



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

GRADO EN INGENIERIA DE OBRAS PÚBLICAS

## **ANEJO HIDROLÓGICO**

AUTOR: ARNAU ALBEROLA CASANOVA

TUTOR: RAFAEL LUIS GARCÍA BARTUAL

## ÍNDICE

1-INTRODUCCIÓN.....	7
2-PRECIPITACIONES DIARIAS.....	8
2.1. Cálculo del factor de amplificación 'Yt' .....	9
3-TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN DE LAS CUENCAS VERTIENTES.....	12
4-UMBRAL DE ESCORRENTÍA.....	13
4.1- Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	21
5-CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.....	23
5.1-Intensidad media diaria de precipitación corregida.....	23
5.2-Factor de intensidad.....	23
6-TORMENTAS DE DISEÑO.....	25
7-CÁLCULO DE CAUDALES DE CRECIDA CON HEC-HMS.....	31
8-CÁLCULO DE CAUDALES MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS ISOCRONAS.....	41
8.1-Hietogramas y lluvia neta.....	45
8.2-Hidrogramas.....	52
8.3-Caudales resultantes.....	62
9-CÁLCULO DE CAUDALES MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL.....	63
10-BIBLIOGRAFIA.....	66

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen1-Mapa de Isoyetas PMDA.....	8
Imagen 2-Mapa de isolíneas.....	10
Imagen 3-Mapa de usos hidrológicos del suelo.....	19
Imagen 4-Mapa de regiones consideradas para la carcterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.....	22
Imagen 5-Mapa índice de torrencialidad.....	24
Imagen 6-Datos HMS para T=50 años.....	34
Imagen 7-Datos HMS para T=100 años.....	36
Imagen 8-Datos HMS para T=200 años.....	38
Imagen 9-Datos HMS para T=500 años.....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados.....	11
Tabla 2. Tiempos de concentración de las cuencas.....	12
Tabla 3. Poi Cuenca 1.....	19
Tabla 4. Poi Cuenca 2.....	19
Tabla 5. Poi Cuenca 3.....	20
Tabla 6. Poi Cuenca 4.....	20
Tabla 7. Umbrales de escorrentía para cada cuenca.....	22
Tabla 8. Curvas IDF para cada periodo de retorno.....	24
Tabla 9. Tormenta de diseño para T= 10 años.....	26
Tabla 10. Tormenta de diseño para T= 50 años.....	27
Tabla 11. Tormenta de diseño para T= 100 años.....	28

Tabla 12. Tormenta de diseño para T= 200 años.....	29
Tabla 13. Tormenta de diseño para T=500 años.....	30
Tabla 14. Datos hidrograma de respuesta para T= 10 años HMS.....	32
Tabla 15. Datos hidrograma de respuesta para T= 50 años HMS.....	33
Tabla 16. Datos hidrograma de respuesta T=100 años.....	35
Tabla 17. Datos hidrograma de respuesta para T=200 años.....	37
Tabla 18. Hidrograma de respuesta para T=500 años.....	39
Tabla 19. Caudales obtenidos mediante HMS.....	40
Tabla 20. Curva tiempo-área acumulada cuenca 1.....	41
Tabla 21. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 2.....	42
Tabla 22. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 3.....	43
Tabla 23. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 4.....	44
Tablas 24-25-26-27. Hietogramas para T=10 años.....	45
Tablas 28-35. Lluvia neta para T=10 años.....	47
Tabla 36. Hietograma para T=50 años.....	48
Tabla 37-38. Lluvia neta para T=50 años.....	48
Tabla 39. Hietograma para T=100 años.....	49
Tablas 40-41. Lluvia neta T=100 años.....	49
Tabla 42. Hietograma para T= 200 años.....	50
Tablas 43-44. Lluvia neta para T=200 años.....	50
Tabla 45. Hietograma para T=500 años.....	51
Tablas 46-47. Lluvia neta para T=500 años.....	51
Tabla 48. Datos hidrograma T=10 años.....	52
Tabla 49. Datos hidrograma T=10 años.....	53
Tabla 50. Datos hidrograma T= 50 años.....	54

Tabla 51. Datos hidrograma T=50 años.....	55
Tabla 52. Datos hidrograma T=100 años.....	56
Tabla 53. Datos hidrograma T=100 años.....	57
Tabla 54. Datos hidrograma T= 200 años.....	58
Tabla 55. Datos hidrograma T=200 años.....	59
Tabla 56. Datos hidrograma T=500 años.....	60
Tabla 57. Datos hidrograma T= 500 años.....	61
Tabla 58. Caudales resultantes con método de las isócronas.....	62
Tabla 59. Coeficientes de escorrentía.....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Hietograma de bloques alternos para T= 10 años.....	26
Gráfica 2. Hietograma de bloques alternos para T= 50 años.....	27
Gráfica 3. Hietograma de bloques alternos para T= 100 años.....	28
Gráfica 4. Hietograma de bloques alternos para T= 200 años.....	29
Gráfica 5. Hietograma de bloques alternos para T= 500 años.....	30
Gráfica 6. Hidrograma de respuesta para T= 10 años con HMS.....	32
Gráfica 7. Hidrograma de respuesta para T= 50 años HMS.....	33
Gráfica 8. Hidrograma de respuesta par T=100 años.....	35
Gráfica 9. Hidrograma de respuesta para T=200 años.....	37
Gráfica 10. Hidrograma de respuesta para T=500 años.....	39
Gráfica 11. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 1.....	41
Gráfica 12. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 2.....	42
Gráfica 13. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 3.....	43
Gráfica 14. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 4.....	44

Gráfica 15. Hidrograma T=10 años.....	53
Gráfica 16. Hidrograma T= 50 años.....	55
Gráfica 17. Hidrograma T= 100 años.....	57
Gráfica 18. Hidrograma T= 200 años.....	59
Gráfica 19. Hidrograma T= 500 años.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuantiles $Y_t$ ,de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación $K_T$ , en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997).....	11
Figura 2. Tabla de usos del suelo del Ministerio de Fomento.....	18
Figura 3. Coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Ministerio de Fomento.....	21
Figura 4. Modelo de análisis de las cuencas HMS.....	31
Figura 5. Determinación gráfica del Coeficiente de escorrentía. Fuente: IC-5.2.....	64

## 1-INTRODUCCIÓN

El siguiente anejo tiene por objeto estudiar la climatología e hidrología de la cuenca del río Serpis en el término municipal de Lorcha, con la intención de analizar los riesgos de inundabilidad de la zona de estudio.

Para ello se ha recurrido a la siguiente documentación:

- Cartografía IGME
- Máximos de precipitaciones diarias, CEDEX
- PATRICOVA
- Instrucción 5.2-IC 2016 Drenaje superficial.

Para el estudio hidrológico se ha dividido la zona en cuencas vertientes y se han determinado los caudales de avenida.

La delimitación de las cuencas vertientes se ha realizado mediante la utilización del programa Infracore de Autodesk, para ello se han importado la cartografía digitalizada en formato asc de la serie LIDAR del IGNE correspondientes a las hojas 795 y 821.

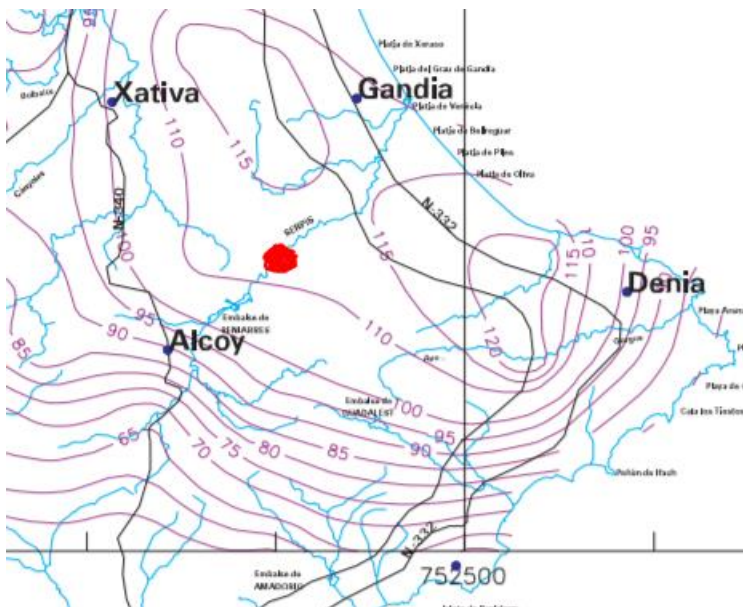
## 2-PRECIPITACIONES DIARIAS

Para el cálculo de la precipitación diaria asociada nos basamos en el Documento “Máximas Precipitaciones Diarias de la España Peninsular”, editadas por el Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras con la colaboración del Centro de Estudios Hidrográficos del C.E.D.E.X.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Se obtiene la Precipitación diaria media máxima anual que en el caso de la zona de Lorcha corresponde a un valor:

$$PMDA = 114mm$$





### 2.1-Cálculo del Factor de Amplificación $Y_t$

El documento realizado por el CEDEX y la Dirección General de Carreteras 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 similar comportamiento. 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.

$$Y = \frac{P}{P_{media}}$$

Sigue idéntica distribución 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  $P$  se estima exclusivamente a partir de los datos de cada una de las estaciones. La estimación de los cuantiles locales  $X_t$  (PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997) en un determinado punto se reduce a reescalar los cuantiles regionales  $Y_t$  (denominados Factores de Amplificación  $K_T$  en la referida publicación) con la media local  $P$  según la siguiente expresión:

$$X_t = Y_t * P_{med}$$

De forma que al final la PMDA para el periodo de retorno considerado se podrá calcular como:

$$PMDA_T = Y_t * PMDA$$

Para el cálculo de  $Y_t$  necesitamos conocer el Coeficiente de variación  $C_v$  y el periodo de retorno.

Para  $C_v$  recurrimos al mapa de isolíneas del CEDEX

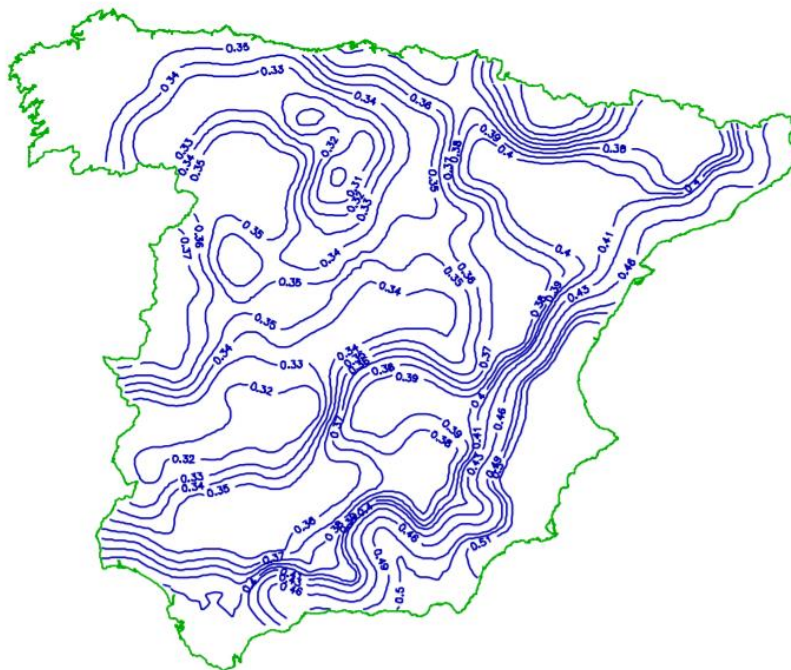


Imagen 2. Isolineas del Coeficiente de variación Cv. Fuente: Ministerio de Fomento

Se observa que para la zona de Lorcha  **$C_v=0.51$**

Los periodos de retorno considerados son  **$T=10,25,50,100,200$  y  $500$  años**

De la siguiente tabla podemos obtener el factor de amplificación  $Y_t$ :

C <sub>v</sub>	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Figura 1. Cuantiles  $Y_t$  de la Ley SQRT-ET max, también denominados Factores de Amplificación KT, en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” (1997).

Para los datos considerados se tienen las precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados:

Periodo de Retorno(años)	Y <sub>t</sub>	Pdmax(mm)
10	1.625	185.25
25	2.064	235.3
50	2.434	277.5
100	2.851	325
200	3.220	367
500	3.799	433

Tabla 1. Precipitaciones diarias máximas para los periodos de retorno considerados.

### 3-TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN

Tiempo de concentración  $t_c$ , es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escurrimiento en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe.

Su cálculo es fundamental ya que consideramos que las lluvias más desfavorables son aquellas que se producen para una duración igual a dicho tiempo de concentración.

Para cuencas principales:

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

dónde:

$t_c$  (horas) Tiempo de concentración

$L_c$  (km) Longitud del cauce

$J_c$  (adimensional) Pendiente media del cauce

Se obtienen los siguientes tiempos de concentración.

SUBCUENCA	L(KM)	J	Tc(h)
1	3.8	0.12	1.24
2	4.88	0.063	1.69
3	0.885	0.14	0.40
4	1.1	0.175	0.45

Tabla 2. Tiempos de concentración de las cuencas

#### 4-UMBRAL DE ESCORRENTÍA

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

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

Dónde:

$P_0$ (mm): Umbral de escorrentía

$P_0^i$ (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.

$\beta$  (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

El valor inicial del umbral de escorrentía,  $P_0^i$ , se determinará como se refiere en la Instrucción IC-5.2 de obras de drenaje superficial, a partir de:

- Series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de  $P_0^i$  para una determinada localización geográfica. Normalmente, dicho valor en cada punto se obtendrá como promedio en la cuenca vertiente al punto de cálculo de una determinada discretización espacial llevada a cabo sobre el territorio.
- Tabla 2.3, en las siguientes circunstancias:
  - Cuando la información referida en el párrafo precedente no se encuentre disponible. o Cuando el tamaño de la cuenca sea similar (o inferior) al tamaño de la discretización espacial efectuada. o En problemas específicos de escorrentía urbana.
  - Para la definición del drenaje de plataforma y márgenes o Cuando se tenga constancia de cambios de uso del suelo con posterioridad a la elaboración de las series de datos o mapas a que se hace referencia en el párrafo anterior.
  - Para la realización de cálculos en que se supongan modificaciones de los usos del suelo, respecto a lo reflejado en las mencionadas series de datos o mapas.

El valor inicial del umbral de escorrentía se obtiene, a partir de los usos del suelo, de las tablas siguientes de la Instrucción de drenaje:



Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10



Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	108	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherido		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherido		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherido		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezclas de frondosas			90	47	31	23



Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		$\geq 3$	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		$< 3$	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		$\geq 3$	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		$< 3$	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		$\geq 3$	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		$< 3$	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		$\geq 3$	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		$< 3$	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		$\geq 3$	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		$< 3$	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

**Notas:**  
 La codificación de los tipos del suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000  
 N: Denota cultivo según las curvas de nivel.  
 R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente.

