otros trabajos del CEDEX. En el apéndice nº 1 se describe la formulación teórica de dicha ley.
- b) Ajuste de la ley a los datos de cada una de las estaciones pluviométricas consideradas.

- c) Expresión de los cuantiles obtenidos en los ajustes individuales en forma adimensional mediante su división por la media de cada estación.
- d) Obtención de un valor medio de cada cuantil (ley regional representada en la figura 5.2).

Los cuantiles que se proponen en este estudio son, por tanto, el resultado de multiplicar la anterior ley adimensional (Figura 5.2), por la media de la serie de precipitaciones diarias máximas anuales de cada una de las estaciones pluviométricas consideradas en este estudio, que constituye una red de medida más densa, al ser de más detalle la escala de trabajo, que la utilizada en el estudio del Guadalhorce. Estos resultados, junto con las series anuales de máximas diarias se recogen en el apéndice nº 1.



T (años)	2	5	10	25	50	100	200	500
$Y_t$	0.90	1.26	1.53	1.89	2.19	2.50	2.83	3.30

**FIGURA 5.2.- Ley regional adimensional de precipitaciones máximas en la zona de estudio (tomada del "Estudio por simulación hidrológica de la ley de frecuencia de avenidas máximas en la cuenca del río Guadalhorce. CEDEX. Octubre 92".)**

Dada la situación de las cuencas hidrológicas de interés y de las estaciones pluviométricas de la zona, puede admitirse una misma precipitación máxima diaria media en todas las cuencas, cuyo valor, según los resultados del apéndice nº 1, es de 68 mm.

Consecuentemente, la ley de frecuencia de precipitaciones anuales máximas diarias en las cuencas se obtendrá multiplicando ese valor por la ley regional adimensional. Los resultados de dicho cálculo para los distintos períodos de retorno considerados se muestran en la Tabla 5.2.

Período de retorno T (años)

	2	5	10	25	50	100	200	500
Precipitación areal (mm)	61	86	104	129	149	170	192	224

**TABLA 5.2.-** Precipitaciones máximas diarias (mm) para distintos períodos de retorno.

Los resultados anteriores están obtenidos a partir de datos puntuales correspondientes a las respectivas estaciones pluviométricas y por tanto deben minorarse para considerar el efecto de la no simultaneidad de lluvias en la totalidad de la cuenca. Esta minoración se efectúa mediante el factor reductor  $K_A$  calculado con la siguiente expresión\*:

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15} \quad \text{si } A > 1 \tag{5.2}$$

$$K_A = 0 \quad \text{si } A \leq 1$$

\* Témez, J.R. (1991): Extended and Improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain. Proc. XXIV Congress. Madrid (España) 1991. Vol. A., pp 33-40

siendo A la superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup> y log A el logaritmo decimal de la superficie de la cuenca.

**5.3.- Distribución temporal de la lluvia**

En la génesis de una crecida, interviene no sólo la cantidad total de lluvia sino, también, su distribución en intervalos menores de tiempo. Esta distribución temporal debe definirse con mayor o menor detalle en función del método de simulación hidrológica utilizado.

En este sentido la aplicación del método racional sólo requiere la determinación de la intensidad media correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, a diferencia de otros métodos, como el del hidrograma unitario, que emplea como dato básico la definición completa del hietograma.

La formulación básica empleada consiste en las curvas intensidad-duración propuestas en la actual normativa: Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial de Carreteras (M.O.P.U., 1990) que responde a la siguiente expresión:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left[ \frac{I_1}{I_d} \right] \frac{28^{0.1-t^{0.1}}}{28^{0.1}-1} \tag{5.3}$$

Siendo:

$I_t$  (mm/h) : Intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado.

- $I_d$  (mm/h) : Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a  $P_d/24$ .
- $P_d$  (mm/h) : Precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.
- $I_1/I_d$  : Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del período de retorno y que puede obtenerse, para el territorio nacional, de la figura 5.3, y que para la zona de estudio tiene un valor de 9.
- $t$  (h) : Duración del intervalo al que se refiere  $I_t$ .

Esta expresión permite obtener directamente, a partir de las lluvias diarias  $P_d$  anteriores, la intensidad  $I$  requerida para la aplicación del método racional.



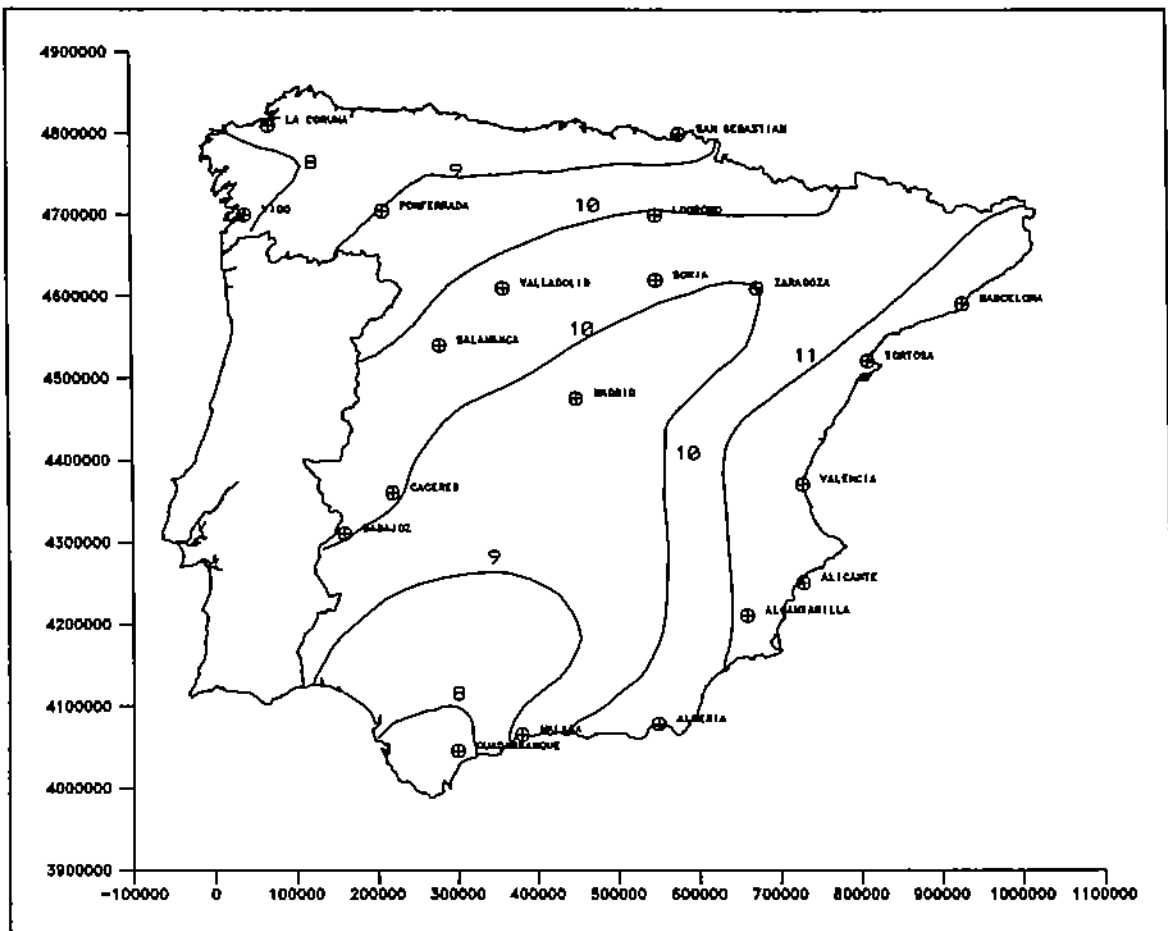


FIGURA 5.3.- Valores del parámetro  $I_1/I_d$

## 6.- ESTIMACION DE CAUDALES

### 6.1.- Metodología propuesta

El método racional presenta una formulación de gran sencillez que lo hace mayoritariamente empleado en aquellos casos en que la obtención del caudal punta sea suficiente para el fin perseguido.

#### Fórmula de cálculo

La formulación empleada es la propuesta por Témez (1991)\* que realiza algunas modificaciones en la actual normativa 5.2-I.C. de drenaje transversal de carreteras para ampliar su campo de aplicación a cuencas de hasta 3000 Km<sup>2</sup> y tiempos de concentración comprendidos entre 0.25 h y 24 h. La expresión de cálculo utilizada añade un factor corrector K a la tradicional fórmula racional resultando:

$$Q = \frac{CIA}{3.6} K \quad (6.1)$$

en la que:

Q (m<sup>3</sup>/seg) = caudal punta

I (mm/h) = máxima intensidad media en el intervalo de duración igual al tiempo de concentración

---

\* Témez, J.R. (1991): Extended and Improved Rational Method. Version of the Hyghways Administration of Spain. Proc. XXIV IAHR Congress. Madrid (España) 1991. Vol. A., pp 33-40

A (Km <sup>2</sup> )	=	superficie de la cuenca
C	=	coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce I
K	=	coeficiente de uniformidad

El coeficiente de uniformidad K introducido tiene por finalidad abordar la excesiva simplificación que supone asumir un valor de lluvia neta constante a lo largo del tiempo de concentración. En la práctica, y de forma más acentuada conforme aumenta el tamaño de la cuenca, existen variaciones en el reparto temporal de la lluvia que favorecen el desarrollo de los caudales punta.

El coeficiente de uniformidad K varía de unos episodios a otros, pero su valor medio en una cuenca concreta depende fundamentalmente del valor de su tiempo de concentración, y de forma tan prevalente que a efectos prácticos puede despreciarse la influencia de las restantes variables tales como la torrencialidad del clima, etc.

Para su estimación, en valores medios, en el método se propone la siguiente expresión:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14} \quad (6.2)$$

obtenida a partir de comprobaciones empíricas realizadas en diversas estaciones de aforos distribuidas por toda la geografía española y de acuerdo con las conclusiones deducidas de los análisis teóricos desarrollados mediante el hidrograma unitario.

## Intensidad

La intensidad ( $I$ ) se refiere a un valor medio a lo largo del intervalo pésimo de duración igual al tiempo de concentración calculado según la expresión (6.8) propuesta en el epigrafe 6.2. El empleo del método racional en el análisis de un determinado chubasco requeriría el análisis del hietograma de dicho chubasco, pero utilizado para el cálculo del caudal del diseño se refiere a una intensidad asociada a un determinado período de retorno. Para su cálculo es válido todo lo expuesto en el epigrafe (5.3) y en particular la expresión (5.3) que junto con el factor reductor por área ( $K_a$ ) de la expresión (5.2) completan la formulación que permite obtener a partir de las isomáximas de lluvia diaria el valor de la intensidad  $I$ , a considerar.

## Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía ( $C$ ) define la proporción de la intensidad de lluvia,  $I$ , que genera escorrentía superficial y obviamente está relacionado con el concepto de lluvia neta. El método racional aquí expuesto obtiene la expresión de  $C$  basándose en la formulación del S.C.S., que se desarrolla a continuación, y en particular en la expresión (6.6), función del parámetro  $P_o$ , denominado umbral de escorrentía.

La obtención de la lluvia neta requiere descontar de la lluvia total aquella parte que queda interceptada por la vegetación, almacenada en charcos o que infiltra hacia el acuífero y por tanto no forma parte de la escorrentía superficial.

El método utilizado es el propuesto por el Soil Conservation Service (SCS) basado en el concepto ampliamente extendido de "número de curva".

