Anexo I: Análisis del riesgo por inundaciones

1. INTRODUCCIÓN 130

2. CAUCES ANALIZADOS 130

3. METODOLOGÍA APLICADA 134

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO 138
4.1. DATOS DE PARTIDA 138
4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS 139
4.2.1. Cuencas reguladas 139
4.2.2. Cuencas en régimen hidráulico natural 145
4.3. PARÁMETROS DE PÉRDIDAS DE PRECIPITACIÓN 163
4.3.1. Cuencas reguladas 164
4.3.2. Cuencas en régimen hidráulico natural 191
4.4. OBTENCIÓN DE LAS TORMENTAS DE DISEÑO 196
4.4.1. Cuencas reguladas 196
4.4.1.1.Tormenta del proyecto 196
4.4.1.2 Hipótesis de humectación 203
4.4.1.3. Estado inicial de los embalses 203
4.4.2. Cuencas en régimen hidráulico natural 204
4.4.2.1. Tormenta del proyecto 204
4.4.2.2. Hipótesis de humectación 209
4.5 CÁLCULO DE CAUDALES 209
4.5.1. Cuencas reguladas 209
4.5.2. Cuencas en régimen hidráulico natural 212
4.5.2.1. El hidrograma unitario geomorfológico 212
4.5.2.2. Obtención de hidrogramas de período de retorno 214

5. ESTUDIO HIDRÁULICO 215
5.1. CARTOGRAFÍA 215
5.2. MÉTODO DE CÁLCULO 216
5.2.1. Modelos construidos en HEC RAS 216
5.2.1.1. Cuencas reguladas 217
5.2.1.2. Cuencas en régimen hidráulico natural 219
5.2.2. Modelos construidos en MIKE 11 223
5.2.3. El modelo bidimensional 225

6. ZONIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS 226
6.1. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO 226
6.2 ANÁLISIS DEL RIESGO 227
6.3. PUNTOS CONFLICTIVOS 230

1. INTRODUCCIÓN

El Plan Especial de Protección Civil ante Inundaciones de la Región de Murcia constituye el marco general de intervención en la Comunidad Autónoma en materia de prevención de avenidas e inundaciones, y como tal, establece la consideración del riesgo por inundación como factor para el análisis en la formulación de cualquier planificación territorial, y ello enfocado a su incidencia sobre la seguridad de las personas y los bienes, y en general sobre la actividad humana que se desarrolla en el territorio.

El análisis del riesgo se ha realizado a partir de diversos estudios encargados por la Dirección General de Protección Civil, "Recopilación de la documentación sobre inundaciones de la Región de Murcia. Identificación y localización de las zonas inundables" (Instituto del Agua y Medio Ambiente. Universidad de Murcia 2001), "Análisis de riesgo y zonificación territorial ante el Riesgo de Inundaciones en la Región de Murcia: zonas afectadas por avenidas de cuencas hidrográficas en régimen natural" (Instituto del Agua y Medio Ambiente. Universidad de Murcia 2003), "Recopilación de información y organización de un sistema de información geográfica para zonificación del riesgo de inundaciones en cuencas reguladas" (INTECSA-INTERSA 2004) y "Análisis de riesgo y zonificación territorial ante el riesgo de inundaciones en la región de Murcia en cuencas reguladas" (INCLAM-EPYPSA 2005).

Estos estudios han permitido disponer de una visión global del riesgo de inundaciones en la Región de Murcia, así como una caracterización de zonas nundables. A partir de esta información es posible adecuar los mecanismos de prevención y la respuesta operativa de la planificación de la emegencia.

2. CAUCES ANALIZADOS

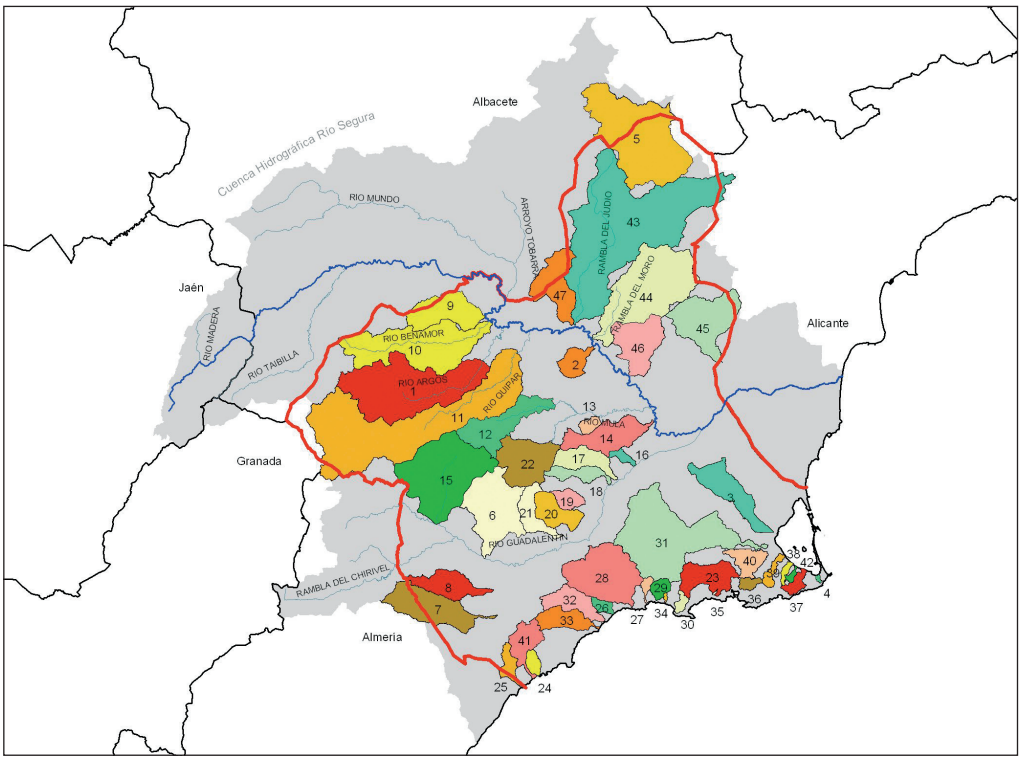
Mediante el análisis territorial se han delimitado una serie de cuencas y/o subcuencas que han sido objeto de estudio.

Se han diferenciado claramente dos tipos de cuencas:

1) **Las cuencas en régimen hidráulico natural,** centrando el análisis en aquellas zonas donde existen elementos en riesgo que pueden tener consecuencias para la población y sus bienes. Las cuencas no reguladas objeto de análisis han sido los siguientes.

Tabla I

Código	Rambla	Código	Rambla
1	Rambla del Arabí	16	Rambla de Algeciras
2	Arroyo del Chopillo	17	Rambla del Orón
3	Río Benamor	18	Rambla de Belén
4	Río Argos	19	Rambla de Torrealvilla
5	Río Quípar	20	Rambla del Campi
6	Río Mula	21	Rambla de los Arcos
7	Río Pliego	22	Rambla de Lebor
8	Rambla de Albudeite	23	Río Turrilla
9	Rambla Salada	24	Rambla de Nogalte
10	Rambla de Benito	25	Rambla de los Casarejos
11	Rambla del Agua Amarga	26	Rambla de la Maraña
12	Rambla del Judio	27	Rambla del Albujón
13	Rambla del Moro	28	Rambla de Benipila
14	Rambla del Carrizalejo	29	Rambla de Miranda
15	Río Chícamo	30	Rambla del Miedo
31	Rambla del Atalayón	40	Rambla de Peñaranda
32	Rambla de Ponce	41	Rambla de Ramonete
33	Rambla de Mendoza	42	Rambla de Valdelentisco
34	Rambla de la Carrasquilla	43	Rambla de las Tórtolas
35	Rambla del Hondón	44	Rambla de Villalba
36	Rambla de la Azohía	45	Rambla de los Arejos
37	Rambla del Seco	46	Rambla del Charcón
38	Rambla Honda	47	Rambla de Pastrana
39	Rambla de las Moreras		



Cuencas No Reguladas

Cuencas

- Nº 1 Rio Argos
- Nº 2 Rambla de Benito
- Nº 3 Rambla de la Maraña
- Nº 4 Rambla del Atalayon
- Nº 5 Rambla del Arabí
- Nº 6 Rambla de Torrealvilla
- Nº 7 Rambla de Nogalte
- Nº 8 Rambla de los Casarejos
- Nº 9 Arroyo del Chopillo
- Nº 10 Rio Benamor
- Nº 11 Rio Quipar
- Nº 12 Rio Mula
- Nº 13 Rambla de Albudeite
- Nº 14 Rambla Salada
- Nº 15 Rio Turrilla
- Nº 16 Rambla de Belen
- Nº 17 Rambla del Oron
- Nº 18 Rambla de Algeciras
- Nº 19 Rambla de Campix
- Nº 20 Rambla de Los Arcos
- Nº 21 Rambla de Lebor
- Nº 22 Rio Pliego
- Nº 23 Rambla de Benipila
- Nº 24 Rambla de Peñaranda
- Nº 25 Rambla de Los Arejos
- Nº 26 Rambla de Villalba
- Nº 27 Rambla de Los Lorentes
- Nº 28 Rambla de las Moreras
- Nº 29 Rambla de Valdelentisco
- Nº 30 Rambla de la Azohia
- Nº 31 Rambla del Albujon
- Nº 32 Rambla de Pastrana
- Nº 33 Rambla de Ramonete
- Nº 34 Rambla Honda
- Nº 35 Rambla del Seco
- Nº 36 Rambla del Hondon
- Nº 37 Rambla de la Carrasquilla
- Nº 38 Rambla de Mendoza
- Nº 39 Rambla del Miedo
- Nº 40 Rambla de Miranda
- Nº 41 Rambla del Charcón
- Nº 42 Rambla de Ponce
- Nº 43 Rambla del Judio
- Nº 44 Rambla del Moro
- Nº 45 Rio Chicamo
- Nº 46 Rambla del Carrizalejo
- Nº 47 Rambla del Agua Amarga

2) **Las cuencas reguladas por presas** que modifican sustancialmente los caudales de avenida a través de efectos de contención, derivación o laminación. En estos casos, el análisis se ha realizado a lo largo de todo el tramo de cauce entre presas, o presa y desembocadura.

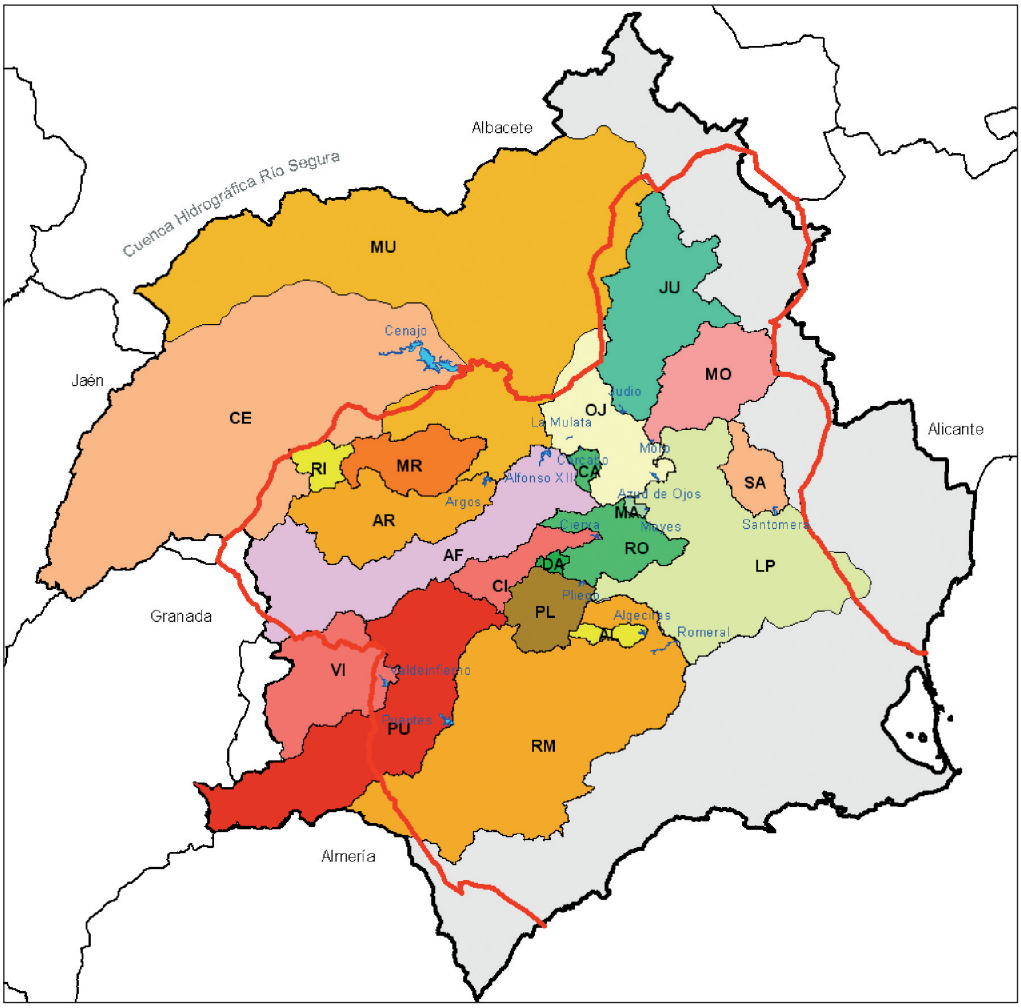


Tabla II

Código	Embalse	Cauce	Área parcial (km²)
AF	ALFONSO XIII	Río Quípar	851.2
AL	ALGECIRAS	Rambla de Algeciras	44.8
AR	ARGOS	Río Argos	446.9
CA	CARCABO	Rambla del Cárcabo	34.8
CE	CENAJO	Río Segura	2575.6

Código	Embalse	Cauce	Área parcial (km²)
CI	LA CIERVA	Río Mula	170.1
DA	DOÑA ANA	Rambla de Doña Ana	18.5
JU	JUDIO	Rambla del Judío	614.7
MA	MAYÉS	Rambla del Mayés	13.0
MO	MORO	Rambla del Moro	378.2
MR	MORATALLA	Río Moratalla	251.5
MU	LA MULATA	Río Segura	2920.3
OJ	OJÓS	Río Segura	411.6
PL	PLIEGO	Río Pliego	205.0
PU	PUENTES	Río Guadalentín	993.6
RI	LA RISCA	Río Moratalla	77.0
RM	JOSÉ BAUTISTA (ROMERAL)	Río Guadalentín	1686.8
RO	LOS RODEOS	Río Mula	253.4
SA	SANTOMERA	Rambla Salada	146.4
VI	VALDEINFIERNO	Río Luchena	427.3
LP	*LÍMITE PROVINCIAL*	*Río Segura*	*1151.2*

La tabla anterior refleja los embalses que incluye el análisis junto con el código que se ha asignado para el trabajo, el cauce que regulan y la superficie de la cuenca propia. En último lugar de la lista aparece un punto de cálculo que se ha añadido para representar el límite provincial, que no representa ningún embalse y sirve de cierre para el trabajo.

3. METODOLOGÍA APLICADA

El análisis de riesgo, para los dos tipos de cuencas, se estructura en tres apartados principales:

1. Estudio hidrológico:

El objetivo de este estudio es obtener los caudales de avenida para los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años en puntos característicos de las cuencas hidrográficas que dan lugar a inundaciones en el ámbito regional murciano.

Como hipótesis de partida para el estudio hidrológico de las cuencas reguladas y siguiendo criterios propios de Protección Civil, se ha considerado los resguardos en los embalses de uso múltiple (ver apartado 4.4.1.3. del Anexo I), y vacíos en los específicamente construidos para defensa de avenidas, contemplando a su vez la simultaneidad en el funcionamiento de los mismos, si bien se han tenido en cuenta los coeficientes de simultaneidad adecuados a esta situación.

Tanto en los cauces regulados como en los no regulados la estimación de caudales se ha basado exclusivamente en datos meteorológicos y en las características fisiográficas de la cuenca, utilizando para ello un método hidrometeorológico en el que se han considerado los siguientes pasos:

1. Caracterización geomorfológica de las cuencas, incluyendo la obtención de los valores representativos de su comportamiento hidrológico, que se han reflejado en el parámetro "número de curva" de acuerdo con la metodología del Soil Conservation Service de los Estados Unidos.
2. Estimación de los parámetros asociados con la propagación de las avenidas en los tramos de cauce.
3. Deducción, mediante análisis estadístico y partiendo de la documentación existente, de los valores de la lluvia máxima en 24 horas para diferentes períodos de recurrencia y de los hietogramas de cálculo asociados a las tormentas características.
4. Construcción y calibración de un modelo de simulación hidrológica basado en el programa HEC_1, desarrollada por el Hydrologic Engineering Center (HEC), para simular el proceso de transformación de la precipitación en escorrentía y su propagación a lo largo de los cauces regulados, y el módulo r.watershed de GRASS (Geographic Ressources Analysis Support System) para las cuencas en régimen hidráulico natural.
5. Inclusión en el modelo HEC-1 la simulación de la laminación en los embalses existentes.
6. Deducción, a partir de los modelos, de los valores de caudal máximo correspondientes a distintos períodos de recurrencia en los tramos objeto de estudio.

Estudio hidráulico:

El objetivo de este estudio es delimitar las zonas que quedarían inundadas por las avenidas de periodo de 50, 100 y 500 años previamente calculadas, obteniendo así las zonas de inundación frecuente, ocasional y excepcional conforme a la denominación establecida por la Directriz Básica en el apartado 2.2.1.

Partiendo de la cartografía, del Servicio de Cartografía de la Secretaría General de la Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, a escala 1:5000 y para algunos tramos en particular a escala 1:1000, se ha construido un modelo de simulación hidráulica de los cauces y las correspondientes llanuras de inundación.

1. Modelo de simulación MIKE 11 desarrollado por DHI &Inveronment (Dinamarca) para el caso del río Guadalentín entre la presa de Puentes y el embalse de José Bautista que ha sido modelizado en régimen variable y con un modelo cuasi-bidimensional, debido a la especial morfología del cauce y de la cuenca.

2. Modelo de simulación bidimensional completo SFCUZ 2D, desarrollado por el Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza en colaboración con la empresa INCLAM S.A para el tramo que discurre desde la confluencia del río Guadalentín con el río Segura hasta el límite con Alicante.
3. Modelo de simulación HEC-RAS, desarrollado por Hydrologic Engineering Center de E.E.U.U, unidimensional y en régimen permanente para el resto de las cuencas tanto reguladas como no reguladas de la Región de Murcia.

Se han tenido en cuenta en el modelo las características hidráulicas de los puentes que pudieran determinar influencia sobre el régimen hidráulico aguas arriba. Una vez obtenidos los valores de la cota de agua correspondientes a los distintos caudales máximos según el período de recurrencia de la avenida, se ha llevado esta información a la cartografía, deduciendo, en consecuencia, la extensión de las zonas inundables en cada tramo. Los resultados se han reflejado, como establece la Directriz Básica, sobre la cartografía oficial a escala 1:25.000 (Anexo II).

Identificación de áreas de riesgo:

Se han clasificado las zonas de riesgo según los criterios de la Directriz Básica, estos son:

- La peligrosidad de la inundación, considerando de un lado la frecuencia a partir de la estimación de caudales para los diferentes periodos de recurrencia (50, 100, y 500 años) y de otro la severidad tomando como parámetro el nivel alcanzado por las aguas en cada caso.
- La exposición al riesgo, identificando y clasificando los elementos que existen en las zonas que quedarían inundadas por las diferentes avenidas (50, 100 y 500 años). Se han identificado y clasificado en concreto núcleos de población, instalaciones industriales y comerciales, viviendas aisladas, infraestructuras y servicios esenciales.
- La vulnerabilidad de los elementos en riesgo, considerando a los efectos del presente Plan, que el grado de afección es importante allí donde los caudales asociados a los diferentes periodos de retorno alcancen o superen los 30 cm.

Siguiendo los criterios de la Directriz Básica a los efectos del presente Plan, se han considerado:

Zonas A-1. Núcleos urbanos en los que la avenida de cincuenta años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A-2. Núcleos urbanos en los que la avenida de cien años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A-3. Núcleos urbanos en los que la avenida de quinientos años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de cincuenta años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas B. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de cien años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas C. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de quinientos años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Para cada una de las áreas de riesgo se han elaborado unas fichas (Anexo III), en las que se presentan los siguientes datos:

- Datos administrativos y geográficos: Término municipal, coordenadas UTM del inicio y final del tramo afectado.
- Datos hidráulicos:
  - Cauces regulados: cotas alcanzadas por las láminas de agua en el comienzo y en final del tramo afectado para los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, calados representativos en el elemento afectado o calados representativos en el tramo inicial y/o final del polígono afectado, en el caso de que se hayan agrupado varios elementos. En particular en los términos municipales de Murcia y Santomera se adjuntan los calados representativos por pedanía, ya que la zona afectada es demasiado extensa como para estimar un solo valor.
  - Cauces no regulados: calados en el centro del polígono que representa el elemento afectado para los tres periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.
- Nivel de Riesgo según la clasificación referida en la Directriz Básica de Protección Civil.
- Datos de población asignado a cada elemento afectado de acuerdo con los datos del INE 2004.

En algunos casos, se han representado como áreas de riesgo, zonas en las que el calado significativo es inferior a 30 cm, debido a que se han considerado otros aspectos como calados máximos, la geometría de la inundación respecto al elemento (no es lo mismo una inundación lateral que una vivienda totalmente rodeada), elementos situados en puntos bajos, zonas urbanas de uso residencial con garajes…etc.

Todos los municipios que tengan áreas clasificadas con riesgo A deberán elaborar un Plan de Inundaciones de ámbito local.

De forma añadida se señalan otros elementos de interés PUNTOS CONFLICTIVOS, considerando como tal aquellos, en los que a consecuencia de modificaciones hechas por el hombre, o por la propia morfología del terreno pueden producir situaciones que agravan de forma substancial los efectos de la inundación.

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1. DATOS DE PARTIDA

Para desarrollar el estudio con los objetivos citados en el apartado anterior se ha partido de la siguiente información y datos:

• Cartográficos

Modelo Digital del Terreno de 90 m de paso de malla, del Servicio Información e Integración Ambiental de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad, que se ha utilizado para la delimitación de las distintas subcuencas con el apoyo del programa TOPAZ, lo que ha permitido.

- Dividir la cuenca del Segura en subcuencas hasta el límite con la Comunidad Valenciana.
- Extraer los parámetros físicos básicos de las cuencas.
- Obtener los datos necesarios para ejecutar el modelo hidrológico.

• Pluviométricos

Se ha trabajado con coberturas raster de precipitación para los períodos de retorno analizados, preparadas previamente con resultados de la aplicación MAXPLU y MAXPLUWIN, documentada en la publicación "Máximas lluvias diarias en la España Peninsular" de la serie de monografías de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento, 1999).

• Parámetros de pérdidas

Las pérdidas de precipitación se han caracterizado con el método del número de curva del SCS. Se ha desarrollado una cobertura de número de curva a partir de la información de suelos y vegetación disponible.

- o Mapa de vegetación: En el caso de las cuencas reguladas se ha generado una cobertura de vegetación que reúne en una cobertura única la información aportada por los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos escala 1:50.000 de la Región de Murcia (Mininsterio de Agricultura, Pesca y Alimentación) y por el mapa del Segundo Inventario Forestal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino) En el caso de las cuencas no reguladas se ha elaborado una cobertura específica, generada a partir de técnicas de teledetección con una resolución espacial de 25 metros completada con el mapa de cultivos y aprovechamientos a escala 1:50.000.
- o Mapa de suelos: Se han caracterizado partiendo del Mapa edafológico de la Región de Murcia. En las partes de la cuenca que pertenecen a las Comunidades de Castilla-La Mancha y Andalucía se ha utilizado el mapa de suelos del CSIC escala 1:1.000.000. Estas informaciones han permitido reunir en una cobertura única todos los datos edafológicos conocidos.

4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS

4.2.1. CUENCAS REGULADAS

La simulación se realiza sobre la cuenca del Segura previamente dividida en un total de 134 subcuencas que se agrupan en las 21 grandes cuencas que corresponden a los embalses de regulación. El tamaño de las subcuencas varía entre 15.14 km^2 y 264.25 km^2 tamaño para el cual es apropiado el método del hidrograma unitario que se ha utilizado.

Con el apoyo del Sistema de Información Geográfica se han calculado los siguientes parámetros físicos:

Área de la cuenca.

Longitud del cauce más largo.

Cotas máxima y mínima de la cuenca.

Pendiente media.

Tiempo de concentración.

Tiempo de retardo.

Los valores obtenidos en el cálculo son los siguientes (área en km^2, longitud en km, cotas en m, tiempos en h):

Cuenca del Segura

Parámetros físicos básicos de las subcuencas

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	Área	Longitud	Máx	Mín	Pendiente	Tc	Tr
AF1	89.97	24.68	1807	956	0.0345	6.50	3.90
AF2	105.40	20.15	1459	956	0.0250	5.93	3.56
AF3	90.18	16.01	1198	955	0.0152	5.47	3.28
AF4	118.79	15.97	1060	823	0.0148	5.49	3.29
AF5	96.27	19.14	879	646	0.0122	6.53	3.92
AF6	150.47	30.89	1042	407	0.0206	8.51	5.11
AF7	84.25	17.95	561	301	0.0145	6.02	3.61
AF8	92.04	18.27	606	301	0.0167	5.94	3.56
AF9	21.71	5.78	386	258	0.0221	2.35	1.41
AL1	44.80	21.56	1087	234	0.0396	5.72	3.43
AR1	130.98	22.57	1629	896	0.0325	6.15	3.69
AR2	84.80	21.62	1216	693	0.0242	6.29	3.77
AR3	84.21	23.72	1230	693	0.0226	6.84	4.10
AR4	146.93	25.41	1188	412	0.0305	6.81	4.09

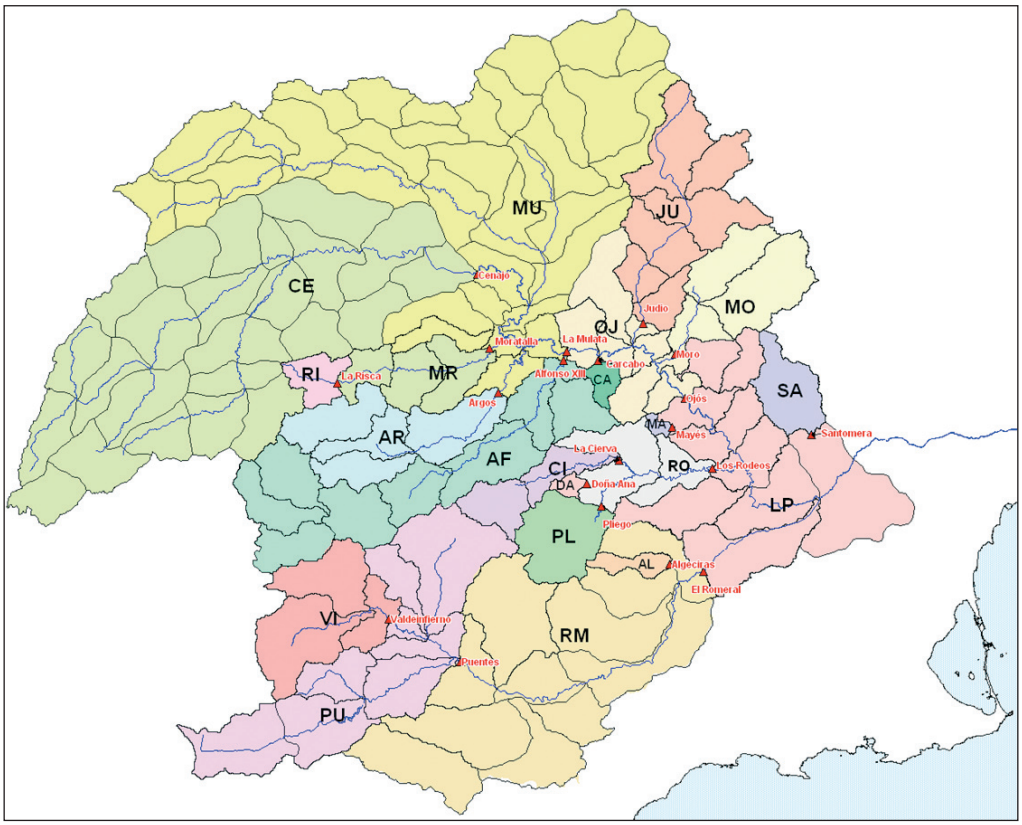


Figura 1. División de la cuenca del Segura en grandes subcuencas mostrando la situación de los embalses de regulación y los códigos operativos en el procedimiento de cálculo.