Figura 2. Tabla de usos del suelo del Ministerio de Fomento

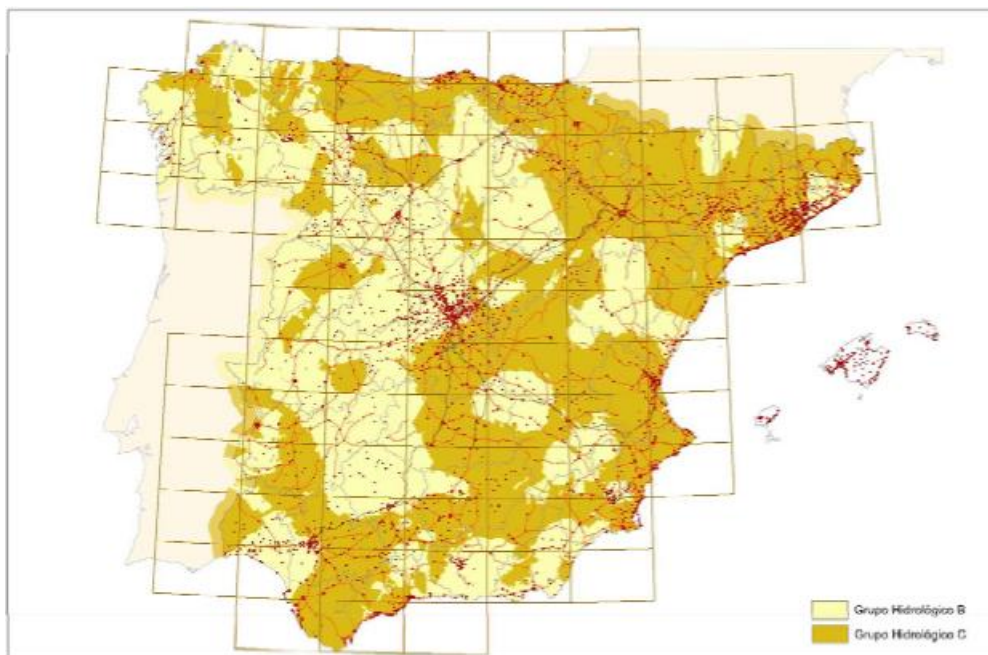


Imagen 3. Mapa de grupos hidrológicos de suelo. Fuente: Ministerio de Fomento

**Para nuestro caso consideramos GRUPO C**

#### Cuenca 1

USO	Poi(mm)	S(km2)
Matorral	14	2
Olivares	15	0.8
Matorral boscoso	22	1.4
Promedio	17	

Tabla 3 Umbral de escorrentía Cuenca 1

#### Cuenca 2

USO	Poi(mm)	S(km2)
Matorral	14	4.3
Olivares	15	0.4
Matorral boscoso	22	3
Promedio	19.5	

Tabla 4. Umbral de escorrentía Cuenca 2

### Cuenca 3

USO	Poi(mm)	S(km2)
<b>Matorral</b>	14	0.15
<b>Olivares</b>	15	0.03
<b>Escombreras</b>	8	0.05
<b>Caminos</b>	12	0.03
<b>Carretera</b>	1	0.04
<b>Terreno sin vegetación</b>	7	0.04
<b>Cultivos herbáceos</b>	16	0.04
<b>Promedio</b>	<b>11.2</b>	

Tabla 5. Umbral de esorrentía Cuenca 3

### Cuenca 4

USO	Poi(mm)	S(km2)
<b>Matorral</b>	14	0.28
<b>Olivares</b>	15	0.013
<b>Escombreras</b>	8	0.001
<b>Caminos</b>	12	0.001
<b>Carretera</b>	1	0
<b>Terreno sin vegetación</b>	7	0.26
<b>Zona Urbana abierta</b>	8	0.004
<b>Zona urbana continúa</b>	1	0.039
<b>Promedio</b>	<b>10</b>	

Tabla 6. Umbral de esorrentía Cuenca 4

#### 4.1-Coeficiente corrector del umbral de escorrentia

Al no disponer de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de los datos de la tabla siguiente facilitada por la IC-5.2:

TABLA 2.5.- COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTIA:  
VALORES CORRESPONDIENTES A CALIBRACIONES REGIONALES

Región	Valor medio, $\beta_m$	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno $T$ (años), $F_T$				
		50% $\Delta_{50}$	67% $\Delta_{67}$	90% $\Delta_{90}$	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,78	0,90	1,14	1,38	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,28	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,88	1,18	1,48	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,78	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,88	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00
941	1,80	0,15	0,20	0,35	0,68	0,87	1,17	1,39	1,64
942	1,20	0,15	0,25	0,40	0,77	0,91	1,11	1,24	1,32
951	1,70	0,30	0,40	0,70	0,72	0,88	1,17	1,43	1,78
952	0,85	0,15	0,25	0,40	0,77	0,90	1,13	1,32	1,54
101	1,75	0,30	0,40	0,70	0,78	0,90	1,12	1,27	1,39
1021	1,45	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00
1022	2,05	0,15	0,25	0,40	0,79	0,93	1,00	1,00	1,00

En Ceuta y Melilla se adoptarán valores similares a los de la región 61.  
Pueden obtenerse valores intermedios por interpolación adecuada a partir de los datos de esta tabla  
En todos los casos  $F_{10}=1,00$

Figura 3. Coeficiente corrector del umbral de escorrentia. Ministerio de Fomento

La región de estudio se obtiene a partir del siguiente mapa facilitado también por la IC-5.2:



FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Imagen 4. Mapa de regiones consideradas para la carctaerización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

Nuestra región de estudio es la 822

Se obtiene un valor medio de  $\beta=2,4$

Los umbrales de escorrentía para las cuencas quedarán como se muestra en la siguiente tabla:

Cuenca	Poi	$\beta$	Po(mm)
1	17	2.4	40.8
2	19.5	2.4	46.8
3	11.2	2.4	26.88
4	10	2.4	24

Tabla 7. Umbrales de escorrentía para cada cuenca.

### 5-CURVAS IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia)

La intensidad de precipitación  $I$  ( $T$ ,  $t$ ) correspondiente a un período de retorno  $T$ , y a una duración del aguacero  $t$ , se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

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

$I$  ( $T$ ,  $t$ ) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno  $T$  y a una duración del aguacero  $t$ .

$I_d$  (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$

$F_{int}$  (adimensional) Factor de intensidad

#### 5.1.- Intensidad media diaria de precipitación corregida

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

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

#### 5.2-Factor de intensidad 'Fint'

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero  $t$
- El período de retorno  $T$ , si se dispone de curvas intensidad - duración - frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = \max (F_a, F_b)$$

##### a) Obtención de $F_a$

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



Donde  $\frac{I_1}{I_d}$  es el índice de torrencialidad que para las zonas del Levante español suele valer 11, según el siguiente mapa de índices de torrencialidad adjunto.

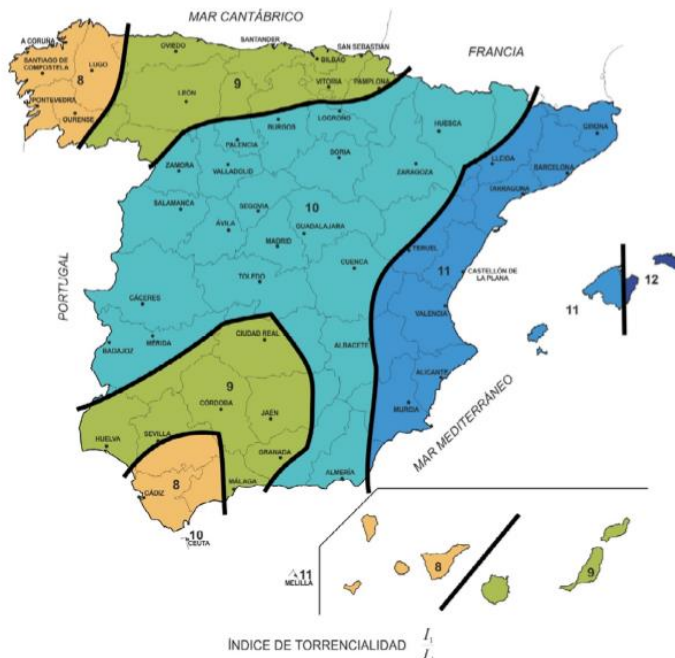


Imagen 5. Mapa índice de torrencialidad

Nos queda la expresión para las curvas IDF de la zona de estudio como:

$$I(T, t) = i(d) \cdot K_A \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$$

Para los periodos de retorno considerados las curvas IDF resultan:

<b>T=10 años</b>	$I(T, t) = 7.7 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
<b>T=25 años</b>	$I(T, t) = 9.8 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
<b>T=50 años</b>	$I(T, t) = 11.6 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
<b>T=100 años</b>	$I(T, t) = 13.54 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
<b>T=200 años</b>	$I(T, t) = 15.3 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$
<b>T=500 años</b>	$I(T, t) = 18 \cdot 11^{(3.5287 - 2.5287t^{0.1})}$

Tabla 8. Curvas IDF para cada periodo de retorno



## 6-TORMENTAS DE DISEÑO

Una vez que hemos determinado las curvas IDF de la zona de estudio necesitamos determinar los hietogramas asociados a las precipitaciones más desfavorables.

Trabajaremos con hietogramas de bloques alternos asociados a los periodos de retorno definidos anteriormente y con duraciones iguales a los tiempos de concentración de las cuencas.

En primer lugar se fijan  $n$  intervalos de tiempo de duración  $\Delta t$ , de manera que la duracion total de la tormenta sea igual a  $n \cdot \Delta t$ . Seguidamente, se obtienen, a partir de la curva IDF empleada, las intensidades de precipitación correspondientes a cada una de las duraciones,  $i(k\Delta t)$ .

El valor de intensidad correspondiente a cada uno de los  $n$  bloques que conforman la tormenta se define de la siguiente forma:

$$b_k = k \cdot i(k \cdot \Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j$$

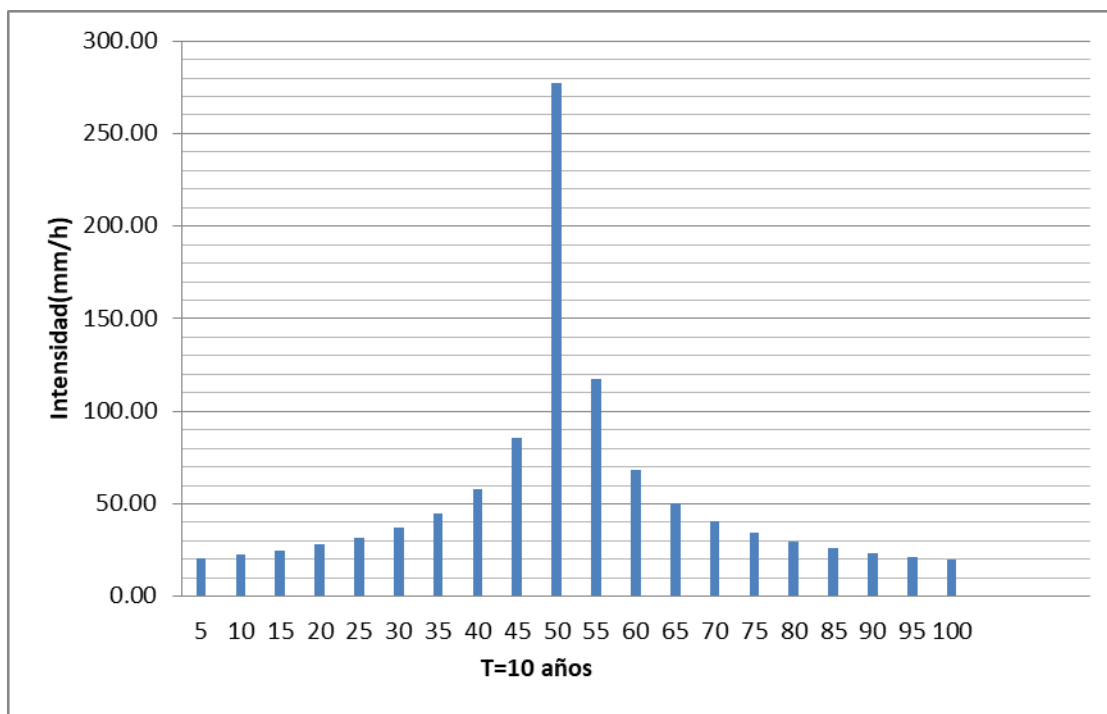
Teniendo en cuenta que la duración más desfavorable es la del tiempo de concentración de la cuenca 2 que es de 1,69 horas calcularemos las tormentas de diseño para este tiempo y los diferentes periodos de retorno elegidos.

Los intervalos de tiempo elegidos son de 5 minutos

**T=10 años**

T=10 años				
Tiempo de duración			1.69 horas	
Tiempo	I(t)	Bloques	Orden	P(mm)
5	277.11	277.11	20.48	1.71
10	197.35	117.58	22.44	1.87
15	160.01	85.32	24.84	2.07
20	137.16	68.62	27.86	2.32
25	121.34	58.04	31.79	2.65
30	109.55	50.60	37.15	3.10
35	100.33	45.03	45.03	3.75
40	92.87	40.67	58.04	4.84
45	86.68	37.15	85.32	7.11
50	81.44	34.24	277.11	23.09
55	76.92	31.79	117.58	9.80
60	72.99	29.68	68.62	5.72
65	69.52	27.86	50.60	4.22
70	66.43	26.26	40.67	3.39
75	63.65	24.84	34.24	2.85
80	61.15	23.58	29.68	2.47
85	58.87	22.44	26.26	2.19
90	56.79	21.41	23.58	1.96
95	54.88	20.48	21.41	1.78
100	53.12	19.62	19.62	1.64

Tabla 9. Tormenta de diseño para T= 10 años.

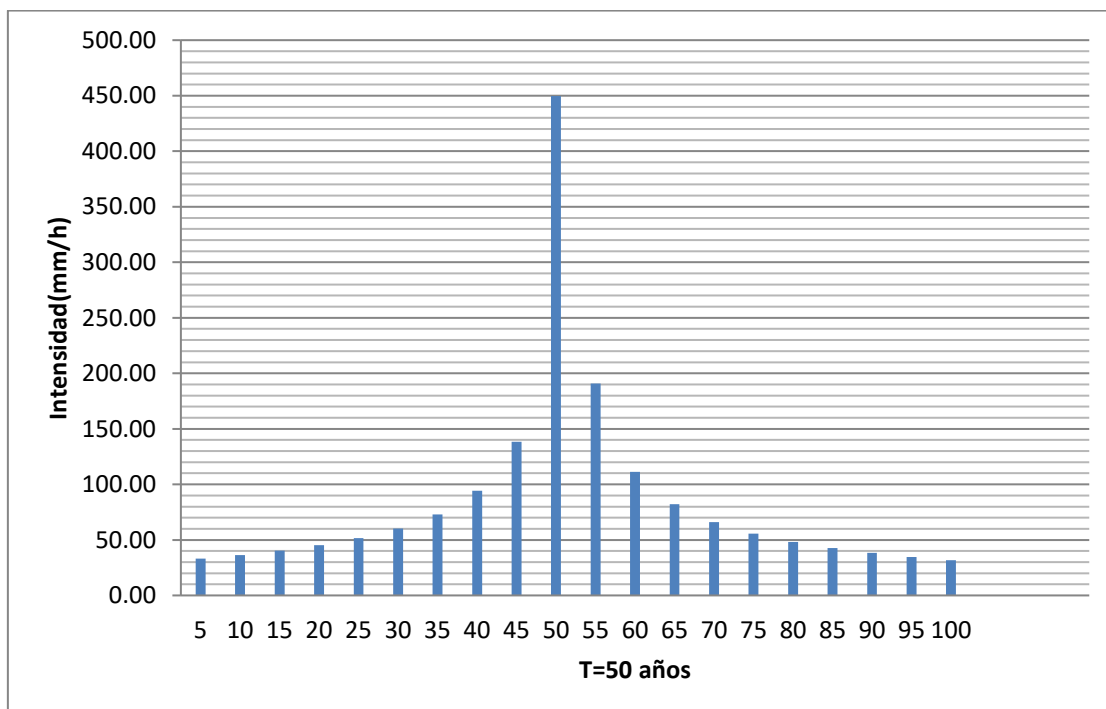


Gráfica 1. Hietograma de bloques alternos para T= 10 años.

T=50 años

Tiempo	I(t)	Bloques	Orden	P(mm)
5	449.57	449.57	33.22	2.77
10	320.17	190.77	36.41	3.03
15	259.59	138.43	40.30	3.36
20	222.52	111.33	45.20	3.77
25	196.85	94.16	51.57	4.30
30	177.72	82.09	60.28	5.02
35	162.77	73.05	73.05	6.09
40	150.67	65.99	94.16	7.85
45	140.63	60.28	138.43	11.54
50	132.12	55.56	449.57	37.46
55	124.80	51.57	190.77	15.90
60	118.41	48.16	111.33	9.28
65	112.78	45.20	82.09	6.84
70	107.77	42.60	65.99	5.50
75	103.27	40.30	55.56	4.63
80	99.21	38.25	48.16	4.01
85	95.51	36.41	42.60	3.55
90	92.14	34.74	38.25	3.19
95	89.04	33.22	34.74	2.89
100	86.18	31.84	31.84	2.65

Tabla 10. Tormenta de diseño para T= 50 años

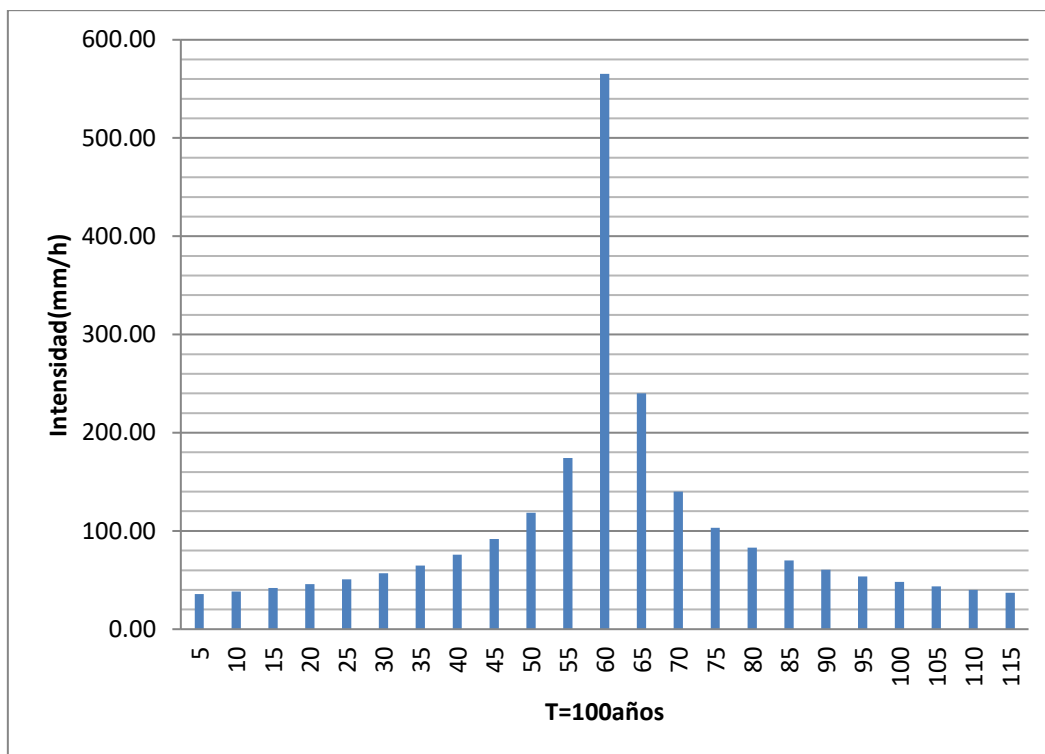


Gráfica 2. Hietograma de bloques alternos para T= 50 años

**T=100 años**

Tiempo	I(t)	Bloques	Orden	P(mm)
5	524.76	524.76	38.78	3.23
10	373.71	222.67	42.49	3.54
15	303.00	161.58	47.04	3.92
20	259.74	129.95	52.76	4.40
25	229.77	109.90	60.20	5.02
30	207.45	95.82	70.36	5.86
35	189.99	85.27	85.27	7.11
40	175.87	77.02	109.90	9.16
45	164.15	70.36	161.58	13.47
50	154.22	64.85	524.76	43.73
55	145.67	60.20	222.67	18.56
60	138.22	56.21	129.95	10.83
65	131.64	52.76	95.82	7.98
70	125.79	49.73	77.02	6.42
75	120.54	47.04	64.85	5.40
80	115.80	44.65	56.21	4.68
85	111.49	42.49	49.73	4.14
90	107.55	40.55	44.65	3.72
95	103.93	38.78	40.55	3.38
100	100.59	37.16	37.16	3.10