Este método propone las siguientes leyes de escorrentía:

$$\begin{aligned} \sum E &= 0 && \text{si } \sum P \geq P_0 \\ \sum E &= \frac{(\sum P - P_0)^2}{\sum P + 4 P_0} && \text{si } \sum P > P_0 \end{aligned} \quad (6.3)$$

Siendo:

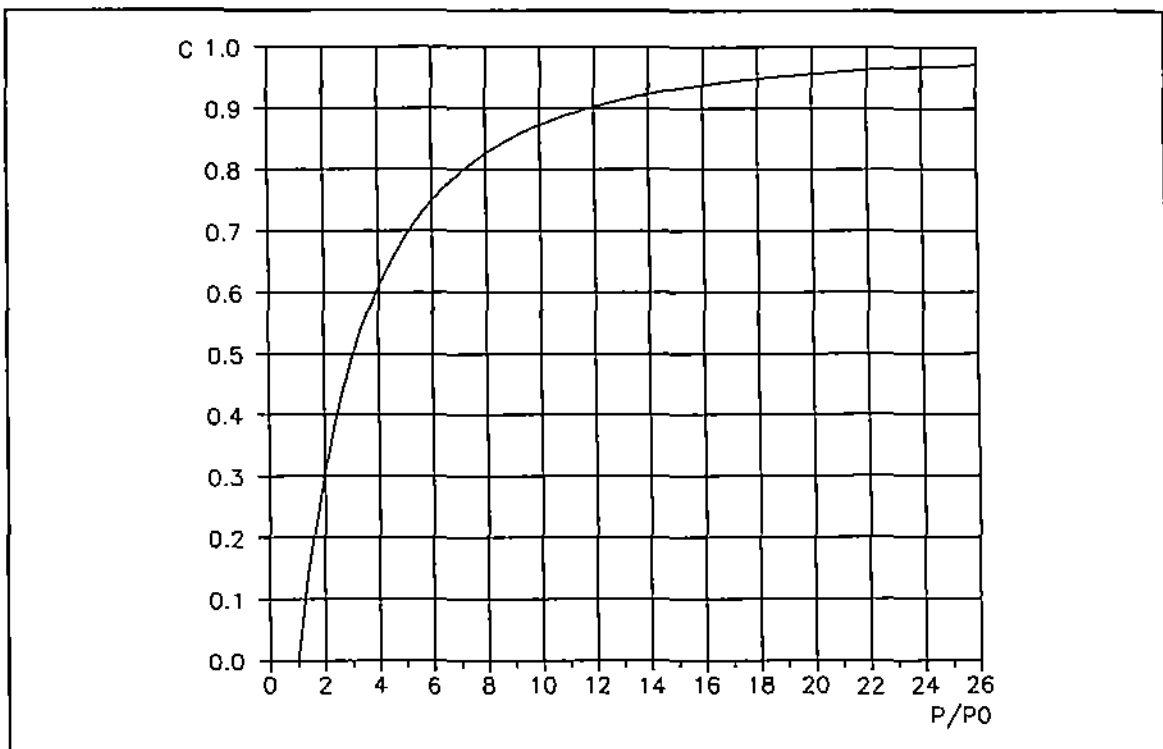
$\Sigma P$  = lluvia acumulada desde el comienzo del aguacero hasta el instante considerado

$\Sigma E$  = lluvia neta provocada por  $\Sigma P$

$P_0$  = parámetro o umbral de escorrentía

El coeficiente instantáneo de escorrentía  $C$ , en un instante dado hasta el cual ha precipitado  $P$  y se ha provocado una escorrentía  $E$ , se podrá obtener derivando la expresión (6.3), con lo que se obtiene (ver figura 6.1) la siguiente formulación.

$$C = \frac{d E}{d P} = \frac{d (E / P_0)}{d (P / P_0)} = \frac{((P / P_0) - 1) * ((P / P_0) + 9)}{((P / P_0) + 4)^2} \quad (6.4)$$



**FIGURA 6.1.-** Coeficiente instantáneo de escorrentía basado en las leyes del S.C.S.

El coeficiente instantáneo de escorrentía  $C$  va creciendo a lo largo de un aguacero y su valor medio en un intervalo será mayor que el correspondiente a su origen y menor que el del final. El intervalo objeto de estudio es aquel que proporciona mayor escorrentía y se admite que corresponde al de duración igual al tiempo de concentración y que contiene el máximo del hietograma. Si se conoce el valor de  $P$  en dicho instante, la expresión permitirá obtener el coeficiente de escorrentía buscado.

Se ha comprobado en distintas estaciones pluviométricas españolas que en valores medios puede admitirse una ley lineal del tipo:

$$(P)_{\text{max. intensidad}} = b * Pd \tag{6.5}$$

en donde el parámetro  $b$ , que refleja la posición relativa del intervalo de máxima intensidad dentro del pluviograma diario, puede admitirse que toma un valor de 0,5, con lo que quedaría fijado el valor del coeficiente de escorrentía a utilizar, en función exclusivamente de la lluvia diaria  $P_d$ .

Esta formulación debe ser corregida en los casos de aguaceros de pequeña magnitud puesto que en estos casos no se cumple sistemáticamente la hipótesis básica: el máximo caudal no está asociado al intervalo de máxima intensidad y duración  $T_c$ , ya que dicha precipitación quedará absorbida íntegramente por el terreno al ser menor que el umbral de escorrentía.

En estos casos, el intervalo generador del máximo caudal, y con él, el punto intermedio indicativo del coeficiente de escorrentía, se desplazan en el tiempo hacia la zona final del aguacero, en espera de condiciones más favorables de la humedad del suelo que las correspondientes al intervalo de máxima intensidad.

Este problema se aborda modificando la ley anterior en el entorno de los pequeños valores, haciéndola despegar del eje  $C = 0$  para  $P_d = P_o$ , para tender posteriormente a confundirse con la curva primitiva, proponiéndose finalmente la siguiente expresión definitiva (ver figura 6.2):

$$C = \frac{((P_d / P_o) - 1) * ((P_d / P_o) + 23)}{((P_d / P_o) + 11)^2} \quad (6.6)$$

$$CN = \frac{1000}{10 + 0.2 P_0} \quad (6.7)$$

La formulación original del S.C.S. está desarrollada a partir del número de curva, que presenta la ventaja de su carácter adimensional. Por contra, el concepto de umbral de escorrentía  $P_0$  es más intuitivo y va a ser empleado en el presente trabajo, de acuerdo con lo expuesto en la actual normativa de drenaje transversal de carreteras\*. En esta normativa, y basada en los trabajos experimentales del S.C.S., se presenta una tabla (reproducida en la Tabla 6.1) que permite obtener de forma orientativa el valor del parámetro  $P_0$  para condiciones medias de humedad, en función de:

- capacidad de infiltración del suelo
- uso agrario de la tierra
- pendiente del terreno

La aplicación de la anterior tabla a las cuencas objeto de estudio (ver figura 6.3) conduce a los valores reflejados en la Tabla 6.2.

---

\* Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial de Carreteras (M.O.P.U., 1990)



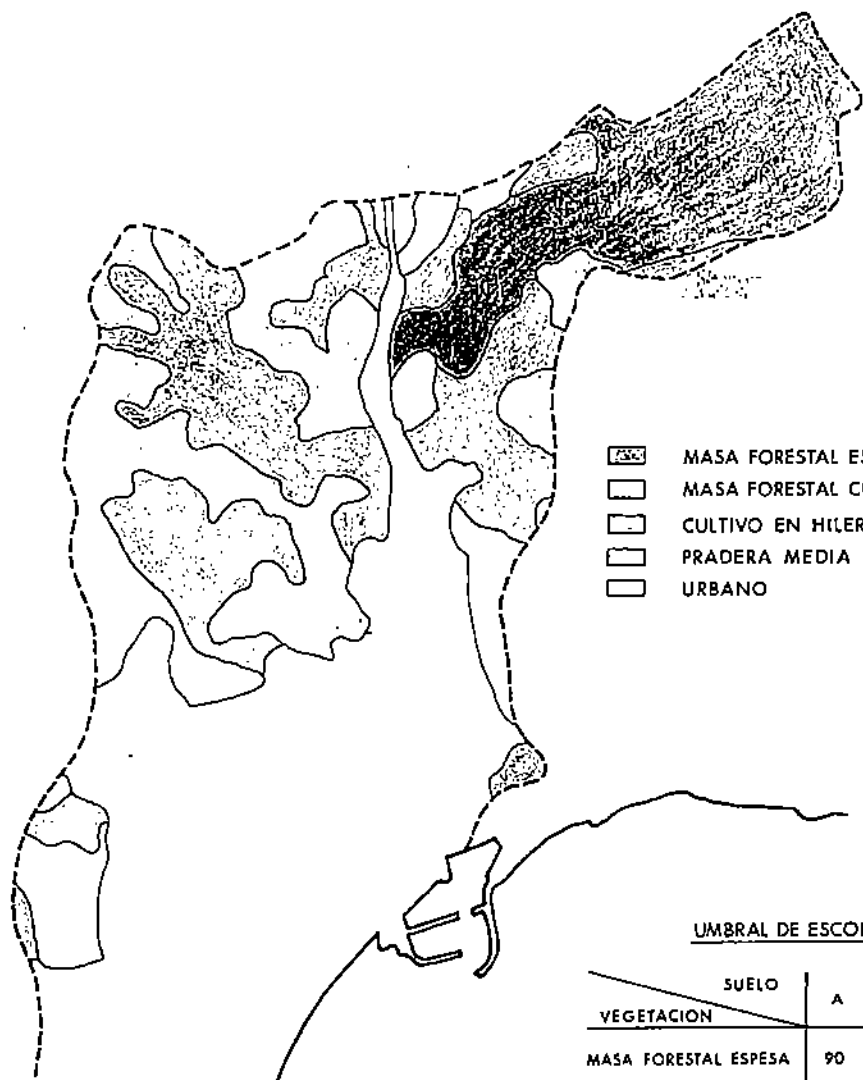
Uso de la tierra	Pendiente %	Características hidrológicas	Grupo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	≥ 3	R N	15 17	8 11	6 8	4 6
	< 3	R/N	20	14	11	8
Cultivo en hilera	≥ 3	R N	23 25	13 16	8 11	6 8
	< 3	R/N	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥ 3	R N	29 32	17 19	10 12	8 10
	< 3	R/N	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	≥ 3	R N	26 28	15 17	9 11	6 8
	< 3	R/N	30	19	13	10
Rotación de cultivos densos	≥ 3	R N	37 42	20 23	12 14	9 11
	< 3	R/N	47	25	16	13
Praderas	≥ 3	Pobre Media Buena Muy buena	24 53 70 80	14 23 33 41	8 14 18 22	6 9 13 15
	< 3	Pobre Media Buena Muy buena	58 80 120 250	25 35 55 100	12 17 22 25	7 10 14 16
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal	≥ 3	Pobre Media Buena	62 80 100	28 34 42	15 19 22	10 14 15
	< 3	Pobre Media Buena	75 95 150	34 42 80	19 22 25	14 15 16
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc)		Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	75	34	22	16
		Espesa	90	47	31	23
		Muy espesa	120	65	43	33
Rocas permeables	≥ 3		3			
	< 3		5			
Rocas impermeables	≥ 3		2			
	< 3		4			






TABLA 6.1.- Valores medios del parámetro P<sub>0</sub> (mm)

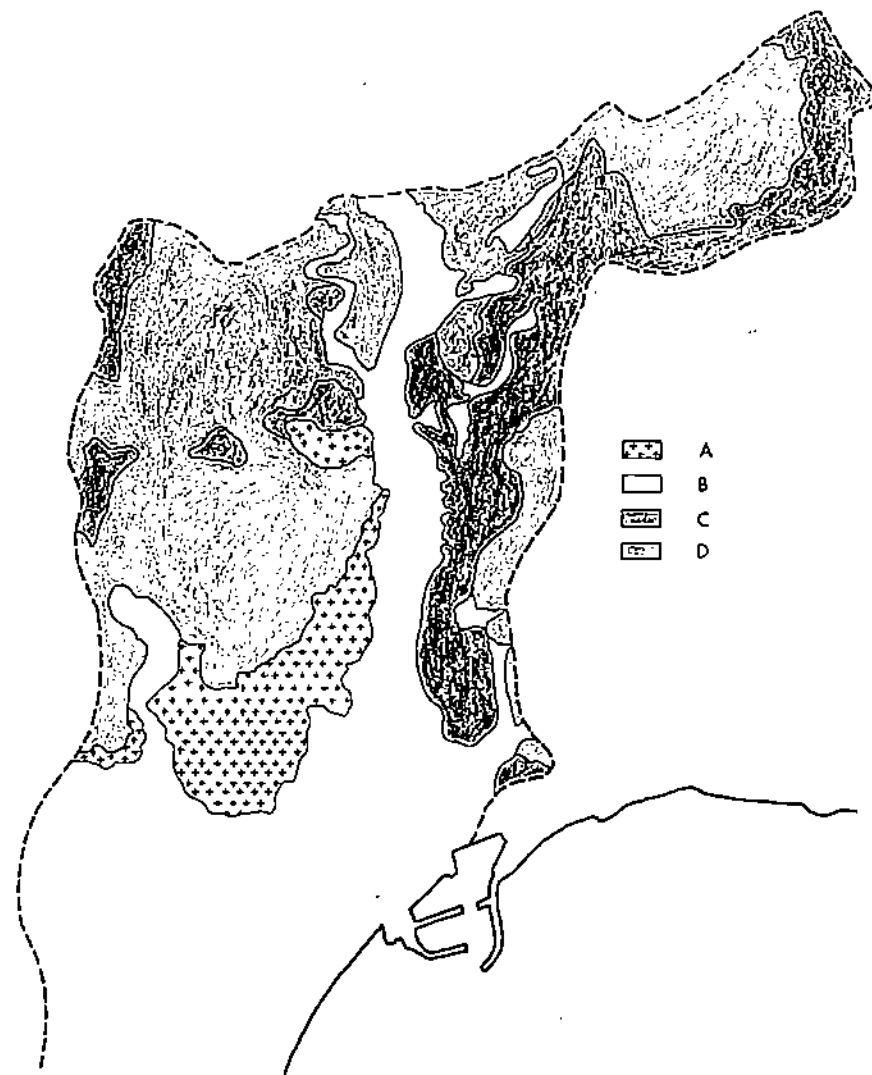






USO DEL SUELO Y ACTIVIDADES AGRARIAS

CAPACIDAD DE INFILTRACION DEL SUELO



-  MASA FORESTAL ESPESA
-  MASA FORESTAL CLARA
-  CULTIVO EN HILERA
-  PRADERA MEDIA
-  URBANO



-  A
-  B
-  C
-  D

UMBRAL DE ESCORRENTIA,  $P_0$

VEGETACION	SUELO			
	A	B	C	D
MASA FORESTAL ESPESA	90	47	31	23
MASA FORESTAL CLARA	60	24	14	10
CULTIVO EN HILERA	25	16	11	8
PRADERA MEDIA	53	23	14	9
URBANO				