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	Área	Longitud	Máx	Mín	Pendiente	Tc	Tr
CA1	34.66	12.10	438	229	0.0173	4.31	2.59
CE1	87.20	13.73	1718	1432	0.0208	4.58	2.75
CE2	120.03	11.68	1573	1194	0.0324	3.73	2.24
CE3	141.90	21.41	1612	736	0.0409	5.65	3.39
CE4	97.13	20.49	1700	1008	0.0338	5.67	3.40
CE5	101.05	18.17	1337	1008	0.0181	5.82	3.49
CE6	89.66	21.63	1583	736	0.0392	5.74	3.44
CE7	152.16	18.62	1227	636	0.0317	5.33	3.20
CE8	107.40	21.23	1340	571	0.0362	5.75	3.45
CE9	85.58	17.58	1406	826	0.0330	5.07	3.04
CE10	108.56	22.30	1513	618	0.0401	5.85	3.51
CE11	109.79	19.51	1174	571	0.0309	5.55	3.33
CE12	42.99	11.56	1026	524	0.0434	3.50	2.10

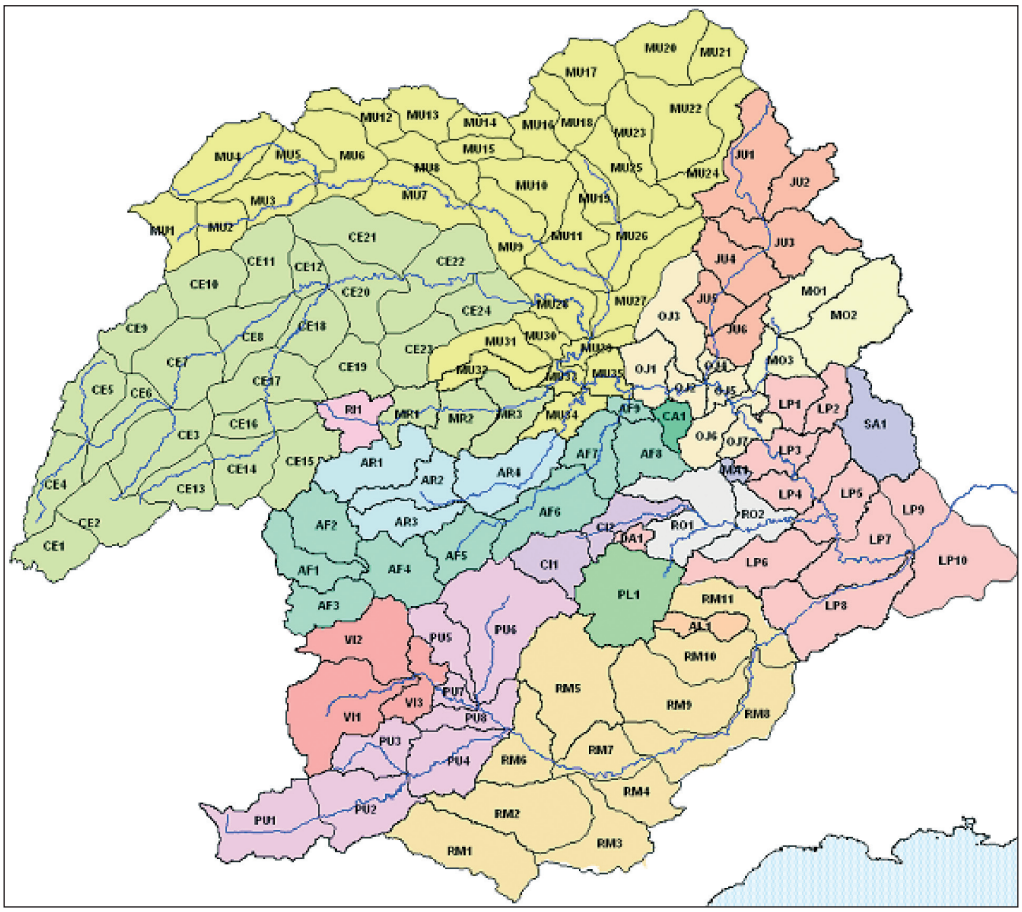


Figura 2. División de la cuenca del Segura en subcuencas y codificación.

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	Área	Longitud	Máx	Mín	Pendiente	Tc	Tr
CE13	85.91	14.19	1472	1183	0.0204	4.72	2.83
CE14	104.39	16.10	1615	947	0.0415	4.54	2.72
CE15	107.80	15.85	1373	947	0.0269	4.87	2.92
CE16	73.81	11.06	1381	833	0.0495	3.30	1.98
CE17	127.59	18.00	1461	700	0.0423	4.92	2.95
CE18	93.95	17.46	1063	524	0.0309	5.10	3.06
CE19	87.87	14.94	1307	887	0.0281	4.62	2.77
CE20	119.07	24.88	1027	462	0.0227	7.08	4.25
CE21	172.51	25.34	989	462	0.0208	7.30	4.38
CE22	168.78	23.24	806	405	0.0173	7.08	4.25
CE23	92.93	15.45	954	555	0.0258	4.81	2.89
CE24	97.47	18.39	595	389	0.0112	6.44	3.86

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	**Área**	**Longitud**	**Máx**	**Mín**	**Pendiente**	**Tc**	**Tr**
CI1	90.73	16.32	1103	644	0.0281	4.94	2.96
CI2	78.22	25.47	744	298	0.0175	7.58	4.55
DA1	18.48	8.06	563	374	0.0234	2.99	1.79
JU1	172.68	29.09	858	526	0.0114	9.09	5.45
JU2	78.17	19.62	801	526	0.0140	6.48	3.89
JU3	138.60	18.63	870	451	0.0225	5.70	3.42
JU4	105.97	15.73	710	366	0.0219	5.03	3.02
JU5	56.05	12.41	435	283	0.0122	4.70	2.82
JU6	63.24	16.58	655	236	0.0253	5.10	3.06
LP1	64.29	13.33	771	164	0.0455	3.86	2.32
LP2	53.30	16.97	795	164	0.0372	4.82	2.89
LP3	73.32	15.97	370	84	0.0179	5.29	3.17
LP4	104.94	16.96	376	72	0.0179	5.54	3.32
LP5	101.58	21.45	217	62	0.0072	7.87	4.72
LP6	132.16	30.55	466	62	0.0132	9.18	5.51
LP7	156.01	15.77	244	35	0.0133	5.55	3.33
LP8	184.77	32.27	982	35	0.0293	8.22	4.93
LP9	87.08	14.37	224	28	0.0136	5.15	3.09
LP10	193.73	25.53	381	28	0.0138	7.94	4.76
MA1	15.14	6.83	726	250	0.0697	2.14	1.28
MO1	117.26	21.77	1171	320	0.0391	5.77	3.46
MO2	196.55	28.19	770	320	0.0160	8.33	5.00
MO3	64.40	19.29	843	209	0.0329	5.44	3.26
MR1	63.24	15.07	1256	669	0.0390	4.37	2.62
MR2	90.34	16.77	1265	459	0.0481	4.55	2.73
MR3	97.96	20.56	1007	374	0.0308	5.78	3.47
MU1	74.96	10.30	1453	929	0.0509	3.11	1.87
MU2	60.94	13.28	1086	891	0.0147	4.77	2.86
MU3	85.74	16.56	1217	735	0.0291	4.96	2.98
MU4	136.94	18.61	1473	890	0.0313	5.35	3.21
MU5	68.93	14.03	1299	735	0.0402	4.11	2.47
MU6	130.12	16.96	1256	649	0.0358	4.86	2.92
MU7	127.97	22.58	935	498	0.0194	6.78	4.07
MU8	76.33	22.07	1019	498	0.0236	6.42	3.85

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	Área	Longitud	Máx	Mín	Pendiente	Tc	Tr
MU9	112.75	17.26	631	411	0.0127	5.99	3.59
MU10	110.20	20.67	747	411	0.0163	6.55	3.93
MU11	113.84	25.18	591	373	0.0087	8.58	5.15
MU12	66.20	16.78	1255	967	0.0172	5.54	3.32
MU13	73.40	11.84	1022	841	0.0153	4.34	2.60
MU14	39.61	10.83	885	734	0.0139	4.13	2.48
MU15	47.51	14.72	826	704	0.0083	5.76	3.46
MU16	65.69	15.50	827	625	0.0130	5.50	3.30
MU17	93.47	12.01	843	723	0.0100	4.76	2.86
MU18	71.36	16.75	899	625	0.0164	5.58	3.35
MU19	54.32	16.76	641	452	0.0113	5.99	3.59
MU20	113.57	15.66	901	721	0.0115	5.67	3.40
MU21	59.88	13.02	885	721	0.0126	4.84	2.90
MU22	176.96	26.93	810	543	0.0099	8.81	5.29
MU23	79.59	20.74	795	531	0.0127	6.89	4.13
MU24	96.46	29.73	832	543	0.0097	9.53	5.72
MU25	102.17	19.86	721	452	0.0135	6.59	3.95
MU26	105.50	24.15	683	373	0.0128	7.72	4.63
MU27	118.43	29.14	674	312	0.0124	8.96	5.38
MU28	90.86	22.27	547	312	0.0106	7.53	4.52
MU29	39.39	17.38	564	287	0.0159	5.77	3.46
MU30	38.58	12.46	532	287	0.0197	4.30	2.58
MU31	95.84	26.95	1009	304	0.0262	7.33	4.40
MU32	55.19	22.73	1085	304	0.0344	6.11	3.67
MU33	28.26	11.94	354	265	0.0075	5.00	3.00
MU34	61.45	16.87	550	265	0.0169	5.58	3.35
MU35	47.87	13.68	377	244	0.0097	5.29	3.17
OJ1	75.98	11.98	352	202	0.0125	4.55	2.73
OJ2	36.46	12.17	288	172	0.0095	4.85	2.91
OJ3	125.78	29.25	495	172	0.0110	9.19	5.51
OJ4	15.87	7.51	350	172	0.0237	2.83	1.70
OJ5	33.63	11.18	485	163	0.0288	3.69	2.21
OJ6	76.68	16.55	652	153	0.0302	4.92	2.95
OJ7	47.29	10.93	765	145	0.0567	3.19	1.91
PL1	205.00	28.75	1006	356	0.0226	7.91	4.75
PU1	171.07	20.36	1302	949	0.0173	6.41	3.85
PU2	155.07	16.69	1115	683	0.0259	5.10	3.06
PU3	91.93	15.09	1248	683	0.0374	4.41	2.65
PU4	134.99	23.78	852	454	0.0167	7.26	4.36

			Cota (m)			Tiempo (h)	
Código	Área	Longitud	Máx	Mín	Pendiente	Tc	Tr
PU5	77.45	25.13	945	517	0.0170	7.54	4.52
PU6	264.25	30.21	970	501	0.0155	8.83	5.30
PU7	28.32	10.04	1003	499	0.0502	3.06	1.84
PU8	70.81	19.45	1061	454	0.0312	5.53	3.32
RI1	77.04	11.94	1382	1067	0.0264	3.94	2.36
RM1	187.44	28.23	1014	414	0.0213	7.89	4.73
RM2	199.28	35.74	950	295	0.0183	9.72	5.83
RM3	132.73	19.59	722	296	0.0217	5.96	3.58
RM4	87.39	17.54	593	254	0.0193	5.60	3.36
RM5	246.00	33.10	1298	354	0.0285	8.43	5.06
RM6	117.26	19.31	672	354	0.0165	6.21	3.73
RM7	95.45	27.85	611	254	0.0128	8.61	5.17
RM8	197.70	34.47	444	140	0.0088	10.87	6.52
RM9	209.22	45.21	1294	151	0.0253	10.93	6.56
RM10	106.22	27.61	1257	140	0.0405	6.87	4.12
RM11	113.45	28.28	866	134	0.0259	7.62	4.57
RO1	171.02	26.51	591	193	0.0150	8.04	4.82
RO2	82.37	23.00	366	108	0.0112	7.63	4.58
SA1	146.36	25.73	726	79	0.0251	7.13	4.28
VI1	212.29	28.64	1305	711	0.0207	8.02	4.81
VI2	145.78	20.71	1143	711	0.0209	6.26	3.76
VI3	71.30	8.76	1085	689	0.0452	2.81	1.69

El tiempo de concentración se ha obtenido partiendo de la pendiente media y de la longitud del cauce más largo aplicando el método de Témez, generalmente aceptado para el cálculo hidrológico, cuya expresión analítica es:

$$T_c = 0.3 \cdot \left[\left(\frac{L}{\sqrt[4]{J}} \right)^{0.76} \right]$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración (h)

L= longitud del cauce más largo (km)

J= pendiente de la cuenca

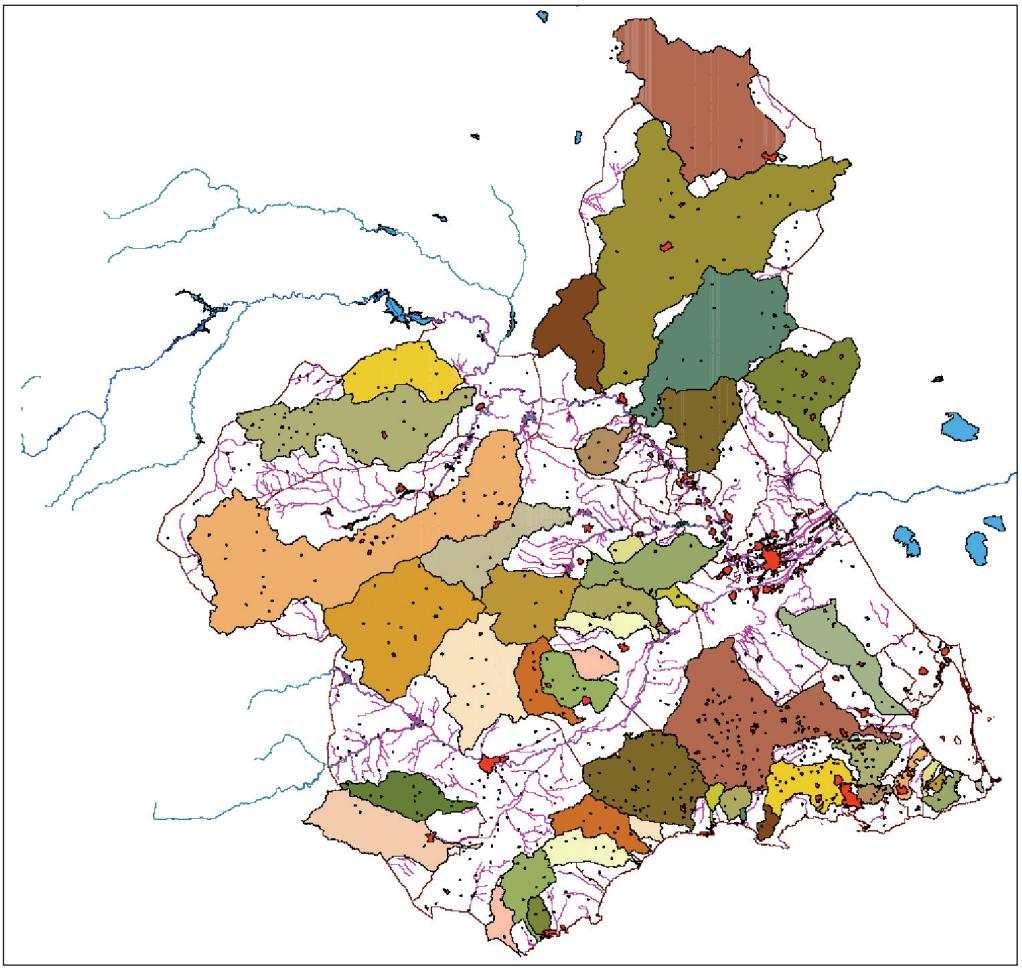
El tiempo de retardo Tr (h) se consideró igual al 60% del tiempo de concentración.

4.2.2. Cuencas en régimen hidráulico natural

Se han seleccionado un total de 47 cuencas. Todas ellas, o bien desembocan directamente al mar, o bien a un embalse o a un cauce de mayor orden aguas abajo de un embalse.

En la tabla I del apartado 2 se encuentran relacionados los cauces analizados, así como los códigos asignados a los mismos.

En la siguiente figura se reflejan las cuencas analizadas junto a los términos municipales y al conjunto de núcleos de población estudiados.



Los códigos asignados a los tramos de cauces estudiados corresponden con los códigos asignados a los núcleos de población con los que se ha trabajado. Estos núcleos de población se han obtenido a partir de la cartografía 1:50.000 del Instituto Geográfico del Ejército y los datos INE 2002. Se han obtenido 326 núcleos afectados por los cauces estudiados.

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
44	YECLA	YECLA
53	FUENTE DEL PINO	JUMILLA
55	LA ALQUERÍA	JUMILLA
76	JUMILLA	JUMILLA
108	EL ALGAR	CARTAGENA
111	LA ESTACADA	JUMILLA
136	RASPAY	YECLA
185	CAÑADA DEL TRIGO	JUMILLA
221	CAÑADA DE LA LEÑA	ABANILLA
232	EL CANTON	ABANILLA
255	ASCOY	CIEZA
256	BARINAS	ABANILLA
260	MACISVENDA	ABANILLA
261	FUENTE ASCOY. POLÍGONO INDUSTRIAL	CIEZA
264	OTOS	MORATALLA
265	LA TERCIA	MORATALLA
266	FUENTE DE BENIZAR	MORATALLA
268	LA GARAPACHA	FORTUNA
271	CIEZA	CIEZA
275	EL PARTIDOR	ABANILLA
276	HOYA DEL CAMPO	ABARAN
281	LA FUENSANTA	LORCA
286	CALASPARRA	CALASPARRA
289	BLANCA ESTACIÓN FERROCARRIL	BLANCA
291	LA HUERTA	BENIEL
297	LOS BAÑOS DE FORTUNA	FORTUNA
298	ABANILLA	ABANILLA
304	RELLANO	MOLINA DE SEGURA
309	ABARÁN	ABARÁN
320	EL SABINAR	MORATALLA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
331	FORTUNA	FORTUNA
332	MORATALLA	MORATALLA
333	BLANCA	BLANCA
334	VALENTÍN	CEHEGÍN
336	BAYNA	BLANCA
338	FENAZAR	MOLINA DE SEGURA
339	CALAR DE LA SANTA	MORATALLA
347	RICOTE	RICOTE
351	OJÓS	OJÓS
353	LA PILA	CEHEGÍN
356	ULEA	ULEA
359	CAMPILLO DE LOS JIMÉNEZ	CEHEGÍN
360	CANARA	CEHEGÍN
361	VILLANUEVA DEL RíO SEGURA	VILLANUEVA DEL RÍO SEGURA
362	LOS VALIENTES	MOLINA DE SEGURA
365	CORTIJO CAPEL	CEHEGÍN
367	CARRASQUILLA	CEHEGÍN
369	RAMBLA SALADA	FORTUNA
371	ARCHENA	ARCHENA
375	CAÑADA DE CANARA	CEHEGÍN
378	ALGAIDA	ARCHENA
381	ROMERAL LOS CONEJOS	MOLINA DE SEGURA
383	ARCHENA HURTADO	ARCHENA
384	CARAVACA DE LA CRUZ	CARAVACA DE LA CRUZ
385	LOS PRADOS	CARAVACA DE LA CRUZ
396	CHAPARRAL	CEHEGÍN
398	LORQUÍ	LORQUÍ
401	CEHEGÍN	CEHEGÍN
404	CEUTÍ	CEUTÍ
405	EL LLANO	MOLINA DE SEGURA
408	LA COPA	BULLAS
413	SISCAR	SANTOMERA
416	INAZARES	MORATALLA
420	SANTOMERA	SANTOMERA
421	ROMERAL TOSCAS-CHORRICO	MOLINA DE SEGURA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
423	ARCHIVEL	CARAVACA DE LA CRUZ
429	CARRETERA ESTACIÓN	BLANCA
433	LA URDIENCA	MURCIA
436	VENTA DE LOS CARRASCOS	ALHAMA DE MURCIA
440	LAS PEÑICAS	MURCIA
444	ARCHIVEL CASICAS	CARAVACA DE LA CRUZ
445	ARCHIVEL NOGUERICAS	CARAVACA DE LA CRUZ
447	MOLINA DE SEGURA	MOLINA DE SEGURA
454	COBATILLAS	MURCIA
457	BENABLON	CARAVACA DE LA CRUZ
459	BENIEL	BENIEL
460	ALGUAZAS	ALGUAZAS
477	ESPARRAGAL LADERAS DEL CAMPILLO	MURCIA
493	BULLAS	BULLAS
499	LA BASCA	BENIEL
500	BARRANDA	CARAVACA DE LA CRUZ
502	MULA	MULA
503	RODEO PRIMERO O HUATAZALES	CAMPOS DEL RÍO
505	ESPARRAGAL	MURCIA
507	CAMPOS DEL RÍO	CAMPOS DEL RÍO
516	LAS TORRES DE COTILLAS	LAS TORRES DE COTILLAS
518	TORREALTA	MOLINA DE SEGURA
521	SAN JOSÉ OBRERO	MURCIA
523	LA PUEBLA DE MULA	MULA
525	MONTEAGUDO LAS LUMBRERAS	MURCIA
531	CABEZO DE TORRES	MURCIA
532	LAS CASICAS	PUERTO LUMBRERAS
533	NAVARES	CARAVACA DE LA CRUZ
537	MONTEAGUDO	MURCIA
538	LOS ODRES	MORATALLA
539	RIBERA DE ARRIBA	MOLINA DE SEGURA
540	ALBUDEITE	ALBUDEITE
541	CHURRA	MURCIA
549	ALBUDEITE MORON	ALBUDEITE
552	ARRABAL DE LA ENCARNACIÓN	CARAVACA DE LA CRUZ

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
554	CAÑADA DE LA CRUZ	MORATALLA
556	CANEJA	CARAVACA DE LA CRUZ
558	LOS PULPITES	LAS TORRES DE COTILLAS
559	EL SALAR	MURCIA
560	RIBERA DE MOLINA	MOLINA DE SEGURA
563	RAIGUERO-LA VILLA	BENIEL
566	ZENETA	MURCIA
568	PINILLA	CARAVACA DE LA CRUZ
571	SINGLA	CARAVACA DE LA CRUZ
574	CASAS DEL CARRIL DE LA IGLESIA	MURCIA
575	AGRIDULCE	MURCIA
578	HUERTA DE LLANO DE BRUJAS	MURCIA
584	CASAS DEL CAMINO DE CHURRA	MURCIA
602	GUADALUPE DE MACIASCOQUE	MURCIA
604	MURCIA	MURCIA
612	PUENTE TOCINOS	MURCIA
614	LA ALMUDEMA	CARAVACA DE LA CRUZ
615	LOS RAMOS	MURCIA
629	LA ÑORA	MURCIA
630	JAVALÍ VIEJO O EL LUGARICO	MURCIA
635	JAVALÍ NUEVO	MURCIA
637	TORREAGÜERA	MURCIA
639	PLIEGO	PLIEGO
640	EL MORAL	CARAVACA DE LA CRUZ
642	RINCÓN DE BENISCORNIA	MURCIA
646	LOS DOLORES	MURCIA
649	CABEZO DE LA PLATA	MURCIA
651	RINCÓN DE SECA	MURCIA
672	LA RAYA	MURCIA
696	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA
719	ERA ALTA	MURCIA
741	ERMITA DE PATIÑO	MURCIA
764	BARRIO DEL PROGRESO	MURCIA
768	SAN GINÉS	MURCIA
782	ALJUCER	MURCIA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
783	LOS GARRES	MURCIA
808	ALGEZARES	MURCIA
809	SANTO ÁNGEL	MURCIA
814	ALBERCA DE LAS TORRES	MURCIA
815	EL MORALEJO	CARAVACA DE LA CRUZ
816	COY	LORCA
818	BARQUEROS	MURCIA
824	SANGONERA LA VERDE O ERMITA NUEVA	MURCIA
830	ALBERCA DE LAS TORRES SAN ANTONIO EL POBRE	MURCIA
845	DOÑA INÉS	LORCA
850	LOS ROYOS	CARAVACA DE LA CRUZ
854	FUENTE LIBRILLA	MULA
858	LOS OJÓS	MULA
870	AVILES	LORCA
882	LIBRILLA	LIBRILLA
883	EL BERRO	ALHAMA DE MURCIA
896	TORRE MOLINA	MURCIA
899	ZARZADILLA DE TOTANA	LORCA
906	LA PACA	LORCA
911	EL MOJÓN	SAN PEDRO DEL PINATAR
916	ALHAMA DE MURCIA	ALHAMA DE MURCIA
918	EL MIRADOR	SAN JAVIER
925	SAN PEDRO DEL PINATAR	SAN PEDRO DEL PINATAR
927	LAS TERRERAS	LORCA
928	ZARCILLA DE RAMOS	LORCA
930	LOMA DE ABAJO	SAN PEDRO DEL PINATAR
934	LOS CUARTEROS	SAN PEDRO DEL PINATAR
937	CORVERA	MURCIA
938	LOS SÁEZ	SAN PEDRO DEL PINATAR
939	LO PAGÁN	SAN PEDRO DEL PINATAR
945	BALSICAS	TORRE-PACHECO
949	SAN CAYETANO	TORRE-PACHECO
952	LOS MARTÍNEZ DEL PUERTO	MURCIA
957	POZO ALEDO	SAN JAVIER

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
963	SANTIAGO DE LA RIBERA	SAN JAVIER
968	ROLDÁN	TORRE-PACHECO
978	ALEDO	ALEDO
982	LOS DOLORES	TORRE-PACHECO
985	YÉCHAR	MULA
987	VALLADOLISES	MURCIA
989	RODA	SAN JAVIER
990	TOTANA	TOTANA
992	CASAS NUEVAS	MULA
994	EL ESCOBAR	FUENTE ÁLAMO
995	PUNTA CALERA	LOS ALCAZARES
999	LOS PAGANES	FUENTE ÁLAMO
1001	LOS NAREJOS	LOS ALCAZARES
1008	LOS ALMAGROS	FUENTE ÁLAMO
1014	BALSAPINTADA	FUENTE ÁLAMO
1016	SANTA ROSALIA	TORRE-PACHECO
1018	TORRE-PACHECO	TORRE-PACHECO
1023	LOS ALCÁZARES	LOS ALCAZARES
1031	CUEVAS DE REYLLO	FUENTE ÁLAMO
1032	CÁNOVAS	FUENTE ÁLAMO
1035	LOBOSILLO	MURCIA
1042	FUENTE ALAMO	FUENTE ÁLAMO
1043	LA PUEBLA	CARTAGENA
1044	ALBUJÓN	CARTAGENA
1051	POZO ESTRECHO	CARTAGENA
1066	LAS LOMAS	TOTANA
1078	CAMPILLO DE ARRIBA	FUENTE ÁLAMO
1079	LAS CANALES	LORCA
1086	LA PALMA	CARTAGENA
1092	LA ALJORRA	CARTAGENA
1095	LOS URRUTIAS	CARTAGENA
1104	LA PINILLA	FUENTE ÁLAMO
1108	MIRANDA	CARTAGENA
1122	LA APARECIDA	CARTAGENA
1123	EL PALMERO	CARTAGENA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
1124	LOS BEATOS	CARTAGENA
1126	SANTA ANA	CARTAGENA
1128	VENTORRILLOS	CARTAGENA
1133	SANTA GERTRUDIS	LORCA
1134	LAS PALAS	FUENTE ÁLAMO
1141	LA MANGA DEL MAR MENOR	SAN JAVIER
1144	LOS NIETOS	CARTAGENA
1166	SAN JAVIER	SAN JAVIER
1204	ISLAS MENORES	CARTAGENA
1205	LOS CAMACHOS	CARTAGENA
1208	LOS NIETOS VIEJOS	CARTAGENA
1209	EL PLAN	CARTAGENA
1223	LA MAGDALENA	CARTAGENA
1234	LOS DOLORES	MURCIA
1241	ALPORCHONES	LORCA
1258	CABO DE PALOS	CARTAGENA
1263	LA HOYA	LORCA
1278	PLAYA HONDA	CARTAGENA
1291	EL ESTRECHO DE SAN GINÉS	CARTAGENA
1292	LA VEREDA	MURCIA
1322	LOS BELONES	CARTAGENA
1328	LLANO DEL BEAL	CARTAGENA
1329	ROCHE BAJO	LA UNIÓN
1351	MAJADA	MAZARRÓN
1355	LA UNIÓN	LA UNIÓN
1363	PERIN	CARTAGENA
1368	LAS BARRACAS	CARTAGENA
1381	BORRICEN	CARTAGENA
1385	EL PUNTAL	MURCIA
1396	LA LOMA	FUENTE ÁLAMO
1397	CANTERAS	CARTAGENA
1407	MEDIA LEGUA	CARTAGENA
1411	POBLADO DE MARINA	CARTAGENA
1419	ALUMBRES	CARTAGENA
1434	LA ATALAYA	MAZARRÓN