Tabla 11. Tormenta de diseño para T= 100 años

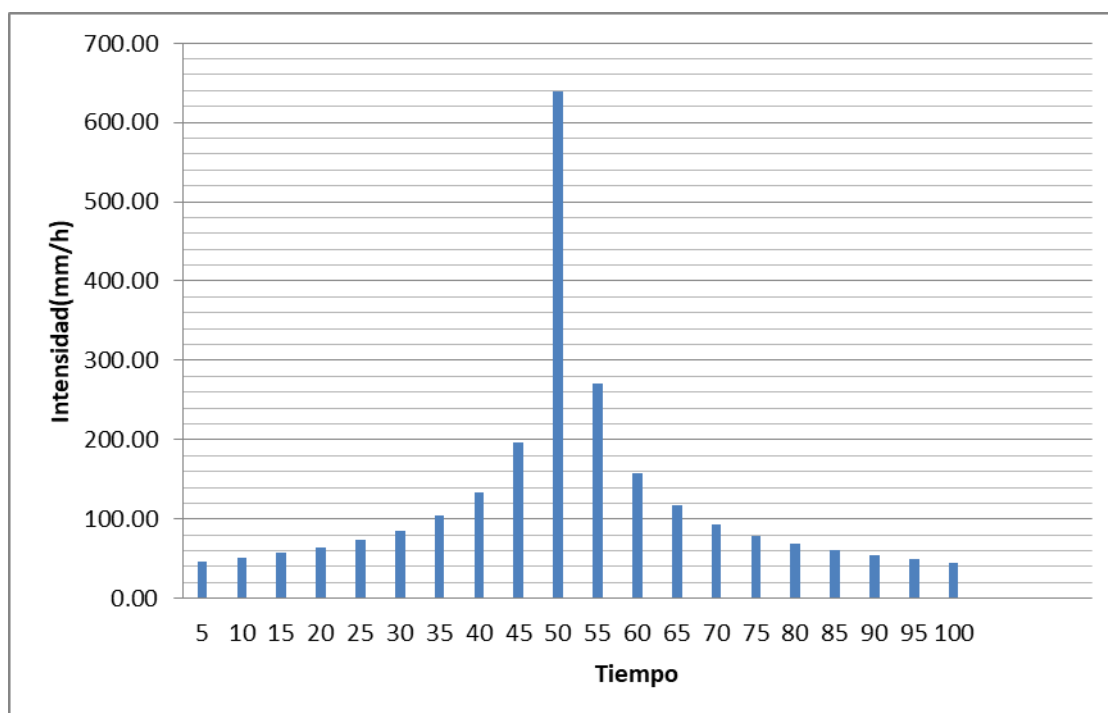


Gráfica 3. Hietograma de bloques alternos para T= 100 años

**T=200 años**

Tiempo	I(t)	Bloques	Orden	P(mm)
5	638.98	638.98	47.22	3.93
10	455.06	271.14	51.74	4.31
15	368.95	196.75	57.28	4.77
20	316.27	158.24	64.24	5.35
25	279.78	133.83	73.30	6.11
30	252.60	116.68	85.67	7.14
35	231.35	103.83	103.83	8.65
40	214.15	93.79	133.83	11.15
45	199.88	85.67	196.75	16.40
50	187.79	78.96	638.98	53.25
55	177.38	73.30	271.14	22.59
60	168.30	68.45	158.24	13.19
65	160.30	64.24	116.68	9.72
70	153.17	60.55	93.79	7.82
75	146.78	57.28	78.96	6.58
80	141.00	54.37	68.45	5.70
85	135.75	51.74	60.55	5.05
90	130.95	49.37	54.37	4.53
95	126.55	47.22	49.37	4.11
100	122.48	45.25	45.25	3.77

Tabla 12. Tormenta de diseño para T= 200 años

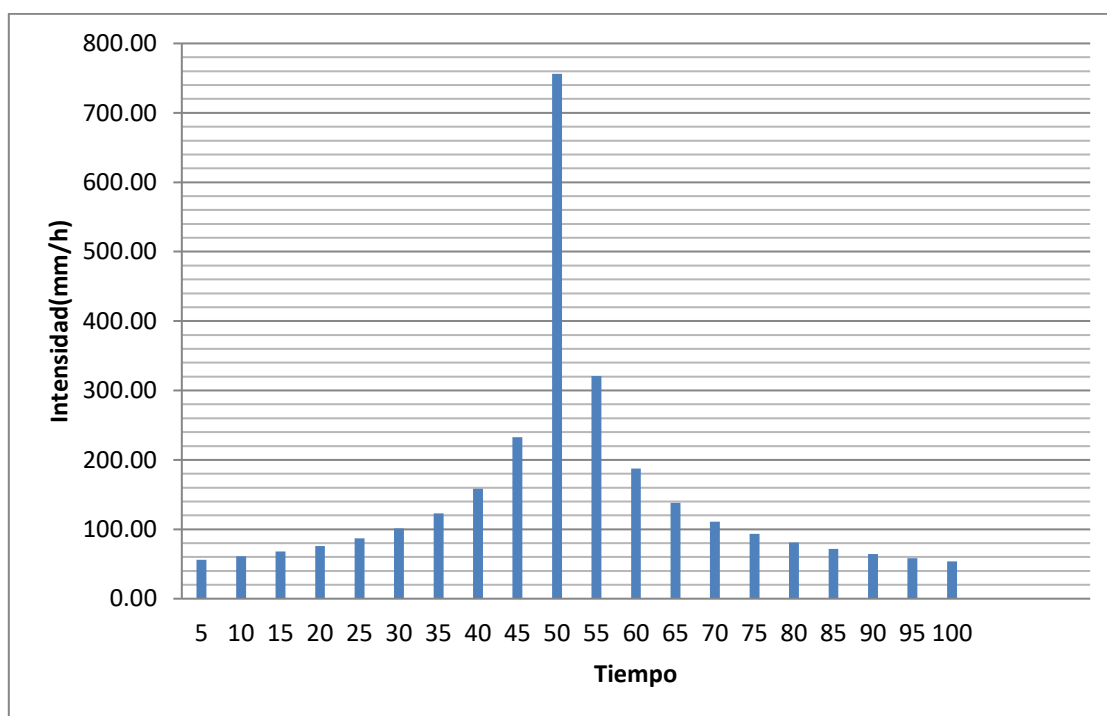


Gráfica 4. Hietograma de bloques alternos para T= 200 años

**T=500 años**

Tiempo	I(t)	Bloques	Orden	P(mm)
5	756.33	756.33	55.89	4.66
10	538.63	320.93	61.25	5.10
15	436.72	232.88	67.80	5.65
20	374.36	187.30	76.04	6.34
25	331.17	158.40	86.76	7.23
30	298.99	138.10	101.41	8.45
35	273.84	122.90	122.90	10.24
40	253.48	111.01	158.40	13.20
45	236.59	101.41	232.88	19.41
50	222.27	93.46	756.33	63.03
55	209.95	86.76	320.93	26.74
60	199.21	81.02	187.30	15.61
65	189.74	76.04	138.10	11.51
70	181.30	71.67	111.01	9.25
75	173.74	67.80	93.46	7.79
80	166.90	64.35	81.02	6.75
85	160.68	61.25	71.67	5.97
90	155.00	58.44	64.35	5.36
95	149.79	55.89	58.44	4.87
100	144.98	53.56	53.56	4.46

Tabla 13. Tormenta de diseño para T=500 años



Gráfica 5. Hietograma de bloques alternos para T= 500 años

## 7-CÁLCULO DE LOS CAUDALES DE CRECIDA CON HEC-HMS

Para la determinación de los caudales de crecida con el programa HMS se ha definido un modelo hidrológico con las cuatro cuencas vertientes.

El programa Hec-HMS desarrollado por el US Army Corps Engineers permite obtener los hidrogramas de la crecidas asociadas a un periodo de retorno mediante la definición de las cuencas vertientes e introduciendo los distintos parámetros que modelizan el flujo.

El modelo hidrológico es el definido en la imagen siguiente.

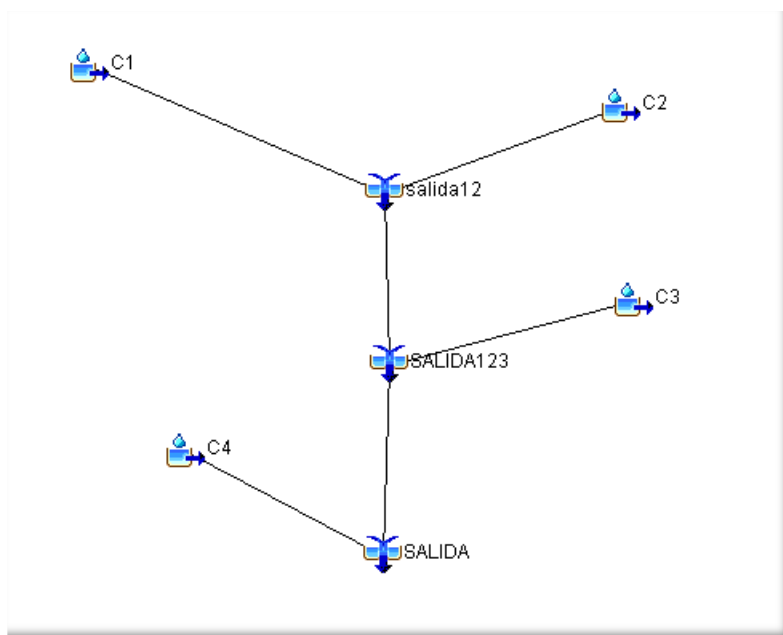
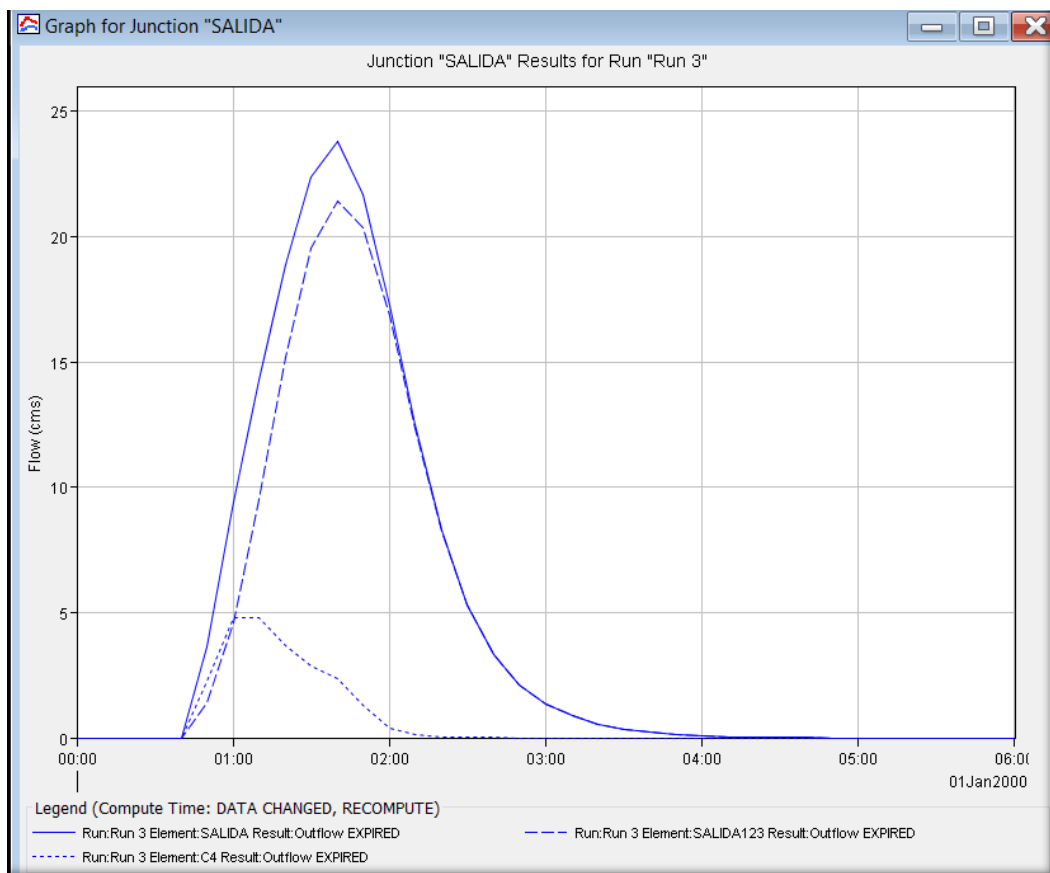


Figura 4. Modelo de análisis de las cuencas HMS.

Los resultados obtenidos del programa para los distintos periodos de retorno son:

T=10 años



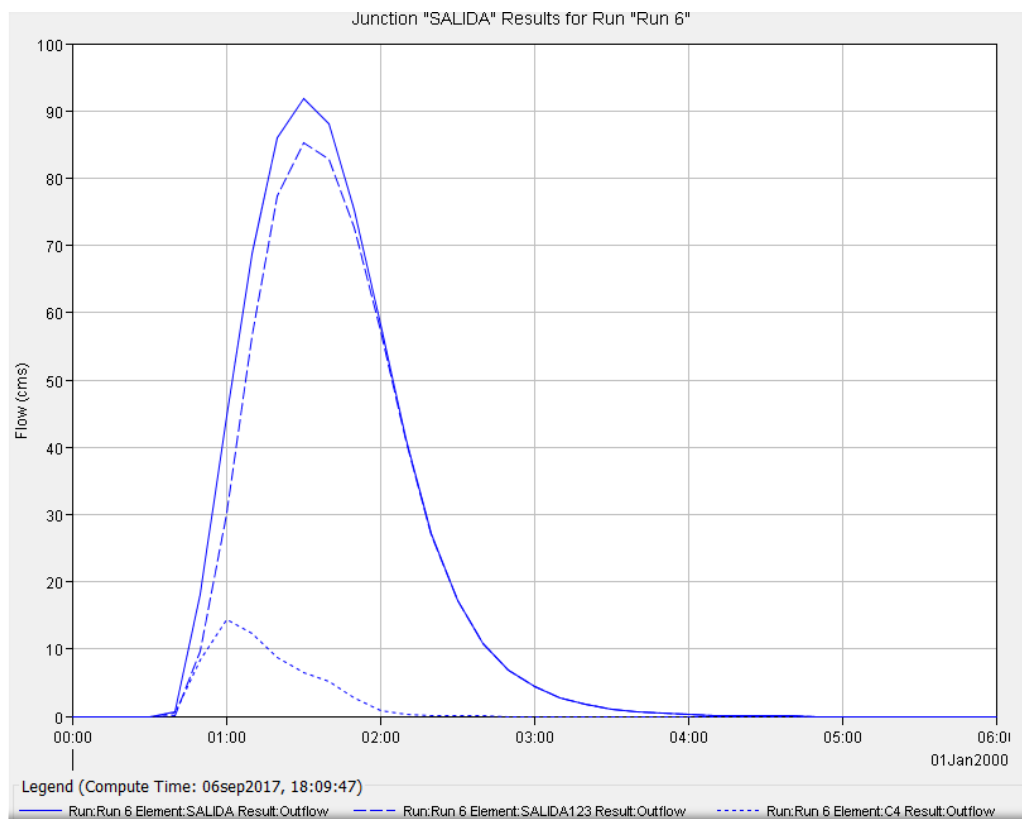
Gráfica 6. Hidrograma de respuesta para T= 10 años con HMS

Project: Inundabilidad.Lorcha Simulation Run: Run 3				
Junction: SALIDA				
Start of Run: 01ene2000, 00:00		Basin Model: Cuenca Principal		
End of Run: 01ene2000, 06:00		Meteorologic Model: 10		
Compute Time:DATA CHANGED, RECOMPUTE		Control Specifications:10		
Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:30	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:40	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:50	1.4	2.2	3.6
01ene2000	01:00	4.6	4.8	9.4
01ene2000	01:10	9.5	4.8	14.3
01ene2000	01:20	15.2	3.7	18.9
01ene2000	01:30	19.5	2.9	22.4
01ene2000	01:40	21.4	2.3	23.8
01ene2000	01:50	20.4	1.3	21.7
01ene2000	02:00	16.8	0.4	17.3
01ene2000	02:10	12.3	0.1	12.5
01ene2000	02:20	8.2	0.0	8.3
01ene2000	02:30	5.3	0.0	5.3
01ene2000	02:40	3.3	0.0	3.3
01ene2000	02:50	2.1	0.0	2.1
01ene2000	03:00	1.4	0.0	1.4
01ene2000	03:10	0.9	0.0	0.9
01ene2000	03:20	0.6	0.0	0.6
01ene2000	03:30	0.4	0.0	0.4
01ene2000	03:40	0.2	0.0	0.2
01ene2000	03:50	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:00	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	04:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	04:30	0.0	0.0	0.0
01ene2000	04:40	0.0	0.0	0.0