FIG. 6.3.- USO Y CAPACIDAD DE INFILTRACION DEL SUELO

Cuenca de referencia	Uso del suelo y actividades agrarias Tipo	Capacidad de infiltración Tipo	%	P <sub>0</sub>	CN	CN medio	P <sub>0</sub> medio
1	Masa forestal clara	C	25	14	78	82	11
	Masa forestal clara	D	75	10	83		
2	Masa forestal clara	C	35	14	78	81	12
	Masa forestal clara	D	65	10	83		
3	Masa forestal clara	D	35	10	83	85	9
	Cultivo en hilera	D	65	8	86		
4	Masa forestal clara	D	40	10	83	85	9
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
5	Masa forestal clara	D	80	10	83	84	10
	Cultivo en hilera	D	20	8	86		
6	Masa forestal clara	D	65	10	83	84	10
	Cultivo en hilera	D	35	8	86		
7	Masa forestal clara	D	40	10	83	85	9
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
8	Masa forestal clara	D	50	10	83	85	9
	Cultivo en hilera	D	50	8	86		
9	Cultivo en hilera	A	15	25	67	83	10
	Cultivo en hilera	C	10	11	82		
	Cultivo en hilera	D	75	8	86		
10	Masa forestal clara	D	35	10	83	85	9
	Cultivo en hilera	D	65	8	86		
11	Masa forestal espesa	B	10	47	52	64	28
	Masa forestal espesa	C	40	31	62		
	Masa forestal espesa	D	50	23	68		
12	Masa forestal espesa	C	20	31	62	77	15
	Cultivo en hilera	C	65	11	82		
	Masa forestal clara	C	15	14	78		
13	Cultivo en hilera	C	100	11	82	82	11
14	Masa forestal clara	C	40	14	78	83	10
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
15	Masa forestal clara	D	100	10	83	83	10
16	Masa forestal clara	C	50	14	78	81	12
	Masa forestal clara	D	50	10	83		
17	Masa forestal clara	D	100	10	83	83	10
18	Masa forestal clara	C	40	14	78	81	12
	Masa forestal clara	D	60	10	83		
19	Masa forestal clara	B	40	24	68	77	15
	Masa forestal clara	D	60	10	83		
20	Masa forestal clara	B	50	24	68	76	16
	Masa forestal clara	D	50	10	83		
21	Masa forestal clara	B	50	24	68	76	16
	Masa forestal clara	D	50	10	83		

TABLA 6.2.- Valores de P<sub>0</sub> para la condición de humedad II según Tabla 6.1

Los valores anteriores se refieren a un estado medio de humedad en el suelo y deben modificarse para tener en cuenta si dicho estado previo era seco o húmedo. El S.C.S. define tres condiciones: tipo II (medio), tipo I (seco) y tipo III (húmedo), según se indica en la tabla 6.3:

Precipitación en los cinco días anteriores (mm).		
Condición	Estación de latencia	Estación de crecimiento
I seco	$P_T < 13.$	$P_T < 36.$
II medio	$13 < P_T < 28$	$36 < P_T < 53$
III húmedo	$P_T > 28$	$P_T > 53$

**TABLA 6.3- Condiciones de humedad del S.C.S.**

Las condiciones para los valores de  $P_o$  dados en la tabla 6.1 anterior, corresponden a un estado medio de humedad (Tipo II) y las condiciones de paso se adjuntan en la tabla 6.4, obtenida a partir de la propuesta por el S.C.S., expresada originariamente en número de curva (CN)

$P_o$ (mm) Condición II	$P_o$ (mm) Condición I	$P_o$ (mm) Condición III
3	7	0.5
6	14	1
9	21	2
13	29	3
17	38	5
21	48	7
27	61	10
33	75	13
41	93	17
50	112	21
61	135	27
75	167	33
93	213	41
117	283	50

**TABLA 6.4.- Equivalencia de valores de  $P_o$  entre distintas condiciones de humedad según S.C.S.**

En este trabajo se ha modificado el valor de  $P_o$  propuesto por el S.C.S. para condiciones medias de húmedas, para tener en cuenta la escasa humedad inicial esperable en la zona, en la época en que habitualmente se presentan las crecidas.

Con esta hipótesis, el parámetro  $P_o$  para la zona de estudio resultaría de multiplicar la relación de equivalencia de la Tabla 6.4 por los valores de la Tabla 6.2, siendo los valores finalmente empleados en el cálculo los que se muestran en la tabla 6.5. Esas relaciones de equivalencia muestran un buen acuerdo con los factores multiplicativos del método racional modificado\*, que varían entre 1, en el Norte de España y del orden de 2 en la zona del centro y del Mediterráneo Septentrional y que fueron obtenidos tras la aplicación y contraste del método en distintas estaciones foronómicas españolas en las que se estimó el valor del parámetro de lluvia neta  $P_o$ , que conducía a un buen acuerdo entre leyes de frecuencia de caudales máximos observados y calculados.

---

\* Témez, J.R. (1991): Extended and improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain. Proc. XXIV Congress. Madrid (España) 1991. Vol.A, pp 33-40

Cuenca de referencia	$P_0$ Condición II	$P_0$ adoptado
1	11	25
2	12	27
3	9	21
4	9	21
5	10	23
6	10	23
7	9	21
8	9	21
9	10	23
10	9	21
11	28	63
12	15	34
13	11	25
14	10	23
15	10	23
16	12	27
17	10	23
18	12	27
19	15	34
20	16	36
21	16	36

TABLA 6.5. -Valores de  $P_0$  adoptados

### Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se ha obtenido a partir de la relación empírica propuesta por Témex, J.R. (1987), en la publicación "Cálculo hidrometeorológico de pequeñas cuencas naturales". D.G.C., M.O.P.U.:

$$T_c = 0,3 \left[ \frac{L}{J^{1/4}} \right]^{0.76} \quad (6.8)$$

siendo:

$T_c$  (h) : tiempo de concentración

$L$  (Km) : longitud curso principal

$J$  (m/m) : pendiente media del curso principal

La aplicación de las anteriores expresiones a las cuencas vertientes en los puntos objeto de estudio conduce a los resultados que se muestran en la Tabla 6.6.

Punto de Referencia	Barranco	A (Km <sup>2</sup> )	L (Km)	H <sub>max</sub> (m)	H <sub>min</sub> (m)	J (m/m)	T <sub>c</sub> (h)
1	A. del Cuarto	1.065	2.5	250	70	0.072	0.99
2	A. del Cuarto	1.485	3.2	250	50	0.063	1.23
3	A. de los Angeles	1.470	3.0	350	70	0.093	1.08
4	A. de los Angeles	1.665	3.7	350	40	0.084	1.30
5	A. del Burro	0.205	0.8	160	50	0.138	0.37
6	A. del Burro	0.275	1.1	160	30	0.118	0.48
7	-	0.155	0.8	200	45	0.194	0.35
8	A. de la Palma	1.715	3.2	350	35	0.098	1.13
9	A. de la Virreyna	0.650	2.1	230	35	0.093	0.83
10	A. de Medalino o Pescadores	2.380	3.2	450	35	0.130	1.07
11	A. Pastelero	5.580	6.6	600	65	0.081	2.03
12	A. del Sastre	1.135	2.4	250	45	0.085	0.93
13	A. Alegría de la Huerta	0.310	1.0	130	50	0.080	0.48
14	A. Quintana	0.620	0.9	250	45	0.228	0.37
15	A. de Cambrones o Aceiteros	0.200	0.8	150	55	0.119	0.38
16	A. de Cambrones o Aceiteros	0.325	1.4	150	40	0.079	0.63
17	A. del Seminario + Cement.	0.065	0.3	130	85	0.150	0.17
18	A. del Seminario + Cement.	0.170	0.5	140	65	0.150	0.25
19	A. del Calvario	0.213	0.6	160	45	0.192	0.28
20	A. de la María	0.055	0.5	180	60	0.240	0.23
21	-	0.011	0.2	120	60	0.300	0.11

**Tabla 6.6. Características físicas de las cuencas**

**6.3.- Leyes de frecuencia de caudales máximos en los puntos de interés**

El proceso operativo expuesto anteriormente para la aplicación del método racional requiere los siguientes datos básicos:



- características físicas de la cuenca: área, longitud y pendiente
- lluvias: parámetro  $I_1/I_d$  y lluvia diaria para los distintos períodos de retorno
- escorrentía: parámetro  $P_o$

Los datos anteriores, a excepción del parámetro  $P_o$ , han sido evaluados a lo largo de los epígrafes precedentes, resumiéndose esquemáticamente el proceso de cálculo en la figura 6.4.

DATOS			
Características físicas de las cuencas		Lluvia	Escorrentía
Area (A)	[Tabla 6.6]	Pd (mm) [Tabla 5.2]	$P_o$ (mm) [Tabla 6.5]
Longitud (L)			
Pendiente (J)		$I_1/I_d$ [Figura 5.3]	

CALCULO		
Orden	Proceso	Formulación
1	Obtención factor reductor por área (ARF) :KA	[Exp. 5.2]
2	Obtención lluvia areal	$P = Pd \times ARF$
3	Estimación $T_c$ (h)	[Exp. 6.8] [Tabla 6.6]
4	Obtención I media para $T_c$	[Exp. 5.3]
5	Obtención coeficiente escorrentía C	[Exp. 6.6]
6	Obtención K de uniformidad	[Exp. 6.2]
7	Cálculo del caudal máximo	[Exp. 6.1]

**FIGURA 6.4.- Esquema de cálculo propuesto del método racional**

El cálculo de la lluvia diaria con un determinado período de retorno permite, con los procedimientos desarrollados en el epígrafe 5, la obtención de una intensidad media de un período de retorno dado, información que constituye los datos pluviométricos necesarios para la aplicación del método racional.

Es habitual admitir que el período de retorno de la crecida calculada coincide con el de la lluvia utilizada como dato básico. No obstante esta hipótesis es conveniente que se contraste si se dispone de datos foronómicos, máxime con el conjunto de hipótesis que necesariamente han sido realizados en la definición pluviométrica: ley de intensidad-duración, distribución temporal de la tormenta, etc. Por otra parte, el método propuesto requiere como parámetro básico el valor de  $P_0$ , que depende no sólo de las características de la cuenca (vegetación, pendiente, capacidad de infiltración del suelo....) sino también y de forma muy importante del estado de humedad previo del complejo suelo-vegetación. En la cuenca del río Guadalmedina, Témez\* obtiene un valor de  $P_0$  igual a 25, ajustando la ley de frecuencia de caudales máximos simulada y la deducida de los valores registrados en la estación de aforos. Este valor del parámetro  $P_0$  esta dentro del rango de los obtenidos mediante tablas para las cuencas objeto de estudio (Tabla 6.5).

Los caudales estimados para los períodos de retorno considerados se resumen en la siguiente Tabla.

---

\* Témez, J.R. (1991): Extended and improved Rational Method. Version of the Highways Administration of Spain. Proc. XXIV Congress. Madrid (España)1991. Vol.A, pp 33-40

T(años)								
Cuenca de referencia	2	5	10	25	50	100	200	500
1	1.5	3.2	4.6	6.9	8.9	11.0	13.4	17.0
2	1.6	3.6	5.3	8.0	10.3	13.0	15.8	20.2
3	2.4	4.9	7.0	10.2	12.9	15.9	19.2	24.1
4	2.5	5.0	7.2	10.5	13.3	16.4	19.8	24.9
5	0.5	1.1	1.6	2.3	3.0	3.7	4.5	5.6
6	0.6	1.3	1.9	2.7	3.5	4.3	5.2	6.6
7	0.5	0.9	1.3	1.9	2.5	3.0	3.7	4.6
8	2.7	5.5	7.9	11.5	14.7	18.1	21.8	27.3
9	1.1	2.3	3.3	4.9	6.2	7.7	9.3	11.8
10	3.8	7.7	11.0	16.1	20.5	25.3	30.5	38.3
11	0.0	1.7	3.9	7.7	11.3	15.6	20.6	28.7
12	1.0	2.4	3.7	5.7	7.6	9.7	12.0	15.6
13	0.6	1.3	1.9	2.8	3.6	4.4	5.4	6.8
14	1.5	3.2	4.7	6.9	8.8	10.9	13.2	16.6
15	0.5	1.0	1.5	2.2	2.8	3.5	4.2	5.3
16	0.5	1.1	1.7	2.5	3.2	4.0	4.9	6.3
17	0.3	0.5	0.8	1.1	1.4	1.8	2.1	2.7
18	0.4	0.9	1.3	2.0	2.6	3.2	4.0	5.1
19	0.3	0.8	1.2	1.9	2.5	3.2	4.0	5.2
20	0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	1.0	1.2	1.6
21	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4

**TABLA 6.7. Caudales (m<sup>3</sup>/seg) en las cuencas objeto de estudio**

#### **6.4.- Efecto de una hipotética repoblación forestal en las leyes de frecuencia de caudales máximos**

Las cuencas vertientes al río Guadalhorce incluidas en la denominada zona oeste de Málaga fueron estudiadas previamente por el CEDEX, y el informe correspondiente se entregó al Ayuntamiento en Enero de 1992.