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
1436	LOS DÍAZ	CARTAGENA
1437	TENTEGORRA	CARTAGENA
1447	SANTA LUCÍA	CARTAGENA
1463	PUERTO MURIEL	LORCA
1464	MAZARRÓN	MAZARRÓN
1469	PORTMAN	LA UNIÓN
1507	MORERAS	MAZARRÓN
1516	ISLA PLANA	CARTAGENA
1525	ESCOMBRERAS	CARTAGENA
1527	ESTACIÓN	PUERTO LUMBRERAS
1542	PUERTO DE MAZARRÓN	MAZARRÓN
1547	UGEJAR	LORCA
1552	EL ESTRECHO	FUENTE ÁLAMO
1558	ERMITA	PUERTO LUMBRERAS
1589	LA AZOHÍA LA CHAPINETA	CARTAGENA
1599	PUERTO LUMBRERAS	PUERTO LUMBRERAS
1609	LA GALERA LA Y LOS JOPOS	LORCA
1633	CALNEGRE Y LOS CURAS	LORCA
1643	CUESTA DE LA ESCARIHUELA	LORCA
1651	LA ESCARIHUELA	LORCA
1657	ALMENDRICOS	LORCA
1667	CALABARDINA	ÁGUILAS
1669	TODOSOL	ÁGUILAS
1673	ÁGUILAS	ÁGUILAS
1678	CALA REONA	CARTAGENA
2010	ORILLA DEL AZARBE	SANTOMERA
2012	LAS LOMAS DEL RAME	LOS ALCÁZARES
2013	LA CALAVERA	SAN JAVIER
2014	LOS ANTOLINOS	SAN PEDRO DEL PINATAR
2015	LAS BEATAS	SAN PEDRO DEL PINATAR
2016	LOS VERAS	SAN PEDRO DEL PINATAR
2018	LOS GÓMEZ	SAN PEDRO DEL PINATAR
2019	LOS IMBERNONES	SAN PEDRO DEL PINATAR
2022	HOYAMORENA	TORRE-PACHECO
2022	HOYAMORENA	TORRE-PACHECO

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
2023	LA IFRE-CAÑADA DE GALLEGO LOMA DE CAZADORES	MAZARRÓN
2024	LA IFRE-CAÑADA DE GALLEGO LOMA DE SAN ANTONIO	MAZARRÓN
2025	EL IFRE-PASTRANA CALAR	MAZARRÓN
2026	EL IFRE-PASTRANA ESTRECHO	MAZARRÓN
2027	LEIVA	MAZARRÓN
2028	LAS MORERAS MORERAS	MAZARRÓN
2029	SALADILLO	MAZARRÓN
2030	LA CONDOMINA	LAS TORRES DE COTILLAS
2031	COTILLAS ANTIGUA	LAS TORRES DE COTILLAS
2032	LA FLORIDA	LAS TORRES DE COTILLAS
2033	LA MEDIA LEGUA	LAS TORRES DE COTILLAS
2035	LA GINETA	FORTUNA
2036	MATANZAS	SANTOMERA
2037	LOS TOPARES	LA UNIÓN
2041	LOMA DE ARRIBA	SAN PEDRO DEL PINATAR
2042	HUERTA LA BRAZAL DE ÁLAMOS	BENIEL
2043	HUERTA LA BRAZAL DE LA CRUZ	BENIEL
2044	HUERTA LA BRAZAL DE LA RAJA	BENIEL
2045	HUERTA LA BRAZAL DE POLLOS	BENIEL
2046	HUERTA LA BRAZAL NUEVO	BENIEL
2050	BAÑOS Y MENDIGO	MURCIA
2051	DOLORES LOS CARRIL DE LA ENERA	MURCIA
2051	DOLORES LOS CARRIL DE LA ENERA	MURCIA
2053	SAN JOSÉ DE LA VEGA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA	MURCIA
2054	SAN JOSÉ DE LA VEGA	MURCIA
2055	LAS SAN JOSÉ DE LA VEGA TEJERAS	MURCIA
2056	SANTUARIO DE LA FUENSANTA	MURCIA
2057	LAS ALJUCER BARRACAS	MURCIA
2058	ALJUCER TORRE POLLO	MURCIA
2059	COBATILLAS BARRIO DE SAN ANTONIO	MURCIA
2060	HUERTA DE SANTA CRUZ	MURCIA
2061	HUERTA DEL RAAL	MURCIA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
2061	HUERTA DEL RAAL	MURCIA
2063	SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA	MURCIA
2064	PALMAR EL O LUGAR DE DON JUAN BUENAVISTA	MURCIA
2065	ZARANDONA	MURCIA
2066	BENIAJÁN	MURCIA
2066	BENIAJÁN	MURCIA
2069	SUCINA	MURCIA
2070	CASILLAS	MURCIA
2071	PUEBLA DE SOTO	MURCIA
2072	LOS PUEBLA DE SOTO PUJANTES	MURCIA
2073	ALQUERÍAS	MURCIA
2101	BARRIO DE LA PROVIDENCIA	ARCHENA
2102	LAS ARBOLEDAS	ARCHENA
2103	ARCHENA EL OTRO LA'O	ARCHENA
2104	TORRE DEL JUNCO	ARCHENA
2105	ARCHENA SERRETILLA	ARCHENA
2107	LOS TORRAOS	CEUTÍ
2108	PALACIOS BLANCOS	LORQUÍ
2109	LA ANCHOSA	LORQUÍ
2110	NUESTRA SEÑORA ASUNCIÓN	VILLANUEVA DEL RÍO SEGURA
2111	VIRGEN DEL CARMEN	VILLANUEVA DEL RÍO SEGURA
2114	ALGUAZAS HUERTA DE ARRIBA	ALGUAZAS
2116	CAMPOTEJAR ALTA	MOLINA DE SEGURA
2117	ROMERAL	MOLINA DE SEGURA
2118	LOS VIENTOS	MOLINA DE SEGURA
2130	EL VILLAR	MORATALLA
2131	ALBUDEITE AVD. CALVO SOTELO	ALBUDEITE
2132	LOS CANTAREROS LOS GUARDIANES	TOTANA
2133	LAS LOMAS LOS LÓPEZ	TOTANA
2134	LAS LOMAS LOS TUELAS	TOTANA
2135	LOMAS DE ARRIBA	TOTANA
2136	LA CHARCA	TOTANA
2137	LOS BAÑOS	MULA
2138	EL NIÑO	MULA

CAT_ID	NOMBRE	MUNICIPIO
2201	MONTE LISO	MURCIA
2203	PUENTE TOCINOS ERMITA DE LOS REMEDIOS	MURCIA
2204	EL SECANO	MURCIA
2300	ALCAINA ALTORREAL	MOLINA DE SEGURA
3001	TORRECIEGA	CARTAGENA
3002	LAS LOMAS EL ALGAR	CARTAGENA
3005	POZO LOS PALOS	CARTAGENA
3006	SAN ISIDRO	CARTAGENA
3008	CUESTA BLANCA DE ABAJO	CARTAGENA
3009	CUESTA BLANCA DE ARRIBA	CARTAGENA
3010	LOS PUERTOS DE SANTA BARBARA	CARTAGENA
3011	MOLINO DERRIBADO	CARTAGENA
3020	BEAL	CARTAGENA
3021	MAR DE CRISTAL	CARTAGENA
4000	LA CASILLA	LORCA
4001	PUENTE BOTERO	LORCA
4002	PUENTE PASICO	LORCA
4003	ERMITA DEL RAMONETE	LORCA
4006	EL CABILDO Y LA CAMPANA	LORCA
4006	EL CABILDO Y LA CAMPANA	LORCA
4007	LORCA	LORCA
4008	LORCA VIRGEN DE LAS HUERTAS	LORCA

Con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica se han calculado los parámetros morfológicos de relevancia para el cálculo del **parámetro de forma** α de la cuenca necesarios para el cálculo del Hidrograma Unitario Geomorfológico aplicado en las diferentes cuencas, siendo estos los siguientes (apartado 4.5.2.1):

- **L**Ω Longitud del cauce principal (en metros)
- **S** Pendiente del cauce principal
- **A** Área drenada en metros cuadrados
- **O** Orden de la cuenca vertiente
- **Rb** Razón de bifurcación
- **Rl** Razón de longitud:
- **Ra** Razón de área:

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
44a	41195	0.82	422905620	7	3.16	1.58	0.95
44b	12045	2.3	23062762	5	3.14	2.48	0.94
53a	4542	4.9	6681383	5	2.21	1.06	0.95
53b	2417	4.97	1919111	4	1.89	1.1	0.98
55a	8214	3.44	13296363	5	2.65	1.98	0.96
55b	1663	3.67	643637	3	1	0.16	0.53
76a	8430	3.29	9328835	5	2.02	1.12	0.94
76b	34772	1.06	233050747	7	3.03	1.79	0.96
111a	37181	1.07	235260574	7	3.03	1.91	0.96
111b	4371	1.78	965255	3	3	13.46	1.36
185	3046	2.6	4610617	3	2	0.4	0.65
232a1	5100	9.72	4338407	4	2.93	2.06	0.8
232a2	6949	3.58	9669444	5	2.9	1.56	0.96
255a	4018	4	1531288	3	2.5	2.23	1.59
255b	11946	1.81	25576760	5	3.59	1.79	0.88
256a	5308	7.21	3221581	4	2.56	1.55	0.9
256b	2319	7.07	679452	3	1.5	0.73	0.73
260a	1932	3.64	695053	3	1	0.39	0.62
260b	3239	7.76	1437202	3	3	2.15	0.83
268	2202	18.69	541700	3	1.5	1.27	0.75
275a1	5232	5.81	4254611	5	2.34	1.83	0.97
275a2	21378	2.19	52932596	6	3.32	1.56	0.93
276	3285	6.03	1942600	3	2	2.05	0.83
289	5666	5.54	11053500	5	2.38	1.2	0.94
291a1	26704	1.94	145170123	7	3.18	1.48	0.95
298a	2161	6.4	611558	3	1.5	1.1	0.88
298b	2192	9.74	797245	3	2	1.31	0.74
304a	1840	4.49	612800	3	1.5	2.95	1.55
304b	8077	8.79	8663500	5	2.85	1.92	0.96
320	4394	4.47	3783605	3	1.5	0.44	0.84
332	13394	4.98	29845955	5	3.29	1.95	0.92
353	58141	2.09	413589356	7	3.4	1.86	0.96
360	13368	2.64	15439716	4	4.67	7.81	0.97
367a	3021	3.11	1201652	3	4	8.1	1.03
367b	56115	2.14	394221951	7	3.35	1.87	0.96

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
367	3021	3.11	1201652	3	4	8.1	1.03
375a1	1106	2.91	618374	3	1.5	0.91	1.08
375a2	1343	2.07	928309	3	1	1.29	1.64
375	3521	3.02	2671150	4	1.67	1.74	1.31
384a	5071	5.01	4394794	3	3	4.94	1.55
384b	9639	6.11	10303675	5	2.6	1.96	0.96
384c	43382	2.44	332402807	7	3.15	1.74	0.96
396a2	2656	0.71	1218909	3	1.5	7.37	1.49
396b	13098	3.28	19048377	5	2.73	3.04	0.99
408	5571	1.61	5465589	4	1.67	1.95	1.29
416a	1809	2.43	1412294	3	1	2.88	1.57
416b	1835	6.5	1428493	3	1	0.16	0.54
423	4097	2.1	3033274	3	1	1.27	1.67
444	2390	3.08	1829023	3	1	3.7	2.8
457	21560	2.02	72905657	6	2.67	1.73	0.95
500a	18151	2.22	56584025	6	2.54	1.53	0.97
500b	4071	4.76	2530077	3	1.5	1.36	0.92
533	8890	2.71	11093269	4	1.67	1.19	0.89
538a	4717	8.83	3596630	3	3	3.38	0.93
538b	3481	11.78	2636702	3	1.5	2.04	1.22
540	7130	1.64	18846987	5	2.85	1.41	0.84
549	7130	1.64	18846987	5	2.85	1.41	0.84
552a2	2791	6.42	1980452	3	2	0.79	0.62
552a	6200	4.48	10015650	4	3.53	1.91	0.86
552b	2791	6.42	1980452	3	2	0.79	0.62
552c	52008	2.32	450746855	6	4.3	2.56	0.94
556a1	2600	2.08	1873160	3	1	0.79	1.23
568a1	4362	2.61	5369597	3	2.5	2.11	0.8
568a2	49587	2.35	434780154	6	4.25	2.49	0.94
614	47500	2.41	429886520	6	4.25	2.44	0.94
640a	2118	3.47	1222909	3	1.5	2.74	1.05
640b	2257	2.08	1067720	3	1.5	2.66	1.03
640	2118	3.47	1222909	3	1.5	2.74	1.05
815b	2026	2.02	2021646	4	1.83	1.01	0.77
816a	4054	2.49	1296300	3	1	2.25	1.24

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
816b	2638	2.81	1867600	4	1.83	0.83	0.84
818	2173	5.59	1797000	4	1.89	1.19	0.94
845a1	3914	1.88	4305700	4	2.17	1.43	0.88
845a	10329	2.12	20297700	5	2.73	1.53	0.97
845b	6835	2.18	7054600	4	2.44	1.65	1.01
854a1	17357	3.41	31337556	5	2.78	2.07	0.95
854a2	1040	3.47	778584	3	1	0.05	0.5
858a2	9747	4.37	17521904	5	2.44	1.61	1.08
870a1	10879	4.24	38928500	5	2.94	1.15	0.93
870a2	2366	1.63	3181500	4	1.33	0.49	1.31
870	10290	4.47	38450000	5	2.93	1.1	0.93
882b	26178	2.76	70709835	6	3.05	1.92	0.96
883	4595	8.54	4793757	4	2.22	1.47	0.84
896a1	4043	2.54	2460359	4	2.17	2.38	0.9
896b	4450	4.33	4380428	4	3.06	2.46	0.97
899a	4988	9.77	9066302	5	2.21	1.22	0.88
899b	1252	10.91	444531	3	1.5	2.11	0.6
899	5401	9.28	10018356	5	2.38	1.37	0.88
906	5019	17.33	3101900	3	3	2.76	1.46
927a1	11405	4.29	7496342	4	3.17	2.62	1.13
927a2	5730	2.69	4925540	4	2.44	1.94	0.8
927	11155	4.36	7021915	4	3	2.74	1.19
928	5721	3.69	4307500	4	2.17	2.14	0.98
945	8056	1.14	8445461	4	1.33	3.76	1.7
978a2	9177	7.54	11918100	5	2.58	1.86	0.94
978b	2189	9.98	1012200	3	2	1.46	0.85
978	9770	7.1	12592800	5	2.62	1.94	0.93
990a	19541	4.61	39215000	6	2.9	2.17	0.95
990b	4090	2.7	2089100	3	1	1.03	0.81
990c	12043	5.51	10355300	5	2.75	1.96	0.97
992a1	21842	3.85	95650146	7	2.7	1.41	0.96
992a2	6038	2.65	5687624	5	2.08	1.48	0.95
994a1	1815	1.29	1785800	3	2	0.8	0.59
994a2	13445	5.44	16691100	5	2.77	2.07	0.94
994a	1418	1.34	1632100	3	1	0.24	0.57

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
994b	12522	5.76	14800000	5	2.71	1.96	0.96
999a1	6655	3	3492100	4	2.11	2.88	1.29
999a2	9887	4.08	10381200	5	2.48	1.68	0.97
999a	15733	3.62	18098200	5	3.07	3.47	1.03
999b	15733	3.62	18098200	5	3.07	3.47	1.03
1008a	4465	1.62	2156500	3	1	0.86	0.97
1008b	9887	4.08	10381200	5	2.48	1.68	0.97
1016a	3711	0.13	2448560	3	1	2.75	1.06
1031a1	15733	2.6	18098200	5	3.07	3.47	1.03
1031a2	14196	3.14	65806900	6	2.46	1.25	0.94
1031a	14196	3.14	65806900	6	2.46	1.25	0.94
1031b	15733	2.6	18098200	5	3.07	3.47	1.03
1032a1	10413	1.44	20652300	5	2.23	1.52	0.92
1032a2	8989	0.59	24642400	4	2.33	1.25	0.83
1032a	8624	0.58	23978300	4	2.25	1.16	0.84
1035a2	35796	1.37	350813800	7	2.97	1.64	0.97
1042a1	25261	1.74	214708000	7	2.7	1.32	0.99
1042a2	14422	1.87	46166500	6	2.35	1.46	0.93
1042	25261	1.74	214708000	7	2.7	1.32	0.99
1044	37953	1.31	359894300	7	2.98	1.7	0.98
1051	47830	1.06	387604500	7	2.98	1.96	0.97
1078	8486	1.95	5352400	4	1.78	4.11	1.82
1095	14228	1.41	19881366	5	2.51	5.3	1.06
1104	3115	2.95	1042700	3	1.5	3.2	1.05
1134	3954	3.05	2443400	4	1.5	0.98	0.89
1144a1	3937	2.37	4330267	3	2	2.01	0.8
1144a2	10218	1.92	16088280	5	2.77	2.4	1.01
1144	5890	4.12	6568471	6	2.71	1.79	1.03
1223	9475	0.52	24521026	6	2.5	1.64	0.96
1234	8481	0.46	13820581	3	2	1.22	0.97
1263a_1	2608	5.72	2744300	4	3	1.02	0.76
1263a_2	1730	6.79	733900	4	1.67	1.46	0.89
1278a1	2166	2.62	615805	3	1.5	4.27	1.22
1278	1889	1.9	1019706	3	1	1.83	1.87
1291a1	445	12.33	84976	3	1	0.66	0.9

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
1291	1001	10.25	314740	3	2	2.44	3.01
1301a1	11168	0.36	18439577	3	2.5	2.19	1.12
1301a2	20470	1.22	79592812	6	3.09	2.06	0.97
1301	11168	0.36	18439577	3	2.5	2.19	1.12
1315	13223	2.93	17384995	5	2.97	2.37	1
1322	10218	1.92	16088280	5	2.77	2.4	1.01
1328	2401	4.96	1206596	4	2.25	2.62	0.88
1351	5285	5.78	2871000	4	2.78	2.3	1.02
1355a	2223	5.4	1028189	3	2	2.42	1.16
1355b	2100	5.14	491694	3	1	1.16	0.9
1355c	2292	5.96	949889	4	1.67	1.31	0.9
1363	1964	3.33	1599878	4	2	1.17	0.87
1397a1	2074	2.75	1359335	3	1.5	0.91	0.83
1397a2	2076	7.22	1493257	4	2.08	1.54	0.92
1397	2916	5.49	3382584	4	2.53	1.84	0.94
1407a1	1730	5.09	999664	3	1.5	0.5	0.63
1407a2	4834	1.8	6178859	4	2.56	1.67	0.78
1407a	1353	4.6	259650	3	1	1.28	0.77
1407b	1730	5.09	999664	3	1.5	0.5	0.63
1421a1	3415	4.98	4280138	4	2.67	2.08	0.9
1421a2	3002	7.82	1429747	3	2.5	3.52	1.31
1421a	3002	7.82	1429747	3	2.5	3.52	1.31
1421b	3269	11.51	1826315	4	2.11	2.3	1.15
1426	21610	1.18	99664973	6	3.11	2.06	0.97
1434b	3465	3.57	1247000	3	2.5	4.38	1.01
1434	9062	5.67	10433900	6	2.3	1.5	0.99
1436a1	942	4.12	471181	3	1	1.62	1.15
1436a2	1707	8.2	933361	4	1.78	1.3	0.84
1436a	942	4.12	471181	3	1	1.62	1.15
1436b	1707	8.2	933361	4	1.78	1.3	0.84
1437a1	2210	9.05	613705	3	1.5	3.08	1.14
1437a2	2341	12.55	957066	4	1.83	1.83	1.08
1437a	3002	7.82	1429747	3	2.5	3.52	1.31
1437b	3269	11.51	1826315	4	2.11	2.3	1.15
1463a	2796	5.13	1354700	4	2.33	6.59	0.89

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
1463b_1	1521	7.55	600500	3	1.5	1.94	0.78
1463b_2	1636	5.04	975500	3	1.5	0.14	0.52
1464a	2793	2.22	1221300	4	1.67	4.51	1.16
1464b	2530	0.37	949700	3	1	8.27	2.55
1507a_1	34311	1.98	217910100	7	3.28	1.69	0.96
1507a_2	2522	10.38	1655400	4	1.89	1.35	0.89
1547a_1	2012	6.12	1043000	4	2	1.73	1.06
1547a_2	12017	3.98	10206500	5	3.1	2.59	0.96
1552a_1	17771	3.06	41383200	6	3.21	1.61	0.94
1552a_2	15865	3.69	17532400	5	3.59	3.07	0.96
1589a1	1304	13.87	533800	4	1.67	0.72	0.81
1589a2	7794	6.18	12270100	6	2.36	1.32	0.97
1589	8043	6.09	12986200	6	2.4	1.33	0.96
1599a	34672	1.84	129808100	6	4.35	2.87	0.94
1599b	3386	4.9	1665100	4	1.5	0.7	0.83
1599c	12223	4.24	20702400	6	2.92	1.9	0.93
1673	22901	2.93	71792200	6	3.47	2.03	0.96
2023	7226	3.94	3312772	4	2.5	2.78	1.14
2024a1	9697	3.31	10577600	5	2.79	1.86	0.9
2024a2	25468	2.76	68278100	6	3.53	2.05	0.95
2025a_2	15865	3.69	17532400	5	3.59	3.07	0.96
2025b	2491	4.48	771500	3	1.5	8.73	2.04
2026	14567	3.83	15844000	5	3.54	2.87	0.96
2027a_1	3668	5.2	2421400	5	1.88	1.27	0.97
2027a_2	2465	6.21	922500	3	2	1.21	0.89
2028	9782	1.21	7390300	4	3.33	2.58	1.03
2033	33882	1.22	131078600	6	3.89	2.05	0.95
2116a	3101	2.58	154800	2	0	0	0
2116b	6057	2.04	5181700	4	2.67	1.8	0.92
2136a	10913	8.63	7590700	5	2.6	3.04	0.94
2136c	7230	6.23	4913000	4	3	3.33	0.95
2136	3487	1.68	893700	3	1.5	4.99	2.18
3001	21155	1.19	98381150	6	3.11	2.05	0.98
3002	7169	2.42	11244469	5	2.42	2.56	0.92
3005	15104	1.4	32722439	6	2.52	2.28	0.97

Código	L	S	A	O	Rb	Rl	Ra
3006	8813	1.7	22634301	6	2.49	1.57	0.98
3008a1	4073	2.13	4531981	5	2.23	1.47	0.88
3008a2	4590	4.44	6652046	5	2.59	1.44	0.96
3008	7136	1.98	6684554	5	2.12	1.67	1.08
3009a1	1589	3.65	458280	3	1	1.55	1.18
3009a2	5108	2.27	4641302	5	2.06	1.66	1.07
3009a	5744	3.83	12165495	6	2.34	1.2	0.94
3009b	7136	1.98	6684554	5	2.12	1.67	1.08
3010a1	1767	3.33	1112391	4	1.83	1.14	0.96
3010a2	2566	6.71	2932208	4	2.83	1.63	0.93
3010a	2279	5.93	1427747	3	3.5	1.76	0.84
3010b	1767	3.33	1112391	4	1.83	1.14	0.96
3020a1	3571	4.77	1700984	4	2.33	4.18	0.92
3020a2	1614	2.42	1067909	3	1.5	1.16	0.95
3020	6647	2.56	3449626	4	2.67	5.27	1.02
4003a1	17086	3.22	22174966	5	3.5	2.7	0.91
4003a2	18559	3.03	22735032	5	3.84	4.29	0.9

4.3. PARÁMETROS DE PÉRDIDAS DE PRECIPITACIÓN

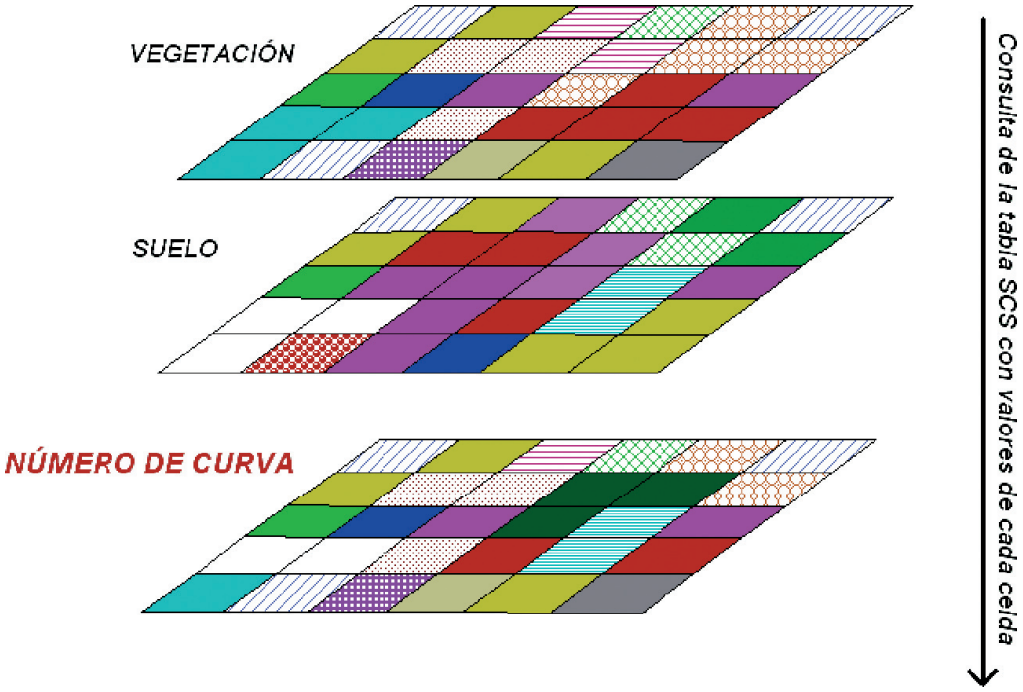
Para calcular las pérdidas de precipitación, y por lo tanto la escorrentía directa que resulta de aplicar las tormentas de proyecto en cada cuenca, se ha utilizado el método clásico del número de curva del SCS (Soil Conservation Service).

El número de curva inicial se obtuvo partiendo de mapas raster de tipología de suelos y vegetación (Ver Anexo 1. apartado 4.1. Datos de pártida). Una vez concluido el proceso se obtuvo un nuevo mapa raster con el número de curva a aplicar en cada celda. El tamaño de celda utilizado fue de 50 m.

El cálculo se inicio con la corrección geométrica de las diferentes coberturas, para garantizar la coincidencia de cada celda en cualquiera de las coberturas y por supuesto en la cobertura resultado.

Teniendo en cuenta que en cada cobertura, cada una de las celdas eran homogéneas, el número de curva se obtuvo sencillamente consultando celda por celda la vegetación y tipología conforme a los criterios establecidos por el SCS. Los resultados de cada consulta dieron lugar a una nueva cobertura correspondiente al número de curva.

El proceso seguido se esquematiza en la figura siguiente:



4.3.1. Cuencas reguladas

Los datos de partida para el cálculo del número de curva fueron los siguientes:

Vegetación

Cobertura correspondiente al Segundo Inventario Forestal Nacional (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). Dicha cobertura cubre la Región de Murcia y la fracción de la Comunidad de Castilla-La Mancha en la cuenca de Segura. El mapa forestal fue completado con el mapa de cultivos de Andalucía, con una interpretación previa de los códigos hasta cubrir la cuenca completa.

Para caracterizar la vegetación y usos del suelo se adoptó el código empleado en el Segundo Inventario Forestal, que clasifica la vegetación en los 8 tipos siguientes:

- FORESTAL ARBOLADO (uso 1): Bosque, monte arbolado, superficie forestal arbolada, ecosistema forestal arbolado. Territorio o ecosistema poblado con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal de estructura vertical dominante y con una fracción de cabida cubierta por ellas igual o superior al

10%; el concepto incluye las dehesas de base cultivo o pastizal con labores siempre que la fracción de cabida cubierta arbolada sea igual o superior al 20% y excluye los terrenos poblados por especies forestales arbóreas tratadas como cultivos, o sea con fuerte intervención humana, para la obtención de frutos, hojas, flores o varas (posiblemente en el futuro habrá que añadir aquí biomasa) más próximos a los ecosistemas agrícolas que a los forestales.