Tabla 14. Datos hidrograma de respuesta para T= 10 años HMS



T=50 años



Gráfica 7. Hidrograma de respuesta para T= 50 años HMS

Project: Inundabilidad.Lorcha Simulation Run: Run 6  
Junction: SALIDA

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Cuenca Principal  
End of Run: 01ene2000, 06:00 Meteorologic Model: 50  
Compute Time:06sep2017, 18:09:47 Control Specifications:10

Date	Time	Inflow from...	Inflow from...	Outflow
		(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
01ene2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:30	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:40	0.2	0.5	0.6
01ene2000	00:50	9.7	8.4	18.1
01ene2000	01:00	30.3	14.4	44.6
01ene2000	01:10	56.5	12.2	68.7
01ene2000	01:20	77.3	8.7	86.0
01ene2000	01:30	85.3	6.5	91.8
01ene2000	01:40	82.9	5.1	88.0
01ene2000	01:50	72.6	2.8	75.3
01ene2000	02:00	57.3	0.9	58.1
01ene2000	02:10	40.9	0.3	41.2
01ene2000	02:20	27.0	0.1	27.1
01ene2000	02:30	17.2	0.0	17.2
01ene2000	02:40	10.8	0.0	10.8
01ene2000	02:50	6.9	0.0	6.9
01ene2000	03:00	4.4	0.0	4.4
01ene2000	03:10	2.8	0.0	2.8
01ene2000	03:20	1.8	0.0	1.8
01ene2000	03:30	1.1	0.0	1.1
01ene2000	03:40	0.7	0.0	0.7
01ene2000	03:50	0.4	0.0	0.4
01ene2000	04:00	0.2	0.0	0.2
01ene2000	04:10	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:20	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:30	0.0	0.0	0.0

Tabla 15. Datos hidrograma de respuesta para T= 50 años HMS

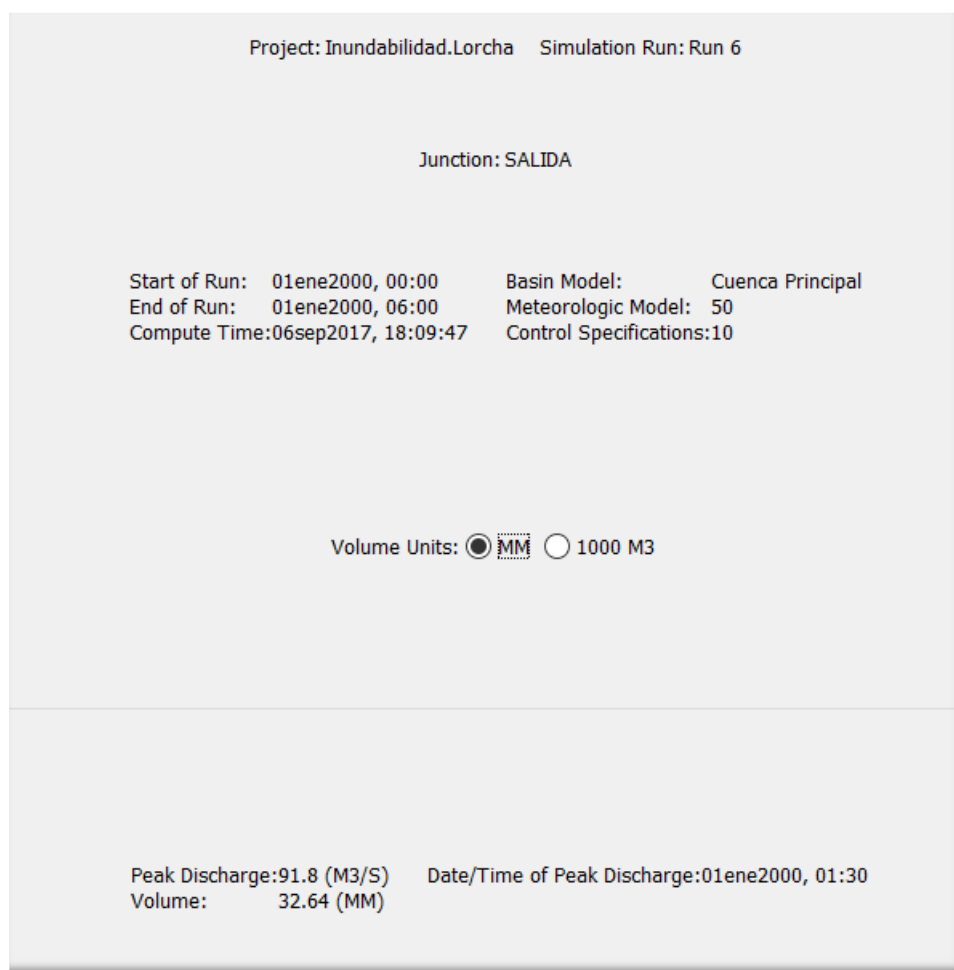
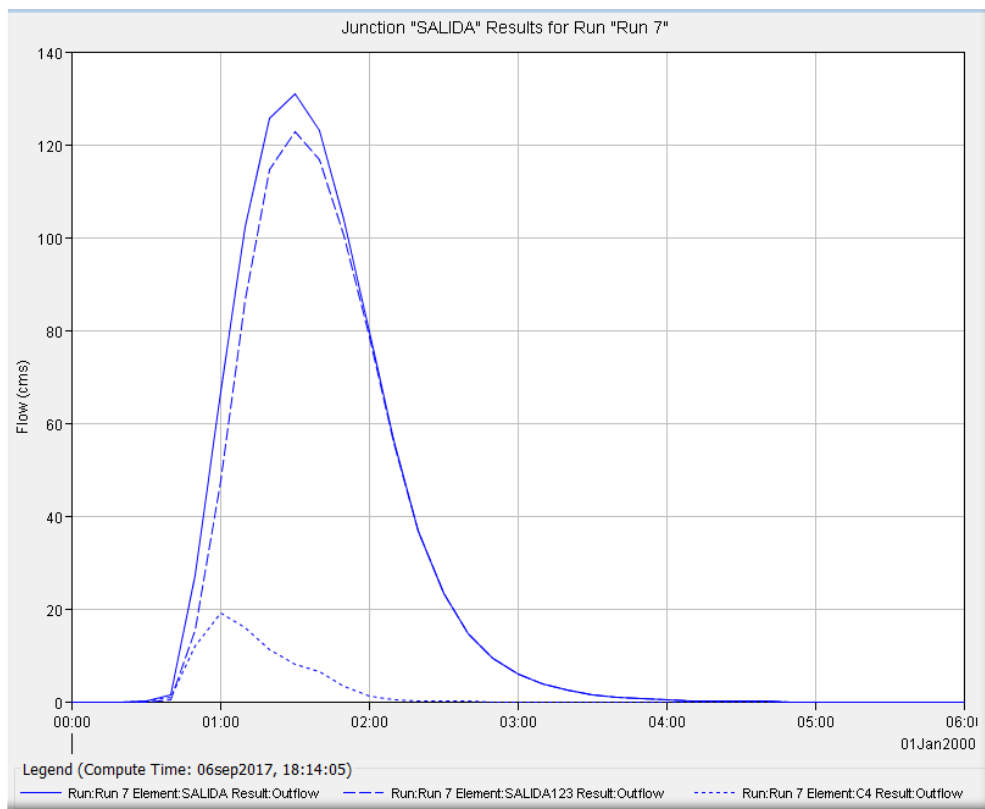


Imagen 6. Datos HMS para T=50 años.

T=100 años



Gráfica 8. Hidrograma de respuesta para T=100 años

Project: Inundabilidad.Lorcha Simulation Run: Run 7  
Junction: SALIDA

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Cuenca Principal  
End of Run: 01ene2000, 06:00 Meteorologic Model: 100  
Compute Time: 06sep2017, 18:14:05 Control Specifications: 10

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:30	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:40	0.5	1.0	1.4
01ene2000	00:50	15.3	11.9	27.2
01ene2000	01:00	47.5	19.2	66.7
01ene2000	01:10	86.5	15.8	102.3
01ene2000	01:20	114.7	11.1	125.7
01ene2000	01:30	122.9	8.1	131.0
01ene2000	01:40	116.6	6.4	122.9
01ene2000	01:50	100.4	3.4	103.8
01ene2000	02:00	78.5	1.1	79.6
01ene2000	02:10	55.8	0.3	56.1
01ene2000	02:20	36.7	0.1	36.8
01ene2000	02:30	23.4	0.0	23.4
01ene2000	02:40	14.7	0.0	14.7
01ene2000	02:50	9.4	0.0	9.4
01ene2000	03:00	6.0	0.0	6.0
01ene2000	03:10	3.8	0.0	3.8
01ene2000	03:20	2.4	0.0	2.4
01ene2000	03:30	1.5	0.0	1.5
01ene2000	03:40	0.9	0.0	0.9
01ene2000	03:50	0.6	0.0	0.6
01ene2000	04:00	0.3	0.0	0.3
01ene2000	04:10	0.2	0.0	0.2
01ene2000	04:20	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:30	0.0	0.0	0.0

Tabla 16. Datos hidrograma de respuesta T=100 años.

Project: Inundabilidad.Lorcha    Simulation Run: Run 7

Junction: SALIDA

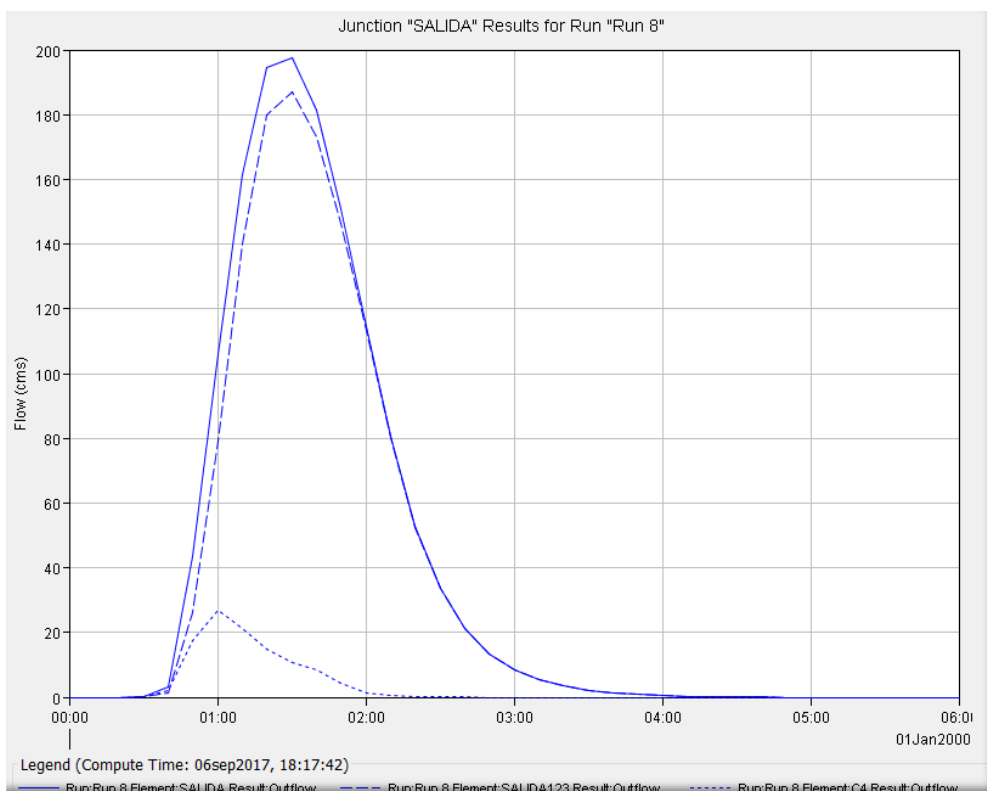
Start of Run: 01ene2000, 00:00    Basin Model: Cuenca Principal  
End of Run: 01ene2000, 06:00    Meteorologic Model: 100  
Compute Time: 06sep2017, 18:14:05    Control Specifications: 10

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Peak Discharge: 131.0 (M3/S)    Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 01:30  
Volume: 46.31 (MM)

Imagen 7. Datos HMS para T=100 años.

**T=200 años**



Gráfica 9. Hidrograma de respuesta para T=200 años

Project: Inundabilidad.Lorcha Simulation Run: Run 8  
Junction: SALIDA

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Cuenca Principal  
End of Run: 01ene2000, 06:00 Meteorologic Model: 200  
Compute Time: 06sep2017, 18:17:42 Control Specifications: 10

Date	Time	Inflow from...	Inflow from...	Outflow
		(M3/S)	(M3/S)	(M3/S)
01ene2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:30	0.0	0.2	0.2
01ene2000	00:40	1.2	2.1	3.3
01ene2000	00:50	26.0	17.6	43.5
01ene2000	01:00	79.1	26.9	106.0
01ene2000	01:10	140.2	21.4	161.6
01ene2000	01:20	180.0	14.7	194.7
01ene2000	01:30	187.0	10.7	197.7
01ene2000	01:40	173.0	8.3	181.3
01ene2000	01:50	146.4	4.4	150.9
01ene2000	02:00	113.3	1.4	114.7
01ene2000	02:10	80.1	0.4	80.5
01ene2000	02:20	52.6	0.1	52.7
01ene2000	02:30	33.5	0.0	33.5
01ene2000	02:40	21.1	0.0	21.1
01ene2000	02:50	13.4	0.0	13.4
01ene2000	03:00	8.6	0.0	8.6
01ene2000	03:10	5.4	0.0	5.4
01ene2000	03:20	3.4	0.0	3.4
01ene2000	03:30	2.1	0.0	2.1
01ene2000	03:40	1.3	0.0	1.3
01ene2000	03:50	0.8	0.0	0.8
01ene2000	04:00	0.4	0.0	0.4
01ene2000	04:10	0.2	0.0	0.2
01ene2000	04:20	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:30	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:40	0.0	0.0	0.0

Tabla 17. Datos hidrograma de respuesta para T=200 años

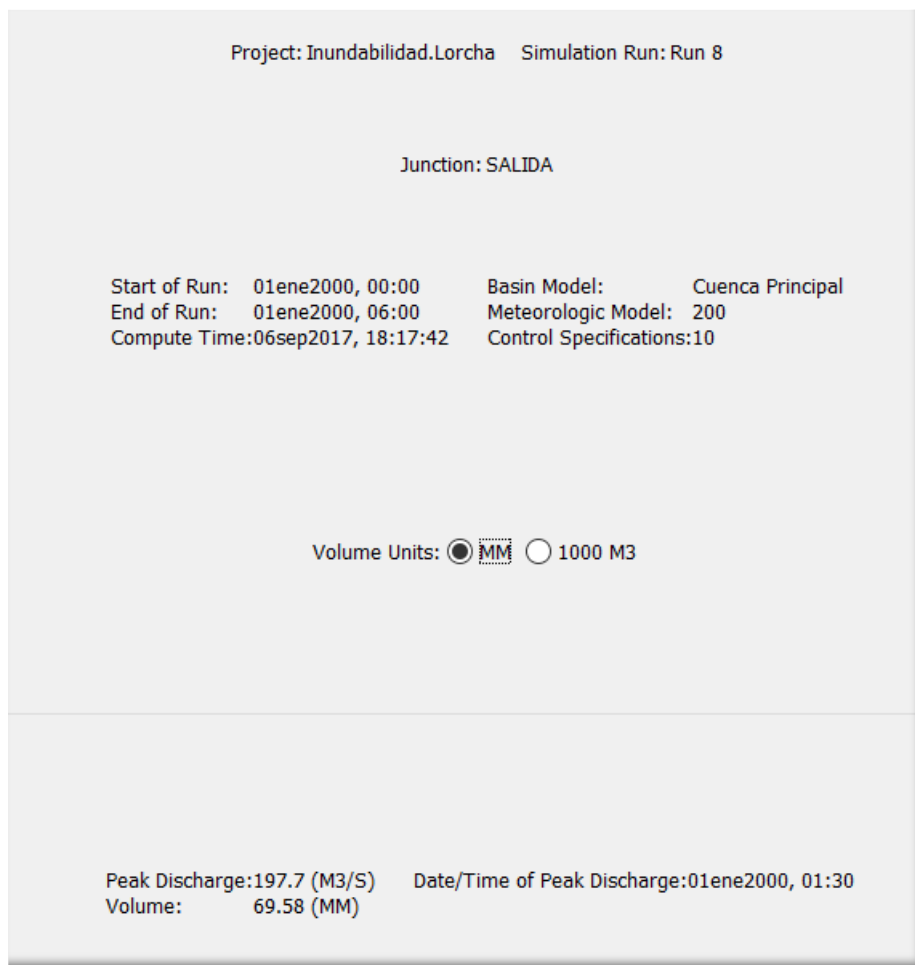
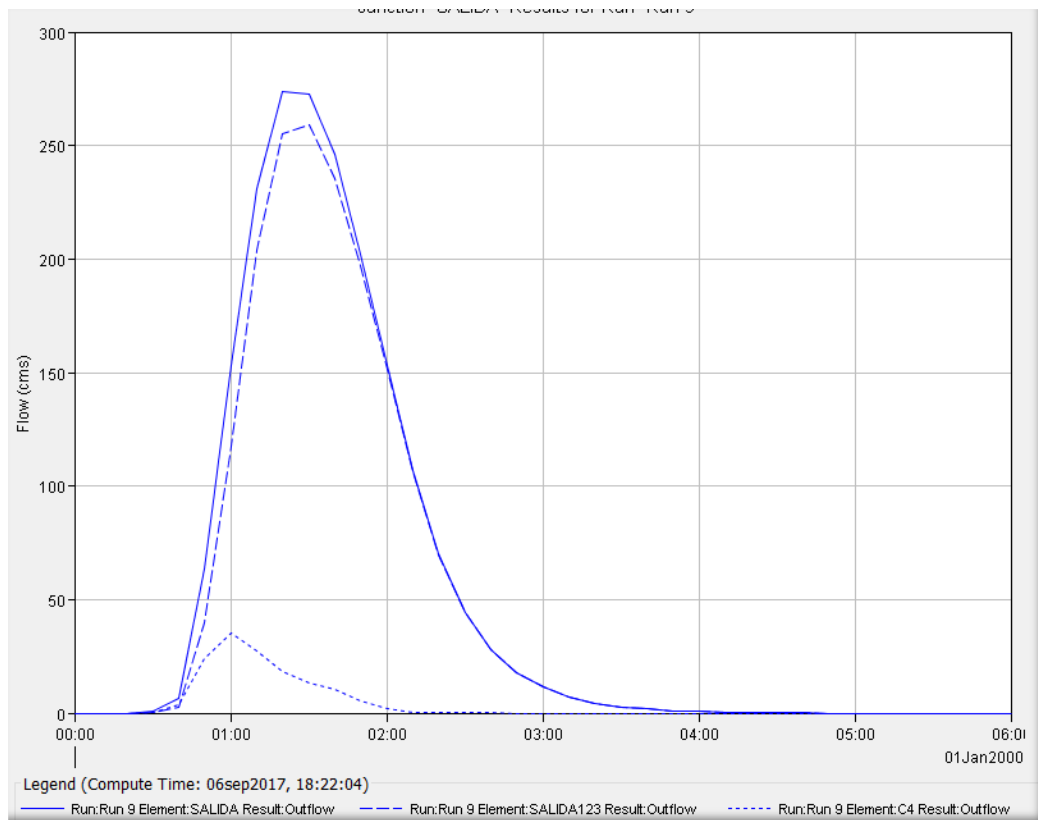


Imagen 8. Datos HMS para T=200 años.