En esos casos la repoblación forestal se analizó de forma elemental aplicada a pequeños porcentajes de las superficies totales, y se planteó respecto a las medidas estructurales de defensa, no con carácter alternativo o condicionante, sino únicamente complementario. Se consideró poco prudente que, ante la simple esperanza de una hipotética repoblación forestal extensa, se perdiera la oportunidad de acondicionar ahora los cauces antes de que lo impida el desarrollo de esa zona, aún poco urbanizada pero a punto de urbanizarse.

El caso de las zonas objeto del presente estudio, con cuencas más pequeñas y cauces más urbanos, es diferente, y el estudio de soluciones en ellas debe contemplar con mayor detenimiento las alternativas que ofrece una razonable repoblación forestal.

En este epígrafe se ha estudiado, por tanto, el efecto hipotético que una repoblación con una masa forestal espesa tendría sobre las leyes de frecuencia de caudales máximos en los puntos de interés.

Se han hecho las siguientes hipótesis:

- a) Repoblación forestal de todas las zonas en donde no existía vegetación o ésta se reducía a matorrales y arbustos.

- b) Mantenimiento de las zonas con cultivos en hilera, tales como olivar, frutales etc.
- c) La climatología y tipo de suelo existentes permiten realizar la repoblación.

A efectos de cálculo de caudales la repoblación de las cuencas sólo afecta al parámetro umbral de escorrentía, que quedará modificado con el nuevo aprovechamiento agrario del suelo.

Se han modificado por tanto las Tablas 6.2 y 6.5, de la forma que se refleja en las tablas 6.8 (valores de  $P_0$  en la repoblación forestal para condición de humedad tipo II) y 6.9 (valores adoptados de  $P_0$  bajo la hipótesis de repoblación forestal).

Con los valores de los nuevos parámetros  $P_0$  en cada una de las cuencas se han estimado las nuevas leyes de frecuencia de caudales máximos con la misma metodología descrita en apartados anteriores. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.10.

Cuenca de referencia	Uso del suelo y actividades agrarias Tipo	Capacidad de infiltración Tipo	%	P <sub>o</sub>	CN	CN medio	P <sub>o</sub> medio
1	Masa forestal espesa	C	25	31	62	67	25
	Masa forestal espesa	D	75	23	68		
2	Masa forestal espesa	C	35	31	62	66	26
	Masa forestal espesa	D	65	23	68		
3	Masa forestal espesa	D	35	23	68	80	13
	Cultivo en hilera	D	65	8	86		
4	Masa forestal espesa	D	40	23	68	79	13
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
5	Masa forestal espesa	D	80	23	68	72	19
	Cultivo en hilera	D	20	8	86		
6	Masa forestal espesa	D	65	23	68	74	18
	Cultivo en hilera	D	35	8	86		
7	Masa forestal espesa	D	40	23	68	79	13
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
8	Masa forestal espesa	D	50	23	68	77	15
	Cultivo en hilera	D	50	8	86		
9	Cultivo en hilera	A	15	25	67	83	10
	Cultivo en hilera	C	10	11	82		
	Cultivo en hilera	D	75	8	86		
10	Masa forestal espesa	D	35	23	68	80	13
	Cultivo en hilera	D	65	8	86		
11	Masa forestal espesa	B	10	47	52	64	28
	Masa forestal espesa	C	40	31	62		
	Masa forestal espesa	D	50	23	68		
12	Masa forestal espesa	C	35	31	62	75	17
	Cultivo en hilera	C	65	11	82		
13	Cultivo en hilera	C	100	11	82	82	11
14	Masa forestal espesa	C	40	31	62	76	16
	Cultivo en hilera	D	60	8	86		
15	Masa forestal espesa	D	100	23	68	68	24
16	Masa forestal espesa	C	50	31	62	65	27
	Masa forestal espesa	D	50	23	68		
17	Masa forestal espesa	D	100	23	68	68	23
18	Masa forestal espesa	C	40	31	62	66	26
	Masa forestal espesa	D	60	23	68		
19	Masa forestal espesa	B	40	47	52	62	31
	Masa forestal espesa	D	60	23	68		
20	Masa forestal espesa	B	50	47	52	60	33
	Masa forestal espesa	D	50	23	68		
21	Masa forestal espesa	B	50	47	52	60	33
	Masa forestal espesa	D	50	23	68		

TABLA 6.8.- Valores de P<sub>o</sub> para la condición de humedad II bajo la hipótesis de repoblación forestal



Cuenca de referencia	$P_0$ Condición II	$P_0$
1	25	56
2	26	58
3	13	29
4	13	29
5	19	43
6	18	41
7	13	29
8	15	34
9	10	23
10	13	29
11	28	63
12	17	38
13	11	25
14	16	36
15	24	56
16	27	61
17	23	54
18	26	58
19	31	70
20	33	75
21	33	75

**TABLA 6.9.- Valores de  $P_0$  bajo la hipótesis de repoblación forestal**

T(años)								
Cuenca de referencia	2	5	10	25	50	100	200	500
1	0.1	0.9	1.6	2.9	4.0	5.4	7.0	9.6
2	0.1	0.9	1.8	3.3	4.7	6.4	8.3	11.4
3	1.5	3.5	5.2	7.9	10.3	13.0	15.9	20.4
4	1.5	3.6	5.3	8.1	10.6	13.4	16.4	21.1
5	0.2	0.5	0.8	1.3	1.8	2.3	2.9	3.8
6	0.2	0.6	1.0	1.6	2.2	2.8	3.5	4.7
7	0.3	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.9
8	1.3	3.2	4.9	7.7	10.2	13.0	16.2	21.0
9	1.1	2.3	3.3	4.9	6.2	7.7	9.3	11.8
10	2.4	5.4	8.2	12.5	16.3	20.6	25.3	32.5
11	0.0	1.7	3.9	7.7	11.3	15.6	20.6	28.7
12	0.7	2.0	3.2	5.1	6.8	8.8	11.0	14.5
13	0.6	1.3	1.9	2.8	3.6	4.4	5.4	6.8
14	0.7	1.9	2.9	4.6	6.2	7.9	9.8	12.8
15	0.0	0.3	0.5	0.9	1.2	1.6	2.1	2.9
16	0.0	0.3	0.5	1.0	1.4	1.9	2.5	3.4
17	0.0	0.1	0.3	0.5	0.6	0.9	1.1	1.5
18	0.0	0.2	0.5	0.8	1.2	1.6	2.1	2.9
19	0.0	0.1	0.3	0.7	1.1	1.5	2.0	2.8
20	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.8
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2

**TABLA 6.10.- Caudales (m<sup>3</sup>/seg) en las cuencas objeto de estudio bajo la hipótesis de repoblación forestal**



Si se analiza la Tabla 6.10 se observa que se produce una disminución de caudales respecto a la situación actual, que varía según los períodos de retorno y cuencas entre los siguientes valores medios porcentuales.

T (años)	Reducción porcentual media de caudales
5	52
25	40
100	32
500	28

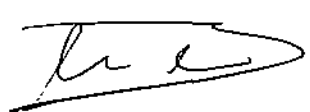
**TABLA 6.11**

Los resultados obtenidos permiten contemplar con interés una medida de este tipo que ayudaría a paliar, a medio y largo plazo, los problemas de inundaciones que sufre la zona objeto de estudio. Con esta medida se reduciría la magnitud de las avenidas, en mayor medida, lógicamente, cuanto menor fuese el período de retorno.

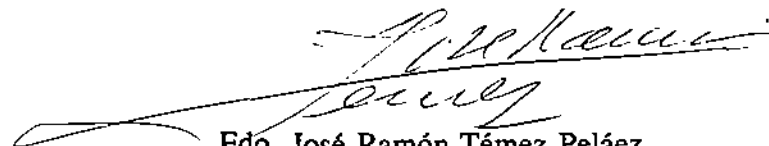
Madrid, Diciembre de 1992

EL DIRECTOR DE LOS TRABAJOS

EL JEFE DEL SECTOR DE HIDROLOGIA

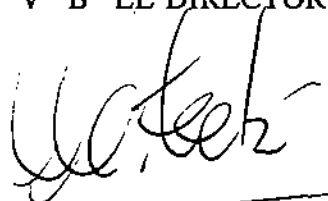


Fdo. Teodoro Estrela Monreal



Fdo. José Ramón Témez Peláez

Vº Bº EL DIRECTOR



Fdo. Carlos M. Escartín Hernández

**APENDICE N° 1:**

**ANALISIS PLUVIOMETRICO**

**INDICE**

1.- DATOS BASICOS

2.- LEYES DE FRECUENCIA: DISTRIBUCION SQRT-ET<sub>max</sub>

## 1.- DATOS BASICOS

Las estaciones pluviométricas consideradas por su proximidad geográfica en el análisis de las cuencas objeto de estudio se reflejan en la figura n° 1 y en la Tabla n° 1.

La escasez de datos en algunas estaciones, la distancia a las cuencas estudiadas y los valores de estadísticos básicos, tales como el coeficiente de variación o el de sesgo, ha llevado a realizar una selección de las estaciones que van a ser empleadas definitivamente, las cuales se indican en la Tabla n° 2 y en la figura n° 2.

En las tablas n° 3 a n° 8 se muestran los datos de las máximas precipitaciones diarias mensuales correspondientes al período de registro de las estaciones pluviométricas seleccionadas.

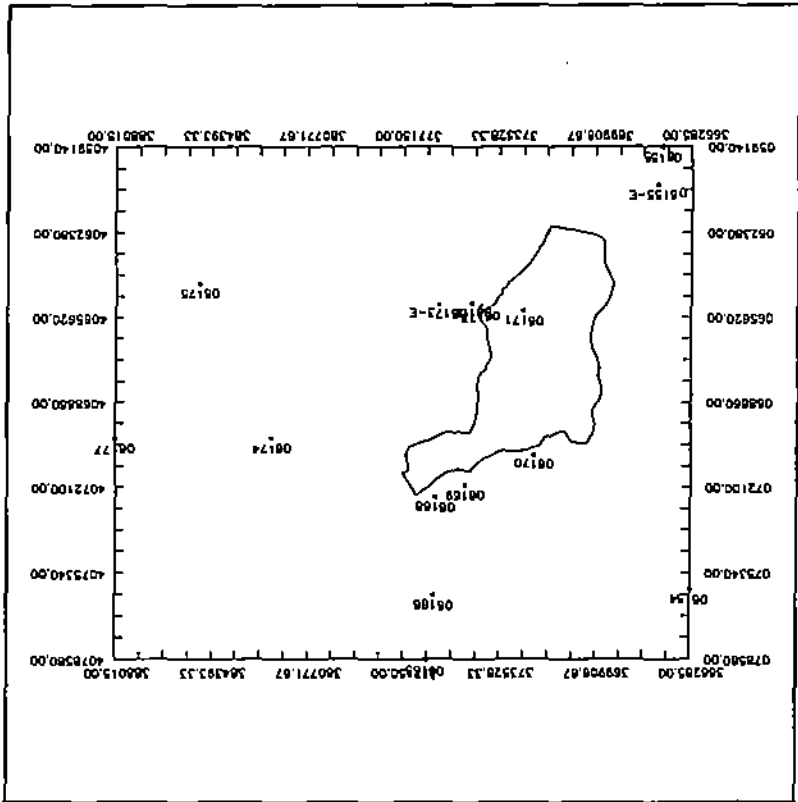
El valor máximo anual corresponde al máximo de los valores mensuales de cada año. Cuando existen lagunas se ha considerado que el máximo de los datos existentes es representativo del año, si se satisfacen los siguientes criterios:

- a) Existencia de datos en los 8 meses mas tormentosos del año, deduciendose estos en base al valor medio de la serie en cada mes.
- b) El máximo del año incompleto es superior a 1.8 desviaciones típicas la media de la serie de máximos.