- FORESTAL ARBOLADO RALO (uso 2): Bosque ralo, monte arbolado ralo, superficie forestal arbolada rala, ecosistema forestal arbolado ralo. Territorio o ecosistema poblado con especies forestales arbóreas como manifestación botánica de estructura vertical dominante y con una fracción de cabida cubierta por ellas comprendida entre el 5 y el 10%; también territorio con especies de matorral o pastizal natural como manifestación vegetal de estructura horizontal dominante pero con una presencia de árboles forestales importante cuantificada por una fracción de cabida cubierta arbórea igual o superior al 5% e inferior al 20%, incluyéndose aquí las dehesas de base pastizal natural; puede en algunos casos, cuando la manifestación botánica dominante no esté muy clara, solaparse con el concepto FORESTAL ARBOLADO, pero cede ante éste cuando la fracción de cabida cubierta arbolada alcance el 20%.
- FORESTAL DESARBOLADO (uso 3): Monte desarbolado, superficie forestal desarbolada, ecosistema forestal desarbolado. Territorio o ecosistema poblado con especies de matorral y/o pastizal bien con débil intervención humana o bien natural como manifestación vegetal de estructura horizontal dominante, con presencia o no de árboles forestales, pero en todo caso con la fracción de cabida cubierta por éstos inferior al 5% (damos por supuesto que no puede haber terrenos con especies forestales arbóreas dominantes con una fracción de cabida cubierta inferior al 5%, así como tampoco dehesas con base sólo de matorral.
- CULTIVO (uso 5): Ecosistema agrícola. Territorio o ecosistema poblado con siembras o plantaciones de herbáceas y/o leñosas anuales o plurianuales que se laborea con una fuerte intervención humana; puede estar poblado por especies forestales de fruto (flor, hojas y en el futuro de biomasa) pero se considerará cultivo siempre que la intervención humana sea importante; incluye las dehesas, montes huecos o montes adehesados de base cultivo cuando la fracción de cabida cubierta de los árboles sea inferior al 20%.
- IMPRODUCTIVO ARTIFICIAL (uso 6): Territorio o ecosistema dominado por edificios, parques urbanos (aunque estén poblados de árboles), viveros fuera de los montes (aunque sean de especies forestales), carreteras (excepto si son pistas de servicio de los montes) u otras construcciones humanas siempre que tengan cabidas continuas de más de 4 hectáreas.
- IMPRODUCTIVO AGUAS (uso 7): Ecosistema acuático. Territorio o ecosistema constituido por ríos, lagos, embalses, zonas húmedas (con agua 6 o más meses al año), canales o estanques con superficies continuas de más de 4 hectáreas.

- IMPRODUCTIVO NATURAL (uso 8): Ecosistema desertificado. Territorio o ecosistema dominado por rocas, pedregales, dunas, arenales o terrenos prácticamente sin presencia de vegetales superiores y con una extensión continua de más de 4 hectáreas; si apareciesen especies forestales arbóreas su fracción de cabida cubierta debería ser de menos del 5% para clasificar el terreno como improductivo natural.

En el caso del mapa de cultivos de Andalucía y como complemento para las zonas de las cuencas en esta Comunidad Autónoma, se realizó la siguiente equivalencia de códigos:

Equivalencia de Códigos del Inventario de Cultivos de Andalucía con el campo Uso en el Segundo Inventario Forestal Nacional

Código	Nombre	Uso
AA	Árboles abandonados	3
AC	Acuicultura	7
AR	Citricos	5
CH	Chopos	1
CN	Confieras	1
CP	Cultivos protegidos	5
EU	Eucaliptos	1
FP	Formaciones riparias	1
FR	Frutales regadio	5
FS	Frutales secano	5
HR	Herbaceos regadio	5
HS	Herbaceos secano	5
HT	Huerta	5
IM	Improductivo	6
IV	Invernadero	5
MA	Matorral	3
ME	Mezclas	1
M-OV	Matorral-otros vuelos	2
OF	Olivar-frutal	5
OR	Olivar regadio	5
OS	Olivar secano	5
PA	Pastizal	3
P-OV	Pastizal-otros vuelos	3
QC	Quercineas	1

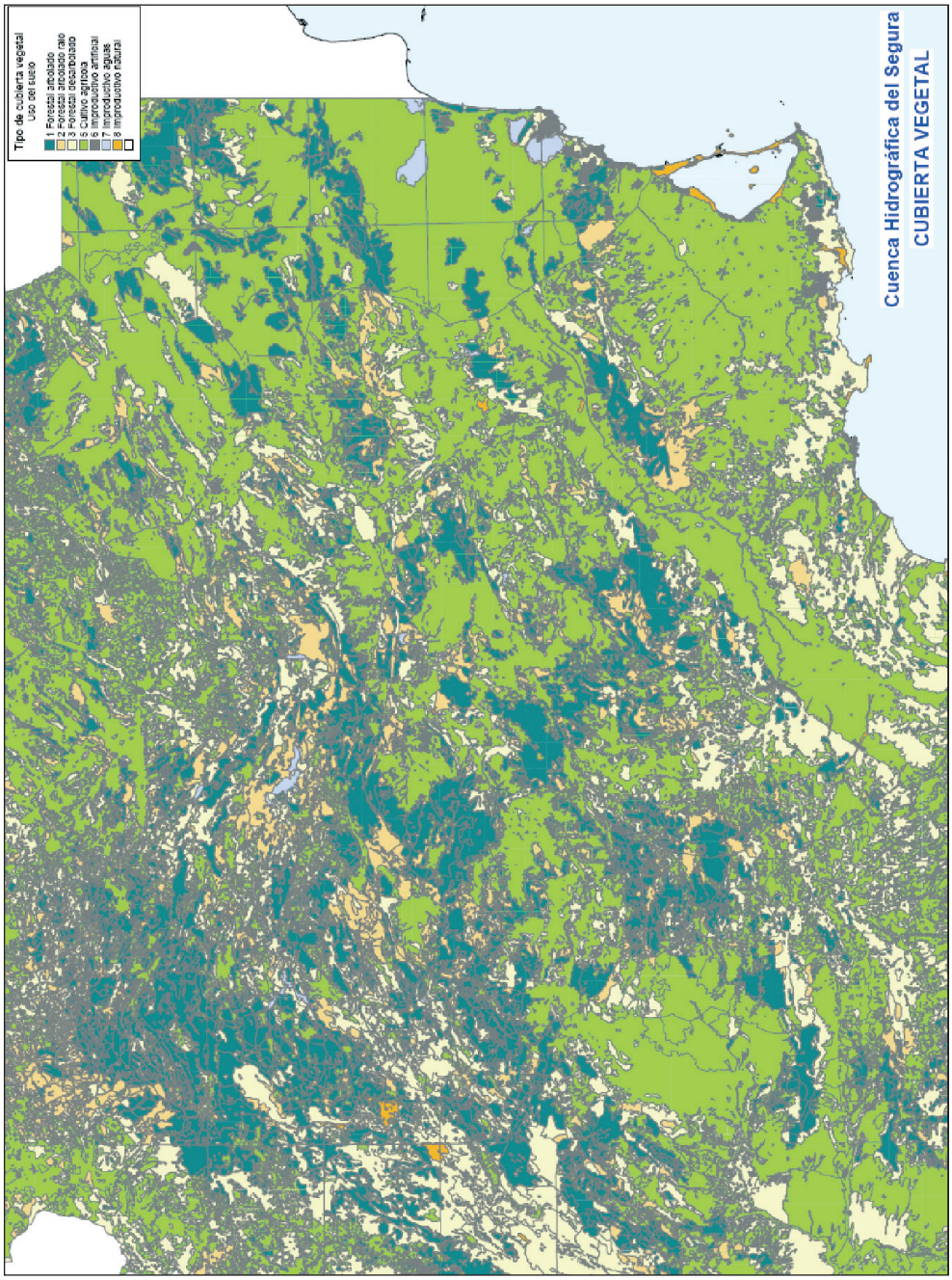
Código	Nombre	Uso
Q-M	Quercineas-matorral	2
Q-P	Quercineas-pastizal	2
SC	Subtropical-citricos	5
ST	Subtropicales	5
SV	Sin vegetacion	8
VI	Viñedo	5
ZT	Talas y cortas	3

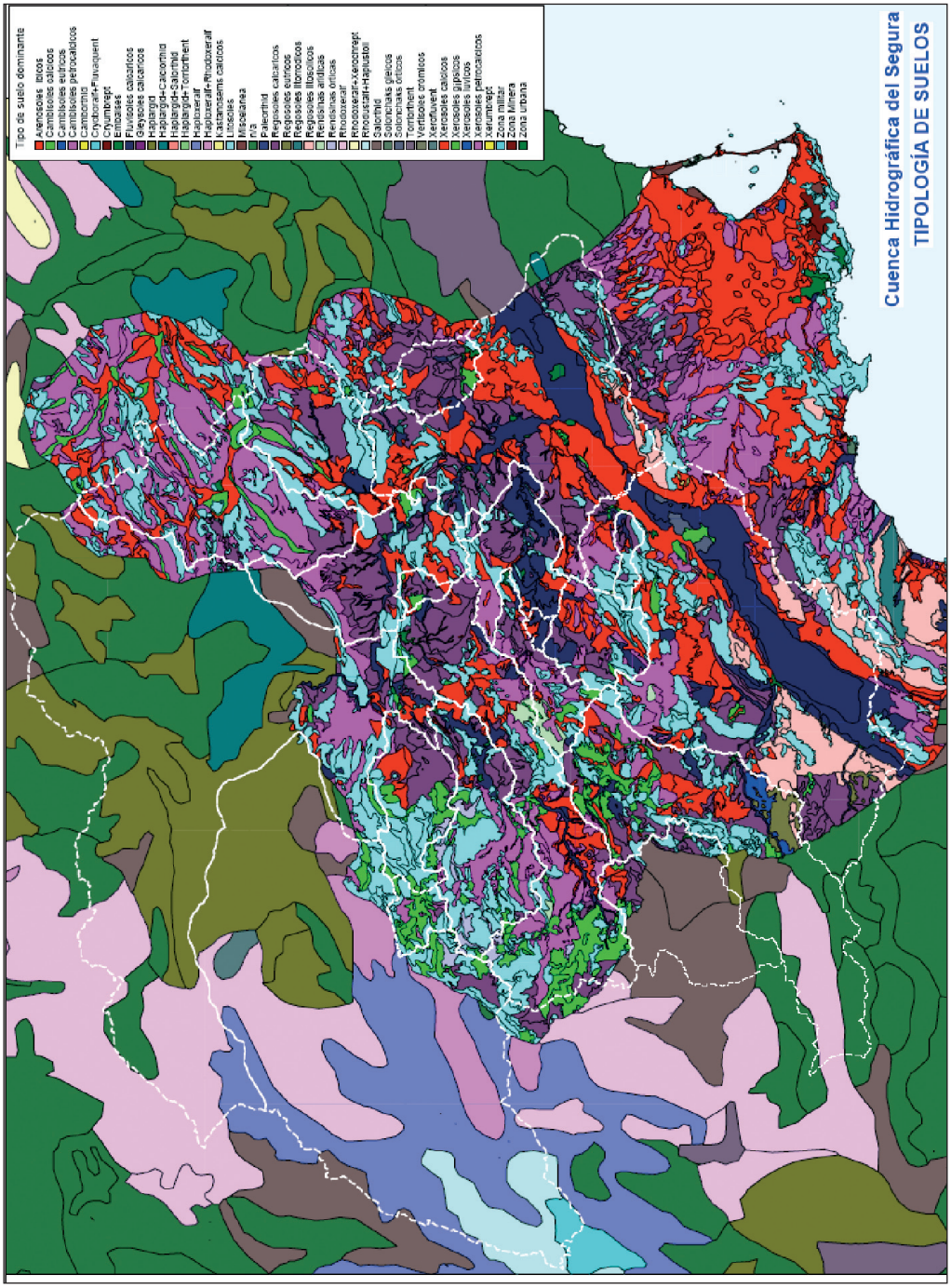
Para caracterizar el número de curva, se utilizó la siguiente equivalencia de los Usos anteriores con los criterios del Soil Conservation Service (se incluye la condición hidrológica supuesta):

Equivalencia de los Usos del suelo adoptados con los del SCS

Uso	Equivalencia con la clasificación del SCS
1	Bosque Regular
2	Matorral Regular
3	Matorral Mala
5	Cultivo en Hileras C+CR Buena
6	Calles y carreteras gravilla
7	Viales Asfalto
8	Barbecho CR Buena

Mapa de vegetación empleado en el análisis




Cuenca Hidrográfica del Segura
TIPOLOGÍA DE SUELOS
Tipo de suelo dominante
Aenosoles ústicos
Cambisoles cálcicos
Cambisoles eútricos
Cambisoles petrocálcicos
Cambisoles ústicos
Cryoboralf+Fluvaquent
Cryumbrept
Embalses
Fluvisoles calcáricos
Gleysoles calcáricos
Haplargid
Haplargid+Calciorthid
Haplargid+Salorthid
Haplargid+Torriorthent
Haploxeralf
Haploxeralf+Rhodoxeralf
Lastanosems cálcicos
Litosoles
Mar
Paleorthid
Regosoles calcáricos
Regosoles eútricos
Regosoles líbricos
Regosoles líticos
Rendosoles ándicos
Rendosoles cálcicos
Rhodoxeralf
Rhodoxeralf+Xerochrept
Rhodustalf+Haplustoll
Salorthid
Solonchaks gléicos
Solonchaks órticos
Torriorthent
Vertisoles crómicos
Xerofluvent
Xerosoles cálcicos
Xerosoles gypsicos
Xerosoles lúvicos
Xerosoles petrocálcicos
Xerumbrept
Zona Militar
Zona Minera
Zona Urbana

Suelos

Se partió del Inventario Edafológico de la Región de Murcia, que hubo que complementar en las partes de la cuenca de las Comunidades Autónomas de Castilla-La Mancha y Andalucía.

Los tipos de suelos presentes en el Mapa Edafológico se corresponden a las clasificaciones Soil Taxonomy del USDA (U.S. Department of Agriculture).

Una vez clasificados los tipos de suelo por sus características texturales y sus propiedades de permeabilidad, se asignaron a las 4 categorías establecidas al respecto por el Soil Conservation Service (A, B, C y D).

Asignación de tipos de suelo a la clasificación del SCS

Suelo	Tipo suelo SCS
Arenosol álbico	A
Cambisol cálcico	B
Cambisol eutrico	B
Cambisol petrocálcico	B
Embalses	D
Fluvisoles calcáreos	B
Gleysoles	D
Kastanosems cálcicos	B
Litosoles	C
Miscelanea	C
Regosol calcáreo	B
Regosol eutrico	B
Regosol litoeólico	B
Rendsinas arídicas	C
Rendsinas órticas	C
Solochaks gleicos	C
Solochaks orticos	C
Vertidoles crómicos	D
Xerosol cálcico	B
Xerosol glipsico	B
Xerosol luvico	B
Xerosol petrocálcico	B
Rhodoxeralf	B
torriorthent	C

Suelo	Tipo suelo SCS
Haplargid	B
Xerorthent	B
torrifluvent	B
Xerochrept	B
Salorthid	B
Ustochrept	C
Gypsiorthid	C
Cryorthent	C
Camborthid	B

Número de curva

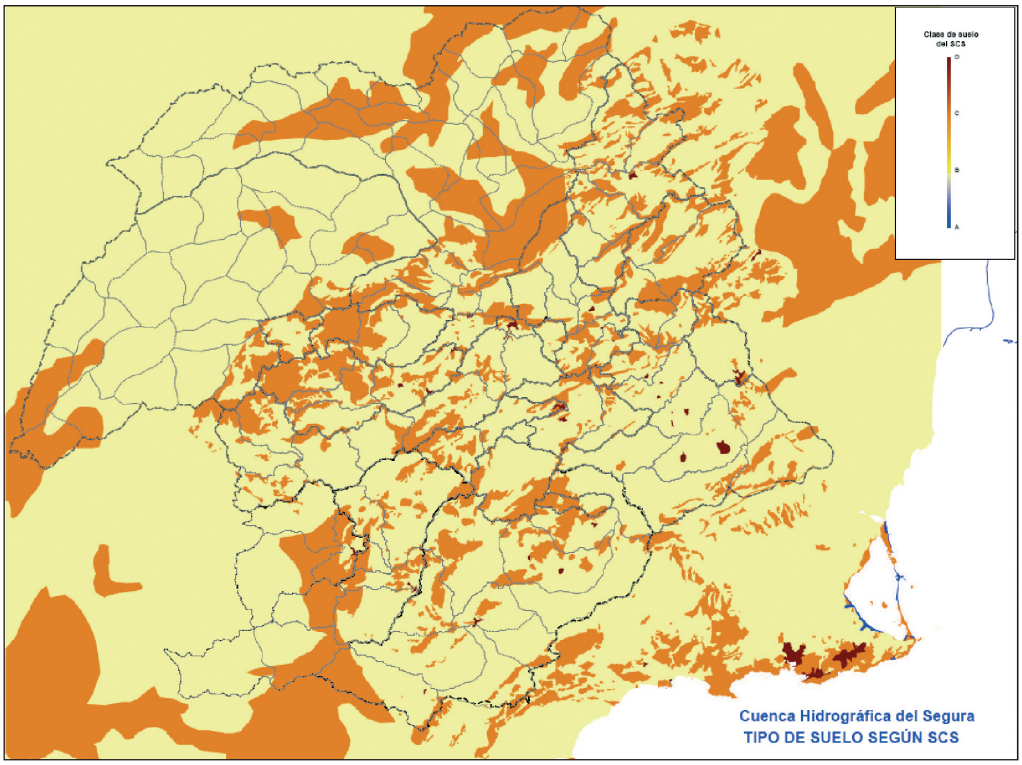
Una vez conocidas las componentes de vegetación y suelos, se asignó, utilizando una aplicación informática elaborada al efecto, un valor de número de curva a cada celda en función de la pareja de valores vegetación/suelo, conforme a los criterios establecidos por el Soil Conservation Service, obteniendo una nueva cobertura, del número de curva que es la que se muestra en la figura siguiente.

Número de curva iniciales en la cuenca del Segura

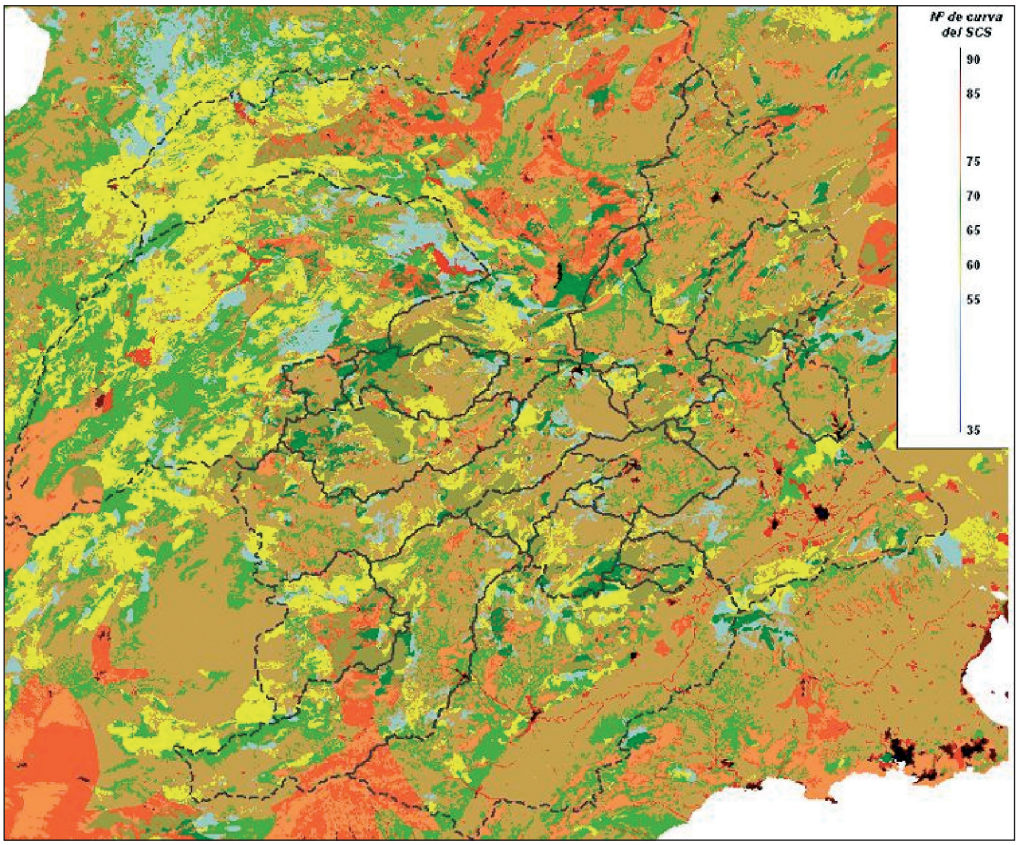
Partiendo de la cobertura mencionada se obtuvo el valor medio del número de curva inicial para cada subcuenca, con el resultado siguiente:

Números de curva del SCS en las subcuencas (AMC-II)

ID	AMCII	ID	AMCII	ID	AMCII
AF1	71.7	MA1	72.0	PU1	71.6
AF2	73.0			PU2	74.1
AF3	71.8	MO1	72.9	PU3	74.4
AF4	70.3	MO2	73.3	PU4	70.5
AF5	70.7	MO3	72.9	PU5	67.9
AF6	71.6			PU6	72.5
AF7	69.1	MR1	71.8	PU7	70.0
AF8	72.4	MR2	71.6	PU8	72.8
AF9	69.7	MR3	70.2		
				RI1	73.4
AL1	71.1	MU1	63.8		



ID	AMCII	ID	AMCII	ID	AMCII
		MU2	62.2	RM1	75.2
AR1	72.1	MU3	63.9	RM2	71.9
AR2	70.9	MU4	63.0	RM3	74.1
AR3	72.9	MU5	68.6	RM4	72.8
AR4	72.1	MU6	67.9	RM5	70.4
		MU7	68.0	RM6	72.1
CA1	68.1	MU8	74.8	RM7	72.4
		MU9	70.0	RM8	72.4
CE1	76.6	MU10	73.0	RM9	71.9
CE2	68.8	MU11	75.0	RM10	71.5
CE3	66.8	MU12	67.1	RM11	71.8
CE4	75.4	MU13	73.6		
CE5	65.5	MU14	74.4	RO1	73.2



ID	AMCII	ID	AMCII	ID	AMCII
CE6	70.1	MU15	79.0	RO2	72.8
CE7	64.9	MU16	77.0		
CE8	65.1	MU17	73.7	SA1	73.8
CE9	65.1	MU18	73.1		
CE10	63.5	MU19	76.3	VI1	71.1
CE11	66.3	MU20	76.1	VI2	67.4
CE12	70.3	MU21	75.9	VI3	72.8
CE13	64.2	MU22	76.2	LP1	73.16
CE14	64.6	MU23	74.2	LP2	69.31
CE15	69.8	MU24	74.1	LP3	72.25
CE16	64.6	MU25	74.6	LP4	69.90
CE17	66.5	MU26	74.0	LP5	72.56
CE18	65.7	MU27	76.6	LP6	69.90

ID	AMCII	ID	AMCII	ID	AMCII
CE19	63.2	MU28	69.2	LP7	74.52
CE20	67.3	MU29	69.6	LP8	69.85
CE21	68.2	MU30	64.9	LP9	71.51
CE22	65.6	MU31	70.2	LP10	72.09
CE23	69.5	MU32	70.7		
CE24	69.5	MU33	69.6		
		MU34	72.7		
CI1	70.3	MU35	70.9		
CI2	73.3				
		OJ1	71.6		
DA1	66.8	OJ2	72.2		
		OJ3	73.2		
JU1	74.4	OJ4	73.7		
JU2	74.6	OJ5	74.6		
JU3	75.0	OJ6	73.4		
JU4	73.4	OJ7	70.8		
JU5	71.1				
JU6	69.7	PL1	70.5		

Tránsito de hidrogramas

Con el fin de conocer como evoluciona el hidrograma de avenidas, a medida que discurre por una cauce de características, en ocasiones complejas, se utilizó el método de Muskingum.

Para ello, en primer lugar se obtuvieron los tramos por los que circulaban los hidrogramas producidos en las cabeceras, calculando con apoyo de un GIS la longitud de cada tramo y la pendiente, a partir de las cotas máxima y mínima del mismo. Los tramos asociados a tránsitos de avenida se incluyen en el siguiente mapa.

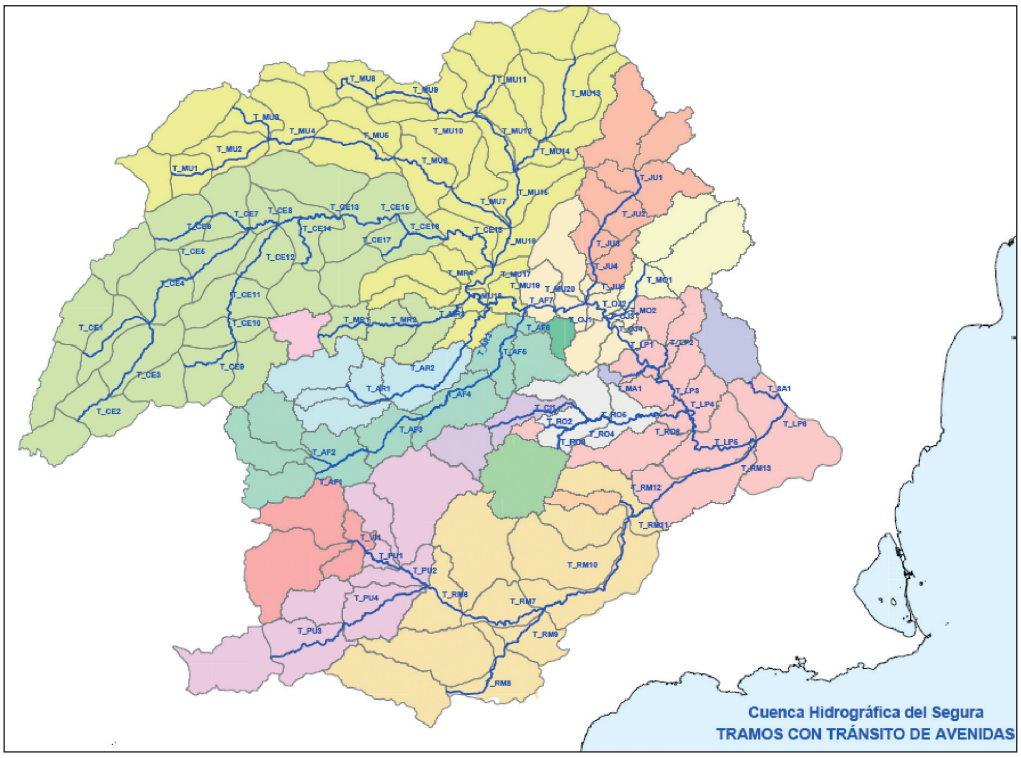
El valor del coeficiente K de Muskingum es igual al tiempo que tarda la onda de avenida en recorrer el tramo. El cálculo se ha realizado utilizando la fórmula de Manning, suponiendo que en caso de avenida el radio hidráulico medio de los cauces es de 1 m y el número de Manning medio de 0.065.

Para el cálculo se ha tenido en cuenta que la celeridad de las ondas dinámicas de avenida es similar a las de las ondas cinemáticas, que en cauces anchos avanzan a una velocidad igual a 5/3 de la velocidad media en los cauces. El parámetro K de Muskingum se ha calculado a partir de la longitud de los tramos y de las celeridades obtenidas en este proceso.

El parámetro x de ponderación, adimensional, es poco sensible a los cálculos y se ha tomado igual a 0.25 en todos los casos.