**T=500 años**



Gráfica 10. Hidrograma de respuesta para T=500 años

Project: Inundabilidad.Lorcha Simulation Run: Run 9  
Junction: SALIDA

Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: Cuenca Principal  
End of Run: 01ene2000, 06:00 Meteorologic Model: 500  
Compute Time: 06sep2017, 18:22:04 Control Specifications: 10

Date	Time	Inflow fro... (M3/S)	Inflow fro... (M3/S)	Outflow (M3/S)
01ene2000	00:00	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:10	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:20	0.0	0.0	0.0
01ene2000	00:30	0.2	0.6	0.8
01ene2000	00:40	2.7	3.5	6.3
01ene2000	00:50	39.8	23.9	63.7
01ene2000	01:00	117.8	35.1	152.9
01ene2000	01:10	203.6	27.3	230.9
01ene2000	01:20	255.0	18.5	273.5
01ene2000	01:30	259.2	13.3	272.5
01ene2000	01:40	235.6	10.2	245.9
01ene2000	01:50	197.0	5.5	202.4
01ene2000	02:00	151.2	1.7	153.0
01ene2000	02:10	106.5	0.5	107.1
01ene2000	02:20	69.9	0.2	70.0
01ene2000	02:30	44.4	0.0	44.5
01ene2000	02:40	27.9	0.0	28.0
01ene2000	02:50	17.8	0.0	17.8
01ene2000	03:00	11.4	0.0	11.4
01ene2000	03:10	7.2	0.0	7.2
01ene2000	03:20	4.5	0.0	4.5
01ene2000	03:30	2.8	0.0	2.8
01ene2000	03:40	1.8	0.0	1.8
01ene2000	03:50	1.1	0.0	1.1
01ene2000	04:00	0.6	0.0	0.6
01ene2000	04:10	0.3	0.0	0.3
01ene2000	04:20	0.2	0.0	0.2
01ene2000	04:30	0.1	0.0	0.1
01ene2000	04:40	0.0	0.0	0.0

Tabla 18. Hidrograma de respuesta para T=500 años.



Imagen 9. Datos HMS para T=500 años

**Los caudales obtenidos por el análisis efectuado en el HMS son:**

Periodo de Retorno (años)	Q(M <sup>3</sup> /S)
10	23.8
50	91.8
100	131
200	197
500	273.5

Tabla 19. Caudales obtenidos mediante HMS.

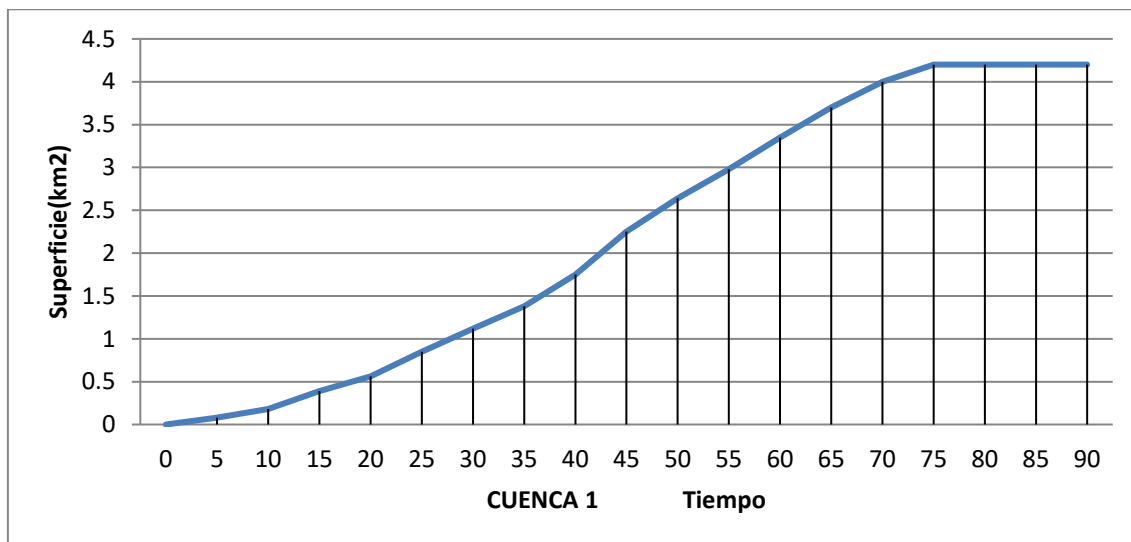


## 8-CÁLCULO DE CAUDALES MEDIANTE EL MÉTODO DE ISOCRONAS

### Cuenca 1

t( minutos)	S(km2)
0	0
5	0.08
10	0.18
15	0.39
20	0.56
25	0.85
30	1.12
35	1.38
40	1.75
45	2.25
50	2.64
55	2.98
60	3.35
65	3.7
70	4
75	4.2
80	4.2
85	4.2
90	4.2

Tabla 20. Curva tiempo-área acumulada cuenca 1.

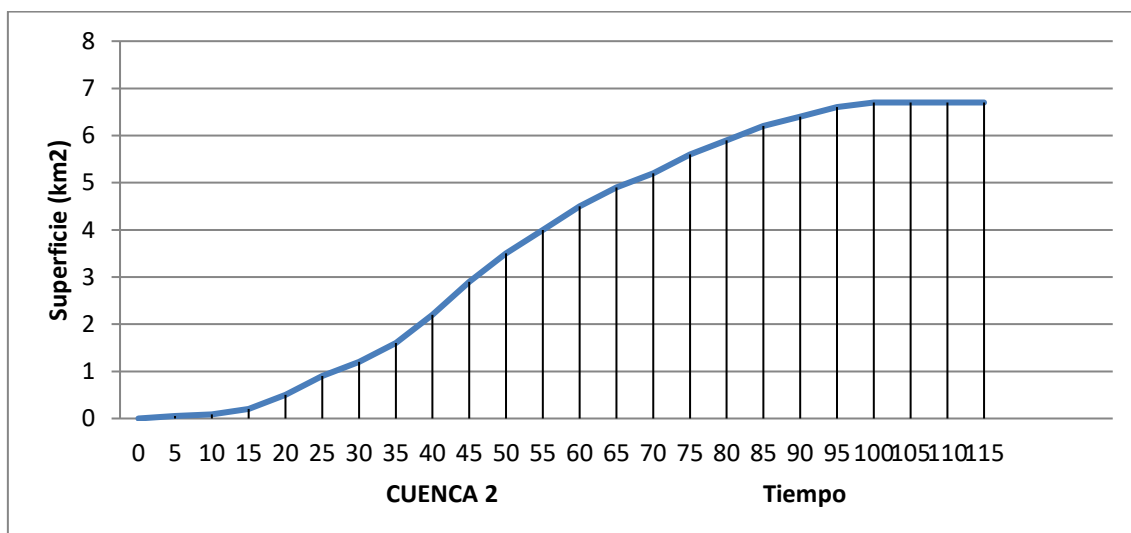


Gráfica 11. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 1

## Cuenca 2

t( minutos)	S(km2)
0	0
5	0.05
10	0.09
15	0.2
20	0.5
25	0.9
30	1.2
35	1.6
40	2.2
45	2.9
50	3.5
55	4
60	4.5
65	4.9
70	5.2
75	5.6
80	5.9
85	6.2
90	6.4
95	6.6
100	6.7
105	6.7
110	6.7
115	6.7

Tabla 21. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 2

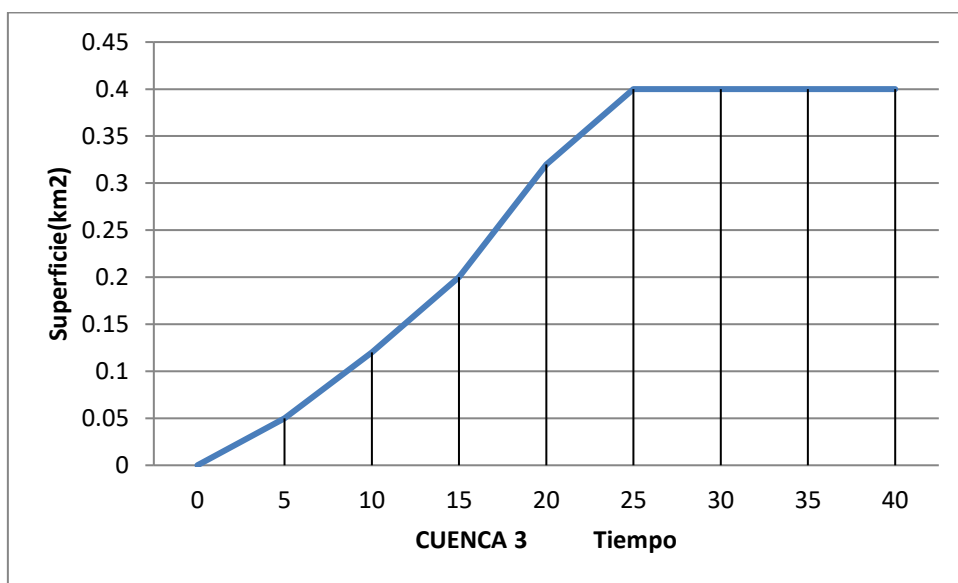


Gráfica 12. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 2

## Cuenca 3

t( minutos)	S(km2)
0	0
5	0.05
10	0.12
15	0.2
20	0.32
25	0.4
30	0.4
35	0.4
40	0.4

Tabla 22. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 3

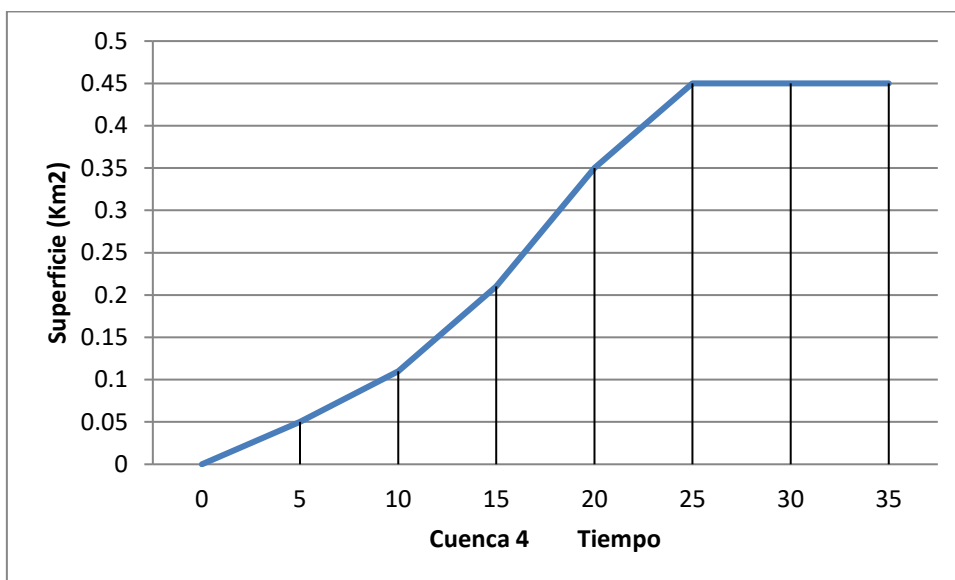


Gráfica 13. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 3.

#### Cuenca 4

t( minutos)	S(km2)
0	0
5	0.05
10	0.11
15	0.21
20	0.35
25	0.45
30	0.45
35	0.45

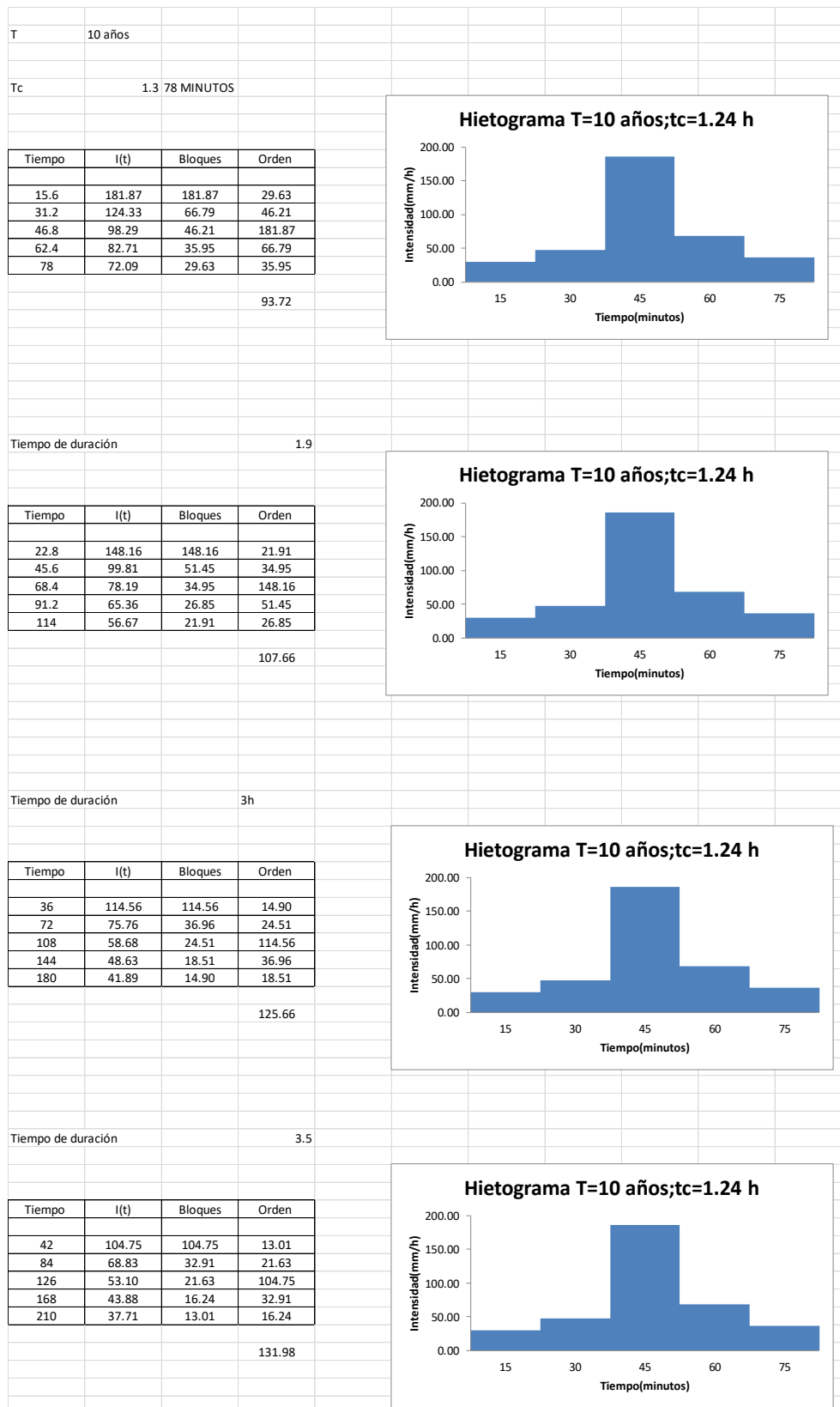
Tabla 23. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 4



Gráfica 14. Curva tiempo-área acumulada Cuenca 4

## 8.1-Hietogramas y lluvia neta

Para 10 años de Periodo de retorno:



Tablas 24-25-26-27. Hietogramas para T=10 años



Determinadas tormentas de diseño aplicaremos el modelo del **SoilConservationService(SCS)** para el cálculo de la escorrentía superficial y la precipitación neta.