TABLA 1

Nº DATOS	CODIGO ESTACION
38	06154
15	06155
15	06155-E
28	06165
36	06166
35	06168
20	06169
32	06170
79	06171
10	06172
13	06173
10	06173-E
14	06174
22	06175
32	06177

FIGURA 1



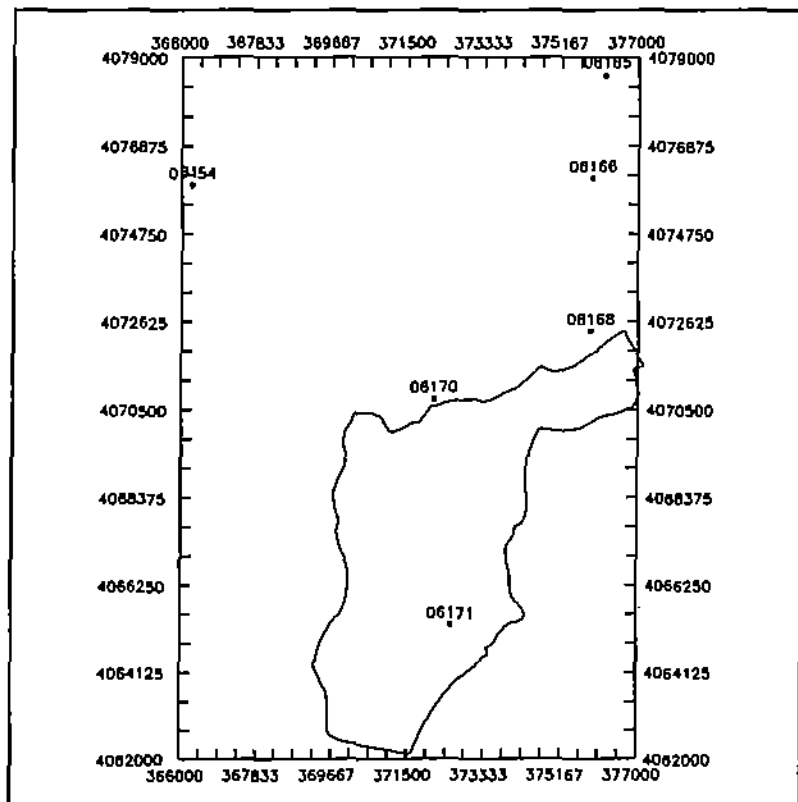


FIGURA N° 2

CODIGO ESTACION	N° DATOS
06154	38
06165	28
06166	36
06168	35
06170	32
06171	79

TABLA 2

PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR

INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06154 PROV: MA

ALMOGIA

LLANES, LOS

AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1950-51	25.0	29.0	13.0	25.0	33.0	10.0	10.0	15.0	2.0	0.0	0.0	42.0
1951-52	7.0	34.0	33.0	15.0	8.0	41.0	24.0	27.0	4.0	0.0	17.0	14.0
1952-53	64.0	9.0	23.0	6.0	35.0	78.0	6.0	0.0	3.0	0.0	0.0	8.0
1953-54	34.0	23.0	40.0	7.0	16.0	24.0	15.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0
1954-55	10.0	29.0	19.0	77.0	43.0	40.0	16.0	22.0	10.0	0.0	0.0	4.0
1955-56	152.0	16.0	9.0	20.0	23.0	20.0	38.0	0.0	0.0	0.0	11.0	29.0
1956-57	12.0	76.0	5.0	22.0	5.0	11.0	28.0	25.0	6.0	0.0	0.0	37.0
1957-58	19.0	16.0	25.0	12.0	6.0	21.0	17.0	5.0	7.0	0.0	0.0	0.0
1958-59	17.0	13.0	73.0	29.0	16.0	12.0	6.0	13.0	0.0	0.0	0.0	7.0
1959-60	43.0	40.0	23.0	35.0	45.0	43.0	23.0	18.0	5.0	0.0	0.0	0.0
1960-61	39.0	8.0	11.0	6.0	0.0	18.0	0.0	18.0	7.0	0.0	0.0	9.0
1961-62	10.0	43.0	43.0	18.0	11.0	31.0	41.0	16.0	10.0	0.0	0.0	0.0
1962-63	39.0	22.0	62.0	47.0	51.0	22.0	35.0	18.0	8.0	0.0	0.0	40.0
1963-64	0.0	30.0	62.0	16.0	17.0	17.0	10.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	0.0	21.0	52.0	35.0	14.0	18.0	39.0	0.0	4.0	0.0	0.0	28.0
1965-66	27.0	23.0	25.0	10.0	40.0	10.0	26.0	7.0	45.0	0.0	0.0	19.0
1966-67	25.0	49.0	0.0	43.0	47.0	15.0	5.0	8.0	16.0	0.0	0.0	0.0
1967-68	20.0	89.0	9.0	0.0	41.0	52.0	15.0	20.0	3.0	0.0	10.0	0.0
1968-69	2.0	25.0	28.0	28.5	82.5	26.0	9.8	11.5	32.2	0.0	75.3	17.2
1969-70	62.3	-	15.3	49.2	0.0	38.3	12.5	13.2	36.2	0.0	0.0	0.0
1970-71	11.2	56.4	41.5	23.7	18.0	32.8	33.6	32.8	9.2	0.0	1.7	0.0
1971-72	8.1	21.0	29.0	21.6	10.0	20.6	11.9	11.3	11.8	0.0	0.0	14.2
1972-73	39.0	21.3	20.3	21.8	15.2	25.2	16.6	37.3	-	0.0	0.0	0.0
1973-74	27.0	16.5	56.9	10.0	-	20.2	19.3	4.2	33.1	0.0	0.0	0.0
1974-75	10.2	5.5	0.0	34.7	32.7	30.3	19.3	20.4	0.0	0.0	0.0	0.0
1975-76	6.0	11.5	50.1	18.7	49.5	20.0	31.6	22.3	3.7	3.8	0.0	8.0
1976-77	78.7	12.8	43.8	34.7	10.0	9.8	8.5	3.2	24.2	17.1	0.0	0.0
1977-78	20.2	40.5	32.0	5.7	55.1	22.3	17.7	11.0	18.9	0.0	0.0	0.0
1978-79	23.7	53.1	32.1	51.2	36.2	15.1	17.0	0.0	0.0	43.5	0.0	26.5
1979-80	-	4.0	23.0	47.0	43.3	24.6	4.7	22.8	19.0	0.0	0.0	0.7
1980-81	21.0	83.0	0.0	0.0	21.6	7.7	31.2	4.2	7.9	0.0	20.0	6.7
1981-82	0.0	0.0	25.4	30.2	49.7	18.6	8.1	5.2	0.0	5.0	1.3	1.0
1982-83	5.0	95.0	13.0	0.0	7.3	6.7	14.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0
1983-84	6.4	76.0	31.5	1.0	60.0	9.7	9.0	29.8	2.0	0.0	1.5	0.0
1984-85	5.0	47.0	1.5	25.8	25.5	5.0	8.6	16.0	1.3	0.0	-	20.0
1985-86	0.0	33.0	14.0	9.1	14.5	25.4	13.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1986-87	28.0	51.0	6.2	32.3	16.9	10.0	7.0	0.0	0.0	0.0	40.0	1.5
1987-88	34.6	35.0	84.5	49.5	37.0	7.0	20.0	14.0	7.0	0.0	0.0	41.9
1988-89	40.3	27.0	0.0	53.5	28.0	7.5	28.0	13.0	0.0	-	-	21.8
1989-90	40.2	160.0	63.5	14.0	-	4.0	25.0	3.0	-	-	0.0	9.0
1990-91	29.0	27.0	14.6	12.5	44.0	58.0	21.0	0.0	8.0	0.0	-	15.0

Tabla nº 3

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR		INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06165 PROV: MA										
MALAGA		CONTADORAS, LAS										
AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1944-45	18.0	30.0	30.0	35.0	-	23.0	2.0	-	19.0	0.0	0.0	0.0
1945-46	17.0	23.0	45.0	48.0	32.0	40.0	-	-	-	-	-	-
1949-50	-	-	-	20.0	18.0	20.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
1950-51	14.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1952-53	-	-	-	46.0	77.0	90.0	27.0	0.0	-	0.0	0.0	10.0
1953-54	-	30.0	70.0	10.0	-	-	-	-	7.0	10.0	-	-
1954-55	1.0	66.0	56.0	74.0	89.0	-	-	15.0	9.0	0.0	0.0	26.0
1955-56	251.0	28.0	20.0	45.0	43.0	48.0	68.0	-	0.0	25.0	20.0	65.0
1956-57	32.0	117.0	-	-	11.0	14.0	30.0	27.0	8.0	0.0	5.0	55.0
1957-58	-	57.0	28.0	12.0	6.0	46.0	23.0	4.0	8.0	0.0	0.0	0.0
1958-59	23.0	20.0	50.0	30.0	21.0	18.0	9.0	37.0	0.0	0.0	0.0	8.0
1959-60	16.0	15.0	25.0	23.0	54.0	-	-	60.0	14.0	0.0	0.0	1.0
1960-61	51.0	9.0	16.0	8.0	0.0	20.0	22.0	40.0	7.0	0.0	3.0	5.0
1961-62	13.0	52.0	52.0	24.0	16.0	55.0	43.0	39.0	20.0	-	0.0	4.0
1962-63	36.0	22.0	30.0	49.0	42.0	33.0	24.0	23.0	15.0	0.0	0.0	13.0
1963-64	6.0	69.0	61.0	28.0	43.0	22.0	16.0	0.0	31.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	1.0	38.0	48.0	38.0	-	-	48.0	3.0	9.0	0.0	0.0	60.0
1965-66	17.0	24.0	26.0	9.0	39.0	15.0	17.0	8.0	8.0	0.0	0.0	32.0
1966-67	16.0	33.0	0.0	34.0	43.0	26.0	6.0	26.0	23.0	0.0	0.0	13.0
1967-68	31.0	74.0	28.0	1.0	35.0	48.0	16.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1968-69	10.0	40.0	50.0	36.0	100.0	22.0	22.0	38.0	16.0	0.0	0.0	163.0
1969-70	80.0	99.0	17.0	54.0	0.0	26.0	23.0	16.0	35.0	0.0	0.0	-
1970-71	10.0	57.0	40.0	49.0	28.0	48.0	29.0	56.0	5.0	0.0	0.0	6.0
1971-72	5.0	4.0	77.0	30.0	30.0	33.0	8.0	12.0	2.0	0.0	0.0	54.0
1972-73	43.0	50.0	23.0	28.0	15.0	35.0	37.0	26.0	21.0	0.0	0.0	0.0
1973-74	20.0	51.0	69.0	57.0	26.0	29.0	37.0	0.0	64.0	0.0	0.0	0.0
1974-75	23.0	18.0	0.0	27.0	30.0	39.0	31.0	-	25.0	0.0	0.0	0.0
1975-76	8.0	13.0	78.0	32.0	32.0	41.0	44.0	48.0	2.0	0.0	0.0	5.0
1976-77	-	0.0	-	30.0	30.0	12.0	11.0	0.0	17.0	16.0	0.0	0.0
1977-78	45.0	45.0	53.0	3.0	45.0	39.0	27.0	13.0	29.0	-	-	-
1979-80	-	-	-	60.0	34.0	55.0	7.0	42.0	35.0	0.0	0.0	7.0
1980-81	22.0	36.0	0.0	0.0	21.0	8.0	25.0	14.0	33.0	0.0	24.0	9.0
1981-82	0.0	0.0	27.0	25.0	35.0	57.0	15.0	10.0	0.0	3.0	4.0	2.0
1982-83	10.0	75.0	15.0	0.0	10.0	6.0	18.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983-84	2.0	53.0	30.0	3.0	64.0	18.0	9.0	25.0	4.0	0.0	4.0	0.0
1984-85	7.0	54.0	0.0	32.0	20.0	3.0	10.0	15.0	10.0	0.0	-	17.0
1985-86	0.0	30.0	11.0	12.0	34.0	34.0	30.0	18.0	8.0	25.0	-	7.0
1986-87	38.0	34.0	11.0	48.0	22.0	5.0	10.0	0.0	2.5	0.0	64.0	8.0
1987-88	47.0	35.0	43.0	52.0	55.0	13.5	31.5	45.5	12.0	1.6	0.0	7.0
1988-89	49.0	79.0	5.0	24.7	28.0	11.6	44.0	10.0	0.0	0.0	-	24.6
1989-90	52.0	115.0	74.0	24.0	0.0	21.0	32.0	5.0	0.0	25.0	1.0	21.0
1990-91	39.0	35.0	15.0	18.0	47.0	100.0	20.0	0.0	-	-	0.0	19.0