Los valores que se han utilizado para los cálculos y los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

		Cota (m)			Parámetros	
Traslado	**Longitud**	**Máxima**	**Mínima**	**Pendiente**	**K**	**X**
T_AF1	13.69	956	823	0.009715	1.50	0.25
T_AF2	12.29	955	823	0.010740	1.28	0.25
T_AF3	17.25	823	646	0.010261	1.84	0.25
T_AF4	20.61	646	407	0.011596	2.07	0.25
T_AF5	13.77	407	301	0.007698	1.70	0.25
T_AF6	3.27	301	258	0.013150	0.31	0.25
T_AF7	2.48	258	254	0.001613	0.67	0.25
T_AR1	12.06	896	693	0.016833	1.01	0.25
T_AR2	23.84	693	412	0.011787	2.38	0.25
T_AR3	14.28	412	265	0.010294	1.52	0.25
T_CE1	18.07	1008	736	0.015053	1.60	0.25
T_CE10	5.59	947	833	0.020394	0.42	0.25
T_CE11	10.28	833	700	0.012938	0.98	0.25
T_CE12	14.48	700	524	0.012155	1.42	0.25
T_CE13	16.44	524	462	0.003771	2.90	0.25
T_CE14	24.25	887	462	0.017526	1.98	0.25
T_CE15	15.95	462	405	0.003574	2.89	0.25
T_CE16	12.78	405	389	0.001252	3.91	0.25
T_CE17	16.13	555	389	0.010291	1.72	0.25
T_CE18	20.77	389	312	0.003707	3.70	0.25
T_CE2	9.40	1432	1194	0.025319	0.64	0.25
T_CE3	19.03	1194	736	0.024067	1.33	0.25
T_CE4	16.18	736	636	0.006180	2.23	0.25
T_CE5	16.56	636	571	0.003925	2.86	0.25
T_CE6	14.01	826	618	0.014847	1.25	0.25
T_CE7	9.55	618	571	0.004921	1.47	0.25
T_CE8	8.00	571	524	0.005875	1.13	0.25
T_CE9	13.23	1183	947	0.017838	1.07	0.25
T_CI1	24.38	644	298	0.014192	2.22	0.25
T_JU1	6.20	526	451	0.012097	0.61	0.25



		Cota (m)			Parámetros	
Traslado	Longitud	Máxima	Mínima	Pendiente	K	X
T_JU2	10.68	451	366	0.007959	1.30	0.25
T_JU3	8.72	366	283	0.009518	0.97	0.25
T_JU4	4.26	283	236	0.011033	0.44	0.25
T_JU5	5.36	236	172	0.011940	0.53	0.25
T_LP1	13.44	145	84	0.004539	2.16	0.25
T_LP2	7.06	164	84	0.011331	0.72	0.25
T_LP3	6.96	84	72	0.001724	1.82	0.25
T_LP4	11.16	72	62	0.000896	4.04	0.25
T_LP5	20.97	62	28	0.001621	5.64	0.25
T_LP6	11.29	37	28	0.000797	4.33	0.25
T_MA1	14.24	248	84	0.011517	1.44	0.25
T_MO1	12.25	320	209	0.009061	1.39	0.25
T_MO2	7.10	209	163	0.006479	0.96	0.25
T_MR1	13.48	1067	669	0.029525	0.85	0.25

		Cota (m)			Parámetros	
Traslado	**Longitud**	**Máxima**	**Mínima**	**Pendiente**	**K**	**X**
T_MR2	12.41	669	459	0.016922	1.03	0.25
T_MR3	12.06	459	374	0.007048	1.56	0.25
T_MR4	9.86	374	265	0.011055	1.02	0.25
T_MU1	8.88	929	891	0.004279	1.47	0.25
T_MU10	9.25	734	625	0.011784	0.92	0.25
T_MU11	9.42	723	625	0.010403	1.00	0.25
T_MU12	16.42	625	452	0.010536	1.73	0.25
T_MU13	18.80	721	543	0.009468	2.09	0.25
T_MU14	10.46	543	452	0.008700	1.21	0.25
T_MU15	14.09	452	373	0.005607	2.04	0.25
T_MU16	9.39	373	312	0.006496	1.26	0.25
T_MU17	8.33	312	287	0.003001	1.65	0.25
T_MU18	8.67	287	265	0.002537	1.86	0.25
T_MU19	13.40	265	254	0.000821	5.07	0.25
T_MU2	14.08	891	735	0.011080	1.45	0.25
T_MU20	7.48	244	202	0.005615	1.08	0.25
T_MU3	12.55	890	735	0.012351	1.22	0.25
T_MU4	10.85	735	649	0.007926	1.32	0.25
T_MU5	20.32	649	498	0.007431	2.55	0.25
T_MU6	15.74	498	411	0.005527	2.29	0.25
T_MU7	15.17	411	373	0.002505	3.28	0.25
T_MU8	12.74	967	841	0.009890	1.39	0.25
T_MU9	14.96	841	734	0.007152	1.92	0.25
T_OJ1	8.14	202	172	0.003686	1.45	0.25
T_OJ2	7.90	172	163	0.001139	2.54	0.25
T_OJ3	3.27	163	153	0.003058	0.64	0.25
T_OJ4	7.72	153	145	0.001036	2.60	0.25
T_PU1	11.91	689	499	0.015953	1.02	0.25
T_PU2	7.29	499	454	0.006173	1.01	0.25
T_PU3	20.10	949	683	0.013234	1.89	0.25
T_PU4	22.05	683	454	0.010385	2.34	0.25
T_RM10	34.19	254	140	0.003334	6.41	0.25
T_RM11	5.62	140	134	0.001068	1.86	0.25
T_RM12	10.44	234	134	0.009579	1.16	0.25

		Cota (m)			Parámetros	
Traslado	Longitud	Máxima	Mínima	Pendiente	K	X
T_RM13	27.43	132	28	0.003791	4.83	0.25
T_RM6	10.64	454	354	0.009398	1.19	0.25
T_RM7	22.16	354	254	0.004513	3.57	0.25
T_RM8	20.80	414	296	0.005673	2.99	0.25
T_RM9	12.86	296	254	0.003266	2.44	0.25
T_RO2	11.21	298	193	0.009367	1.25	0.25
T_RO3	20.08	374	193	0.009014	2.29	0.25
T_RO4	19.18	356	193	0.008498	2.25	0.25
T_RO5	15.17	193	108	0.005603	2.20	0.25
T_RO6	13.95	108	62	0.003297	2.63	0.25
T_SA1	11.91	79	28	0.004282	1.97	0.25
T_VI1	4.86	711	689	0.004527	0.78	0.25

Esquema de simulación

Para simular los hidrogramas de avenida es necesario disponer las operaciones hidrológicas a realizar de forma ordenada y sistemática. Se denomina esquema de simulación a este proceso, que conduce a un método de trabajo del que se obtendrán los resultados.

El esquema de simulación se prepara una vez concluida la división en subcuencas, recogiendo en un esquema lógico el camino que recorrerían las partículas de agua hasta alcanzar los puntos bajos de las cuencas.

Las operaciones del esquema se reducen, en el caso de la cuenca del Segura a los cinco tipos siguientes:

- **H** Hidrograma generado por la subcuenca
- **T** Laminación debida al tránsito del hidrograma por el cauce
- **C** Combinación de hidrogramas en un punto de confluencia
- **E** Laminación producida por un embalse
- **D** Derivación de caudales (en el caso del Guadalentín, el desvío del Paretón de Totana)

Esquema operativo de simulación de la cuenca del Segura

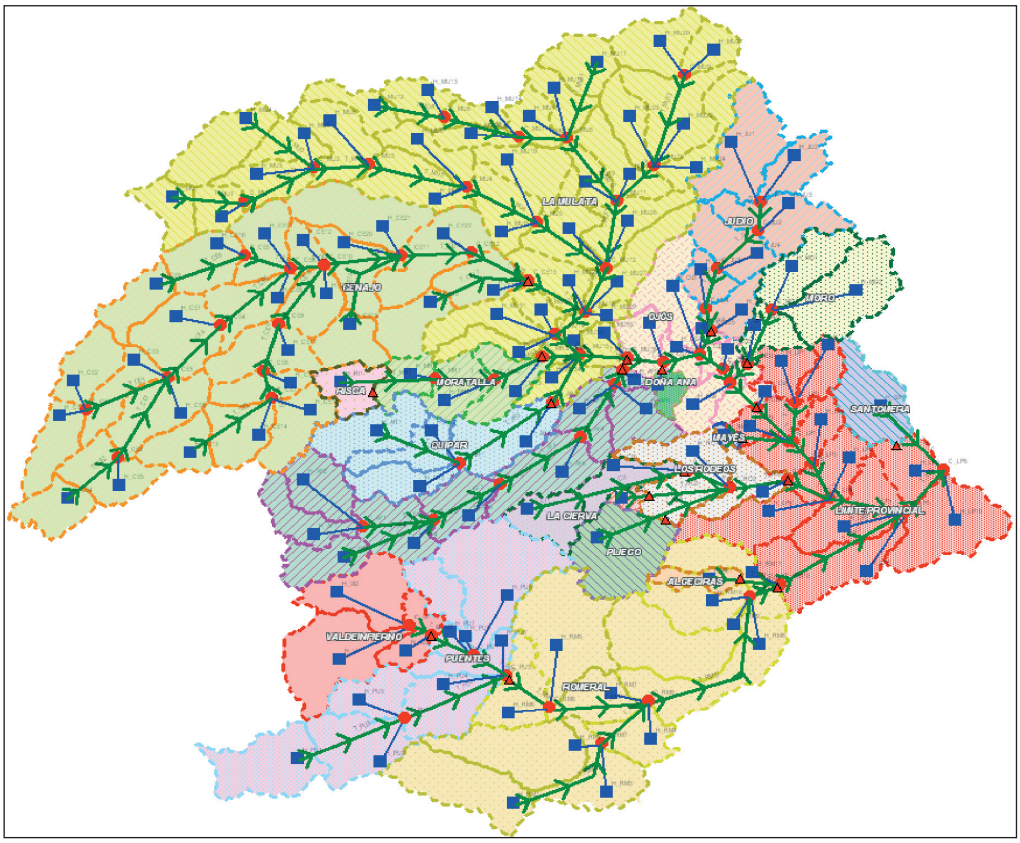
Los cuadrados representan los hidrogramas producidos por cada subcuenca, las líneas simples, las uniones entre elementos, las líneas con flecha los traslados de hidrogramas y los círculos combinaciones de hidrogramas.

Los códigos empleados corresponden a las cuencas de los embalses, tal y como se detalló en el apartado 1.

El esquema de cálculo ordenado por subcuencas se indica en la tabla que se presenta a continuación, donde la columna orden indica la jerarquía de las operaciones, tipo indica la clase de operación, código es el utilizado en los cálculos para cada actividad de cálculo hidrológico y nº indica la cantidad de hidrogramas que se combinan cuando se trata de una operación de este tipo.

Esquema de cálculo hidrológico de la cuenca del Segura

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
AF	10	H	H_AF1	
AF	20	H	H_AF2	
AF	30	C	C_AF1	2
AF	40	T	T_AF1	
AF	50	H	H_AF3	
AF	60	T	T_AF2	
AF	70	H	H_AF4	
AF	80	C	C_AF2	3
AF	90	T	T_AF3	
AF	100	H	H_AF5	
AF	110	C	C_AF3	2
AF	120	T	T_AF4	
AF	130	H	H_AF6	
AF	140	C	C_AF4	2
AF	150	T	T_AF5	
AF	160	H	H_AF7	
AF	170	H	H_AF8	
AF	180	C	C_AF5	3
AF	190	T	T_AF6	
AF	200	H	H_AF9	
AF	208	C	C_AF6	2
AF	210	E	E_AF	
AF	220	T	T_AF7	



Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	Orden	Tipo	Código	N°
AR	10	H	H_AR1	
AR	20	T	T_AR1	
AR	30	H	H_AR2	
AR	40	H	H_AR3	
AR	50	C	C_AR1	3
AR	60	T	T_AR2	
AR	70	H	H_AR4	
AR	78	C	C_AR2	2
AR	80	E	E_AR	
AR	90	T	T_AR3	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
CA	8	H	H_CA1	
CA	10	E	E_CA	
CE	10	H	H_CE1	
CE	20	H	H_CE2	
CE	30	C	C_CE1	2
CE	40	T	T_CE1	
CE	50	H	H_CE4	
CE	60	T	T_CE2	
CE	70	H	H_CE5	
CE	80	C	C_CE2	2
CE	90	T	T_CE3	
CE	100	H	H_CE6	
CE	110	H	H_CE3	
CE	120	C	C_CE3	4
CE	130	T	T_CE4	
CE	140	H	H_CE7	
CE	150	C	C_CE4	2
CE	160	T	T_CE5	
CE	170	H	H_CE9	
CE	180	T	T_CE6	
CE	190	H	H_CE10	
CE	200	C	C_CE5	2
CE	210	T	T_CE7	
CE	220	H	H_CE11	
CE	230	H	H_CE8	
CE	240	C	C_CE6	4
CE	245	E	E_CEFU	
CE	250	T	T_CE8	
CE	260	H	H_CE13	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**N°**
CE	270	T	T_CE9	
CE	280	H	H_CE14	
CE	290	H	H_CE15	
CE	300	C	C_CE7	3
CE	310	T	T_CE10	
CE	320	H	H_CE16	
CE	330	C	C_CE8	2
CE	340	T	T_CE11	
CE	350	H	H_CE17	
CE	360	C	C_CE9	2
CE	370	T	T_CE12	
CE	380	H	H_CE18	
CE	390	H	H_CE12	
CE	400	C	C_CE10	4
CE	410	T	T_CE13	
CE	420	H	H_CE19	
CE	430	T	T_CE14	
CE	440	H	H_CE20	
CE	450	H	H_CE21	
CE	460	C	C_CE11	4
CE	470	T	T_CE15	
CE	480	H	H_CE22	
CE	490	C	C_CE12	2
CE	500	T	T_CE16	
CE	510	H	H_CE23	
CE	520	T	T_CE17	
CE	530	H	H_CE24	
CE	538	C	C_CE13	3
CE	540	E	E_CE	
CE	550	T	T_CE18	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
CI	10	H	H_CI1	
CI	20	T	T_CI1	
CI	30	H	H_CI2	
CI	38	C	C_CI1	2
CI	40	E	E_CI	
CI	50	T	T_RO2	
CI	58	H	H_DA1	
CI	60	E	E_DA	
CI	70	T	T_RO3	
CI	80	H	H_PL1	
CI	82	E	E_PL	
CI	90	T	T_RO4	
CI	100	H	H_RO1	
CI	110	C	C_RO2	4
CI	120	T	T_RO5	
CI	130	H	H_RO2	
CI	138	C	C_RO3	2
CI	140	E	E_RO	
CI	150	T	T_RO6	
JU	10	H	H_JU1	
JU	20	H	H_JU2	
JU	30	C	C_JU1	2
JU	40	T	T_JU1	
JU	50	H	H_JU3	
JU	60	C	C_JU2	2
JU	70	T	T_JU2	
JU	80	H	H_JU4	
JU	90	C	C_JU3	2
JU	100	T	T_JU3	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**N°**
JU	110	H	H_JU5	
JU	120	C	C_JU4	2
JU	130	T	T_JU4	
JU	140	H	H_JU6	
JU	148	C	C_JU5	2
JU	150	E	E_JU	
JU	160	T	T_JU5	
MA	10	H	H_MA1	
MA	12	E	E_MA	
MA	60	T	T_MA1	
MO	10	H	H_MO1	
MO	20	H	H_MO2	
MO	30	C	C_MO1	2
MO	40	T	T_MO1	
MO	50	H	H_MO3	
MO	58	C	C_MO2	2
MO	60	E	E_MO	
MO	70	T	T_MO2	
MU	10	H	H_MU1	
MU	20	T	T_MU1	
MU	30	H	H_MU2	
MU	40	C	C_MU1	2
MU	50	T	T_MU2	
MU	60	H	H_MU3	
MU	70	H	H_MU4	
MU	80	T	T_MU3	
MU	90	H	H_MU5	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
MU	100	C	C_MU2	4
MU	110	T	T_MU4	
MU	120	H	H_MU6	
MU	130	C	C_MU3	2
MU	140	T	T_MU5	
MU	150	H	H_MU8	
MU	160	H	H_MU7	
MU	170	C	C_MU4	3
MU	175	E	E_MUTA	
MU	180	T	T_MU6	
MU	190	H	H_MU9	
MU	195	H	H_MU10	
MU	200	C	C_MU5	3
MU	210	T	T_MU7	
MU	220	H	H_MU12	
MU	230	T	T_MU8	
MU	240	H	H_MU13	
MU	250	C	C_MU6	2
MU	260	T	T_MU9	
MU	270	H	H_MU14	
MU	280	H	H_MU15	
MU	290	C	C_MU7	3
MU	300	T	T_MU10	
MU	310	H	H_MU17	
MU	320	T	T_MU11	
MU	330	H	H_MU18	
MU	340	H	H_MU16	
MU	350	C	C_MU8	4
MU	360	T	T_MU12	
MU	370	H	H_MU20	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
MU	380	H	H_MU21	
MU	390	C	C_MU9	2
MU	400	T	T_MU13	
MU	410	H	H_MU22	
MU	420	H	H_MU23	
MU	430	H	H_MU24	
MU	440	C	C_MU10	4
MU	450	T	T_MU14	
MU	460	H	H_MU25	
MU	465	H	H_MU19	
MU	470	C	C_MU11	4
MU	480	T	T_MU15	
MU	490	H	H_MU26	
MU	500	H	H_MU11	
MU	510	C	C_MU12	4
MU	515	E	E_MUCM	
MU	520	T	T_MU16	
MU	530	H	H_MU27	
MU	540	H	H_MU28	
MU	550	H	H_MU29	
MU	555	L	L_MU	
MU	560	C	C_MU13	5
MU	570	T	T_MU17	
MU	580	H	H_MU30	
MU	590	H	H_MU31	
MU	600	H	H_MU32	
MU	610	C	C_MU14	4
MU	620	T	T_MU18	0
MU	630	H	H_MU33	
MU	640	H	H_MU34	
MU	645	L	L_MU	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
MU	645	L	L_MU	
MU	650	C	C_MU15	5
MU	660	T	T_MU19	
MU	670	H	H_MU35	
MU	675	L	L_MU	
MU	678	C	C_MU16	3
MU	680	E	E_MU	
MU	685	T	T_MU20	
MU	1010	H	H_OJ1	
MU	1015	L	L_MU	
MU	1020	C	C_OJ1	3
MU	1030	T	T_OJ1	
MU	1040	H	H_OJ2	
MU	1050	H	H_OJ3	
MU	1060	H	H_OJ4	
MU	1065	L	L_MU	
MU	1070	C	C_OJ2	5
MU	1080	T	T_OJ2	
MU	1090	H	H_OJ5	
MU	1100	C	C_OJ3	2
MU	1110	T	T_OJ3	
MU	1120	H	H_OJ6	
MU	1125	L	L_MU	
MU	1130	C	C_OJ4	3
MU	1140	T	T_OJ4	
MU	1150	H	H_OJ7	
MU	1158	C	C_OJ5	2
MU	1160	E	E_OJ	
MU	2010	T	T_LP1	
MU	2020	H	H_LP1	
MU	2030	H	H_LP2	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**N°**
MU	2040	C	C_LP2	2
MU	2050	T	T_LP2	
MU	2070	H	H_LP3	
MU	2078	L	L_MU	
MU	2080	C	C_LP1	4
MU	2090	T	T_LP3	
MU	2100	H	H_LP4	
MU	2110	C	C_LP3	2
MU	2120	T	T_LP4	
MU	2130	H	H_LP5	
MU	2140	H	H_LP6	
MU	2148	L	L_MU	
MU	2150	C	C_LP4	4
MU	2160	T	T_LP5	
MU	2170	H	H_LP7	
MU	2180	H	H_LP8	
MU	2188	L	L_MU	
MU	2190	C	C_LP5	4
MU	2200	T	T_LP6	
MU	2210	H	H_LP9	
MU	2220	H	H_LP10	
MU	2228	L	L_MU	
MU	2230	C	C_LP6	4
RI	10	H	H_RI1	
RI	12	E	E_RI	
RI	20	T	T_MR1	
RI	30	H	H_MR1	
RI	40	C	C_MR1	2
RI	50	T	T_MR2	
RI	60	H	H_MR2	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
RI	70	C	C_MR2	2
RI	80	T	T_MR3	
RI	90	H	H_MR3	
RI	98	C	C_MR3	2
RI	100	E	E_MR	
RI	110	T	T_MR4	
SA	10	H	H_SA1	
SA	12	E	E_SA	
SA	20	T	T_SA1	
VI	10	H	H_VI1	
VI	20	H	H_VI2	
VI	30	C	C_VI1	2
VI	40	T	T_VI1	
VI	50	H	H_VI3	
VI	58	C	C_VI2	2
VI	60	E	E_VI	
VI	70	T	T_PU1	
VI	80	H	H_PU7	
VI	90	H	H_PU5	
VI	100	H	H_PU6	
VI	110	C	C_PU1	4
VI	120	T	T_PU2	
VI	130	H	H_PU1	
VI	140	T	T_PU3	
VI	150	H	H_PU2	
VI	160	H	H_PU3	
VI	170	C	C_PU2	3
VI	180	T	T_PU4	
VI	190	H	H_PU4	

Esquema operativo del cálculo				
Cuenca	**Orden**	**Tipo**	**Código**	**Nº**
VI	200	H	H_PU8	
VI	208	C	C_PU3	4
VI	210	E	E_PU	
VI	220	T	T_RM6	
VI	230	H	H_RM5	
VI	240	H	H_RM6	
VI	250	C	C_RM6	3
VI	260	T	T_RM7	
VI	270	H	H_RM1	
VI	280	T	T_RM8	
VI	290	H	H_RM2	
VI	300	H	H_RM3	
VI	310	C	C_RM7	3
VI	320	T	T_RM9	
VI	330	H	H_RM7	
VI	340	H	H_RM4	
VI	348	C	C_RM8	4
VI	350	D	D_RM	
VI	360	T	T_RM10	
VI	370	H	H_RM9	
VI	380	H	H_RM10	
VI	390	H	H_RM8	
VI	400	C	C_RM9	4
VI	410	T	T_RM11	
VI	418	H	H_AL1	
VI	420	E	E_AL	
VI	430	T	T_RM12	
VI	440	H	H_RM11	
VI	448	C	C_RM10	3
VI	450	E	E_RM	
VI	460	T	T_RM13	

4.3.2. Cuencas en régimen hidráulico natural

Los datos de partida para el cálculo del número de curva han sido los siguientes:

Vegetación

Con un mayor nivel de detalle el INUAMA utilizando técnicas de teledetección clasificó los usos del suelos a partir de imágenes satélite Landsat.7, IRS-1C e IRS-1D (satélites pertenecientes a la Agencia Nacional de Teledetección del Gobierno de India), y de la interpretación de fotografías aéreas correspondientes al SIG-oleícola (MAPA). Con los procesos de corrección geométrica aplicados se desarrolló una cartografía de detalle a escala 1/15.000.

Se utilizó también el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de 1977 del MAPA, como referencia a la hora de cruzar la información proporcionada por la teledetección.

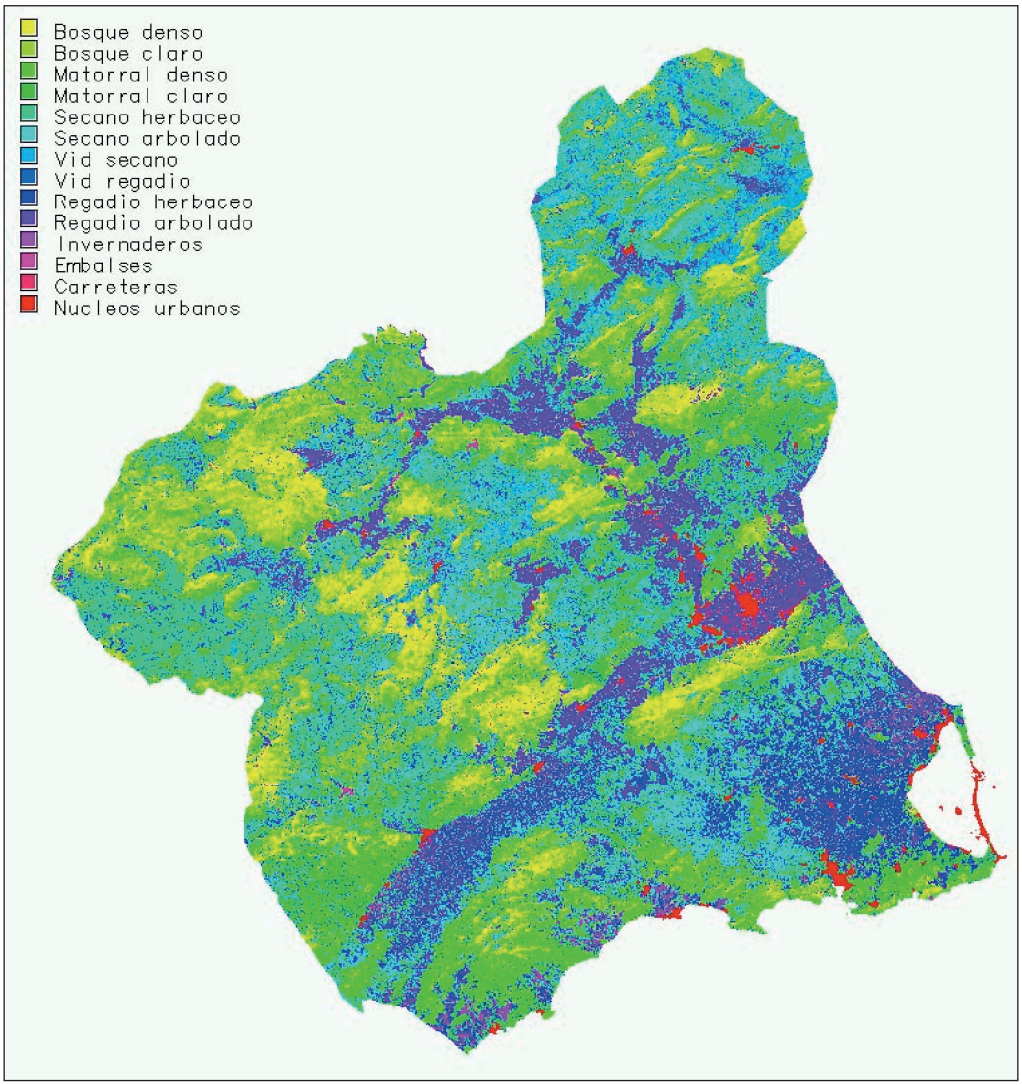
Se han definidos las siguientes categorías:

Número	Descripción	% Superficie
1	Bosque denso	0,853118839
2	Bosque claro	12,90110344
3	Matorral denso	16,2391148
4	Matorral claro	12,30304713
5	Secano herbáceo	13,28918193
6	Secano arbolado	15,04664096
7	Vid secano	3,400893837
8	Vid regadío	0,308660465
9	Regadio herbáceo	7,827873117
10	Regado arbolado	13,84169676
11	Invernaderos	1,148543282
12	Embalses	0,574792819
13	Carreteras	1,006811339
14	Núcleos urbanos	1,258521281

Suelos

Se parte del Inventario Edafológico de la Región de Murcia a escala 1:5.000 (Consejería de Agruicultura, Agua y Medio Ambiente 1999) y los datos de campo que lo acompañan, completado con el mapa de suelo de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad.

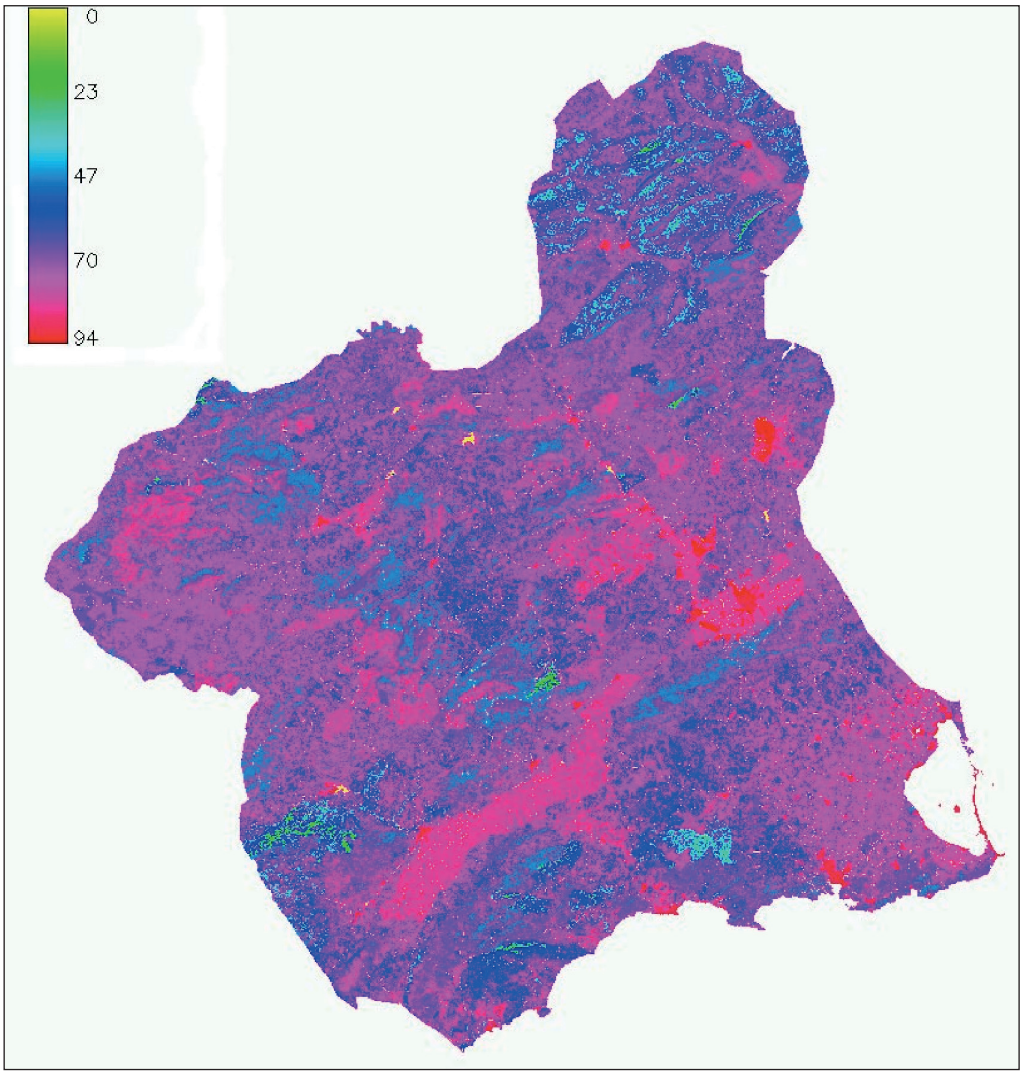
Los tipos de suelos presentes en los mapas edafológicos responden a las clasificaciones Soil Taxonomy del USDA (U.S. Department of Agriculture).