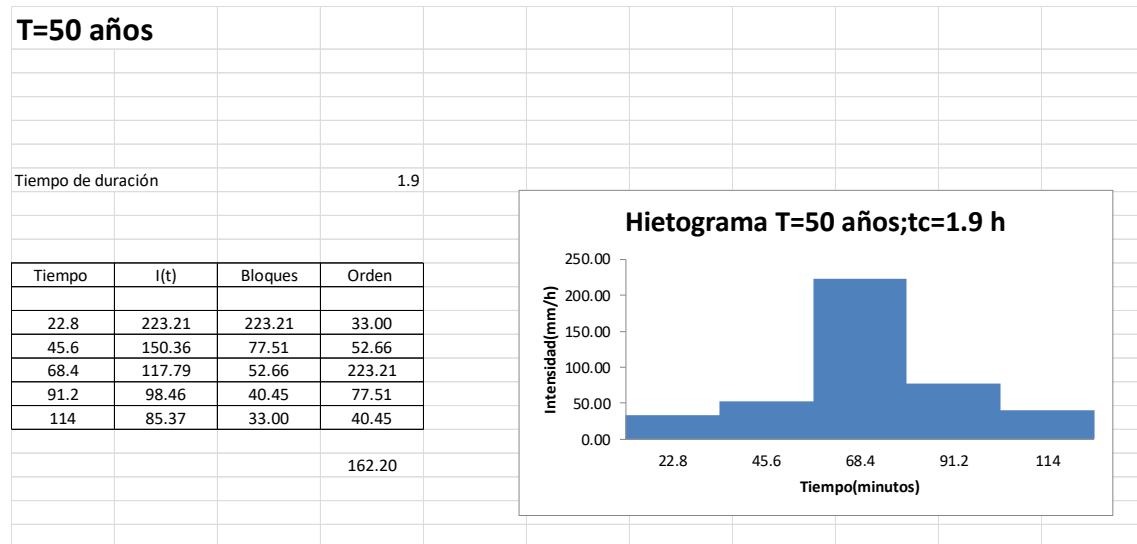
$$E = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}$$

	Cuenca 1			Cuenca 2	
	Po(mm)	40.8		Po(mm)	42
	Te(minutos)	38.15		Te(minutos)	38.5
	Duración lluvia neta(h)	0.66		Duración lluvia neta(h)	0.66
	Escoreentía acumulada(mm)	10.9		Escoreentía acumulada(mm)	10.2
	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	16.4		Intensidad de lluvia neta (mm/h)	15.5
	Cuenca 1			Cuenca 2	
	Po(mm)	40.8		Po(mm)	42
	Te(minutos)	56		Te(minutos)	56.4
	Duración lluvia neta(h)	0.97		Duración lluvia neta(h)	0.96
	Escoreentía acumulada(mm)	16.5		Escoreentía acumulada(mm)	15.6
	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	17.1		Intensidad de lluvia neta (mm/h)	16.3
	Po(mm)	40.8		Po(mm)	42
	Te(minutos)	80.98		Te(minutos)	81.61
	Duración lluvia neta(h)	1.65		Duración lluvia neta(h)	1.64
	Escoreentía acumulada(mm)	24.9		Escoreentía acumulada(mm)	23.8
	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	15.1		Intensidad de lluvia neta (mm/h)	14.5
	Po(mm)	40.8		Po(mm)	42
	Te(minutos)	93.48		Te(minutos)	94.17
	Duración lluvia neta(h)	1.94		Duración lluvia neta(h)	1.93
	Escoreentía acumulada(mm)	28.2		Escoreentía acumulada(mm)	27.0
	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	14.5		Intensidad de lluvia neta (mm/h)	14.0

Tablas 28-35. Lluvia neta para T=10 años

Se observa que la lluvia más desfavorable corresponde a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca B de 1,9 horas por lo que se han calculado los hietogramas correspondientes a ese tiempo de duración para el resto de periodos de retorno.

### T=50 años



Tabala 36. Hietograma para T=50 años

Cuenca 1		Cuenca 2	
Po(mm)	40.8	Po(mm)	42
Te(minutos)	53.85	Te(minutos)	55.05
Duración lluvia neta(h)	1.00	Duración lluvia neta(h)	0.98
Escoreentía acumulada(mm)	45.3	Escoreentía acumulada(mm)	43.8
Intensidad de lluvia neta (mm/h)	45.2	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	44.5

Tabla 37-38. Lluvia neta para T=50 años



**T=100 años**

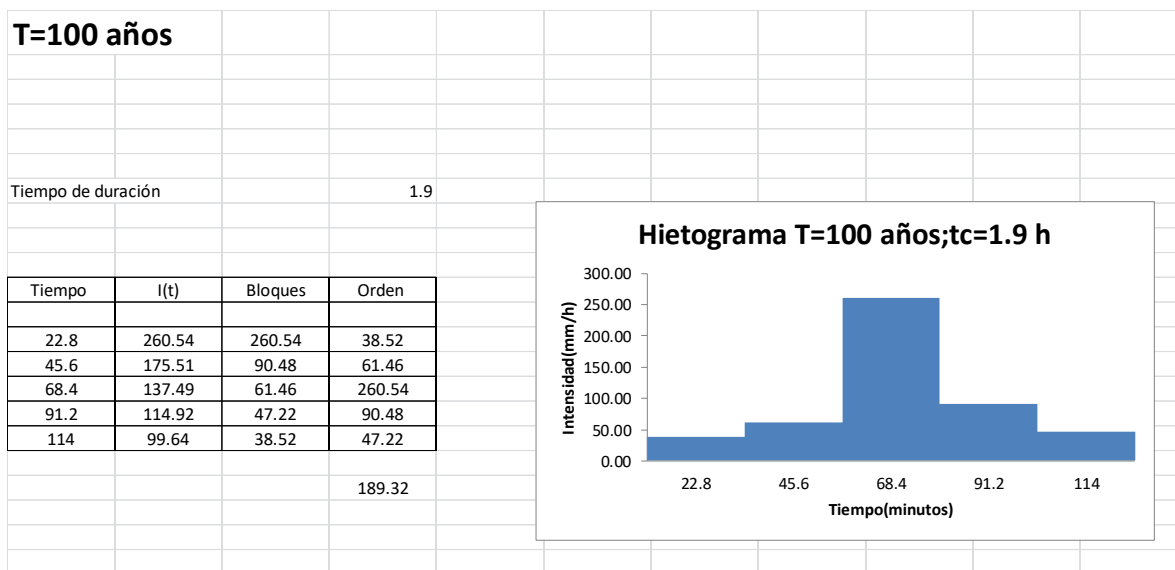


Tabla 39. Hietograma para T=100 años.

	Cuenca 1		Cuenca 2	
Po(mm)	40.8	Po(mm)	42	
Te(minutos)	48.41	Te(minutos)	49.61	
Duración lluvia neta(h)	1.09	Duración lluvia neta(h)	1.07	
Escorrentía acumulada(mm)	62.6	Escorrentía acumulada(mm)	60.7	
Intensidad de lluvia neta (mm/h)	57.2	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	56.6	

Tablas 40-41. Lluvia neta T=100 años.

**T=200 años**

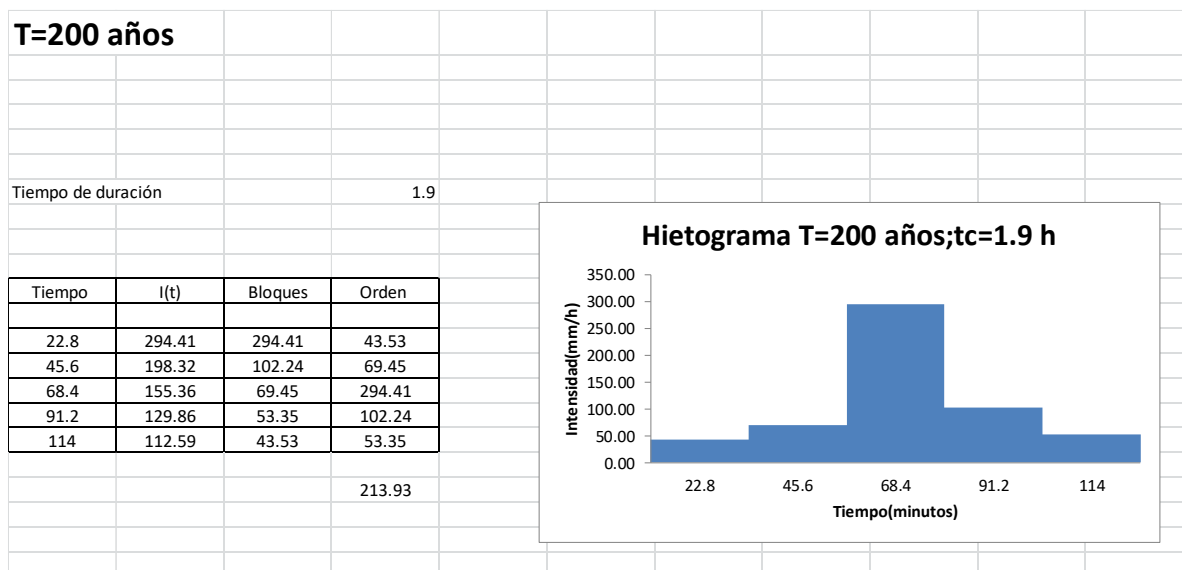


Tabla 42. Hietograma para T= 200 años

	Cuenca 1		Cuenca 2	
Po(mm)	40.8	Po(mm)	42	
Te(minutos)	43.47	Te(minutos)	44.67	
Duración lluvia neta(h)	1.18	Duración lluvia neta(h)	1.16	
Escoreentía acumulada(mm)	79.5	Escoreentía acumulada(mm)	77.4	
Intensidad de lluvia neta (mm/h)	67.6	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	67.0	

Tablas 43-44. Lluvia neta para T=200 años

**T=500 años**

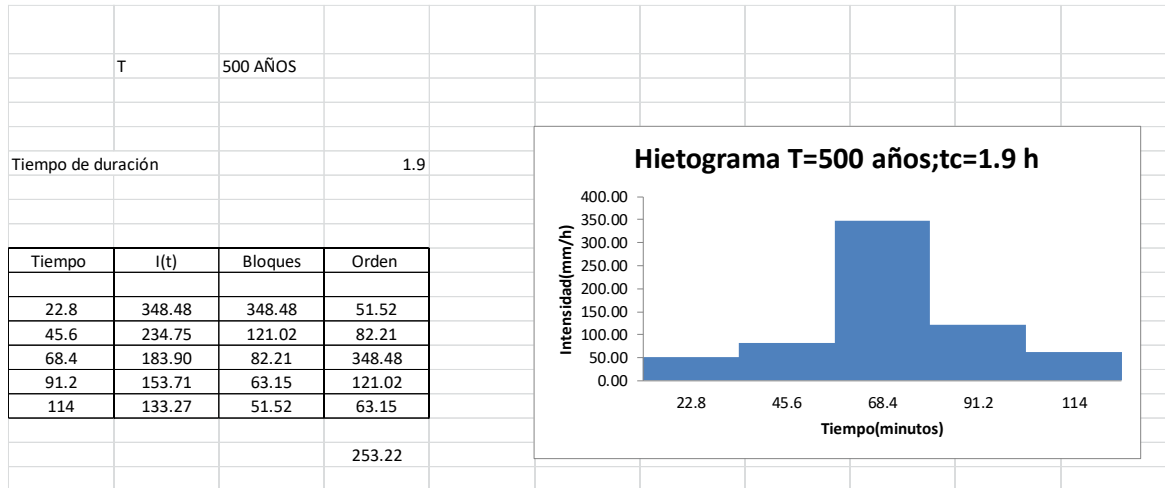


Tabla 45. Hietograma para T=500 años.

500 AÑOS			
Cuenca 1		Cuenca 2	
Po(mm)	40.8	Po(mm)	42
Te(minutos)	38.22	Te(minutos)	39.16
Duración lluvia neta(h)	1.26	Duración lluvia neta(h)	1.25
Escoreentía acumulada(mm)	108.4	Escoreentía acumulada(mm)	105.9
Intensidad de lluvia neta (mm/h)	85.8	Intensidad de lluvia neta (mm/h)	84.9

Tablas 46-47. Lluvia neta para T=500 años.

## 8.2-Hidrogramas

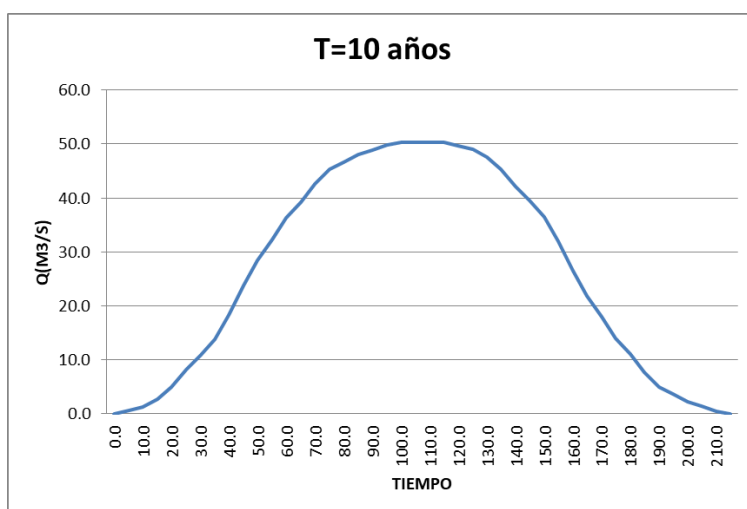
T=10 años

T=10 años				
t ( minutos)	S(km2)	S(t) (m3/s)	S(t+114)	H1
0.00	0	0.00		0
5.00	0.08	0.02		0.4
10.00	0.18	0.05		0.9
15.00	0.39	0.11		1.9
20.00	0.56	0.16		2.7
25.00	0.85	0.24		4.0
30.00	1.12	0.31		5.3
35.00	1.38	0.38		6.6
40.00	1.75	0.49		8.3
45.00	2.25	0.63		10.7
50.00	2.64	0.73		12.5
55.00	2.98	0.83		14.2
60.00	3.35	0.93		15.9
65.00	3.6	1.00		17.1
70.00	4	1.11		19.0
75.00	4.2	1.17		20.0
80.00	4.2	1.17		20.0
85.00	4.2	1.17		20.0
90.00	4.2	1.17		20.0
95.00	4.20	1.17		20.0
100.00	4.20	1.17		20.0
105.00	4.20	1.17		20.0
110.00	4.20	1.17		20.0
115.00	4.20	1.17	0.00	20.0
120.00	4.20	1.17	0.02	19.6
125.00	4.20	1.17	0.05	19.1
130.00	4.20	1.17	0.11	18.1
135.00	4.20	1.17	0.16	17.3
140.00	4.20	1.17	0.24	15.9
145.00	4.20	1.17	0.31	14.6
150.00	4.20	1.17	0.38	13.4
155.00	4.20	1.17	0.49	11.6
160.00	4.20	1.17	0.63	9.3
165.00	4.20	1.17	0.73	7.4
170.00	4.20	1.17	0.83	5.8
175.00	4.20	1.17	0.93	4.0
180.00	4.20	1.17	1.00	2.9
185.00	4.20	1.17	1.11	1.0
190.00	4.20	1.17	1.17	0.0
195.00	4.20	1.17	1.17	0.0
200.00	4.20	1.17	1.17	0.0
205.00	4.20	1.17	1.17	0.0
210.00	4.20	1.17	1.17	0.0
215.00	4.20	1.17	1.17	0.0
220.00	4.20	1.17	1.17	0.0
225.00	4.20	1.17	1.17	

Tabla 48. Datos hidrograma T=10 años.

[illegible]

Tabla 49. Datos hidrograma T= 10 años.