Tabla nº 4



PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR		INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06166 PROV: MA										
MALAGA		CERRADO, EL										
AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1944-45	49.0	36.0	24.0	55.0	-	-	4.0	-	16.0	10.0	0.0	0.0
1945-46	16.0	25.0	26.0	28.0	26.0	58.0	58.0	-	4.0	0.0	0.0	12.0
1946-47	15.0	46.0	8.0	55.0	48.0	55.0	3.0	14.0	0.0	0.0	-	18.0
1947-48	22.0	66.0	30.0	48.0	33.0	-	45.0	36.0	0.0	0.0	0.0	-
1948-49	15.0	0.0	28.0	35.0	10.0	22.0	88.0	16.0	0.0	0.0	7.0	42.0
1949-50	0.0	38.0	25.0	38.0	15.0	15.0	38.0	18.0	0.0	0.0	5.0	63.0
1950-51	27.0	0.0	21.0	14.0	70.0	-	16.0	18.0	0.0	-	0.0	28.0
1951-52	0.0	47.0	24.0	12.0	17.0	22.0	35.0	31.0	0.0	0.0	36.0	2.0
1952-53	38.0	90.0	29.0	6.0	42.0	52.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
1953-54	38.0	19.0	38.0	9.0	6.0	18.0	19.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1954-55	9.0	63.0	44.0	76.0	68.0	38.0	41.0	9.0	7.0	0.0	0.0	29.0
1955-56	135.0	15.0	15.0	39.0	35.0	23.0	62.0	3.0	0.0	27.0	12.0	22.0
1956-57	19.0	117.0	18.0	29.0	7.0	11.0	23.0	22.0	9.0	0.0	4.0	58.0
1957-58	14.0	18.0	29.0	13.0	5.0	37.0	25.0	4.0	6.0	4.0	0.0	0.0
1958-59	35.0	19.0	46.0	31.0	18.0	16.0	6.0	32.0	0.0	0.0	0.0	8.0
1959-60	19.0	20.0	22.0	31.0	50.0	38.0	30.0	58.0	12.0	0.0	0.0	1.0
1960-61	50.0	8.0	15.0	7.0	0.0	20.0	27.0	29.0	6.0	0.0	3.0	6.0
1961-62	12.0	53.0	54.0	24.0	13.0	-	-	-	-	-	0.0	3.0
1962-63	37.0	23.0	-	49.0	41.0	32.0	24.0	23.0	15.0	0.0	0.0	32.0
1963-64	0.0	68.0	66.0	33.0	41.0	23.0	31.0	29.0	31.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	0.0	43.0	45.0	19.0	17.0	26.0	50.0	4.0	10.0	0.0	0.0	58.0
1965-66	23.0	30.0	20.0	9.0	32.0	14.0	17.0	6.0	9.0	0.0	0.0	22.0
1966-67	35.0	30.0	1.0	30.0	83.0	26.0	9.0	28.0	16.0	0.0	0.0	5.0
1967-68	25.0	75.0	10.0	2.0	37.0	33.0	17.0	14.0	0.0	0.0	14.0	0.0
1968-69	53.0	45.0	45.0	37.5	103.0	20.5	15.0	40.0	-	0.0	6.0	185.0
1969-70	60.0	67.0	21.0	57.0	0.0	26.0	18.0	13.5	38.0	-	0.0	0.0
1970-71	8.0	45.0	50.0	28.5	27.5	49.0	47.0	29.0	15.0	0.0	0.0	16.0
1971-72	0.0	38.0	52.5	26.5	10.0	43.0	4.0	9.5	5.5	0.0	0.0	39.0
1972-73	41.0	52.0	15.0	18.0	27.0	35.0	10.0	31.0	6.0	0.0	2.0	0.0
1973-74	-	20.0	75.0	10.0	20.0	16.0	35.0	0.0	53.5	0.0	0.0	0.0
1974-75	16.0	15.0	0.0	41.5	33.0	41.0	21.0	25.0	5.0	0.0	0.0	0.0
1975-76	9.0	13.5	35.0	25.0	46.0	32.0	41.0	24.0	5.0	0.0	0.0	3.5
1976-77	-	13.5	50.0	30.0	6.0	6.0	9.0	2.5	9.0	12.0	0.0	0.0
1977-78	31.0	43.0	67.0	3.0	42.0	32.0	22.0	10.0	28.0	-	-	-
1979-80	-	-	-	57.0	22.0	54.0	10.0	37.0	21.0	0.0	0.0	4.0
1980-81	32.0	35.0	0.0	0.0	28.0	7.0	29.0	12.0	27.0	0.0	14.0	8.0
1981-82	0.0	0.0	28.0	36.0	32.0	4.0	35.0	15.0	0.0	3.0	2.0	0.0
1982-83	9.0	80.0	11.0	0.0	16.0	9.0	16.0	3.0	2.0	0.0	0.0	0.0
1983-84	2.0	73.0	33.0	3.0	65.0	16.0	8.0	22.0	6.0	0.0	3.0	0.0
1984-85	7.0	52.0	16.0	30.0	25.0	3.0	11.0	0.0	12.0	0.0	-	-
1985-86	0.0	30.0	13.0	7.0	30.0	30.0	39.0	18.0	15.0	3.0	0.0	3.0
1986-87	36.0	50.0	9.0	75.0	15.0	5.5	8.0	0.0	2.0	0.0	51.0	6.0
1987-88	34.0	31.0	58.0	56.0	78.0	9.0	-	53.0	10.0	1.0	0.0	7.0
1988-89	50.0	77.0	7.0	27.0	20.0	21.0	39.0	10.0	0.0	0.0	-	-
1989-90	49.0	113.0	87.0	24.0	0.0	6.0	36.0	4.0	0.0	6.0	0.0	24.0
1990-91	30.0	37.0	12.0	16.5	56.2	55.2	17.5	0.0	-	-	0.0	17.5

Tabla nº 5

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR		INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06166 PROV: MA										
MALAGA		BOTICARIO, EL										
AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1944-45	26.0	34.0	30.0	30.0	-	16.0	5.0	-	-	0.0	0.0	0.0
1945-46	11.0	20.0	40.0	30.0	25.0	40.0	-	24.0	12.0	0.0	0.0	16.0
1946-47	26.0	-	-	57.0	40.0	27.0	0.0	11.0	3.0	0.0	0.0	27.0
1947-48	16.0	45.0	25.0	32.0	20.0	21.0	32.0	21.0	0.0	5.0	0.0	0.0
1948-49	15.0	0.0	32.0	47.0	17.0	30.0	77.0	18.0	0.0	0.0	10.0	53.0
1949-50	0.0	36.0	27.0	28.0	5.0	9.0	28.0	0.0	3.0	0.0	3.0	109.0
1950-51	25.0	7.0	13.0	21.0	43.0	14.0	13.0	5.0	3.0	0.0	0.0	28.0
1951-52	6.0	47.0	12.0	12.0	12.0	27.0	25.0	25.0	0.0	0.0	34.0	0.0
1952-53	38.0	9.0	30.0	8.0	41.0	49.0	19.0	0.0	9.0	0.0	0.0	10.0
1953-54	-	-	-	-	-	-	-	0.0	5.0	10.0	2.0	0.0
1954-55	0.0	37.0	23.0	71.0	61.0	39.0	60.0	6.0	5.0	0.0	1.0	15.0
1955-56	176.0	15.0	11.0	42.0	30.0	23.0	40.0	0.0	0.0	19.0	0.0	24.0
1956-57	17.0	185.0	-	28.0	7.0	13.0	32.0	27.0	12.0	0.0	0.0	72.0
1957-58	12.0	32.0	21.0	10.0	6.0	38.0	31.0	3.0	5.0	0.0	0.0	0.0
1958-59	22.0	27.0	72.0	-	26.0	15.0	6.0	41.0	0.0	0.0	1.0	13.0
1959-60	56.0	26.0	17.0	10.0	29.0	-	-	47.0	38.0	3.0	0.0	2.0
1960-61	55.0	14.0	10.0	5.0	0.0	24.0	33.0	29.0	6.0	0.0	12.0	4.0
1961-62	10.0	42.0	76.0	16.0	28.0	74.0	45.0	36.0	4.0	0.0	0.0	3.0
1962-63	35.0	20.0	57.0	50.0	48.0	30.0	15.0	18.0	11.0	0.0	0.0	27.0
1963-64	10.0	54.0	50.0	45.0	35.0	27.0	14.0	20.0	6.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	3.0	21.0	43.0	22.0	18.0	17.0	54.0	5.0	10.0	0.0	0.0	31.0
1965-66	26.0	20.0	19.0	12.0	30.0	19.0	14.0	5.0	8.0	3.0	0.0	26.0
1966-67	25.0	26.0	0.0	19.0	46.0	12.0	6.0	27.0	7.0	0.0	0.0	3.0
1967-68	25.0	50.0	9.0	8.0	36.0	41.0	10.0	25.0	2.0	0.0	0.0	1.0
1968-69	0.0	50.0	48.0	35.0	50.0	17.0	11.0	46.0	15.0	0.0	75.0	66.0
1969-70	43.0	71.0	16.0	55.0	0.0	22.0	15.0	26.0	25.0	0.0	0.0	0.0
1970-71	8.0	43.0	50.0	20.0	35.0	39.0	41.0	20.0	12.0	0.0	0.0	0.0
1971-72	3.0	26.0	28.0	28.0	8.0	34.0	3.0	10.0	6.0	0.0	0.0	24.0
1972-73	50.0	38.0	14.0	20.0	26.0	30.0	11.0	26.0	10.0	0.0	0.0	0.0
1973-74	25.0	23.0	45.0	11.0	20.0	17.0	22.0	4.0	49.0	0.0	0.0	0.0
1974-75	18.0	0.0	0.0	35.0	22.0	33.0	22.0	25.0	4.0	0.0	0.0	0.0
1975-76	8.0	14.0	55.0	33.0	33.0	15.0	37.0	28.0	0.0	6.0	6.0	0.0
1976-77	-	15.0	40.0	35.0	8.0	3.0	8.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0
1977-78	26.0	40.0	37.0	0.0	37.0	23.0	15.0	16.0	24.0	-	-	-
1979-80	-	-	-	70.0	27.0	32.0	8.0	28.0	27.0	0.0	0.0	6.0
1980-81	17.0	30.0	0.0	0.0	46.0	10.0	25.0	7.0	7.0	0.0	11.0	12.0
1981-82	0.0	0.0	22.0	16.0	35.0	45.0	37.0	15.0	0.0	3.0	0.0	0.0
1982-83	13.0	90.0	0.0	0.0	11.0	8.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983-84	0.0	70.0	12.0	0.0	92.0	17.0	9.0	34.0	18.0	0.0	3.0	0.0
1984-85	8.0	41.0	13.0	27.0	20.0	5.0	14.0	15.0	10.0	0.0	-	18.0
1985-86	-	21.0	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0	-
1986-87	-	-	-	55.0	16.0	14.0	0.0	0.0	3.0	2.0	58.0	8.0
1987-88	33.0	36.0	48.0	46.0	-	12.0	14.0	25.0	0.0	0.0	3.0	0.0
1988-89	95.0	64.0	7.0	20.0	18.0	13.5	36.0	12.0	0.0	0.0	-	22.0
1989-90	21.0	162.0	68.5	5.0	0.0	22.0	59.2	3.0	0.0	5.5	0.0	20.0
1990-91	23.4	14.2	14.5	7.4	46.3	66.8	11.4	0.0	-	0.0	0.0	-