Una vez clasificados los tipos de suelo por sus características texturales y sus propiedades de permeabilidad, se asignaron a las 4 categorías establecidas al respecto por el Soil Conservation Service (A, B, C y D).

Número de curva

Una vez conocidas las componentes de vegetación y suelos, se asignó, utilizando una aplicación informática elaborada al efecto, un valor de número de curva a cada



Mapa del número de curva de la Región de Murcia.

celda en función de la pareja de valores vegetación/suelo, conforme a los criterios establecidos por el Soil Conservation Service, obteniendo una nueva cobertura, del número de curva que es la que se muestra en la figura siguiente.

Código	N	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc
44a	64	111b	81	260b	70	304a	69	375a1	70	416a	78	538b	66	568a2	72
44b	60	185	68	268	69	304b	70	375a2	67	416b	79	540	74	614	72
53a	56	232a1	60	275a1	68	320	74	375	71	423	67	549	74	640a	70
53b	53	232a2	66	275a2	68	332	64	384a	73	444	68	552a2	63	640b	68
55a	58	255a	71	276	70	353	68	384b	65	457	69	552a	66	640	70
55b	68	255b	70	289	71	360	68	384c	68	500a	69	552b	63	815b	72
76a	67	256a	69	291a1	70	367a	68	396a2	66	500b	71	552c	72	816a	70
76b	62	256b	73	298a	76	367b	68	396b	62	533	70	556a1	70	816b	71
111a	62	260a	71	298b	79	367	68	408	67	538a	70	568a1	69	818	73
818	73	882b	66	927	69	992a2	72	1008b	68	1042a1	65	1144a2	67	1301a1	73
845a1	72	883	56	928	66	994a1	61	1016a	74	1042a2	58	1144	73	1301a2	65
845a	72	896a1	67	945	71	994a2	67	1031a1	66	1042	65	1223	65	1301	73
845b	68	896b	70	978a2	60	994a	61	1031a2	67	1044	65	1234	71	1315	65
854a1	64	899a	70	978b	70	994b	67	1031a	67	1051	65	1263a_1	60	1322	67
854a2	67	899b	81	978	61	999a1	67	1031b	66	1078	58	1263a_2	61	1328	67

Código	N	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc	Código	Nc
858a2	62	899	71	990a	66	999a2	68	1032a1	71	1095	72	1278a1	67	1351	64
870a1	75	906	66	990b	72	999a	66	1032a2	65	1104	61	1278	70	1355a	71
870a2	72	927a1	69	990c	66	999b	66	1032a	65	1134	48	1291a1	68	1355b	70
870	75	927a2	74	992a1	73	1008a	66	1035a2	65	1144a1	75	1291	77	1355c	68
1363	66	1421a	64	1437a2	57	1547a_1	59	1673	65	2033	69	3008a1	67	3010b	66
1397a1	68	1421b	59	1437a	64	1547a_2	54	2023	62	2116a	70	3008a2	65	3020a1	67
1397a2	69	1426	67	1437b	59	1552a_1	63	2024a1	65	2116b	72	3008	64	3020a2	78
1397	69	1434b	70	1463a	66	1552a_2	59	2024a2	62	2136a	63	3009a1	64	3020	72
1407a1	70	1434	62	1463b_1	68	1589a1	59	2025a_2	59	2136c	63	3009a2	65	4003a1	64
1407a2	71	1436a1	71	1463b_2	64	1589a2	65	2025b	62	2136	69	3009a	65	4003a2	59
1407a	67	1436a2	67	1464a	79	1589	65	2026	58	3001	67	3009b	64		
1407b	70	1436a	71	1464b	82	1599a	63	2027a_1	63	3002	72	3010a1	66		
1421a1	69	1436b	67	1507a_1	67	1599b	70	2027a_2	52	3005	64	3010a2	64		
1421a2	64	1437a1	59	1507a_2	68	1599c	63	2028	67	3006	65	3010a	63		

4.4. OBTENCIÓN DE LAS TORMENTAS DE DISEÑO

4.4.1. Cuencas Reguladas

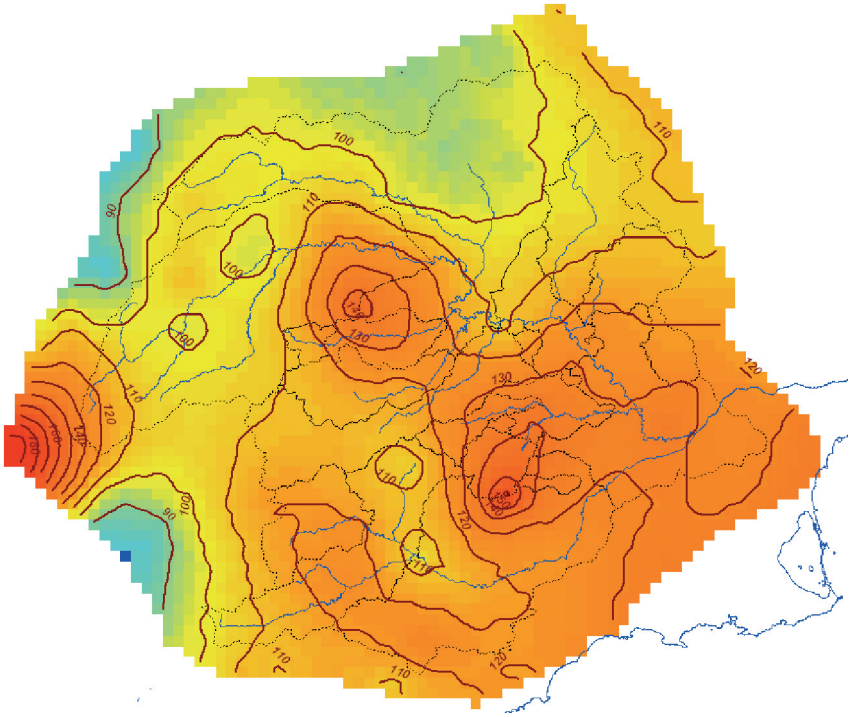
4.4.1.1. Tormenta del Proyecto

Se procedió a la caracterización cuantitativa del régimen pluviométrico en la zona de estudio:

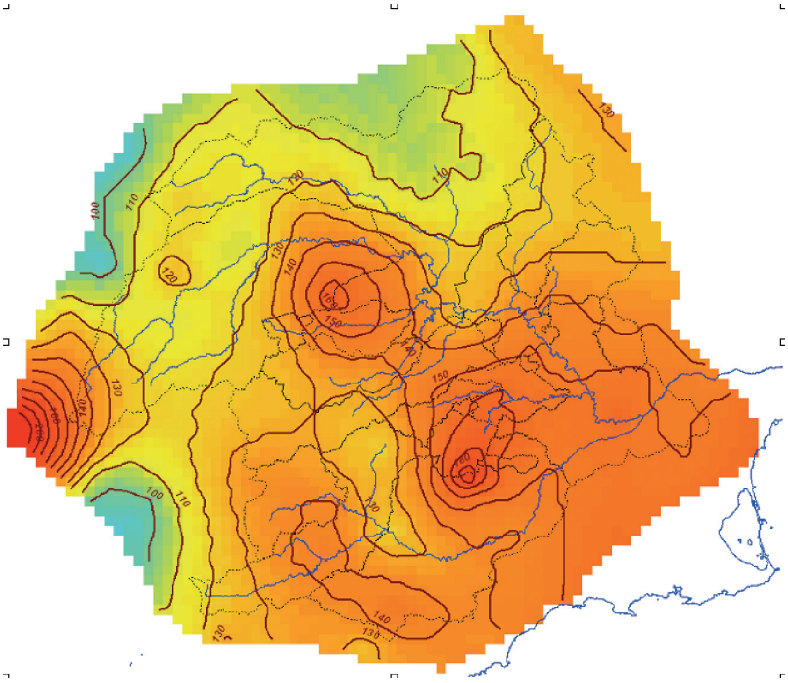
Se obtuvieron los valores de precipitación máxima en 24 horas para los diferentes periodos de retorno partiendo de los Mapas de Precipitación Diaria obtenidos de la aplicación MAXPLUWIN, e integrando las isoyetas de precipitación máxima diaria para los diferentes períodos de retorno en las diferentes subcuencas.

Las siguientes figuras muestran la precipitación diaria en la cuenca del Segura para T=50 a, T=100 a y T=500 años respectivamente.

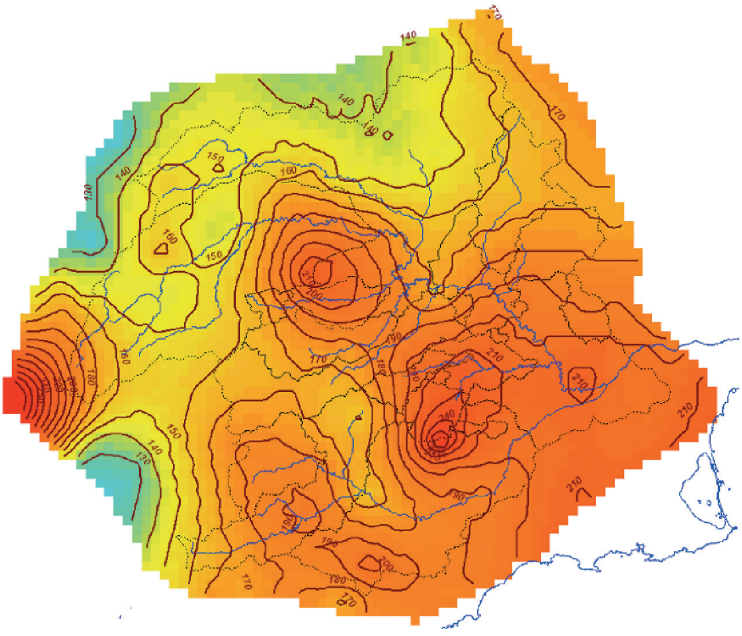
Precipitación diaria para T=50 a



Precipitación diaria para T= 100 a



Precipitación diaria para T=500 a



El cálculo de la precipitación máxima media diaria en las subcuencas se realizó con herramientas SIG, promediando en cada recinto las coberturas de precipitación diaria.

Los valores de las precipitaciones máximas diarias para cada subcuencas son los siguientes:

Precipitación diaria en las subcuencas (mm)

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
AF1	111.6	126.7	165.9
AF2	110.9	125.9	164.8
AF3	116.1	132.2	173.4
AF4	113.6	129.3	169.5
AF5	112.4	127.9	167.8
AF6	122.0	140.2	186.0
AF7	122.3	141.3	189.2
AF8	122.7	142.1	190.9
AF9	111.7	129.0	173.3
AL1	138.3	160.1	214.9
AR1	116.8	132.8	174.3
AR2	117.1	133.2	175.0
AR3	113.4	129.2	169.3
AR4	120.6	138.6	183.6
CA1	119.0	137.7	185.3
CE1	119.5	135.3	175.1
CE2	108.5	122.8	159.3
CE3	101.4	115.0	149.0
CE4	117.2	132.6	171.7
CE5	101.5	114.6	148.3
CE6	102.6	116.0	150.2
CE7	103.2	116.8	151.2
CE8	100.7	114.2	148.0
CE9	102.5	115.7	149.9

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
CE10	103.4	117.2	151.4
CE11	98.9	112.1	145.4
CE12	101.9	115.3	150.1
CE13	103.6	117.3	152.3
CE14	104.7	118.5	154.2
CE15	108.4	123.2	160.7
CE16	104.7	118.5	154.2
CE17	104.4	118.3	153.7
CE18	107.0	121.5	158.2
CE19	119.1	135.3	177.1
CE20	115.5	131.5	171.7
CE21	110.4	125.6	163.9
CE22	119.5	136.6	180.1
CE23	135.8	155.5	204.9
CE24	123.8	142.7	189.3
CI1	123.3	141.6	187.3
CI2	133.5	154.1	205.8
DA1	137.0	158.5	211.5
JU1	103.3	119.6	161.2
JU2	106.4	123.4	166.7
JU3	106.0	122.8	166.0
JU4	106.7	123.7	166.9
JU5	108.9	126.1	170.2
JU6	115.0	133.1	179.6

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
LP1	123.1	142.7	192.5
LP2	121.1	141.0	189.9
LP3	126.7	147.0	198.4
LP4	127.9	148.0	199.9
LP5	131.5	152.6	205.9
LP6	134.3	155.5	209.4
LP7	133.6	155.1	209.2
LP8	131.6	152.4	205.8
LP9	130.3	151.0	204.0
LP10	129.0	149.5	201.9
MA1	132.0	152.0	205.0
MO1	111.3	128.9	174.1
MO2	113.7	131.6	177.8
MO3	119.2	138.5	186.7
MR1	129.6	148.2	195.2
MR2	131.6	151.4	200.4
MR3	126.9	146.3	194.6
MU1	103.3	116.5	151.0
MU2	103.4	117.4	151.5
MU3	101.6	115.1	149.2
MU4	101.4	114.8	148.5
MU5	101.0	114.4	148.2
MU6	101.7	115.0	149.5
MU7	106.2	120.7	157.8
MU8	100.7	114.5	149.7
MU9	102.2	117.6	155.7
MU10	95.2	109.3	144.7
MU11	101.8	117.5	157.1
MU12	98.5	111.5	144.8
MU13	96.0	108.9	141.9

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
MU14	95.0	108.0	141.6
MU15	96.8	110.5	145.0
MU16	92.9	106.4	140.6
MU17	94.3	108.4	143.7
MU18	92.9	106.8	141.4
MU19	95.1	109.9	146.7
MU20	97.9	113.1	151.0
MU21	102.5	118.6	158.9
MU22	98.9	114.4	153.2
MU23	95.1	109.6	146.5
MU24	101.3	117.1	157.7
MU25	96.1	110.8	148.2
MU26	100.1	115.7	155.3
MU27	104.1	120.5	162.1
MU28	112.6	129.9	174.0
MU29	112.1	129.6	174.1
MU30	120.0	138.6	185.0
MU31	131.2	151.2	201.0
MU32	132.8	153.0	203.6
MU33	117.3	136.0	182.3
MU34	118.8	137.3	183.8
MU35	110.3	127.8	171.6
OJ1	109.5	126.5	170.4
OJ2	116.0	134.0	181.1
OJ3	108.1	125.1	168.6
OJ4	116.7	135.0	182.0
OJ5	120.3	139.0	187.8
OJ6	125.1	144.7	195.3
OJ7	126.9	147.2	198.4
PL1	141.5	163.3	217.6
PU1	108.5	125.1	166.9

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
PU2	118.4	136.9	183.4
PU3	122.2	140.9	188.0
PU4	119.6	138.0	184.6
PU5	113.3	129.3	170.7
PU6	111.6	127.7	168.4
PU7	118.0	135.8	180.2
PU8	113.1	130.4	173.1
RI1	116.4	132.2	173.3
RM1	122.4	141.7	190.7
RM2	120.6	139.6	187.7
RM3	120.6	139.8	188.3
RM4	119.2	137.9	185.8
RM5	121.3	139.8	186.0

Cuenca (mm)ID	T=50a	T=100a	T=500a
RM6	111.0	128.1	171.0
RM7	117.4	135.5	182.0
RM8	124.3	143.8	193.8
RM9	132.2	152.8	205.0
RM10	135.3	156.5	210.1
RM11	134.8	156.3	210.1
RO1	135.1	156.3	210.0
RO2	133.5	154.6	208.3
SA1	122.9	142.8	192.6
VI1	119.4	137.4	182.3
VI2	118.4	135.5	178.3
VI3	120.5	138.2	182.9

Posteriormente, para considerar la no simultaneidad de las lluvias máximas de un mismo período de retorno en toda la superficie se utiliza la expresión recomendada por Témez para el coeficiente de simultaneidad *(Areal Reduction Factor ARF).*

ARF=Pd(1 - (LogA / 15)), siendo Pd la precipitación máxima diaria correspondiente a un determinado periodo de retorno y A el Área.

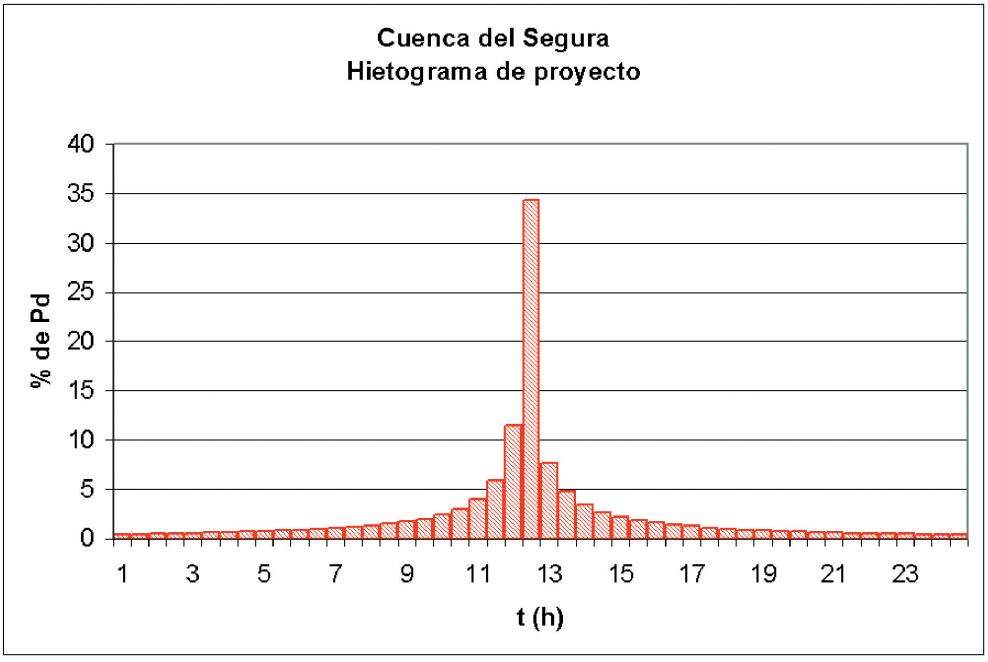
El coeficiente se calcula utilizando los datos de la siguiente tabla que indica la cuenca propia y acumulada hasta cabecera de cada embalse en km^2.

Áreas consideradas para la aplicación del factor reductor por área ARF

Código de embalse	Área acumulada	Área individual	Cuenca superior
AF	851.2	851.2	AF
AL	44.8	44.8	AL
AR	446.9	446.9	AR
CA	34.8	34.8	CA
CE	2575.6	2575.6	CE
CI	170.1	170.1	CI
DA	18.5	18.5	DA
JU	614.7	614.7	JU
MA	13	13	MA

Código de embalse	Área acumulada	Área individual	Cuenca superior
MO	378.2	378.2	MO
MR	328.5	251.5	RI
MU	7123.5	2920.3	MU
OJ	8528	411.6	MU
PL	205	205	PL
PU	1420.9	993.6	VI
RI	77	77	RI
RM	3152.5	1686.8	VI
RO	647	253.4	CI
SA	146.4	146.4	SA
VI	427.3	427.3	VI
LP	13676.2	1151.2	MU

En las cuencas grandes (Ojós y Límite Provincial) se ha aplicado un coeficiente ARF inferior al de la fórmula debido a la experiencia adquirida por la empresa redactora del trabajo en otros estudios.



Histograma de proyecto utilizado en el cálculo hidrológico.

En lo que a duración y distribución temporal de la tormenta se refiere, se ha adoptado una tormenta de proyecto de duración igual a 24 horas, que representa un estándar frecuente en cálculos hidrológicos en grandes cuencas. El histograma se ha repartido en el tiempo según el prototipo de bloques alternos.

La siguiente tabla muestra los porcentajes de la precipitación de 24 horas que corresponden a cada bloque de media hora.

Cuenca del Segura. Histograma del proyecto

t(h)	% de Pd	t(h)	% de Pd
0.5	0.37	12.5	6.73
1.0	0.40	13.0	4.14
1.5	0.42	13.5	3.00
2.0	0.45	14.0	2.35
2.5	0.48	14.5	1.92
3.0	0.51	15.0	1.62
3.5	0.55	15.5	1.39
4.0	0.59	16.0	1.22
4.5	0.64	16.5	1.08
5.0	0.69	17.0	0.97
5.5	0.76	17.5	0.87
6.0	0.83	18.0	0.79
6.5	0.92	18.5	0.72
7.0	1.02	19.0	0.67
7.5	1.14	19.5	0.61
8.0	1.30	20.0	0.57
8.5	1.50	20.5	0.53
9.0	1.76	21.0	0.49
9.5	2.11	21.5	0.46
10.0	2.64	22.0	0.43
10.5	3.48	22.5	0.41
11.0	5.12	23.0	0.38
11.5	10.05	23.5	0.36
12.0	30.22	24.0	0.35

4.4.1.2. Hipótesis de humectación

Como hipótesis inicial, se han utilizado para todos los períodos de retorno las condiciones medias de humedad AMC-II como estándar de cálculo. Esta situación es la más frecuente en las cuencas mediterráneas, que prácticamente nunca llegan a la situación de saturación del suelo que se da en regiones húmedas.

4.4.1.3. Estado inicial de los embalses

Se ha supuesto el siguiente estado inicial de los embalses en la simulación (expresado en metros sobre el nivel del mar):

Estado inicial de los embalses

Código	Embalse	Estado inicial (m)
AF	ALFONSO XIII	296
AL	ALGECIRAS	265
AR	ARGOS	407.2
CA	CARCABO	256.4
CE	CENAJO	429.4
CI	LA CIERVA	357.2
CM	CAMARILLAS	350.9
DA	DOÑA ANA	332
FU	FUENSANTA	580
JU	JUDÍO	208.2
MA	MAYÉS	270.4
MO	MORO	203.5
MR	MORATALLA	313
OJ	OJÓS	138
PL	PLIEGO	326.7
PU	PUENTES	460
RI	LA RISCA	1057
RM	JOSÉ BAUTISTA (ROMERAL)	111
RO	LOS RODEOS	108
SA	SANTOMERA	94.15
TA	TALAVE	501.4
VI	VALDEINFIERNO	687.4

4.4.2. Cuencas en régimen hidráulico natural

4.4.2.1. Tormenta del proyecto

Se ha estimado la precipitación máxima diaria correspondiente a los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años en cada una de las 44 estaciones pluviométricas utilizadas. Estas se caracterizan por disponer de al menos 40 años con registros anuales completos.

La metodología aplicada es la desarrollada por la aplicación MAXPLU que a partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, permite estimar la precipitación máxima diaria correspondiente a diferentes períodos de retorno.

Por tanto para cada cuenca analizada se ha calculado una media ponderada como:

$$P_a = \sum S_i / S * P_i$$

Donde:

- P_a es la precipitación de período de retorno dado para todo el área.
- S_i es la superficie de la cuenca para la que el observatorio i es representativo.
- S es la superficie de la cuenca.
- P_i la precipitación en el observatorio i. Este valor, media de precipitaciones puntuales, se ha transformado a su vez en precipitación media areal que se asume inferior a la puntual. Para ello se utiliza un factor reductor por el que se multiplican los valores locales estimados.

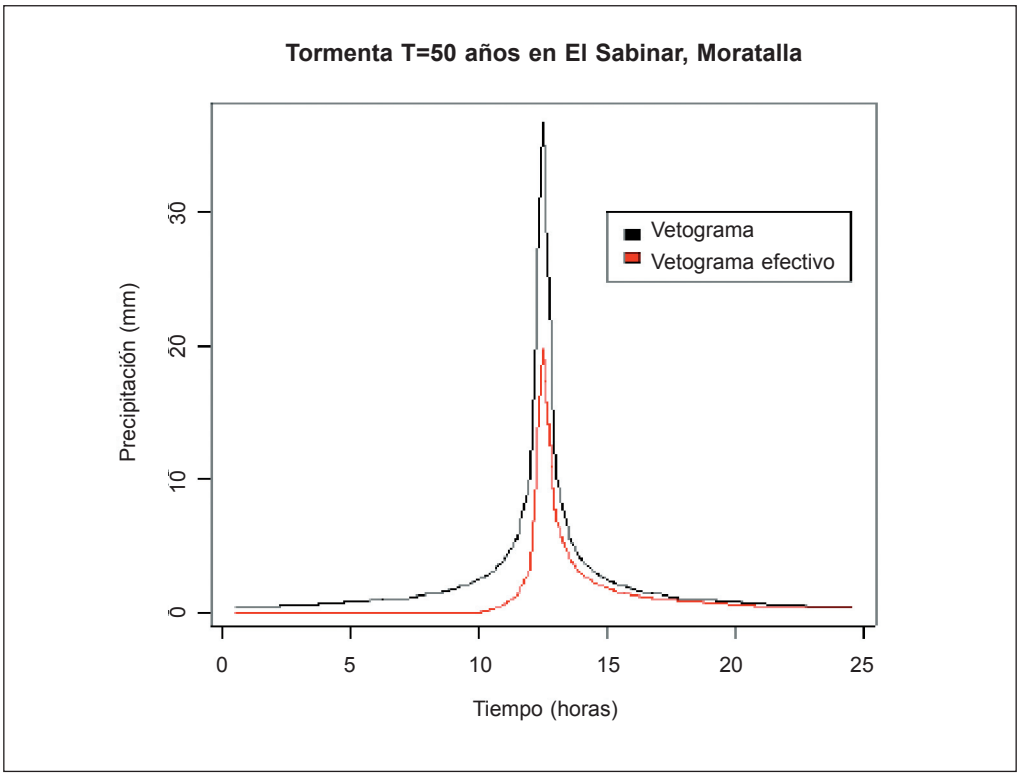
Para este trabajo se ha utilizado el coeficiente corrector propuesto por Témez (1991): Ka=1-log(a)/15.

Finalmente se construyo un hietograma de diseño para el valor de precipitación diaria media estimado para una cuenca y período de retorno dados. Para ello se utilizó el método de las curvas intensidad/duración a partir de la ecuación:

$$Id / Id = (I_1 / I_d)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

que depende exclusivamente de la máxima diaria (Ferrer, 2000). Con este método se calcularon intensidades máximas en períodos que van de 0,5 horas a 24 horas que se asume como duración de las tormentas.