Gráfica 15. Hidrograma T=10 años

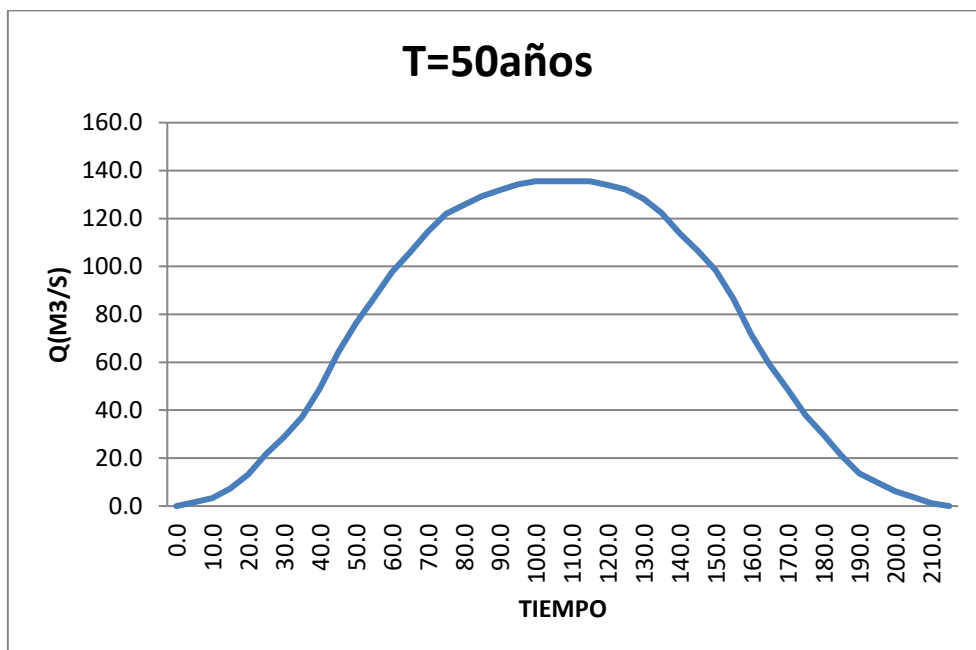
T=50 años

T	50 años			
t( minutos)	S(km2)	S(t) (m3/s)	S(t+114)	H1
0.00	0	0.00		0
5.00	0.08	0.02		1.0
10.00	0.18	0.05		2.3
15.00	0.39	0.11		4.9
20.00	0.56	0.16		7.0
25.00	0.85	0.24		10.7
30.00	1.12	0.31		14.1
35.00	1.38	0.38		17.3
40.00	1.75	0.49		22.0
45.00	2.25	0.63		28.3
50.00	2.64	0.73		33.1
55.00	2.98	0.83		37.4
60.00	3.35	0.93		42.1
65.00	3.6	1.00		45.2
70.00	4	1.11		50.2
75.00	4.2	1.17		52.7
80.00	4.2	1.17		52.7
85.00	4.2	1.17		52.7
90.00	4.2	1.17		52.7
95.00	4.20	1.17		52.7
100.00	4.20	1.17		52.7
105.00	4.20	1.17		52.7
110.00	4.20	1.17		52.7
115.00	4.20	1.17	0.00	52.7
120.00	4.20	1.17	0.02	51.7
125.00	4.20	1.17	0.05	50.5
130.00	4.20	1.17	0.11	47.8
135.00	4.20	1.17	0.16	45.7
140.00	4.20	1.17	0.24	42.1
145.00	4.20	1.17	0.31	38.7
150.00	4.20	1.17	0.38	35.4
155.00	4.20	1.17	0.49	30.8
160.00	4.20	1.17	0.63	24.5
165.00	4.20	1.17	0.73	19.6
170.00	4.20	1.17	0.83	15.3
175.00	4.20	1.17	0.93	10.7
180.00	4.20	1.17	1.00	7.5
185.00	4.20	1.17	1.11	2.5
190.00	4.20	1.17	1.17	0.0

Tabla 50. Datos hidrograma T= 50 años

cuenca 2													
t( minutos)	S(km2)	S(t)	S(t+114)	H2					t( minutos)	H1	H2	SUMA	
0	0	0		0.0					0.0	0.0	0.0	0.0	
5	0.05	0.01		0.6					5.0	1.0	0.6	1.6	
10	0.09	0.03		1.1					10.0	2.3	1.1	3.4	
15	0.2	0.06		2.5					15.0	4.9	2.5	7.4	
20	0.5	0.14		6.2					20.0	7.0	6.2	13.2	
25	0.9	0.25		11.1					25.0	10.7	11.1	21.8	
30	1.2	0.33		14.8					30.0	14.1	14.8	28.9	
35	1.6	0.44		19.8					35.0	17.3	19.8	37.1	
40	2.2	0.61		27.2					40.0	22.0	27.2	49.2	
45	2.9	0.81		35.8					45.0	28.3	35.8	64.1	
50	3.5	0.97		43.3					50.0	33.1	43.3	76.4	
55	4	1.11		49.4					55.0	37.4	49.4	86.9	
60	4.5	1.25		55.6					60.0	42.1	55.6	97.7	
65	4.9	1.36		60.6					65.0	45.2	60.6	105.8	
70	5.2	1.44		64.3					70.0	50.2	64.3	114.5	
75	5.6	1.56		69.2					75.0	52.7	69.2	122.0	
80	5.9	1.64		72.9					80.0	52.7	72.9	125.7	
85	6.2	1.72		76.6					85.0	52.7	76.6	129.4	
90	6.4	1.78		79.1					90.0	52.7	79.1	131.8	
95	6.6	1.83		81.6					95.0	52.7	81.6	134.3	
100	6.7	1.86		82.8					100.0	52.7	82.8	135.6	
105	6.7	1.86		82.8					105.0	52.7	82.8	135.6	
110	6.7	1.86		82.8					110.0	52.7	82.8	135.6	
115	6.7	1.86	0.0	82.8					115.0	52.7	82.8	135.6	
120	6.7	1.86	0.0	82.2					120.0	51.7	82.2	133.9	
125	6.7	1.86	0.0	81.7					125.0	50.5	81.7	132.2	
130	6.7	1.86	0.1	80.3					130.0	47.8	80.3	128.2	
135	6.7	1.86	0.1	76.6					135.0	45.7	76.6	122.3	
140	6.7	1.86	0.3	71.7					140.0	42.1	71.7	113.8	
145	6.7	1.86	0.3	68.0					145.0	38.7	68.0	106.7	
150	6.7	1.86	0.4	63.0					150.0	35.4	63.0	98.4	
155	6.7	1.86	0.6	55.6					155.0	30.8	55.6	86.4	
160	6.7	1.86	0.8	47.0					160.0	24.5	47.0	71.5	
165	6.7	1.86	1.0	39.6					165.0	19.6	39.6	59.1	
170	6.7	1.86	1.1	33.4					170.0	15.3	33.4	48.7	
175	6.7	1.86	1.3	27.2					175.0	10.7	27.2	37.9	
180	6.7	1.86	1.4	22.3					180.0	7.5	22.3	29.8	
185	6.7	1.86	1.4	18.5					185.0	2.5	18.5	21.1	
190	6.7	1.86	1.6	13.6					190.0	0.0	13.6	13.6	
195	6.7	1.86	1.6	9.9					195.0	0.0	9.9	9.9	
200	6.7	1.86	1.7	6.2					200.0	0.0	6.2	6.2	
205	6.7	1.86	1.8	3.7					205.0	0.0	3.7	3.7	
210	6.7	1.86	1.8	1.2					210.0	0.0	1.2	1.2	
215	6.7	1.86	1.9	0.0					215.0	0.0	0.0	0.0	

Tabla 51. Datos hidrograma T=50 años



Gráfica 16. Hidrograma T= 50 años

T=100 años

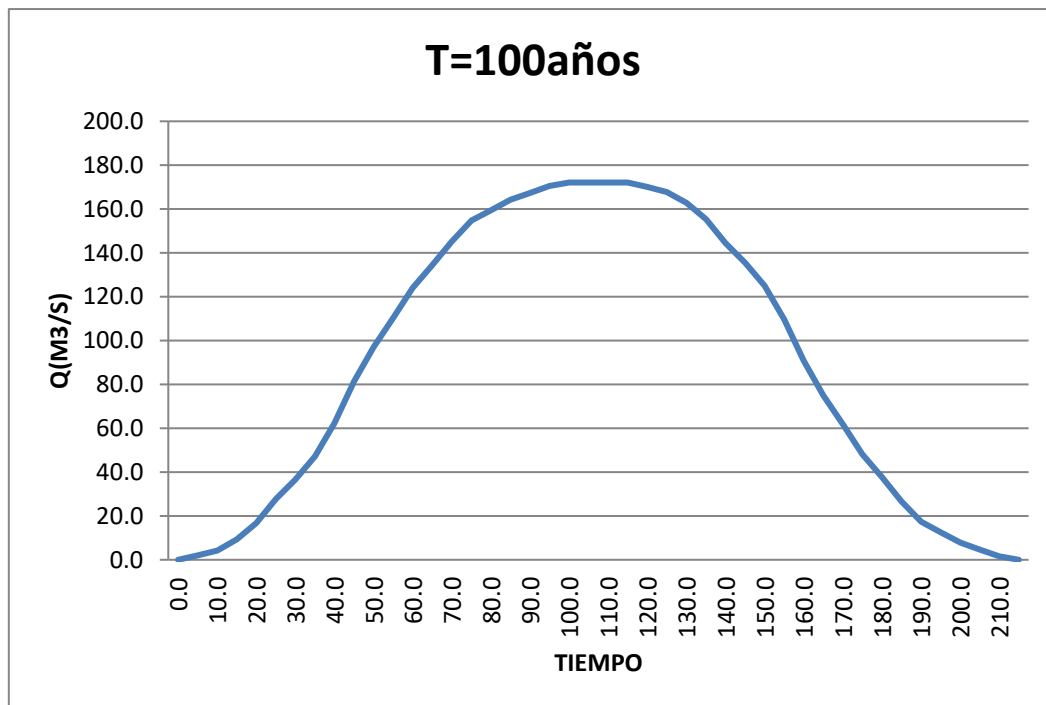
T		100 años		
t( minutos)	S(km2)	S(t) (m3/s)	S(t+114)	H1
0.00	0	0.00		0.0
5.00	0.08	0.02		1.3
10.00	0.18	0.05		2.9
15.00	0.39	0.11		6.2
20.00	0.56	0.16		8.9
25.00	0.85	0.24		13.5
30.00	1.12	0.31		17.8
35.00	1.38	0.38		21.9
40.00	1.75	0.49		27.8
45.00	2.25	0.63		35.8
50.00	2.64	0.73		41.9
55.00	2.98	0.83		47.3
60.00	3.35	0.93		53.2
65.00	3.6	1.00		57.2
70.00	4	1.11		63.6
75.00	4.2	1.17		66.7
80.00	4.2	1.17		66.7
85.00	4.2	1.17		66.7
90.00	4.2	1.17		66.7
95.00	4.20	1.17		66.7
100.00	4.20	1.17		66.7
105.00	4.20	1.17		66.7
110.00	4.20	1.17		66.7
115.00	4.20	1.17	0.00	66.7
120.00	4.20	1.17	0.02	65.5
125.00	4.20	1.17	0.05	63.9
130.00	4.20	1.17	0.11	60.5
135.00	4.20	1.17	0.16	57.8
140.00	4.20	1.17	0.24	53.2
145.00	4.20	1.17	0.31	48.9
150.00	4.20	1.17	0.38	44.8
155.00	4.20	1.17	0.49	38.9
160.00	4.20	1.17	0.63	31.0
165.00	4.20	1.17	0.73	24.8
170.00	4.20	1.17	0.83	19.4
175.00	4.20	1.17	0.93	13.5
180.00	4.20	1.17	1.00	9.5
185.00	4.20	1.17	1.11	3.2
190.00	4.20	1.17	1.17	0.0

Tabla 52. Datos hidrograma T=100 años



cuenca 2								
t( minutos)	S(km2)	S(t)	S(t+114)	H2	t( minutos)	H1	H2	SUMA
0	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.05	0.01		0.8	5.0	1.3	0.8	2.1
10	0.09	0.03		1.4	10.0	2.9	1.4	4.3
15	0.2	0.06		3.1	15.0	6.2	3.1	9.3
20	0.5	0.14		7.9	20.0	8.9	7.9	16.8
25	0.9	0.25		14.2	25.0	13.5	14.2	27.7
30	1.2	0.33		18.9	30.0	17.8	18.9	36.7
35	1.6	0.44		25.2	35.0	21.9	25.2	47.1
40	2.2	0.61		34.6	40.0	27.8	34.6	62.4
45	2.9	0.81		45.6	45.0	35.8	45.6	81.3
50	3.5	0.97		55.0	50.0	41.9	55.0	97.0
55	4	1.11		62.9	55.0	47.3	62.9	110.2
60	4.5	1.25		70.8	60.0	53.2	70.8	124.0
65	4.9	1.36		77.0	65.0	57.2	77.0	134.2
70	5.2	1.44		81.8	70.0	63.6	81.8	145.3
75	5.6	1.56		88.0	75.0	66.7	88.0	154.8
80	5.9	1.64		92.8	80.0	66.7	92.8	159.5
85	6.2	1.72		97.5	85.0	66.7	97.5	164.2
90	6.4	1.78		100.6	90.0	66.7	100.6	167.4
95	6.6	1.83		103.8	95.0	66.7	103.8	170.5
100	6.7	1.86		105.3	100.0	66.7	105.3	172.1
105	6.7	1.86		105.3	105.0	66.7	105.3	172.1
110	6.7	1.86		105.3	110.0	66.7	105.3	172.1
115	6.7	1.86	0.0	105.3	115.0	66.7	105.3	172.1
120	6.7	1.86	0.0	104.6	120.0	65.5	104.6	170.0
125	6.7	1.86	0.0	103.9	125.0	63.9	103.9	167.8
130	6.7	1.86	0.1	102.2	130.0	60.5	102.2	162.7
135	6.7	1.86	0.1	97.5	135.0	57.8	97.5	155.3
140	6.7	1.86	0.3	91.2	140.0	53.2	91.2	144.4
145	6.7	1.86	0.3	86.5	145.0	48.9	86.5	135.4
150	6.7	1.86	0.4	80.2	150.0	44.8	80.2	125.0
155	6.7	1.86	0.6	70.8	155.0	38.9	70.8	109.7
160	6.7	1.86	0.8	59.7	160.0	31.0	59.7	90.7
165	6.7	1.86	1.0	50.3	165.0	24.8	50.3	75.1
170	6.7	1.86	1.1	42.5	170.0	19.4	42.5	61.8
175	6.7	1.86	1.3	34.6	175.0	13.5	34.6	48.1
180	6.7	1.86	1.4	28.3	180.0	9.5	28.3	37.8
185	6.7	1.86	1.4	23.6	185.0	3.2	23.6	26.8
190	6.7	1.86	1.6	17.3	190.0	0.0	17.3	17.3
195	6.7	1.86	1.6	12.6	195.0	0.0	12.6	12.6
200	6.7	1.86	1.7	7.9	200.0	0.0	7.9	7.9
205	6.7	1.86	1.8	4.7	205.0	0.0	4.7	4.7
210	6.7	1.86	1.8	1.6	210.0	0.0	1.6	1.6
215	6.7	1.86	1.9	0.0	215.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 53. Datos hidrograma T=100 años



Gráfica 17. Hidrograma T= 100 años.

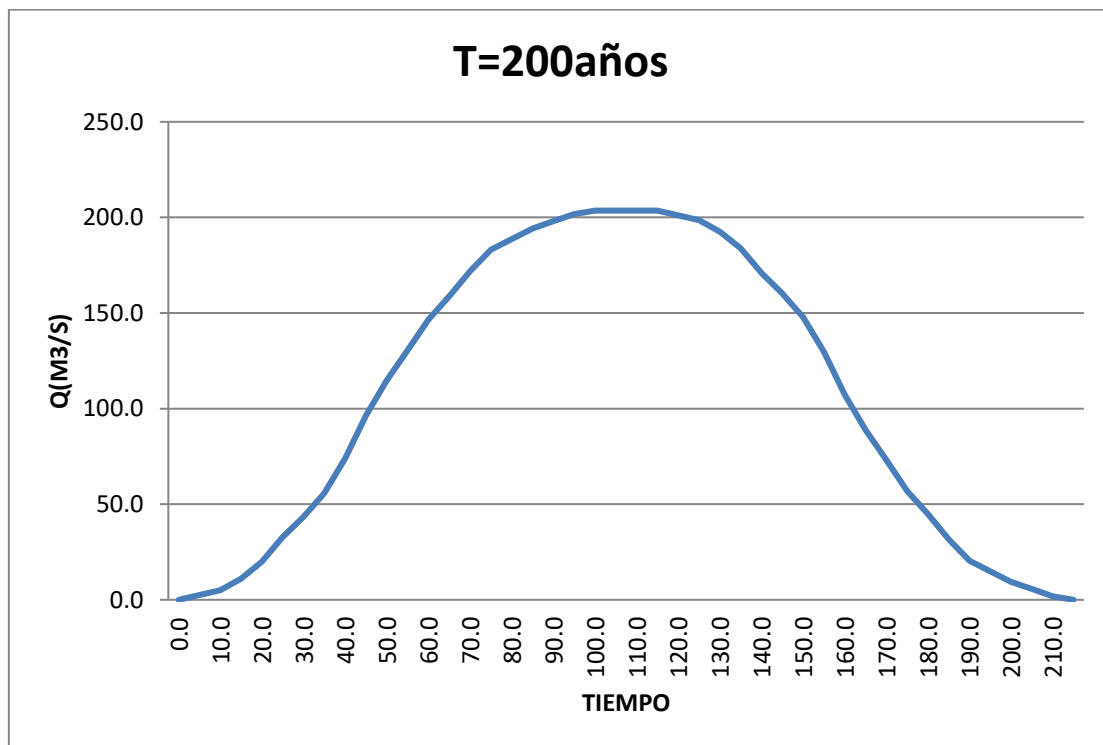
T=200 años

T	200 años			
t( minutos)	S(km2)	S(t) (m3/s)	S(t+114)	H1
0.00	0	0.00		0.0
5.00	0.08	0.02		1.5
10.00	0.18	0.05		3.4
15.00	0.39	0.11		7.3
20.00	0.56	0.16		10.5
25.00	0.85	0.24		16.0
30.00	1.12	0.31		21.0
35.00	1.38	0.38		25.9
40.00	1.75	0.49		32.9
45.00	2.25	0.63		42.3
50.00	2.64	0.73		49.6
55.00	2.98	0.83		56.0
60.00	3.35	0.93		62.9
65.00	3.6	1.00		67.6
70.00	4	1.11		75.1
75.00	4.2	1.17		78.9
80.00	4.2	1.17		78.9
85.00	4.2	1.17		78.9
90.00	4.2	1.17		78.9
95.00	4.20	1.17		78.9
100.00	4.20	1.17		78.9
105.00	4.20	1.17		78.9
110.00	4.20	1.17		78.9
115.00	4.20	1.17	0.00	78.9
120.00	4.20	1.17	0.02	77.4
125.00	4.20	1.17	0.05	75.5
130.00	4.20	1.17	0.11	71.5
135.00	4.20	1.17	0.16	68.4
140.00	4.20	1.17	0.24	62.9
145.00	4.20	1.17	0.31	57.8
150.00	4.20	1.17	0.38	53.0
155.00	4.20	1.17	0.49	46.0
160.00	4.20	1.17	0.63	36.6
165.00	4.20	1.17	0.73	29.3
170.00	4.20	1.17	0.83	22.9
175.00	4.20	1.17	0.93	16.0
180.00	4.20	1.17	1.00	11.3
185.00	4.20	1.17	1.11	3.8
190.00	4.20	1.17	1.17	0.0