Tabla nº 6

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR		INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06170 PRCV: MA										
MALAGA	AGUJERO					EMBALSE-0131						
AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1950-51	26.0	5.0	14.0	19.0	45.0	16.0	5.0	27.0	0.0	0.0	0.0	36.0
1951-52	5.0	47.0	21.0	0.0	11.0	23.0	23.0	22.0	2.0	0.0	54.0	0.0
1952-53	61.0	9.0	28.0	11.0	56.0	49.0	6.0	0.0	10.0	0.0	0.0	6.0
1953-54	32.0	30.0	36.0	11.0	26.0	26.0	42.0	0.0	5.0	6.0	0.0	0.0
1954-55	13.0	36.0	26.0	65.0	68.0	46.0	59.0	5.0	6.0	0.0	4.0	8.0
1955-56	249.0	15.0	9.0	23.0	15.0	21.0	65.0	0.0	0.0	31.0	7.0	22.0
1956-57	15.0	142.0	0.0	25.0	9.0	12.0	31.0	52.0	10.0	0.0	0.0	71.0
1957-58	9.0	21.0	20.0	8.0	5.0	31.0	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1958-59	26.0	15.0	58.0	47.0	14.0	11.0	6.0	36.0	0.0	0.0	2.0	9.0
1959-60	23.0	35.0	14.0	29.0	65.0	38.0	29.0	53.0	14.0	0.0	0.0	0.0
1960-61	58.0	9.0	12.0	0.0	0.0	30.0	37.0	14.0	3.0	0.0	0.0	1.0
1961-62	5.0	41.0	67.0	21.0	13.0	75.0	57.0	31.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1962-63	31.0	22.0	60.0	44.0	40.0	20.0	14.0	20.0	10.0	0.0	0.0	17.0
1963-64	0.0	78.0	51.0	41.0	51.0	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	0.0	18.0	40.0	36.0	16.0	16.0	38.0	1.0	15.0	0.0	0.0	26.0
1965-66	17.0	29.0	12.0	14.0	27.0	13.0	6.0	5.0	6.0	0.0	0.0	23.0
1966-67	27.0	34.0	0.0	24.0	62.0	12.0	4.0	19.0	7.0	0.0	0.0	0.0
1967-68	20.0	60.0	9.0	4.0	38.0	13.0	16.0	12.0	0.0	0.0	7.0	0.0
1968-69	0.0	58.0	41.0	25.5	42.0	17.0	15.0	40.5	9.0	0.0	0.0	84.0
1969-70	67.0	29.5	12.0	49.0	0.0	21.0	10.0	19.0	50.0	0.0	0.0	0.0
1970-71	6.0	37.5	59.0	26.0	37.5	54.0	55.5	18.0	11.0	0.0	0.0	0.0
1971-72	11.0	21.0	33.0	26.5	6.0	22.0	4.0	7.0	3.0	-	-	23.0
1972-73	50.0	51.0	9.0	32.0	22.0	31.0	4.0	31.0	14.0	0.0	0.0	0.0
1973-74	29.0	-	-	17.0	20.0	16.0	34.0	0.0	48.0	0.0	0.0	0.0
1974-75	15.0	8.0	0.0	33.0	46.5	29.0	23.0	18.0	6.0	0.0	18.5	0.0
1975-76	4.0	8.0	53.0	21.0	37.0	18.0	40.0	9.0	0.0	11.0	0.0	5.0
1976-77	45.0	13.0	-	55.0	5.0	7.5	6.0	1.0	7.0	13.0	0.0	0.0
1977-78	-	-	25.4	0.0	43.0	32.2	8.3	12.5	28.0	-	-	-
1978-79	27.2	120.0	30.5	67.0	29.0	27.3	17.0	3.5	0.0	61.4	0.0	20.0
1979-80	26.0	0.0	5.0	58.0	31.0	27.3	5.2	28.8	24.5	0.0	0.0	0.0
1980-81	-	47.7	0.0	0.0	30.0	4.7	27.8	24.6	3.8	0.0	7.6	7.4
1981-82	0.0	0.0	17.5	31.3	28.5	15.0	24.9	13.5	0.0	2.3	0.0	2.1
1982-83	9.0	88.4	12.5	0.0	8.0	4.8	18.0	2.5	0.0	0.0	5.0	0.0
1983-84	0.0	80.7	27.5	1.9	89.0	20.6	7.5	25.0	2.3	0.0	2.4	0.0
1984-85	6.7	64.3	17.0	22.7	27.8	2.1	3.7	10.0	10.0	0.0	0.0	14.5
1985-86	17.5	17.5	9.2	-	18.2	29.6	33.9	2.4	1.0	3.7	0.0	0.6
1986-87	41.6	54.6	5.5	49.3	15.3	4.0	10.5	0.0	1.8	0.0	50.0	7.0
1987-88	38.0	27.4	44.8	33.0	39.3	10.0	10.1	-	13.7	0.0	0.0	-
1988-89	50.3	77.5	2.5	30.3	22.8	19.3	30.2	-	-	-	-	-
1989-90	41.9	135.8	107.5	-	-	5.5	42.5	6.0	-	-	-	-
1990-91	-	-	-	-	54.9	56.7	13.0	-	-	-	-	-

Tabla nº 7

PRECIPITACIONES MAXIMAS DIARIAS, EN MM.

CUENCA DEL SUR

INDICATIVO ESTACION METEOROLOGICA 06171 PROV: MA

CEDEX

MALAGA

AÑOS	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
1900-01	63.0	19.0	33.0	52.5	29.0	66.5	19.0	48.5	13.5	-	-	-
1901-02	-	159.6	35.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1905-06	-	-	-	4.0	0.0	27.0	6.0	23.0	2.0	-	-	70.0
1906-07	28.0	23.0	11.0	13.0	3.0	0.0	11.0	9.0	-	0.0	0.0	49.0
1907-08	20.0	38.0	26.0	30.0	50.0	28.0	23.0	6.0	13.0	0.0	0.0	18.0
1908-09	22.0	82.0	16.0	30.0	17.0	37.0	41.0	29.0	4.0	0.0	3.0	4.0
1909-10	7.0	39.0	14.0	3.0	12.0	25.0	6.0	35.0	0.0	0.0	0.0	17.0
1910-11	72.0	4.0	97.0	25.0	10.0	35.0	25.0	23.0	30.0	0.0	0.0	8.0
1911-12	80.0	41.0	28.0	30.5	58.0	14.5	28.5	-	-	-	-	40.0
1912-13	78.5	1.6	81.0	16.0	35.0	71.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
1913-14	35.0	2.0	29.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1914-15	-	-	-	15.0	6.4	24.2	34.6	25.8	0.0	0.8	0.0	0.8
1915-16	3.0	21.7	10.4	4.8	22.3	56.7	4.0	5.7	0.0	0.0	0.0	28.7
1916-17	5.0	40.6	33.6	20.4	22.4	74.6	7.1	7.9	3.2	0.0	0.6	11.2
1917-18	35.8	10.1	34.9	76.7	13.0	29.2	28.1	6.4	6.9	3.8	0.6	0.7
1918-19	56.6	105.7	3.3	10.2	66.7	-	15.4	1.2	4.7	0.0	-	17.6
1919-20	-	84.4	14.2	5.9	-	10.4	7.7	17.2	0.0	23.0	0.0	0.0
1920-21	11.9	29.4	31.3	-	11.7	12.0	70.6	12.1	6.2	0.0	2.1	30.7
1921-22	-	10.0	90.3	11.6	14.5	54.0	0.8	4.2	29.1	0.0	0.8	0.0
1922-23	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1923-24	-	-	-	25.8	30.4	16.6	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1924-25	70.1	35.0	9.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1925-26	-	-	-	-	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
1926-27	112.0	22.2	3.2	7.2	12.5	14.0	6.0	-	2.2	0.0	0.0	1.2
1927-28	53.0	63.6	43.0	0.4	27.0	18.6	24.5	10.5	-	0.2	-	22.6
1928-29	20.2	27.0	7.5	7.6	60.2	39.6	0.2	6.5	0.0	0.0	0.0	15.2
1929-30	15.4	-	9.6	71.5	10.0	28.0	40.0	5.2	22.0	0.0	0.0	2.2
1930-31	0.0	40.0	42.6	4.0	0.0	41.0	18.0	0.0	0.0	0.0	5.0	38.0
1931-32	65.0	17.0	10.0	16.0	40.0	20.0	50.0	27.0	29.0	0.0	0.0	11.0
1932-33	4.0	37.0	37.0	-	-	-	-	-	2.0	0.0	0.0	0.0
1933-34	14.0	16.0	37.0	0.0	7.0	10.0	27.0	1.0	0.0	0.0	0.0	5.0
1934-35	20.0	61.0	8.0	12.0	0.0	10.0	10.0	21.0	3.0	0.0	1.0	23.0
1935-36	24.0	10.0	13.0	37.0	24.0	56.0	29.0	18.0	34.0	0.0	5.0	7.0
1936-37	28.0	55.0	11.0	34.0	2.0	21.0	8.0	5.0	1.0	0.0	6.0	0.0
1937-38	60.0	6.0	107.0	8.0	6.0	27.0	9.0	15.0	3.0	0.0	0.0	60.0
1938-39	18.0	18.0	50.0	15.0	12.0	27.0	33.0	13.0	5.0	0.0	0.0	42.0
1939-40	38.0	32.0	40.0	68.0	58.0	9.0	0.0	2.0	7.0	0.0	0.0	1.0
1940-41	37.0	17.0	1.0	49.0	27.0	8.0	18.0	14.0	4.0	0.0	7.0	7.0
1941-42	41.0	17.0	35.0	15.0	56.0	47.0	29.0	12.0	0.0	0.0	0.0	14.0
1942-43	37.0	84.0	15.0	4.0	23.0	44.0	12.0	3.0	0.0	2.0	0.0	12.0
1943-44	7.0	3.0	47.0	1.0	41.0	9.0	36.0	4.0	9.0	0.0	1.0	8.0
1944-45	9.0	17.0	23.0	40.0	0.0	10.0	2.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0
1945-46	5.0	29.0	44.0	47.0	19.0	32.0	32.0	28.0	14.0	0.0	0.0	17.0
1946-47	10.0	61.0	6.0	31.0	15.0	20.0	2.0	8.0	1.0	0.0	1.0	33.0
1947-48	8.0	70.0	12.0	32.0	40.0	10.0	30.0	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1948-49	13.0	0.0	16.0	35.0	31.0	32.0	41.0	27.0	0.0	0.0	25.0	40.0
1949-50	0.0	26.0	44.0	22.0	4.0	15.0	18.0	-	0.0	0.0	0.0	42.0
1950-51	27.0	3.0	11.0	21.0	26.0	15.0	26.0	4.0	2.0	0.0	0.0	10.0
1951-52	3.0	22.0	23.0	14.0	1.0	11.0	29.0	19.0	0.0	0.0	28.0	1.0
1952-53	16.0	8.0	17.0	8.0	55.0	60.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
1953-54	22.0	40.0	29.0	18.0	28.0	33.0	34.0	0.0	1.0	6.0	1.0	0.0
1954-55	8.0	33.0	26.0	31.0	50.0	54.0	38.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.0
1955-56	88.0	21.0	4.0	26.0	12.0	20.0	38.0	6.0	0.0	23.0	8.0	22.0
1956-57	8.0	130.0	12.0	28.0	9.0	6.0	28.0	33.0	0.0	0.0	8.0	202.0
1957-58	9.0	15.0	20.0	15.0	3.0	34.0	15.0	1.0	3.0	0.0	0.0	0.0
1958-59	18.0	18.0	65.0	71.0	20.0	12.0	3.0	27.0	-	0.0	0.0	16.0
1959-60	70.0	39.0	13.0	32.0	37.0	45.0	46.0	37.0	16.0	1.0	0.0	0.0
1960-61	52.0	11.0	6.0	5.0	0.0	20.0	26.0	6.0	2.0	0.0	0.0	2.0
1961-62	2.0	42.0	68.0	13.0	6.0	28.0	17.0	27.0	4.0	0.0	0.0	0.0
1962-63	28.0	28.0	90.0	25.0	40.0	27.0	24.0	21.0	3.0	0.0	0.0	16.0
1963-64	3.0	43.0	57.0	62.0	23.0	16.0	5.0	4.0	17.0	0.0	0.0	0.0
1964-65	0.0	13.0	36.0	28.0	19.0	16.0	38.0	1.0	9.0	0.0	0.0	16.0
1965-66	10.0	11.0	15.0	8.0	52.0	28.0	4.0	2.0	5.0	0.0	0.0	43.0
1966-67	9.0	28.0	1.0	17.0	57.0	7.0	3.0	23.0	8.0	0.0	0.0	0.0
1967-68	24.0	41.0	11.0	0.0	26.0	18.0	16.0	13.0	1.0	0.0	10.0	0.0
1968-69	9.0	47.0	32.0	63.5	146.0	17.0	15.0	55.0	7.0	0.0	4.7	21.4
1969-70	65.0	62.0	32.2	83.0	4.5	31.2	19.5	19.2	71.0	0.0	0.0	1.3
1970-71	65.2	49.2	92.3	22.0	-	-	-	-	-	-	-	-
1974-75	-	-	-	-	-	29.1	25.0	18.7	15.0	0.0	0.0	0.7
1975-76	5.8	12.3	43.2	21.1	25.2	12.3	38.2	24.7	0.6	4.7	0.0	8.8
1976-77	43.4	6.7	44.0	34.5	4.3	5.6	5.7	1.2	4.4	9.3	0.5	0.0
1977-78	21.6	47.0	23.3	2.7	40.0	18.6	26.8	6.8	30.2	0.0	0.0	0.0
1978-79	25.3	185.7	17.0	82.5	23.3	30.2	11.5	2.2	0.0	2.6	0.0	10.0
1979-80	26.8	0.0	4.7	57.2	24.7	17.5	7.0	14.1	13.3	0.0	0.0	1.2
1980-81	10.6	28.6	0.0	0.0	35.6	3.0	19.4	5.5	3.8	0.0	8.4	9.2
1981-82	0.4	0.1	21.8	42.8	24.5	34.5	14.7	8.7	0.3	2.0	0.5	0.5
1982-83	11.4	147.1	10.6	0.0	9.0	4.9	13.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1983-84	0.3	64.9	17.3	1.3	76.7	21.3	4.5	18.3	5.9	0.0	0.0	0.7
1984-85	5.5	37.5	0.0	23.8	21.0	5.0	10.4	5.3	0.0	-	0.0	1.1
1985-86	0.0	9.9	10.7	5.1	10.7	31.3	47.4	1.3	2.7	2.4	0.0	0.5
1986-87	57.7	26.7	4.2	46.4	11.2	0.7	5.1	0.0	1.7	0.0	45.5	7.2
1987-88	32.0	26.0	25.3	35.2	40.9	10.4	6.8	20.0	5.6	0.5	0.0	5.4
1988-89	50.5	81.1	0.2	12.9	36.1	5.2	21.9	4.9	0.0	-	0.0	31.3
1989-90	-	-	-	-	-	-	-	3.6	-	-	-	8.1

En la tabla nº 9 se muestran los estadísticos básicos de las series de máximos anuales de cada estación, es decir, número de años, media, coeficiente de variación y coeficiente de sesgo.