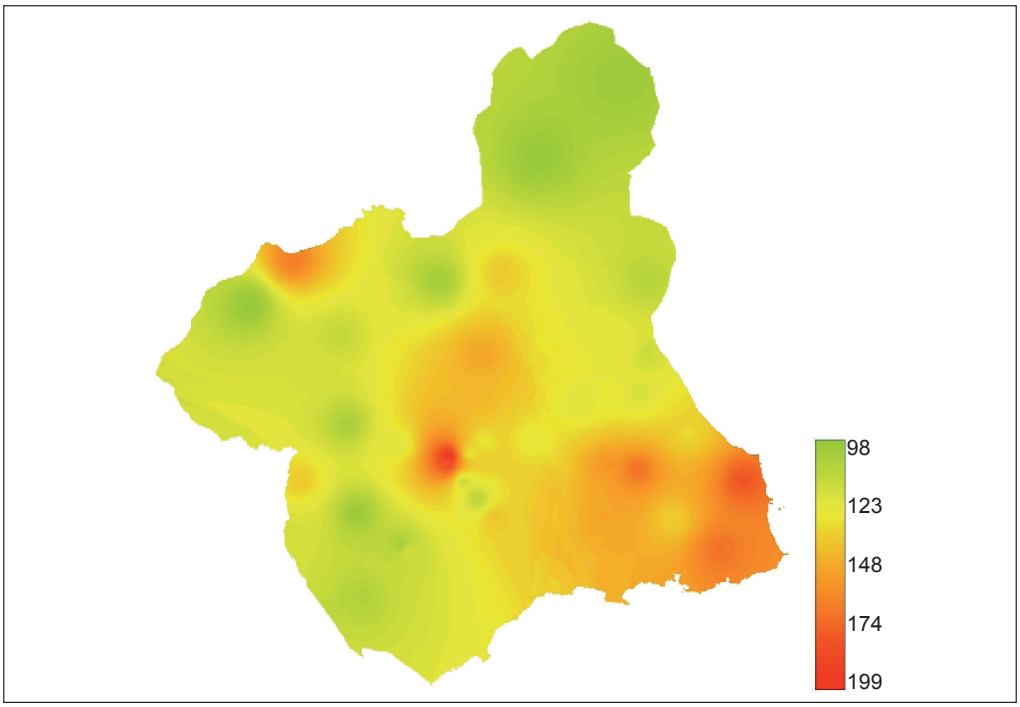
A partir de los valores de intensidad así calculados se construyeron tormentas de forma triangular y simétrica, con la intensidad máxima en el centro del hietograma, utilizando el algoritmo propuesto por Ferrer (2000).



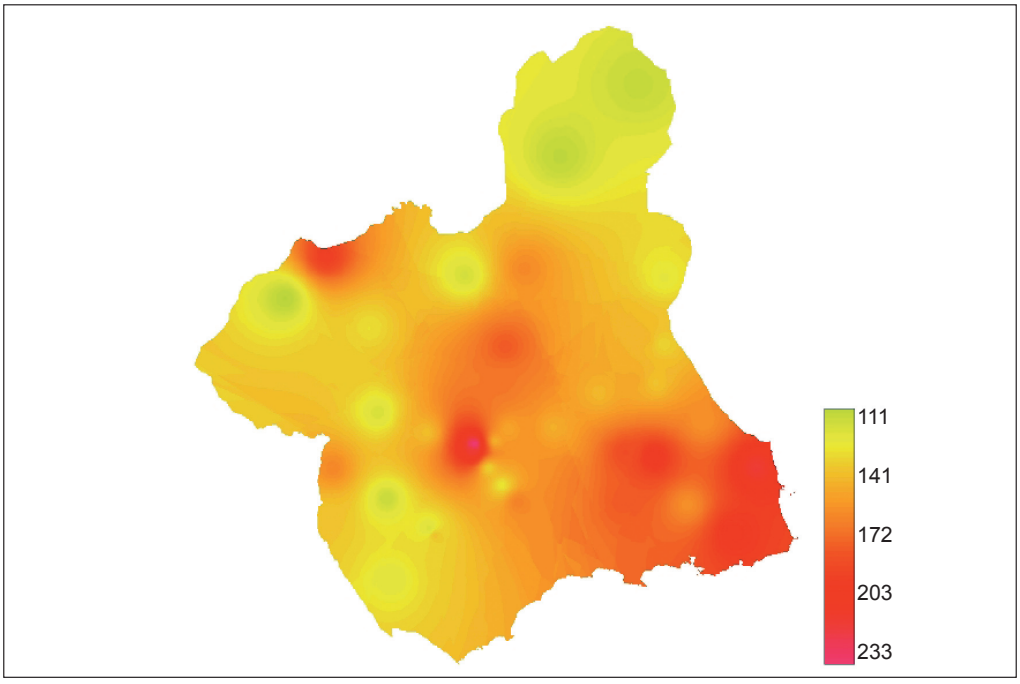
En la siguiente tabla aparecen las estaciones utilizadas en el análisis de precipitaciones junto con los resultados del análisis estadístico: las precipitaciones de periodo de retorno 50, 100, 250 y 500 años.

Identificador	X	Y	Z	Nombre	P50	P100	P250	P500
7016	688292	4169065	48	El Algar	170	200	241	276
7020	662009	4188578	270	Corvera	156	184	224	256
7023	661383	4176931	129	Fuente Álamo CHS	151	178	216	247
7025	668978	4187402	160	Los Martínez del Puerto	170	202	247	283
7026	677036	4175983	54	Pozo Estrecho	137	159	192	218
7029	680810	4196046	189	Sucina	134	158	192	219
7031	693505	4184896	3	San Javier	180	213	260	299
7080	589429	4235954	899	Benizar	166	193	232	263
7113	579513	4225771	1165	Moratalla Campo San Juan	98	111	129	143
7118	593020	4212010	838	Barranda	120	137	162	181
7119	599922	4218479	603	Caravaca	114	132	158	178
7129	623097	4231321	340	Embalse Alfonso XIII	104	120	143	162
7138	646118	4259919	510	Jumilla Estación vitícola	98	113	134	150
7145	637500	4232836	188	Cieza CHSegura	138	161	195	223
7168	632857	4213906	390	Embalse de La Cierva	151	178	216	248
7170	632258	4204839	381	Pliego	145	168	201	227
7182	664329	4205947	57	Murcia Vistabella	128	149	178	202
7190	589147	4173319	78	Lorca Tirieza Alta	120	140	168	190
7198	591116	4184782	710	Embalse de Valdeinfierno	139	162	195	222

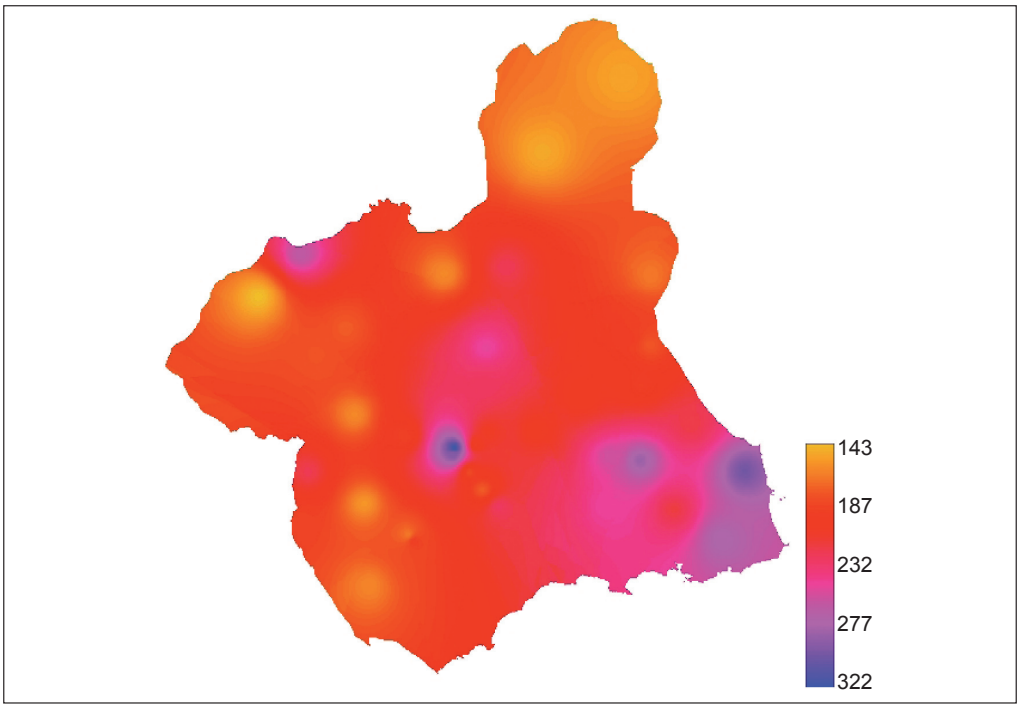
Identificador	X	Y	Z	Nombre	P50	P100	P250	P500
7201	602054	4198168	780	Doña Inés	105	121	144	162
7205	604214	4177352	455	Embalse de Puentes	100	116	139	157
7206	613792	4193310	881	Zarzadilla de Totana	124	143	170	191
7208	614519	4170060	357	Lorca CHSegura	104	121	147	168
7209	615888	4168546	330	Lorca E. Cerealicultura	119	140	169	193
7211	605376	4158164	468	Puerto Lumbreras Segura	108	124	146	163
7214	625106	4188702	855	Totana Alquerías	182	213	257	293
7215	625362	4190479	1200	Totana Carrasca	200	234	283	323
7216	628970	4184716	438	Totana Morti	117	137	164	186
7217	635924	4176588	210	Totana Presa Paretón	140	164	199	227
7218	632024	4180700	230	Totana IL	111	130	156	178
7219	630541	4191281	760	Alhama Huerta Espuña	130	148	175	196
7220	633573	4194116	670	Alhama Los Quemados	130	151	180	204
7226	644562	4194552	168	Librilla	127	148	177	201
7228	655721	4202859	75	Alcantarilla Aeródromo	124	145	174	198
7231	669379	4205303	51	Beniaján CHSegura	121	141	170	193
7232	671274	4214530	41	Santomera	117	135	160	180
7238	666585	4216028	116	Murcia Los Cuadros	125	145	172	194
7250	671435	4230886	220	Abanilla CHS	110	127	150	168
7275	665021	4277174	600	Yecla CH	100	115	135	152



Precipitaciones de periodo de retorno de 50 años.



Precipitaciones de periodo de retorno de 100 años.



Precipitaciones de periodo de retorno de 500 años.

4.4.2.2. Hipótesis de humectación

Como hipótesis inicial, se utilizan para todos los períodos de retorno las condiciones medias de humedad AMC-II como estándar de cálculo.

4.5. CÁLCULO DE CAUDALES

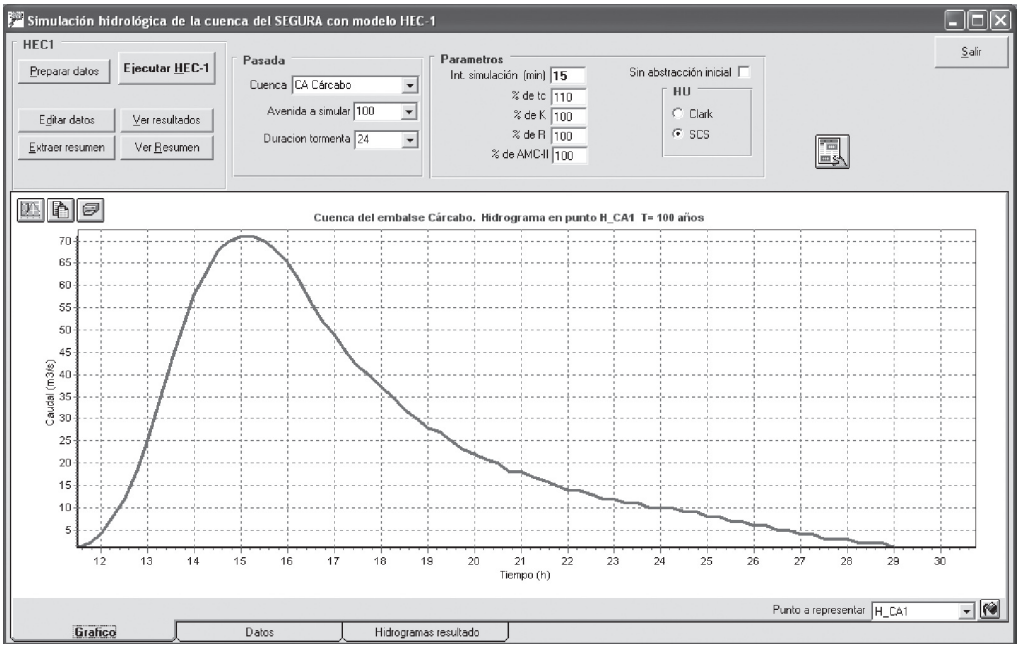
Para el cálculo de caudales se han utilizado dos modelos de simulación hidrológica:

- HEC-1 (Flood Hydrograph Package versión 4) para cuencas reguladas.
- Módulo específico para GRASS el v.GUHs, para cuencas no reguladas.

4.5.1. CUENCAS REGULADAS

Los parámetros calculados en los apartados anteriores se han utilizado para preparar los ficheros de simulación que utiliza el modelo HEC-1 y obtener los resultados buscados.

Los cálculos se realizan con una aplicación realizada específicamente para la cuenca, que maneja bases de datos con los parámetros obtenidos. La pantalla principal de la aplicación se muestra en la siguiente figura.



En primer lugar, la aplicación automatiza la generación de los ficheros de entrada al modelo HEC-1 Además, permite simular directamente desde la misma pantalla y visualizar los resultados y los resúmenes, así como los hidrogramas generados.

Los cálculos se han realizado a intervalos de quince minutos. Durante los mismos, se parte de los parámetros iniciales y se aplican modificaciones para corregir la velocidad de las ondas de avenida, o el estado de humectación de la cuenca.

En la tabla que se muestra a continuación se presenta un resumen con los caudales estimados en el comienzo y final de cada tramo de estudio.

RÍO	TRAMO	Q INICIO (m^3/s)			Q FINAL (m^3/s)		
		Q50	Q100	Q500	Q50	Q100	Q500
Rambla Algeciras	desde E. Algeciras hasta Río Guadalentín	5	7	11	10	14	22
Río Guadalentín	desde E. Puentes hasta E. José Bautista	425	540	1.227	1.026	1.354	2.113
Río Guadalentín	desde E. José Bautista hasta Río Segura	954	1.276	2.042	792	1.076	1.769
Río Quípar	desde E. Alfonso XIII hasta Río Segura	248	339	609	248	339	609
Río Segura	desde E. de Cenajo hasta E. La Mulata	44	75	184	235	332	640
Río Segura	desde E. La Mulata hasta E. de Ojós	235	332	640	244	348	771
Río Segura	desde E. de Ojós hasta Río Guadalentín	200	307	703	197	302	694
Río Segura	desde Río Guadalentín hasta límite provincial	791	1076	1769	810	1.115	1.870
Río Mayés	desde E. de Mayés hasta Río Segura	9	22	63	59	87	173
Río Salada	desde E. Santomera hasta Río Segura	28	75	168	93	199	374
Río Carcabo	desde E. Carcabo hasta Río Segura	37	51	98	40	56	106
Río Judío	desde E. Judío hasta Río Segura	215	349	682	226	363	707
Río Moro	desde E. Moro hasta Río Segura	204	292	525	218	310	555
Río Luchena	desde E. Valdeinfierno hasta E. Puentes	388	524	1.005	770	1.033	1.812
Río Pliego	desde E. Pliego hasta Río Mula	14	39	270	70	114	351
Rambla de Doña Ana	desde E. Doña Ana hasta Río Mula	8	11	20	17	23	39
Río Mula	desde E. La Cierva hasta E. Los Rodeos	104	147	230	262	351	605
Río Mula	desde E. Los Rodeos hasta Río Segura	11	95	505	22	111	532
Río Argós	desde E. Argós hasta Río Segura	289	384	679	319	423	748
Río Moratalla	desde E. La Risca hasta E. Moratalla	10	10	66	235	310	500
Río Moratalla	desde E. Moratalla hasta Río Segura	44	127	375	52	138	392

4.5.2. Cuencas en régimen hidráulido natural

En el caso de los cauces en régimen natural, la transformación de precipitación en escorrentía se ha realizado mediante el método del hidrograma unitario geomorfológico, ya que en estos cauces no se dispone de estaciones de aforo.

4.5.2.1. El hidrograma unitario geomorfológico

Se trata de un modelo desarrollado por Rodriguez Iturbe (1993) que utiliza el método del Hidrograma Unitario pero aplicando un conjunto de índices geomorfológicos para calibrarlo. De esta manera no es necesario disponer de datos de aforos para su aplicación.

El Hidrograma Unitario es la respuesta de una cuenca a una precipitación uniforme, efectiva (es decir lluvia que cae con igual intensidad en toda la cuenca y produce sólo escorrentía rápida) y que además es de valor unitario. (Tragsa-Tragsatec, 1998). Esta respuesta se prolonga más o menos en el tiempo, en función de las características de la cuenca, y se define:

$$h(t) = GUH(t) = (\frac{t}{k})^{\alpha-1}\frac{e^{-t/k}}{k\Gamma(\alpha)}$$

Si la precipitación instantánea fuera de un volumen cualquiera (v), en lugar de unitaria, el hidrograma resultante sería

$$H(t) = vh(t)$$

Si la precipitación, en lugar de instantánea, se prolonga a lo largo de una serie de intervalos discretos (formando un hietograma), el hidrograma resultante puede calcularse mediante un procedimiento de convolución siempre que se haya utilizado la misma discretización temporal en el hietograma que en el hidrograma unitario:

$$H(t) = \sum_{i=1}^{t} v(i)h(t-i+1)$$

La hipótesis del Hidrograma Unitario Geomorfológico permite estimar los parámetros de h**(t)** a partir de una serie de parámetros geomorfológicos y de la velocidad en el cauce principal:

- **Rb Razón de bifurcación**: es la proporción existente entre el número de corrientes de una categoría y el de la siguiente. Se calcula dividiendo el número de corrientes de la categoría inferior por el número de corrientes de la superior.

- **Rl Razón de longitud:** se define como la proporción existente entre la longitud media de los cauces de una categoría y el de la siguiente. Se calcula diviendo la longitud media de los segmentos de un orden dado por la longitud media de los segmentos del orden inmediato inferior.
- **Ra Razón de áreas:** se define como la proporción existente entre la media de las áreas de una categoría y el de la siguiente. Se calcula diviendo la media de las áreas de un orden dado por la media de las áreas del orden inmediato inferior.
- **LΩ Longitud en el cauce principal.**
- **α: Parámetro de forma.**
- **K: Parámetro de escala.**

$$\alpha = 3{,}29(\frac{R_B}{R_A})^0{,}78R_L^{0{,}07}$$

$$k = 0{,}7(\frac{R_A}{(R_B R_L)})^0{,}48L_\Omega v^{-1}$$

El parámetro k depende de la velocidad del flujo en el cauce principal, se trata de un parámetro de muy difícil estimación y variable con el tiempo. Para solventar este problema se ha utilizado una aproximación diferente:

Rosso (1984) propone utilizar como estimación de k:

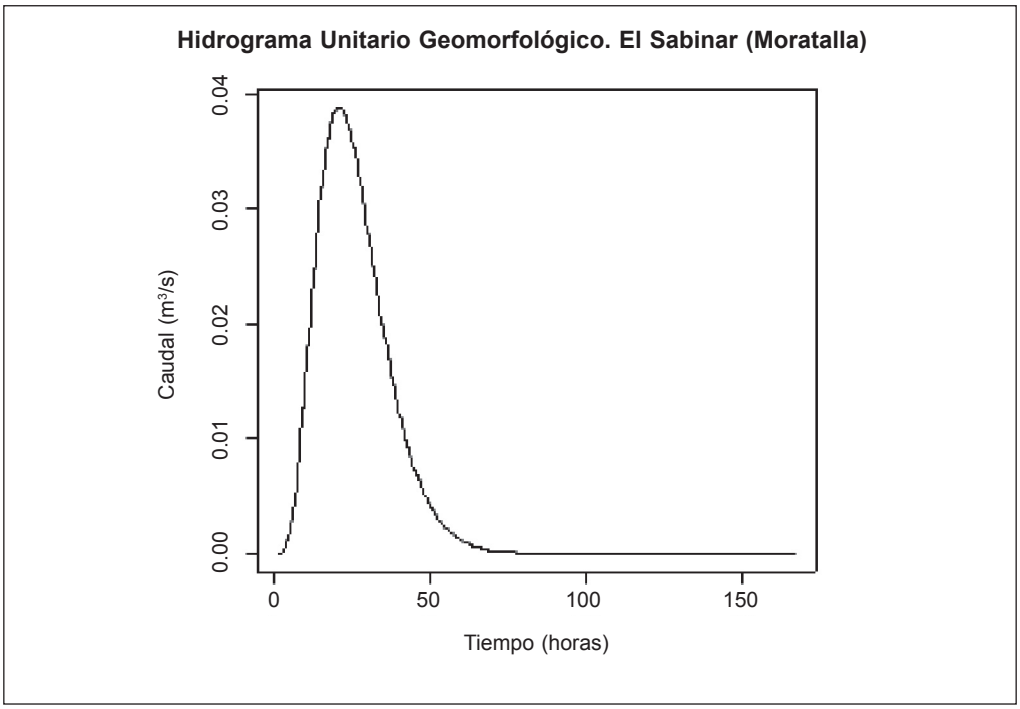
$$k = \frac{t_l}{\alpha}$$

donde t_l es el tiempo de retardo y α el parámetro de forma del Hidrograma Unitario Geomorfológico.

Para estimar el tiempo de retardo se va a utilizar la aproximación de Olivera & Maidment (1999).

$$t_l = \frac{100L^{0{,}8}(\frac{1000}{CN} - 9)^{0{,}7}}{1900S^{0{,}5}}$$

donde t_l es el tiempo de retardo, L la longitud del cauce principal, S la pendiente y CN el número de curva. La ventaja de este método es la facilidad de utilización en un entorno GIS.



4.5.2.2. Obtención de hidrogramas de período de retorno

Se ha diseñado un módulo específico para GRASS v.GUHs que muestra en pantalla la red de drenaje. El usuario, tras pinchar en uno de sus tramos, obtiene (utilizando los algoritmos detallados anteriormente) la reconstrucción de la cuenca y de la red de drenaje tributaria de este tramo, su ordenación conforme a los criterios de Strahler y los parámetros necesarios para aplicar el método del Hidrograma Unitario Geomorfológico. Al mismo tiempo se obtiene un valor de número de curva y los valores de precipitación máxima diaria en la cuenca para los períodos de retorno considerados. Estos valores se calculan a partir de los valores medios registrados en las celdillas pertenecientes a las cuencas.

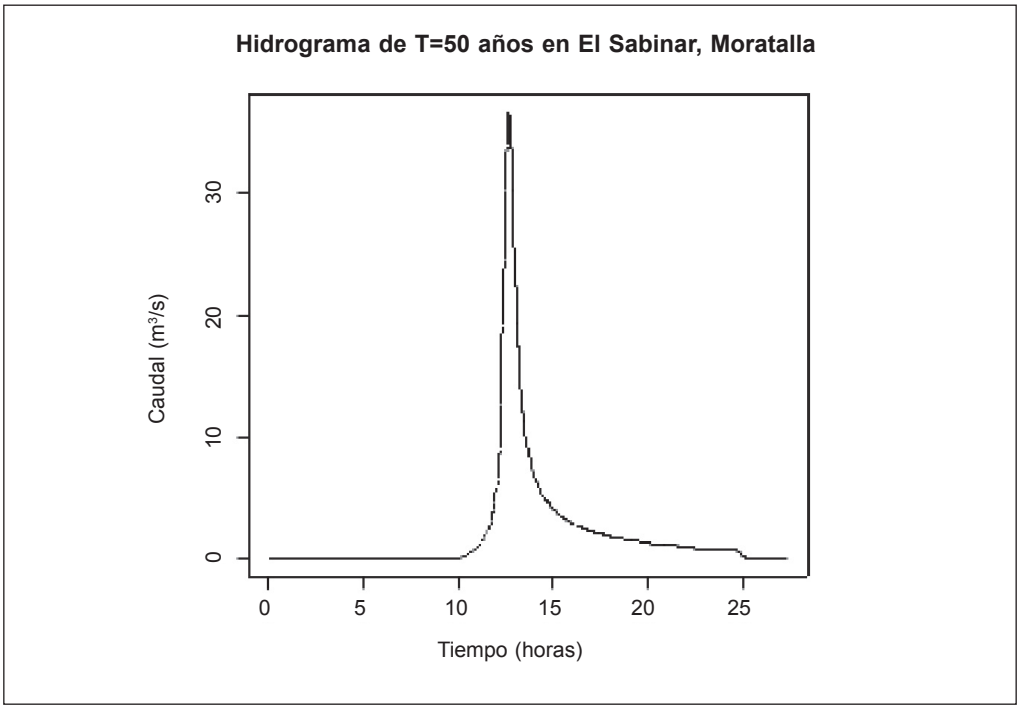
Con estos valores se entra en otro módulo programado para **R**.

R es un entorno para el análisis estadístico que proporciona un gran número de técnicas estadísticas y gráficas, así como un lenguaje con el que resulta sencillo programar modelos matemáticos.

Este programa es el encargado de llevar a cabo:

- Creación del hietograma de la tormenta de diseño
- Cálculo de la precipitación efectiva
- Estimación de los parámetros del Hidrograma Unitario Geomorfológico
- Convolución y obtención de los caudales máximos para 50, 100 y 500 años.

Seleccionando los tramos que afectan a cada uno de los núcleos de población considerados se obtiene el hidrograma de avenida para cada uno de ellos.



5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El objetivo del estudio hidráulico es la delimitación de las zonas inundables en los cauces de la Región de Murcia para los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años. Para ello se han definido los niveles alcanzados por la lámina de agua a partir de la determinación de estos valores en las secciones representativas de cada tramo de cauce estudiado.

5.1. CARTOGRAFÍA

Para la obtención de resultados, la cartografía empleada ha sido el Modelo Digital de Terreno (MDT) del Servicio de Información e Integración Ambiental de la Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad proporcionado por la Dirección General de Emergencias, y que cubre la Región de Murcia. El paso de malla de este MDT es de 5 m.

Para la representación de las zonas inundables, se ha utilizado como base el Mapa Cartográfico Nacional del IGN (Instituto Geográfico Nacional) a escala 1:25.000.

Mapa Topográfico Regional del Servicio de Cartografía de la Consejería de Obras Públicas y Ordenación del Territorio a escala 1:5.000.

En las zonas inundables de los tramos bajos del Segura, fundamentalmente en el término municipal de Murcia, se han utilizado bases cartográficas del Servicio Cartográfico del Ayuntamiento de Murcia a escala 1:1.000 y 1:500. En algunos casos se ha realizado un levantamiento completo de mayor detalle altimétrico.

5.2. MÉTODO DE CÁLCULO

Partiendo de la cartografía a escala 1:5000 y para algunos tramos en particular a escala 1:1.000, se ha construido un modelo de simulación hidráulica de los cauces y las correspondientes llanuras de inundación.

1. Modelo de simulación MIKE 11 desarrollado por DHI Water&Inveronment (Dinamarca) para el caso del río Guadalentín entre la presa de Puentes y el embalse de José Bautista que ha sido modelizado en régimen variable y con un modelo cuasi-bidimensional, debido a la especial morfología del cauce y de la cuenca.
2. Modelo de simulación bidimensional completo SFCUZ 2D, para el tramo que discurre desde la confluencia del río Guadalentín con el río Segura hasta el límite con Alicante.
3. Modelo de simulación HEC-RAS, unidimensional y en régimen permanente para el resto de las cuencas tanto reguladas como no reguladas de la Región de Murcia.

Se han tenido en cuenta en el modelo las características hidráulicas de los puentes que pudieran determinar influencia sobre el régimen hidráulico aguas arriba. Una vez obtenidos los valores de la cota de agua correspondientes a los distintos caudales máximos según el período de recurrencia de la avenida, esta información se ha representado cartográficamente, deduciendo, en consecuencia, la extensión de las zonas inundables en cada tramo. Los resultados se han reflejado, como establece la Directriz Básica, sobre la cartografía oficial a escala 1:25.000.

5.2.1. MODELOS CONSTRUIDOS EN HEC RAS

Los datos necesarios para la caracterización hidráulica de cada tramo de estudio se han agrupado en los siguientes tipos:

- ➢ Geométricos: cortes de perfiles transversales sobre el MDT de trabajo, de paso de malla de 5 m.
- ➢ Coeficiente de pérdidas: se han obtenido de la cobertura digital del cauce, fotointerpretación y documentación especializada.
- ➢ Condiciones de contorno.
- ➢ Caudales.

5.2.1.1. Cuencas reguladas

Los caudales considerados en cada cauce son los estimados en el estudio hidrológico. Para no incluir saltos de caudal demasiado bruscos, se han introducido de manera proporcional a la longitud del tramo en varias secciones de cálculo, para así modelizar el fenómeno de la manera más real posible.

La siguiente tabla muestra los caudales introducidos para cada cauce modelizado en el comienzo y al final de cada tramo.