Tabla 54. Datos hidrograma T= 200 años

cuenca 2								
t( minutos)	S(km2)	S(t)	S(t+114)	H2	t( minutos)	H1	H2	SUMA
0	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.05	0.01		0.9	5.0	1.5	0.9	2.4
10	0.09	0.03		1.7	10.0	3.4	1.7	5.1
15	0.2	0.06		3.7	15.0	7.3	3.7	11.0
20	0.5	0.14		9.3	20.0	10.5	9.3	19.8
25	0.9	0.25		16.8	25.0	16.0	16.8	32.7
30	1.2	0.33		22.3	30.0	21.0	22.3	43.4
35	1.6	0.44		29.8	35.0	25.9	29.8	55.7
40	2.2	0.61		40.9	40.0	32.9	40.9	73.8
45	2.9	0.81		54.0	45.0	42.3	54.0	96.2
50	3.5	0.97		65.1	50.0	49.6	65.1	114.7
55	4	1.11		74.4	55.0	56.0	74.4	130.4
60	4.5	1.25		83.8	60.0	62.9	83.8	146.7
65	4.9	1.36		91.2	65.0	67.6	91.2	158.8
70	5.2	1.44		96.8	70.0	75.1	96.8	171.9
75	5.6	1.56		104.2	75.0	78.9	104.2	183.1
80	5.9	1.64		109.8	80.0	78.9	109.8	188.7
85	6.2	1.72		115.4	85.0	78.9	115.4	194.3
90	6.4	1.78		119.1	90.0	78.9	119.1	198.0
95	6.6	1.83		122.8	95.0	78.9	122.8	201.7
100	6.7	1.86		124.7	100.0	78.9	124.7	203.6
105	6.7	1.86		124.7	105.0	78.9	124.7	203.6
110	6.7	1.86		124.7	110.0	78.9	124.7	203.6
115	6.7	1.86	0.0	124.7	115.0	78.9	124.7	203.6
120	6.7	1.86	0.0	123.8	120.0	77.4	123.8	201.1
125	6.7	1.86	0.0	123.0	125.0	75.5	123.0	198.5
130	6.7	1.86	0.1	121.0	130.0	71.5	121.0	192.5
135	6.7	1.86	0.1	115.4	135.0	68.4	115.4	183.7
140	6.7	1.86	0.3	107.9	140.0	62.9	107.9	170.9
145	6.7	1.86	0.3	102.4	145.0	57.8	102.4	160.2
150	6.7	1.86	0.4	94.9	150.0	53.0	94.9	147.9
155	6.7	1.86	0.6	83.8	155.0	46.0	83.8	129.8
160	6.7	1.86	0.8	70.7	160.0	36.6	70.7	107.3
165	6.7	1.86	1.0	59.6	165.0	29.3	59.6	88.8
170	6.7	1.86	1.1	50.3	170.0	22.9	50.3	73.2
175	6.7	1.86	1.3	40.9	175.0	16.0	40.9	56.9
180	6.7	1.86	1.4	33.5	180.0	11.3	33.5	44.8
185	6.7	1.86	1.4	27.9	185.0	3.8	27.9	31.7
190	6.7	1.86	1.6	20.5	190.0	0.0	20.5	20.5
195	6.7	1.86	1.6	14.9	195.0	0.0	14.9	14.9
200	6.7	1.86	1.7	9.3	200.0	0.0	9.3	9.3
205	6.7	1.86	1.8	5.6	205.0	0.0	5.6	5.6
210	6.7	1.86	1.8	1.9	210.0	0.0	1.9	1.9
215	6.7	1.86	1.9	0.0	215.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 55. Datos hidrograma T=200 años



Gráfica 18. Hidrograma T= 200 años.

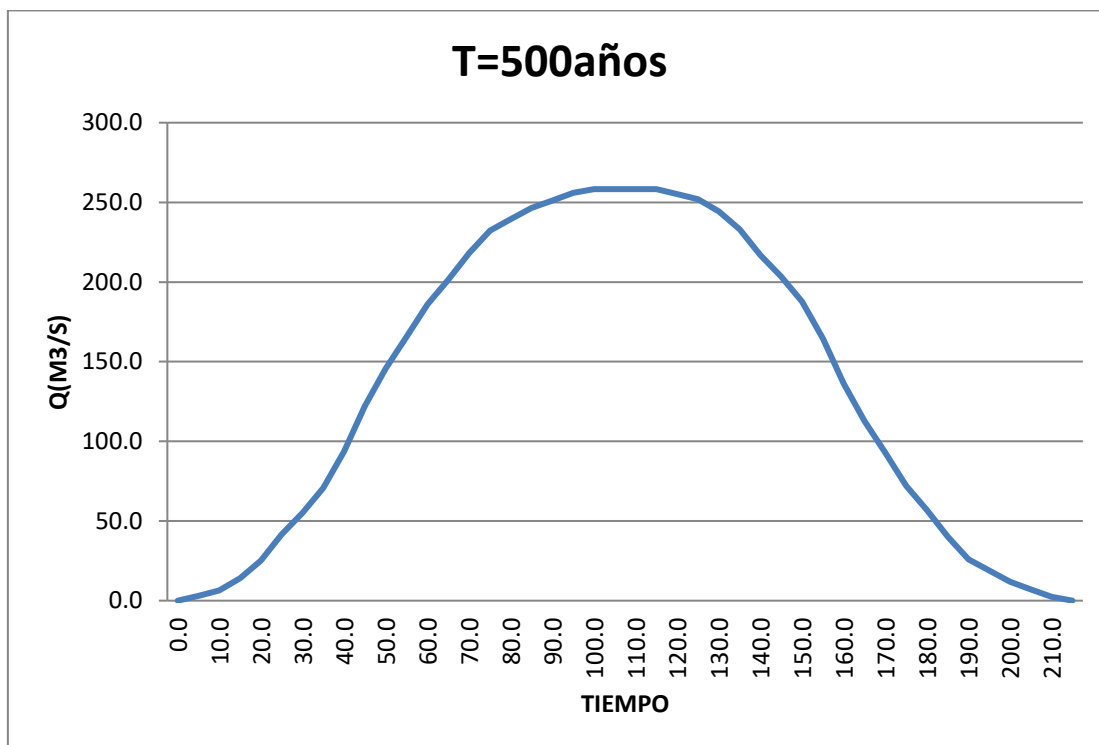
T=500 años

T 500 AÑOS				
t( minutos)	S(km2)	S(t) (m3/s)	S(t+114)	H1
0.00	0	0.00		0
5.00	0.08	0.02		1.9
10.00	0.18	0.05		4.3
15.00	0.39	0.11		9.3
20.00	0.56	0.16		13.3
25.00	0.85	0.24		20.3
30.00	1.12	0.31		26.7
35.00	1.38	0.38		32.9
40.00	1.75	0.49		41.7
45.00	2.25	0.63		53.6
50.00	2.64	0.73		62.9
55.00	2.98	0.83		71.0
60.00	3.35	0.93		79.8
65.00	3.6	1.00		85.8
70.00	4	1.11		95.3
75.00	4.2	1.17		100.1
80.00	4.2	1.17		100.1
85.00	4.2	1.17		100.1
90.00	4.2	1.17		100.1
95.00	4.20	1.17		100.1
100.00	4.20	1.17		100.1
105.00	4.20	1.17		100.1
110.00	4.20	1.17		100.1
115.00	4.20	1.17	0.00	100.1
120.00	4.20	1.17	0.02	98.2
125.00	4.20	1.17	0.05	95.8
130.00	4.20	1.17	0.11	90.8
135.00	4.20	1.17	0.16	86.8
140.00	4.20	1.17	0.24	79.8
145.00	4.20	1.17	0.31	73.4
150.00	4.20	1.17	0.38	67.2
155.00	4.20	1.17	0.49	58.4
160.00	4.20	1.17	0.63	46.5
165.00	4.20	1.17	0.73	37.2
170.00	4.20	1.17	0.83	29.1
175.00	4.20	1.17	0.93	20.3
180.00	4.20	1.17	1.00	14.3
185.00	4.20	1.17	1.11	4.8
190.00	4.20	1.17	1.17	0.0

Tabla 56. Datos hidrograma T=500 años.

cuenca 2								
t( minutos)	S(km2)	S(t)	S(t+114)	H2	t( minutos)	H1	H2	SUMA
0	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.05	0.01		1.2	5.0	1.9	1.2	3.1
10	0.09	0.03		2.1	10.0	4.3	2.1	6.4
15	0.2	0.06		4.7	15.0	9.3	4.7	14.0
20	0.5	0.14		11.8	20.0	13.3	11.8	25.2
25	0.9	0.25		21.3	25.0	20.3	21.3	41.5
30	1.2	0.33		28.3	30.0	26.7	28.3	55.0
35	1.6	0.44		37.8	35.0	32.9	37.8	70.7
40	2.2	0.61		51.9	40.0	41.7	51.9	93.7
45	2.9	0.81		68.5	45.0	53.6	68.5	122.1
50	3.5	0.97		82.6	50.0	62.9	82.6	145.6
55	4	1.11		94.4	55.0	71.0	94.4	165.5
60	4.5	1.25		106.3	60.0	79.8	106.3	186.1
65	4.9	1.36		115.7	65.0	85.8	115.7	201.5
70	5.2	1.44		122.8	70.0	95.3	122.8	218.1
75	5.6	1.56		132.2	75.0	100.1	132.2	232.3
80	5.9	1.64		139.3	80.0	100.1	139.3	239.4
85	6.2	1.72		146.4	85.0	100.1	146.4	246.5
90	6.4	1.78		151.1	90.0	100.1	151.1	251.2
95	6.6	1.83		155.8	95.0	100.1	155.8	255.9
100	6.7	1.86		158.2	100.0	100.1	158.2	258.3
105	6.7	1.86		158.2	105.0	100.1	158.2	258.3
110	6.7	1.86		158.2	110.0	100.1	158.2	258.3
115	6.7	1.86	0.0	158.2	115.0	100.1	158.2	258.3
120	6.7	1.86	0.0	157.0	120.0	98.2	157.0	255.2
125	6.7	1.86	0.0	156.1	125.0	95.8	156.1	251.9
130	6.7	1.86	0.1	153.5	130.0	90.8	153.5	244.3
135	6.7	1.86	0.1	146.4	135.0	86.8	146.4	233.1
140	6.7	1.86	0.3	136.9	140.0	79.8	136.9	216.8
145	6.7	1.86	0.3	129.9	145.0	73.4	129.9	203.3
150	6.7	1.86	0.4	120.4	150.0	67.2	120.4	187.6
155	6.7	1.86	0.6	106.3	155.0	58.4	106.3	164.6
160	6.7	1.86	0.8	89.7	160.0	46.5	89.7	136.2
165	6.7	1.86	1.0	75.6	165.0	37.2	75.6	112.7
170	6.7	1.86	1.1	63.8	170.0	29.1	63.8	92.8
175	6.7	1.86	1.3	51.9	175.0	20.3	51.9	72.2
180	6.7	1.86	1.4	42.5	180.0	14.3	42.5	56.8
185	6.7	1.86	1.4	35.4	185.0	4.8	35.4	40.2
190	6.7	1.86	1.6	26.0	190.0	0.0	26.0	26.0
195	6.7	1.86	1.6	18.9	195.0	0.0	18.9	18.9
200	6.7	1.86	1.7	11.8	200.0	0.0	11.8	11.8
205	6.7	1.86	1.8	7.1	205.0	0.0	7.1	7.1
210	6.7	1.86	1.8	2.4	210.0	0.0	2.4	2.4
215	6.7	1.86	1.9	0.0	215.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 57. Datos hidrograma T= 500 años.



Gráfica 19. Hidrograma T= 500 años.

**8.3.-Caudales resultantes:**

Periodo de Retorno	Q(m <sup>3</sup> /s)
10	50.3
50	135.6
100	172.1
200	203.6
500	258.3

## 9-CÁLCULO DE CAUDALES MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL

Únicamente se calculará para el periodo de 500 años.

### FÓRMULA GENERAL DE CÁLCULO

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual  $Q$ , correspondiente a un período de retorno  $T$ , se calcula mediante la fórmula:

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

dónde:

- $Q_r$  (m<sup>3</sup>/s) Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca
- $I$  ( $T$ ,  $t_c$ ) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado  $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.
- $C$  (adimensional) Coeficiente medio de escurrimiento de la cuenca o superficie considerada.
- $A$  (km<sup>2</sup>) Área de la cuenca o superficie considerada.
- $K_t$  (adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación

En nuestro caso el tiempo de concentración es de 1,69 horas correspondiente a la cuenca 2 y la intensidad de lluvia para el periodo de retorno de 500 años para dicho tiempo de concentración ha sido calculada anteriormente  **$i(500,1,69)=135.5\text{mm/h}$**

El coeficiente de escurrimiento  $C$ , define la parte de la precipitación de intensidad  $I$  ( $T$ ,  $t_c$ ) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. El coeficiente de escurrimiento  $C$ , se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 & \quad C = \frac{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left( \frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2} \\ \text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 & \quad C = 0 \end{aligned}$$

Dónde:

$C$  (adimensional) Coeficiente de escurrimiento

$P_d$  (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno  $T$  considerado

$K_A$  (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

$P_0$  (mm) Umbral de escorrentia.

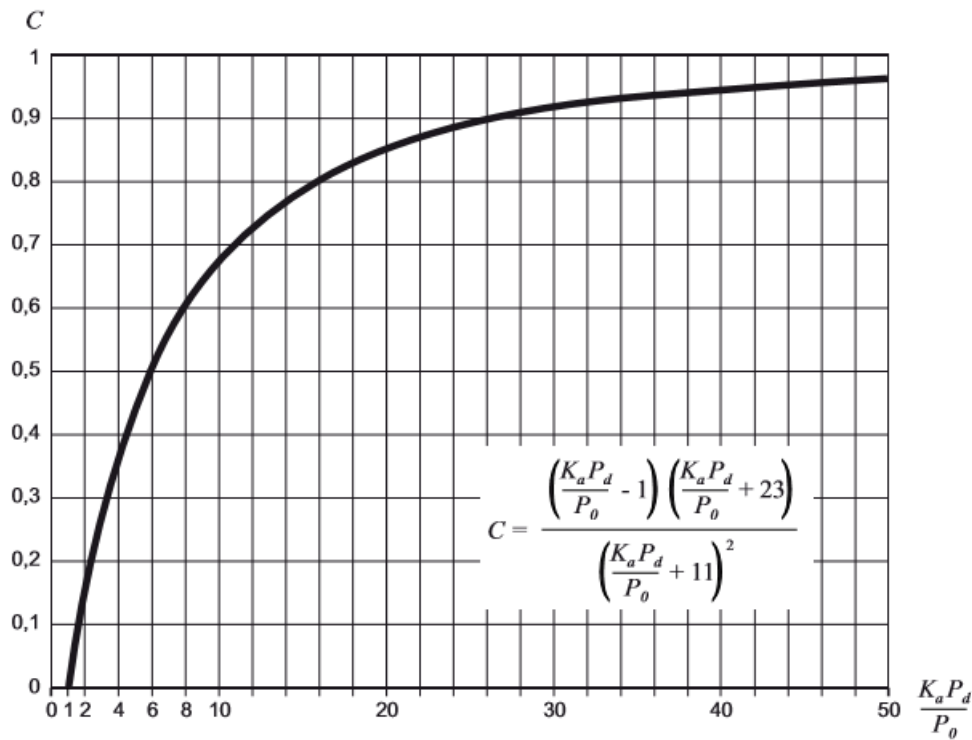


Figura 5. Determinación gráfica del Coeficiente de escorrentia. Fuente: IC-5.2

Donde  $P_0$  es el umbral de escorrentia y  $P_d \cdot K_a$  la precipitación diaria areal para  $T=500$  años

Cuenca	C
1	0.675
2	0.666
3	0.4
4	0.42

Tabla 59. Coeficientes de escorrentia.

$K_t$  se calcula con la siguiente expresión:

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

Para  $t_c=1,69$   $k_t=1.12$



A partir de los valores calculados se obtiene el caudal para T=500 años

$$Q = k_t \frac{(C_1 * A_1 + C_2 * A_2 + C_3 * A_3 + C_4 * A_4) * i_{T,tc}}{3.6} = 303 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Se observa que es el método más conservador de los tres.**



## 10-BIBLIOGRAFÍA

Cartografía IGME

Máximos de precipitaciones diarias, CEDEX

PATRICOVA

Instrucción 5.2-IC 2016 Drenaje superficial.