Los cuantiles se han obtenido multiplicando la ley regional adimensional considerada (tomada del Estudio por simulación hidrológica de la ley de frecuencia de avenidas máximas en la cuenca del río Guadalhorce. CEDEX. Octubre 1992, y que se muestra en la figura nº 3) por la media de la serie de precipitaciones diarias máximas anuales de cada una de las estaciones pluviométricas seleccionadas. Estos cuantiles se muestran en la Tabla nº 10.

Dada la situación de las cuencas objeto de estudio y de las estaciones pluviométricas puede admitirse una misma precipitación media máxima diaria areal en todas las cuencas objeto de estudio, de valor 68 mm.

ESTACION	Nº DATOS	MEDIA	COEFICIENTE DE VARIACION	COEFICIENTE DE SESGO
06154	38	63	0.46	1.68
06165	28	75	0.61	2.73
06166	36	69	0.46	1.72
06168	35	67	0.57	2.01
06170	32	68	0.60	3.08
06171	79	67	0.52	2.26

**TABLA Nº 9.- Estadísticos básicos de las series de máximas precipitaciones diarias anuales**

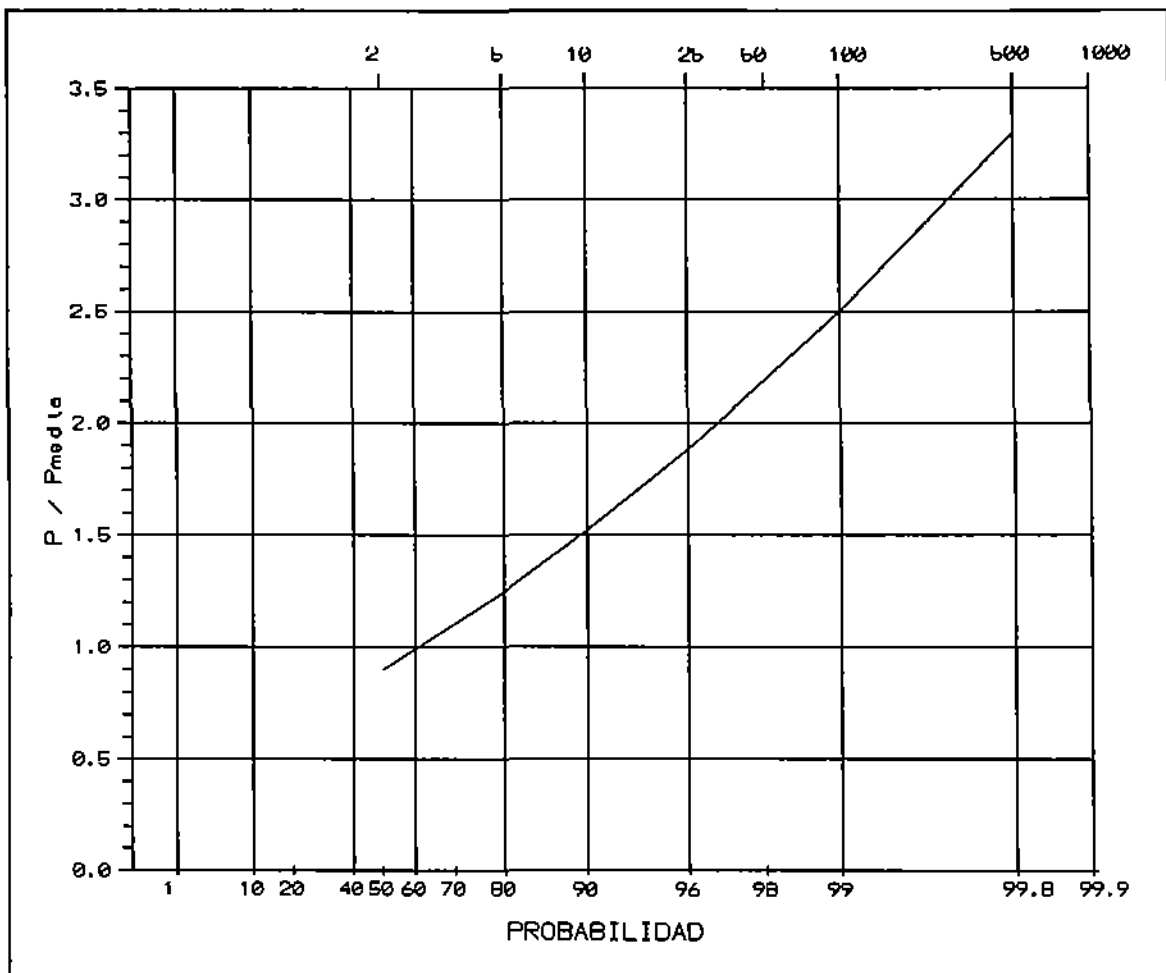


FIGURA N° 3.- Ley regional adimensional

INDICATIVO ESTACION	PERIODO DE RETORNO (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
06154	57	79	96	119	138	158	178	208
06165	68	95	115	142	164	188	212	248
06166	62	87	106	130	151	173	195	228
06168	60	84	103	127	147	168	190	221
06170	61	86	104	129	149	170	192	224
06171	60	84	103	127	147	168	190	221

TABLA N° 10.- Cuantiles en las estaciones pluviométricas seleccionadas

## 2.- LEYES DE FRECUENCIA: DISTRIBUCION SQRT-ET<sub>máx.</sub>

Esta distribución responde a la expresión:

$$F(x) = \text{Prob} (X < x) = e^{-\alpha (1+\sqrt{\beta x})} e^{-\beta x}$$

en donde  $\beta$  (parámetro de escala) y  $\alpha$  (parámetro de frecuencia) definen la ley y deben ser ajustados a los datos existentes.

Esta Ley puede ser deducida teóricamente bajo ciertas hipótesis:

- La duración y la intensidad máxima de un episodio tormentoso son fenómenos independientes.
- Una se distribuye de forma exponencial y la otra sigue una ley Gamma.
- La cantidad total es proporcional al producto de sus distribuciones.
- La ocurrencia de grandes chubascos sigue la distribución de Poisson.

Esta distribución ha sido aplicada por el C.E.H. a diversas estaciones pluviométricas en España, dando por ejemplo, resultados más realistas que una de las leyes habitualmente utilizadas, la de Gumbel, y en cualquier caso siempre más conservadores que ésta.

### Ajuste por máxima verosimilitud

El funcional logarítmico de máxima verosimilitud  $L$ , tiene la siguiente expresión:

$$L = \sum_{i=1}^N \ln f(x_i)$$

en donde:

$$f(x) = \frac{\alpha}{1 - e^{-\alpha}} h(x) F(x)$$

$$h(x) = \frac{\beta}{2} e^{-\sqrt{\beta x}}$$

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

La obtención de los parámetros  $\alpha^*$ ,  $\beta^*$  que maximizan la función  $L$  se realiza con el siguiente procedimiento:

- 1) Expresar  $\alpha$  en función de  $\beta$  para el valor óptimo, para lo cual se deriva la función  $L$  en función de  $\beta$  y se iguala a cero. El valor resultante es:

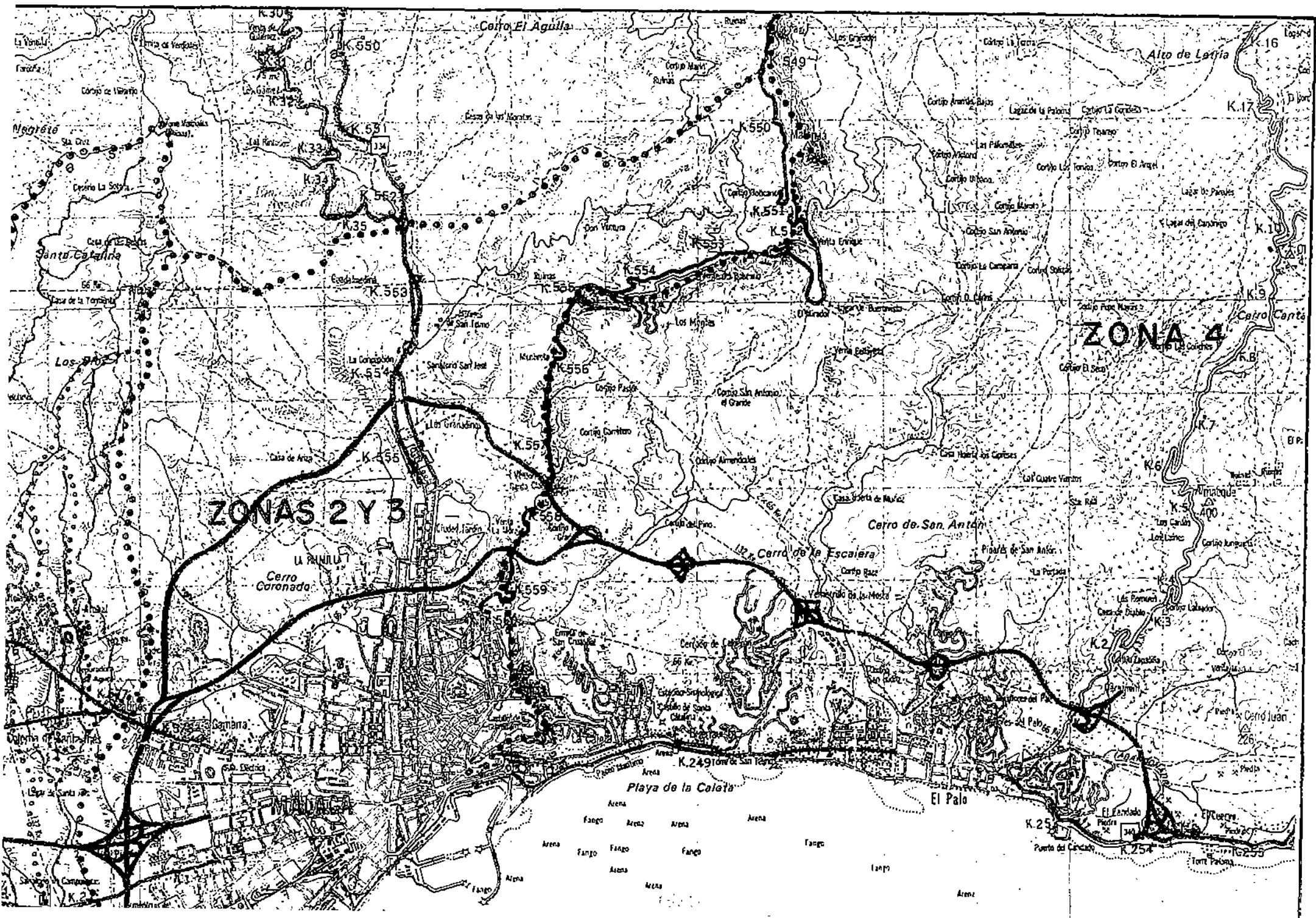


$$\alpha^* = \frac{\sum_{i=1}^N \sqrt{\beta x_i} - 2 N}{\sum_{i=1}^N \beta x_i e^{\sqrt{\beta x_i}}}$$

- 2) Sustituir esta ecuación en la función L, con lo cual toda ella queda función de  $\beta$ .
- 3) Obtener el valor de  $\beta^*$  que maximiza L.
- 4) obtener el valor de  $\alpha$  mediante la expresión obtenida en 1.

**PLANOS**





Cerro El Agulla

Alto de Lafia

ZONAS 2 Y 3

ZONA 4

Cerro Coronada

Cerro de San Antón

Playa de la Coleta

El Palo

K.249 Torre de San Pedro

K.25

K.254

K.255

K.555

K.551

K.554

K.556

K.558

K.559

K.563

K.554

K.555

K.556

K.557

K.558

K.559

K.531

K.535

K.536

K.537

K.538

K.539

K.540

K.541

K.172

K.16

K.11

K.9

K.8

K.7

K.6

K.5

K.4

K.3

K.2

K.1

K.0

K.-1

K.-2

K.-3

K.-4

K.550

K.551

K.552

K.553

K.554

K.555

K.556

K.557

K.558

K.549

K.550

K.551

K.552

K.553

K.554

K.555

K.556

K.557

K.550

K.551

K.552

K.553

K.554

K.555

K.556

K.557

K.558

K.550

K.551

K.552

K.553

K.554

K.555

K.556

K.557

K.558