PRESA	PERFIL	Q INICIO (m^3/s)		
		Q50	Q100	Q500
Rambla de Algeciras	5.624,47	5	7	11
José Bautista	3.398,21	10	14	22
	17.229,77	954	1.276	2.042
	9.560,15	754	1.076	1.842
Alfonso XIII	1.827,14	248	339	609
Cenajo	189.933,4	44	75	184
	168.517,6	68	88	200
	157.842,4	119	147	228
	153.971,9	260	321	515
	149.969,0	223	290	477
	146.966,1	189	255	440
	144.322,8	200	274	490
	141.717,6	211	293	539
	138.973,5	223	312	590
	136.389,2	235	332	640
La Mulata	133.664,2	235	332	640
	125.948,5	235	332	639
	117.775,6	234	332	735
	110.309,5	233	331	733
	106.586,6	245	349	773
Ojós	101.875,8	244	348	771
	98.931,9	200	307	704
	90.085,5	212	333	784
	85.648,0	199	306	702
	79.116,6	199	305	700
	62.903,5	198	304	698

PRESA	PERFIL	Q INICIO (m^3/s)		
		Q50	Q100	Q500
Mayés	8.631,3	9	22	63
	6.324,7	26	43	100
	4.300,1	43	65	136
	2.136,4	59	87	173
Santomera	13.086,9	28	75	168
	9.960,5	49	116	237
	6.492,2	71	157	305
	3.108,7	93	199	374
Carcabo	1.086,0	37	51	98
	682,3	40	56	106
Judío	5.386,1	215	349	682
	3.765,4	226	363	707
Moro	5.250,4	204	292	525
	3.576,8	218	310	555
Valdeinfierno	119.194,0	388	524	1.005
	111.559,2	400	600	1.100
	106.375,9	669	897	1.596
	103.759,0	770	1.033	1.812
Pliego	12.450,1	14	39	270
	10.040,0	28	57	303
	7.908,4	45	80	342
	3.837,9	70	114	351
Doña Ana	7.208,2	8	11	20
	3.624,3	17	23	39
La Cierva	26.054,2	104	147	230
	20.910,8	174	261	504
	18.606,2	205	290	528
	16.509,8	236	318	552
	8.940,2	249	335	578
	3.516,5	262	351	605
Los Rodeos	9.587,0	11	95	505
	5.818,3	22	111	532

PRESA	PERFIL	Q INICIO (m^3/s)		
		Q50	Q100	Q500
Argós	14.733,5	289	384	679
	9.918,6	304	403	714
	5.003,2	319	423	748
La Risca	42.687,6	10	10	66
	39.332,1	20	25	85
	35.987,2	40	50	105
	32.648,4	60	75	130
	29.223,5	79	102	153
	25.042,5	110	145	220
	20.888,1	145	190	290
	16.713,2	178	233	359
	10.976,4	205	260	400
	8.144,9	220	285	450
	5.302,2	235	310	500
Moratalla	4.817,5	44	127	375
	3.231,0	48	133	384
	1.657,1	52	138	392
Paretón	31.716,4	1.200	1.200	1.200
	21.547,9	1.457	1.520	1.683
	11.283,1	1.713	1.840	2.166

Una vez que se dispone de los datos de caudales para los diferentes periodos de retorno, se ha calculado la altura de la lámina de agua en las secciones transversales (Anexo III).

5.2.1.2. Cuencas en régimen hidráulico natural

La siguiente tabla muestra los caudales (m^3/sg.) introducidos para cada cauce modelizado, el área mojada (km^2) y la cota de la lámina de agua (m).

Punto	Cota	Q500	A500	Q100	A100	Q50	A50
44a	583.57	929	585.54	513	585.18	362.6	585.01
53	619.59	63.7	620.52	28.4	620.3	17	620.18
55a	599.78	77.7	600.65	37.4	600.38	24.1	600.26
76	534.58	78.3	535.49	44.4	535.27	32.1	535.17
55b	600	11.1	600.77	6.6	600.64	4.9	600.59
111	505	477.7	510.76	251.8	509.1	175.3	508.4
111b	498.8	19.3	499.09	13	499.05	10.5	499.03
185	569.47	82.9	570.06	49.3	569.93	36.8	569.88
232	439.68	188.5	441.77	106.4	441.33	76.4	441.12
255	209.79	358.1	213.67	214.3	212.86	162.9	212.51
256a	409.68	63.8	411.02	34.2	410.66	28.1	410.57
256b	414.45	16.4	414.95	10.5	414.87	8.2	414.83
260a	429.78	7.5	430.04	9.8	430.06	7.5	430.04
260b	415	25.8	415.47	19.3	415.41	14.3	415.37
268a	565.46	13.2	566.16	8.1	566.04	6.2	565.98
275	209.99	430	217.39	253.7	215.63	188	214.82
276a	271.56	46	272.45	33.6	272.36	28.8	272.3
289a	227.51	248.1	228.65	151.1	228.47	115.9	228.31
291	154.92	855.9	164.05	510.7	163.06	381.9	162.6
298a	260	14.8	260.39	9.8	260.3	7.8	260.26
298b	229.65	20.4	230.2	13.8	230.11	11.1	230.07
304b	368.27	15.1	368.66	9.2	368.57	7	368.53
304c	358.51	0.1	358.55	0.1	358.55	0.1	358.55
320a	1169.74	71.2	1170.71	46.1	1170.52	36.6	1170.51
332a	665	328.8	668.05	187.4	667.42	137.3	667.16
360a	442.71	177.2	443.73	104.6	443.73	78.4	443.73
367a	435	1474	440.06	862.7	439.01	646.7	438.57
375a	508.97	16.04	509.4	8.97	509.32	7.72	509.31
384a	571.38	1602.4	574.49	935.5	573.76	699.2	573.46
384b	638.81	89.6	640.05	56	639.81	43.4	639.69
396a	475.62	17.9	476.12	10.6	476.03	8	475.97
396b	495	180.2	497.9	100.3	497.13	72.4	496.86
408	545	76	545.76	45.3	545.62	34.3	545.57

Punto	Cota	Q500	A500	Q100	A100	Q50	A50
416	1290.5	75.4	1291.86	50.7	1291.67	41.2	1291.58
423a	935	36.5	937.54	21.9	936.94	16.6	936.73
444a	961.81	31.4	962.78	19.1	962.57	14.7	962.49
457a	811.25	488.5	812.58	294.2	812.27	224.3	812.13
500a	855	426.5	856.59	256.9	856.37	195.7	856.27
533	839.92	132.3	840.67	82	840.57	63.7	840.43
538	1313	131.4	1314.71	80.3	1314.39	61.4	1314.22
540	165	381.7	170.07	243	169.24	190.8	168.91
552a	732.87	193.7	734.71	113.1	734.27	84.2	734.07
552b	725	2412	736.98	1468	734.86	1125	733.91
556	847.64	33.2	848.09	20.8	848.01	16.2	847.96
568	756.83	2494	759.6	1518.5	759.22	1164.3	758.81
614	776.75	800.6	778.16	663	778.02	380	777.73
640	1125.08	50.2	1125.55	31	1125.48	23.9	1125.45
815b	1100	49.6	1101.53	31.3	1101.32	24.4	1101.2
816a	869.41	20	870.23	12.2	870.09	9.3	869.93
816b	840	37.8	840.53	23.3	840.39	18	840.33
818a	293.31	54.3	294.18	34.7	294.01	27.2	293.93
845b	765.16	76.8	765.65	44.9	765.55	33.4	765.51
854	285.29	350.9	292.05	199.2	290.78	147.5	290.3
858	329.41	216.9	331.56	122.6	330.98	89.1	330.74
870	757.26	727.2	759.93	462	759.45	362.1	759.23
870a	785	672.7	792.67	672.7	792.67	672.7	792.67
882	150	480.9	158.28	288.5	156.84	217.7	156.17
883	600	74.3	601.74	38.9	601.74	26.7	601.64
896a	218.95	60	219.69	35.8	219.52	26.8	219.44
896b	244.14	126.8	245.82	77.8	245.75	59.3	245.75
899a	842.5	222.3	844.52	139	844.14	107.8	843.98
906a	679.42	60.5	680.21	35.2	680.07	26.1	679.99
927a	669.53	211	671.98	131.6	671.46	101	671.2
928	673.6	67.9	674.27	39.4	674.12	29.2	674.07
978a	465	251	469	144.5	468.24	106.2	467.89
978b	615	31.4	616.25	19.7	615.96	15.2	615.83

Punto	Cota	Q500	A500	Q100	A100	Q50	A50
990a	260	475.1	263.6	279.3	262.62	207.6	262.2
990b	259.76	40.4	261.4	24.7	261.09	18.8	260.94
990c	258.7	40.4	259.92	24.7	259.71	18.8	259.61
992aa	498.09	1230.7	502.47	769.2	501.58	597.2	501.14
994a	196.65	330.1	197.81	193.6	197.57	143.1	197.46
999aa	200	361.8	203.08	145.8	202.35	109.4	202.16
1008b	225	180.9	227.39	108	226.99	81.1	226.79
1016a	30.3	31.2	30.68	19.8	30.62	15.5	30.59
1031a	167.46	807.8	169	471.4	168.67	349.2	168.51
1031b	164.27	216.2	166.42	126	166.16	93.1	166.04
1032a	176.37	507	177.57	302.3	177.31	227.3	177.23
1035a	84.97	1829	90.44	1033.1	89.24	751.2	88.71
1042	129.37	1801.2	132.65	1004.9	131.82	718.9	131.46
1044	77.77	1781.8	80	1006.7	79.4	732.5	79.18
1051	50.6	1540.6	51.4	872.4	51.4	636.5	51.31
1078a	200.13	47.93	200.45	25.7	200.39	18	200.36
1104a	269.42	21.7	270.06	12.2	269.88	8.8	269.81
1134a	229.72	25	230.25	11.2	230.11	8.8	230.08
1144a	7.54	429	9.12	266.5	8.99	200.2	8.88
1234	49.68	153	50.04	94	50.04	72.4	50.04
1263	239.33	87.8	240.48	49	240.21	35.2	240.09
1291	80	18.5	80.33	12.2	80.25	9.7	80.22
1301	9.52	802.4	11.29	468.9	10.95	289.3	10.69
1315	94.58	241.2	96.66	139.4	96.23	103.3	96.1
1322	44.02	274	44.93	165.8	44.77	125.5	44.69
1328	65.07	45.7	65.85	28.3	65.72	21.7	65.66
1351	164.25	61.1	165.24	35	164.98	25.7	164.92
1355	68.89	99	69.95	62.8	69.76	48.9	69.65
1407	23.26	211.9	24.67	133.3	24.39	103.5	24.27
1421	39.46	177.4	41.4	107.6	41.02	81.8	40.85
1434a	229.24	143	230.6	78.7	230.26	56.1	230.15
1434b	240	34.1	240.84	21	240.66	16.1	240.61
1436	59.9	48.6	62.32	29.9	61.83	22.9	61.6

Punto	Cota	Q500	A500	Q100	A100	Q50	A50
1437	74.57	42.1	75.14	23.2	75	16.5	74.95
1463a	355.83	34.3	356.78	20.2	356.49	15.1	356.39
1463b	309.53	41.4	310.31	24.4	310.16	18.2	310.13
1464a	79.64	40.4	80.56	40.4	76.42	40.4	69.32
1464b	76.19	20.7	76.54	13.9	76.49	11.2	76.47
1507	27.14	1417.7	29.99	815.2	29.41	601	29.12
1547	273.57	94	275.4	45.9	274.86	30.3	274.62
1552a	183.21	493.2	186.4	266.4	185.58	188.1	185.22
1599	469.37	520.5	471.78	282	471.21	199.5	470.96
2023	50	49	51.47	27.3	51.24	19.7	51.11
2024	9.5	585.5	11.44	320.8	11.06	228.9	10.88
2025a	157.76	493.2	159.71	266.4	159.22	188.1	159.02
2025b	170.51	16	171.03	9	170.92	6.6	170.83
2026	215	130.2	217.7	66.6	217.39	45.2	216.98
2027	119.32	67.5	120.3	37.1	120.1	26.4	120
2028	119.87	89.1	120.7	52.5	120.56	39.2	120.48
2116	169.89	94.1	170.86	58.6	170.69	45.2	170.61
2136a	424.5	142.2	426.2	82.4	425.79	60.7	425.61
2136b	420	14.1	420.83	8.5	420.61	6.3	420.51
3002	56.53	296.1	57.85	188.2	57.72	146.8	57.61
3005	84.71	268	86.5	156	86.14	115.8	85.97
3008	116.19	271.7	117.23	160	117.03	119.2	116.94
3009	116.19	103.6	116.9	60.7	116.78	45	116.71
3010	1.92	35	2.59	20.4	2.36	17.7	2.27
4003	148.54	421.4	150.74	200.4	150.22	141.5	150.04

5.2.2. Modelos construidos en MIKE 11

La especial morfología que caracteriza al cauce y márgenes del río Guadalentín aconseja el cambio de modelo empleado en la simulación hidráulica, la hipótesis de flujo unidimensional no se ajusta a la realidad del río, ya que en varios tramos se encuentra "colgado" a media ladera respecto a su entorno. De tal modo que, una vez que el agua desborda el cauce habitual (y este es el caso que se estudia en caso de avenidas de gran periodo de retorno) el flujo discurre por cauces paralelos hasta su retorno al cauce principal.

Los datos siguientes se han utilizado para establecer el modelo:

- Modelo digital de terreno de 5 m x 5 m, en la zona en el que se han de delimitar las zonas inundables.
- Información sobre los perfiles transversales: coordenadas UTM, geometría, resistencias, conexiones.
- Capa GIS con los siguientes elementos para poder definir la topología del modelo:
  - o Red hidrográfica.
  - o Subcuencas de aportación.
  - o Secciones transversales.
- Caudales estimados en el estudio hidráulico.
- Datos para introducir la condición de contorno aguas abajo (niveles en el embalse de José Bautista).

Construcción del modelo

Debido a la gran complejidad del modelo ha sido necesario optimizar el tiempo de cálculo. La red hidrográfica se caracteriza por 246 perfiles en el modelo general, de las cuales 214 se encuentran en el modelo del cauce del Guadalentín, repartidos en 70 km.

La red hidrográfica del modelo completo consta de:

- ❑ **Red principal de la cuenca del Guadalentín** desde aguas abajo de la presa de Puentes hasta el embalse de José Bautista. Este cauce ha sido modelizado mediante 214 secciones obtenidas del MDT de 5 x 5 m.
- ❑ **Red complementaria**: Rambla de Viznaga, que desemboca en el Guadalentín en el PK 52.241 aproximadamente y para cuya modelización se ha contado con 10 secciones. Además, se han estudiado dos cauces que discurren paralelos al cauce del Guadalentín, llamados izquierdo y derecho y que nacen aguas abajo del Paretón de Totana para volver a conectarse al río Guadalentín poco antes de la Rambla de Algeciras. Para su modelización se ha contado con 11 secciones para el cauce izquierdo y 11 para el derecho.

Hidrograma de entrada

El MIKE 11 necesita la introducción de un hidrograma como dato de entrada, en la cabecera del tramo de estudio. En este caso éste se corresponde al caudal desaguado por la presa de Puentes. Respetando el caudal punta obtenido en el estudio hidrológico, los hidrogramas simplificados de salida de la presa por periodo de retorno adoptados son los que muestran en la siguiente tabla:

TIEMPO	Q50 (m^3/s)	Q100 (m^3/s)	Q500 (m^3/s)
01/01/1990 00:00	30	30	30
02/01/1990 10:00	30	30	30
02/01/1990 11:00	200	300	600
02/01/1990 12:00	425	540	1226
03/01/1990 00:00	425	540	1226
03/01/1990 01:00	200	300	600
03/01/1990 02:00	30	30	30
01/02/1990 22:00	30	30	30

A partir de los caudales obtenidos en el cálculo hidrológico, se han ido aplicando, de forma análoga a la descrita en el caso de la modelización con HEC RAS, los caudales proporcionales a la longitud del tramo en varias secciones de cálculo, para que el incremento de caudal no se produzca de forma brusca.

Condiciones de contorno

La condición de contorno impuesta aguas arriba del modelo queda definida por la entrada de caudal correspondiente al hidrograma de la cuenca de aportación aguas arriba de la presa de Puentes.

La condición de contorno aguas abajo está en el embalse de José Bautista, por lo que viene definida por la curva Q/H (Caudal/Cota) del embalse de José Bautista.

Resultados del cálculo hidráulico

De las pasadas del cálculo con el modelo, se obtienen las cotas de la lámina de agua, velocidad y nº de Froude por sección. También se obtienen el caudal entre dos secciones consecutivas.

5.2.3. El modelo bidimensional

El modelo bidimensional utilizado para la simulación bidimensioal ha sido el SFCUZ-2D.

Este modelo se ha aplicado en el tramo que discurre entre la confluencia del río Guadalentín y Segura hasta el límite con la Comunidad Valenciana.

El modelo permite:

La modelización numérica de flujo variable en dos dimensiones horizontales en la hipótesis de flujo verticalmente homogéneo.

Adaptabilidad de la malla a la morfología de la zona a modelizar.

Posibilidades de modelizar procesos de secado e inundación en zonas de la malla no predefinidas.

Cálculo por volúmenes finitos.

En el documento Anexo II "PLANOS", se adjunta la colección de planos con la representación de la zonificación de áreas inundables efectuada sobre el Mapa Cartográfico Nacional del IGN (Instituto Geográfico Nacional) a escala 1:25.000.

6. ZONIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE RIESGOS

6.1. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE RIESGO

Se han clasificado las zonas de riesgo según los criterios de la Directriz Básica; estos son:

- La peligrosidad de la inundación, considerando de un lado la frecuencia a partir de la estimación de caudales para los diferentes periodos de recurrencia (50, 100 y 500 años) y de otro la severidad tomando como parámetro el nivel alcanzado por las aguas.
- La exposición al riesgo, identificando y clasificando los elementos que existen en las zonas que quedarían inundadas por las diferentes avenidas (50, 100 y 500 años). Se han identificado y clasificado en concreto núcleos de población, instalaciones industriales y comerciales, viviendas aisladas, infraestructuras y servicios esenciales.
- La vulnerabilidad de los elementos en riesgo, considerando a los efectos del presente Plan, que el grado de afección sea importante allí donde los caudales asociados a los diferentes periodos de retorno alcancen o superen los 30 cm.

Siguiendo los criterios de la Directriz Básica a los efectos del presente Plan, se han considerado:

Zonas A-1. Núcleos urbanos en los que la avenida de cincuenta años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A-2. Núcleos urbanos en los que la avenida de cien años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A-3. Núcleos urbanos en los que la avenida de quinientos años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas A. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de cincuenta años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas B. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de cien años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

Zonas C. Viviendas aisladas, instalaciones comerciales o industriales y/o servicios básicos en los que la avenida de quinientos años de periodo de retorno alcance o supere los 30 cm.

6.2. ANÁLISIS DEL RIESGO

El proceso seguido en el análisis del riesgo ha sido el siguiente:

- Delimitación de las zonas inundables para los periodos de retorno de 50, 100, y 500 años.
- Identificación y ubicación de elementos potencialmente afectados.
- Estimación de la vulnerabilidad de los elementos en riesgo a partir de los criterios anteriormente relacionados.

La identificación de elementos en riesgo se ha realizado a partir de la siguiente información:

- Encuesta municipal realizada en el trabajo "Recopilación de la documentación sobre inundaciones en la Región de Murcia. Identificación y localización de las zonas vulnerables" (2001) realizado por el Instituto del Agua y del Medio Ambiente (INUMA) de la Universidad de Murcia, proporcionada por Dirección General de Protección Civil de la Comunidad Autónoma. El ámbito geográfico de la misma es mayor que el incluido en este estudio, así como la escala o detalle de los puntos negros (problemas de drenaje, barrancos de menor categoría…) por lo que tras ser volcada al GIS de trabajo se ha seleccionado únicamente la información referente al desbordamiento de los cauces modelizados.
- Catálogo de Inundaciones Históricas de la cuenca del Segura, Unidad de Protección Civil de la Delegación del Gobierno en Murcia, Dirección General de Protección Civil y Emergencias, (Ministerio del Interior) y Confederación Hidrográfica del Segura.
- Inventario de zonas urbanas, delimitado a escala 1:25.000, de la empresa Tele Atlas (2004) proporcionado por Dirección General de Emergencias de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- Inventario de zonas industriales, delimitado a escala 1:50.000, del Instituto de Fomento de la Región de Murcia.
- Inventario de infraestructuras y servicios básicos, proporcionado por Dirección General de Emergencias de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

El cruce de los elementos inventariados con las zonas inundables y las cotas alcanzadas por el agua en cada una de ellas definen la vulnerabilidad de los elementos en riesgo.

Por último se ha determinado la gravedad que supone la afección de cada elemento y se ha clasificado en base a los criterios de la Directriz Básica en zonas A, A1, A2, A3, B y C.

En el caso de que en una misma área exista más de un elemento que clasifique el territorio en 2 ó más categorías diferentes, en la representación de la zonificación realizada tras el análisis de riesgos, la zona se clasifica con la categoría de mayor riesgo.

En el Anexo III se presenta la relación de áreas en riesgo con la siguiente información organizada por cauce agua abajo de cada presa o rambla, origen del tramo hidráulico estudiado:

- Datos administrativos y geográficos: Término municipal, coordenadas UTM del inicio y final del tramo afectado.
- Datos hidráulicos:
  - o Cauces regulados: cotas alcanzadas por las láminas de agua en el comienzo y en final del tramo afectado para los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años, calados representativos en el elemento afectado o calados representativos en el tramo inicial y/o final del polígono afectado, en el caso de que se hayan agrupado varios elementos. En particular en los términos municipales de Murcia y Santomera se adjuntan los calados representativos por pedanía, ya que la zona afectada es demasiado extensa como para estimar un solo valor.
  - o Cauces no regulados: calados en el centro del polígono que representa el elemento afectado para los tres periodos de retorno de 50, 100 y 500 años.
- Datos de población asignado a cada elemento afectado de acuerdo con los datos del INE 2004.
- Nivel de Riesgo según la clasificación referida en la Directriz Básica de Protección Civil.

Región de Murcia
Consejería de Presidencia y Administraciones Públicas
Dirección General de Emergencias

ANÁLISIS DE RIESGO Y ZONIFICACIÓN TERRITORIAL ANTE EL RIESGO DE INUNDACIONES EN LA REGIÓN DE MURCIA

ANÁLISIS DE RIESGO Y ZONIFICACIÓN TERRITORIAL

PRESA-COMARCA: Cartagena I **CAUCE:** Benipila

Municipio: Cartagena **Tipo Cuenca:** No Regulada

Descripción: *Infraestructuras Basicas*

Coordenadas UTM: Inicio Tramo: X: 665883 Y: 4168197
Final Tramo: X: 667924 Y: 4167164

Cotas de agua para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Cota inicial tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	
Cota final tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	

Calados representativos para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Calado tramo inicial (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51
Calado tramo final (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51

Clasificación según D.B.P. A **Población:** 5

Descripción: *Núcleo Urbano Canteras, Infraestructuras*

Coordenadas UTM: Inicio Tramo: X: 665883 Y: 4168197
Final Tramo: X: 667924 Y: 4167164

Cotas de agua para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Cota inicial tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	
Cota final tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	

Calados representativos para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Calado tramo inicial (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51
Calado tramo final (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51

Clasificación según D.B.P. A1 **Población:** 50

Descripción: *Núcleo Urbano Cartagena, Infraestructuras*

Coordenadas UTM: Inicio Tramo: X: 665883 Y: 4168197
Final Tramo: X: 667924 Y: 4167164

Cotas de agua para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Cota inicial tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	
Cota final tramo (m):	P.R. 50:		P.R.100:		P.R.500:	

Calados representativos para periodos de retorno de 50, 100 y 500 años:

Calado tramo inicial (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51
Calado tramo final (m):	P.R. 50:	1,14	P.R.100:	1,36	P.R.500:	1,51

Clasificación según D.B.P. A1 **Población:** 400

6.3. PUNTOS CONFLICTIVOS

Se entiende por "Puntos Conflictivos" aquellos en los que, a consecuencia de las modificaciones ejercidas por el hombre en el medio natural o debido a la propia geomorfología del terreno, pueden producirse situaciones que agraven de forma sustancial los riesgos o los efectos de la inundación.

Estos puntos se han obtenido a partir de la recopilación de datos de la prensa local y nacional y encuestas en todos los municipios.

En la identificación de zonas se ha trabajado con la diversa tipología de riesgos de inundación, en lo que respecta a aquellos de origen natural asociados a cursos de agua de diferente entidad hidrográfica: valle fluvial, cono aluvial, desaparición de cauce o de régimen laminar, endorreismos o semiendorreismos, y llano de inundación. En el caso de los riesgos de origen antrópico: por escorrentía urbana y rotura de recintos de almacenamiento de agua y canales de gran capacidad.

Durante el trabajo de campo se ha centrado los esfuerzos en reconocer las zonas afectadas por cursos de agua, situados en el entorno de los núcleos de población, cuya problemática pudiera quedar solapada con las áreas afectadas por otros cauces mayores en los sucesos acaecidos en la zona.

La relación general de factores considerados en el entorno de cada zona identificada es la siguiente, dejando aparte otras de mayor detalle:

- Confluencia de dos o más cauces donde existe más peligro de desbordamiento por efectos barrera de la corrientes contrapuestas y la erosión hídrica de las márgenes.
- Desnivel del cauce que da una idea de la energía cinética de la masa de agua.
- Cambios de la pendiente que reduce la capacidad de desagüe del mismo.
- Cerramientos (muros, vallados) que crean efecto barrera/presa.
- Efecto barrera/laminador de infraestructuras lineales (caminos rurales, carreteras, vías férreas, canales) por intersección e insuficiente drenaje transversal ya sea por mal diseño, deterioro, potencial de obstaculización por sólidos voluminosos como por aterramiento.
- Cultivos y técnicas de roturación que cambian la rugosidad natural, la capacidad de infiltración, aumentan los arrastres y alteran la capacidad de desagüe del cauce.
- Urbanización que acelera la escorrentía superficial al impermeabilizar el terreno.
- Infradimensionamiento y carencias de la red de colectores pluviales y otros problemas asociados con la misma.
- Actuaciones privadas y públicas de prevención del riesgo estructurales como no estructurales (en su caso) aplicadas, incluso aquellas que no son intencionadas.

- Edificaciones e infraestructuras de paso (identificándolas si son puentes o badenes) que alteran la capacidad de desagüe del cauce.
- Escombreras o terraplenes de explanaciones agrícolas o de otro tipo cercanas al cauce o en el mismo que alteran su capacidad de desagüe por el aterramiento o causan efecto barrera.
- Destrucción y/o desestabilización de la protección de las márgenes tanto natural (vegetación de ribera) como artificial (motas, escolleras) por actividades de extracción de áridos, agrícolas.
- Existencia de efectos sorpresa en las intersecciones en carreteras.
- Indicadores de magnitud referidos a calado, velocidad del agua, duración de la inundación, cantidad de sedimentos acumulados.
- Indicadores de vulnerabilidad referidos a grado de incomunicación, dimensión de los bienes materiales y servicios públicos afectados.

Se han ido registrando para la identificación, fundamentalmente, aquellas zonas que han sufrido periódicamente los efectos de las inundaciones, así como aquellas otras donde existe alguna probabilidad de ser afectadas al existir causas que puedan producir nuevas situaciones de riesgo.

La relación de todos estos puntos está reflejado en el ANEXO IV- Puntos Conflictivos.

A continuación se muestra una página ejemplo de este informe:

Región de Murcia
Consejería de Presidencia y Administraciones Públicas
Dirección General de Emergencias

PUNTOS INUNDABLES POR PRECIPITACIÓN "IN SITU"

ANÁLISIS DE RIESGO - PUNTOS CONFLICTIVOS

Municipio.	X	Y	DESCRIPCIÓN.
Abanilla	666000.00	4231000.00	Urbanización Los Alemanes. próxima al núcleo de población Los Baños de Fortuna.
Abanilla	669100.00	4231300.00	Intersección de la carretera A-21. de Mahoya a Los Baños de Fortuna. con rambla de la Parra.
Abanilla	670200.00	4230250.00	Intersección camino secundario y río Chícamo al sur oeste del casco urbano de Abanilla.
Abanilla	676800.00	4238650.00	Intersección de la carretera MU-410 entre los núcleos de población de Macisvenda y Hondón de Los Frailes y la rambla de Cutillas.
Abarán	639680.81	4230132.51	Desembocadura del Barranco del Rullo o Candelón en el Río Segura.
Abarán	639500.00	4229420.00	Barrio de la Virgen del Oro.
Abarán	641150.00	4230410.00	Casco urbano de Abarán: Los Talleres.
Abarán	639400.00	4231050.00	Desembocadura de la Rambla del Moro en el Río Segura.
Abarán	639900.00	4229600.00	Zonas inundables en el margen izquierdo del Río Segura.
Abarán	639696.85	4229757.90	Confluencia del barranco de Bastida con el río Segura.
Abarán	637996.73	4229612.77	Intersección de una carretera secundaria con el Barranco de Villota cerca de la confluencia con el Barranco de Malojo de Bastida.
Abarán	637175.45	4229885.13	Balsas de riego situadas junto al Barranco de Malojo.